

# Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

## DOSIS ÓPTIMA ECONÓMICA PARA EL CULTIVO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq) EN DIFERENTES SUELOS

**Informe Técnico de Residencia Profesional**

**Que presenta el C.**

**WILLIAM DE JESÚS MEDINA PINO**

**N° de Control: 11870037**

**Carrera: Ingeniería en Agronomía.**

**Asesor Interno: M en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal**

Juan Sarabia, Quintana Roo, diciembre del 2015

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de **INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, WILLIAM DE JESÚS MEDINA PINO**, 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 **DR. VÍCTOR MANUEL INTERIÁN KU**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **DOSIS OPTIMA ECONÓMICA PARA EL CULTIVO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq) EN DIFERENTES TIPOS DE 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. Victor Eduardo Casanova Villarreal

Asesor Externo



---

Dr. Victor Manuel Interián Ku

Juan Sarabia, Quintana Roo, diciembre, 2015.

## ÍNDICE.

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....                              | 8  |
| II. JUSTIFICACIÓN.....                            | 10 |
| III. LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO.....   | 12 |
| IV. OBJETIVOS.....                                | 14 |
| 4.1 General.....                                  | 14 |
| 4.2 Específicos.....                              | 14 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS.....                      | 15 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                   | 27 |
| VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES.....        | 34 |
| VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS..... | 35 |
| IX. CONCLUSIONES.....                             | 36 |
| X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                | 38 |
| XI. ANEXOS.....                                   | 40 |

## Índice de cuadros.

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1.</b> uso del Plan Puebla II y primera etapa de fertilización..... | 20 |
| <b>Cuadro 2.</b> Segunda etapa de fertilización.....                          | 21 |
| <b>Cuadro 3.</b> Análisis de varianza en Potasio.....                         | 40 |
| <b>Cuadro 4.</b> Prueba de medias de Tukey en Potasio.....                    | 40 |
| <b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza del Calcio.....                         | 41 |
| <b>Cuadro 6.</b> Prueba de medias de Tukey del Calcio.....                    | 41 |

## Índice de figuras.

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de la macro localización del proyecto..... | 12 |
| Figura 2. Invernadero tipo túnel del ITZM.....            | 13 |
| Figura 3. Limpieza del invernadero.....                   | 15 |
| Figura 4. Mapa de los sitios.....                         | 15 |
| Figura 5. siembra de semillas de Chile Habanero.....      | 16 |
| Figura 6. Suelo Aakalché.....                             | 16 |
| Figura 7. Suelo Pus Lu'um.....                            | 16 |
| Figura 8. Suelo Chac Lu'um.....                           | 17 |
| Figura 9. Total de suelos.....                            | 17 |
| Figura 10. Secado de suelos.....                          | 17 |
| Figura 11. Llenado de bolsas.....                         | 18 |
| Figura 12. Preparación de suelos.....                     | 18 |
| Figura 13. Parcelas divididas.....                        | 18 |
| Figura 14. Acomodo de bolsas.....                         | 19 |
| Figura 15. Tratamientos por color.....                    | 19 |
| Figura 16. Estrés hídrico.....                            | 19 |
| Figura 17. Trasplante.....                                | 20 |
| Figura 18. Fertilizantes usados.....                      | 21 |
| Figura 19. Medición de PH.....                            | 21 |
| Figura 20. Aplicación de fertilizantes.....               | 22 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 21. Medición del diámetro.....   | 22 |
| Figura 22. Medición de la altura de la planta.....  | 23 |
| Figura 23. Método de Bouyoucos.....   | 23 |
| Figura 24. Conductividad Eléctrica y PH.....  | 23 |
| Figura 25. Materia orgánica.....  | 24 |
| Figura 26. Método Olsen.....  | 24 |
| Figura 27. Método del Flamometro.....   | 24 |
| Figura 28. Titulación con EDTA.....   | 24 |
| Figura 29. Extracción de Savia con TWIN.....  | 25 |
| Figura 30. Tutorado de las plantas de Chile Habanero.....   | 26 |
| Figura 31. Comparación de la dinámica de crecimiento de las plantas de Chile habanero en suelos Aakalché debido al efecto de 15 tratamientos de fertilización.....            | 27 |
| Figura 32. Comparación de la dinámica de crecimiento de las plantas de Chile habanero en suelos Chac Lu'um debido al efecto de 15 tratamientos de fertilización .....         | 28 |
| Figura 33. Comparación de la dinámica de crecimiento de las plantas de Chile habanero en suelos Pus Lu'um debido al efecto de 15 tratamientos de fertilización.....           | 29 |
| Figura 34. Comparación de la dinámica de crecimiento del tallo de las plantas de Chile habanero en suelos Aakalché debido al efecto de 15 tratamientos de fertilización ..... | 30 |

Figura 35. Comparación de la dinámica de crecimiento del tallo de la planta de Chile Habanero en suelos Chac Lu'um debido al efecto de quince tratamientos de fertilización.....31

Figura 36. Comparación de la dinámica de crecimiento del tallo de la planta de Chile Habanero en suelos Pus Lu'um debido al efecto de quince tratamientos de fertilización .....32

## I. Introducción.

El cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, por su gran consumo en la población; en México, la superficie cosechada es de 143,975 hectáreas con un rendimiento promedio de 16.22 t ha<sup>-1</sup> (Salazar, 2012).

Los rendimientos que puede alcanzar un cultivo que se establece en una condición dada, generalmente no son predichos con gran exactitud. Dicha imprecisión se debe, en parte, a la escasa comprensión que tenemos de la manera como los rendimientos son determinados por los diferentes componentes del sistema planta-suelo-clima (Etchevers, 2010).

Para obtener rendimientos adecuados con los que se quieren alcanzar, principalmente los cercanos a los máximos posibles de su rendimiento de la calidad de la producción, cual sea el cultivo y agro ecosistema que se utilice, se requiere que las necesidades nutrimentales básicas de los cultivos sean satisfechas de acuerdo a las necesidades de la tierra y de la planta a producir. Estos rendimientos deben ser económicamente viables. Las necesidades indicadas pueden verse desde dos puntos de vista: (1) la concentración mínima, o la óptima, que un nutriente debe tener en toda la parte aérea, en un órgano seleccionado con anterioridad como indicador del estado nutricional o en la savia y (2) la cantidad de nutriente (en kg ha<sup>-1</sup>) que la planta debe contener en cada etapa de su vida para aspirar a alcanzar esos rendimientos (Etchevers, 2010).

La absorción de nitrógeno por la planta ocurre principalmente como nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). En el caso de fósforo (P) Borges-Gómez et al., (2008), realizaron un estudio de correlación, calibración de la metodología de Olsen y la metodología de Bray 1, en suelos de diferentes regiones del estado de Yucatán cultivados con chile habanero.

Los fertilizantes, deben ser usados en las cantidades adecuadas para no causar daño a la fertilidad de la tierra, así mismo no desgastarla con los pocos nutrientes con las que contiene, pues de esta manera tendremos un máximo rendimiento.

En muchas partes del mundo su excesivo uso provoca contaminación de las aguas, esto ocurre cuando estos productos se filtran y llegan a los depósitos naturales del agua, de igual manera cuando son arrastrados por la lluvia.

La falta de exactitud en la predicción de los rendimientos afecta la calidad de la recomendación de fertilización que se hace para un cultivo. Esto se debe a que las necesidades nutrimentales de los cultivos son función de los rendimientos que éstos puedan alcanzar. Si el agro ecosistema tiene un potencial de rendimiento elevado, las necesidades nutrimentales serán consecuentemente más elevadas y viceversa (Rodríguez, 1993).

En este trabajo se determinara la dosis óptima - económica, sin embargo para estimular a las plantas a expresar su máximo potencial productivo se realizara una combinación para Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) utilizando fertilizantes químicos, los tratamientos se obtendrán a través de la Matriz Plan Puebla II para tres factores controlables de la producción los cuales son Nitrógeno, Fosforo y Potasio (Turrent, 1985).

## **II. Justificación.**

Según estudios realizados el uso excesivo de fertilizantes aplicados a la planta a la larga causa un daño irreversible en muchas ocasiones al suelo. De acuerdo a los requerimientos se intenta usar en menor cantidad estos componentes químicos, en el cual se realiza una dosis óptima económica, la cual será para beneficiar económicamente al agricultor, estas acciones se realizan por medio de un análisis de suelo en el laboratorio, para tal efecto se identifican los elementos que el suelo tiene, en este caso son Fósforo (P), Potasio (K) y Nitrógeno (N) (Geo México, 2004)

La afirmación anterior sobre la problemática planteada, se observa que en el estado de Quintana Roo, por lo general en todos los casos, el trabajo del campo de los agricultores no contempla la realización de un análisis del suelo previo a los procesos de cultivo y producción, en otras palabras ellos consideran que con los conocimientos que ellos tienen sobre este proceso pudiera impactar en su economía. Sin embargo ignoran los múltiples beneficios que estos análisis pueden brindar al realizarlos, tales como el incremento en la productividad; ahorro al momento de realizar inversión en la compra de agroquímicos y, claro está, el aumento de las ganancias.

Por otra parte es importante señalar que el suelo al ponerle en exceso fertilizantes se va dañando gradualmente sin darse cuenta al momento. Entre las problemáticas comúnmente presentes en este caso, es la erosión, debe señalarse también que la tierra poco a poco pierde sus propiedades físicas (Pérez, 2008)

Así se ha verificado que los diversos fertilizantes en su uso excesivo de estos degradan los suelos haciéndolos salinos, esto se da gradualmente es decir, a largo plazo pero al final de cuentas se pierde la fertilidad, dejándolo inutilizable para la agricultura en los futuros usos (Pérez, 2008).

Cabe considerar, por otra parte que la contaminación de ríos superficiales o subterráneos cerca de la zona al cultivo en el cuál se usan estos fertilizantes, estos provocan eutrofización, es decir el crecimiento de algas de forma acelerada, debido a la presencia de nutrientes, como fosfatos y nitratos, encontrados comúnmente en estos fertilizantes, este crecimiento de algas absorbe el oxígeno de los ríos y mares dejando casi nada de nutrientes para los demás seres vivo como peces y otras especies vegetales (Geo México, 2004).

Resulta claro, que actualmente en las actividades agrícolas y ganaderas, son utilizadas sustancias agroquímicas, tales como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematicidas, con el objetivo de proteger y potenciar la producción agraria.

Evidentemente en el caso de los fertilizantes, su uso es importante como aporte de nutrientes necesarios para las plantas o como enmendante de suelos. En un principio, las actividades agrarias no tienen por qué perjudicar al suelo, pero llega un momento, que a causa de la repetición de cultivos, el suelo se degrada y pierde sus nutrientes contenidos en el mismo. Como suele decirse, se empobrece. En este estado es incapaz de proporcionar la cantidad de nutrientes que la vegetación necesita, siendo necesario el aporte indirecto a través de fertilizantes (Pérez, 2008).

El reordenamiento al utilizar las dosis óptimas de los fertilizantes podremos poco a poco disminuir estos problemas y a la larga hacer que los agricultores tomen conciencia, responsabilidad de esta situación que se presenta en la tierra que es muy alarmante y de esta forma cuidar el suelo que es signo y sustento de vida a lo largo de muchas generaciones.

### 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)

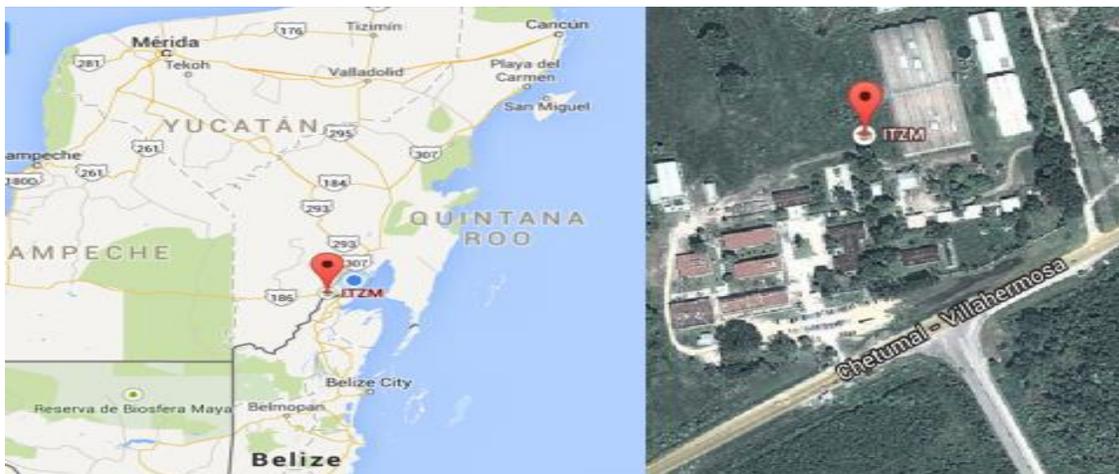


Figura 1. Mapa de la macro localización del proyecto.

### 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, sistema de riego por goteo, 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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, para el cultivo de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), en suelos del tipo Aakalché, pus lu'um y Chac Lu'um del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

### **4.2 Objetivos específicos.**

- Evaluar el crecimiento del diámetro del tallo de las plantas de chile habanero por el efecto de quince tratamientos de fertilización.
- Evaluar el diámetro polar y ecuatorial del fruto del Chile Habanero de acuerdo a los quince tratamientos de fertilización utilizados.
- Evaluar la altura de la planta por el efecto de quince tratamientos de fertilización.

## V. Materiales y Metodos.

Se realizo la limpieza del invernadero tipo tunel, en el se encontraban plantas de chile habanero, las cuales habian sido parte de un experimento posterior. Se prosedio a sacar todas las plantas al igual que el suelo en el que se trabajo, se quitaron todas las malezas que se encontraban dentro del mismo, se desinstalo el sistema de riego y se dejo listo para poner el siguiente experimento (Figura 3).



**Figura 3.** Limpieza del Invernadero.

Identificacion de tipos de suelos. Recorrido de campo. Para la identificacion de los linderos se realizo el recorrido dentro del terreno que conforma el Instituto Tecnologico de la Zona Maya. Para identificar los puntos que conforman el instituto, se utilizo el programa de google Earth. Al tener los puntos listos en el mapa, se tomaron las cordenadas geograficas que posteriormente habia dado el progama y se metio los datos en un GPS, cn base en estos se fue localizando cada punto he identificando los suelos que serian extraidos una vez terminado el recorrido. El recorrido finalizo una vez que se identificaron 3 tipos de suelo, los cuales eran Chac Lu'um, Pus Lu'um y Aakalché y que serian extraidos (Figura 4).

La siembra de las semillas del chile habanero se realizo en dos charolas de poliestireno de 200 alveolos, las cuales fueron rellenadas de una mezcla de Peat Mos (Turba comercial) y agua, para despues proceder a la siembra de la semilla, se aplico tambien un Previcur a una dosis de 2 ml por litro de agua para evitar la aparicion de hongos. Posteriormente las charolas fueron cubiertas con papel periodico y envueltas con una bolsa negra, para acelerar el proceso de germinacion y llevadas al laboratorio de agua-suelo-planta del instituto, donde permanecieron por 6 dias.

Después de este tiempo fueron llevadas al invernadero hidropónico del instituto, donde permanecieron aproximadamente 35 días hasta su trasplante., allí se dejaron el tiempo que restaba para su trasplante.

Cada tres días se realizó una fertilización foliar a las plántulas, con un fertilizante arrancador para plántulas y trasplantes a base de cristales solubles en una dosis de dos gramos por litro de agua (Figura 5).



**Figura 5.** Siembra de semillas de Chile Habanero.

La extracción de los suelos empezó con la recolección del Aakalché y se finalizó al haber recolectado 18 bolsas (costales) (figura 6).



**Figura 6.** Suelo Aakalché .

El segundo suelo a recolectar fue el pus lu'um, del cual se obtuvieron un total de 15 costales (figura 7).



**Figura 7.** Suelo Pus lu'um.

El tercer y ultimo suelo, que fue el Chac Lu'um, de este suelo fueron recolectados 16 costales (Figura 8).



**Figura 8.** Suelo Chac lu'um.

En total se obtuvo 45 costales por todos los suelos, que se usaron para los tratamientos (Figura 9).



**Figura 9.** Total de suelos.

Todos los suelos despues de recolectarlos fueron llevados al invernadero tipo tunel para que con la radiacion solar se desinfecte, osea, se mueran todas las bacterias que traia el suelo y de esta forma se pueda usar para trasplantar las plantas de chile habanero (Figura 10).



**Figura 10.** Secado de suelos

Para la preparacion de las tratamientos, se puso en bolsas de 5 kg cada suelo, primero fue llenar 60 bolsas con suelo Akalché (Figura 11).



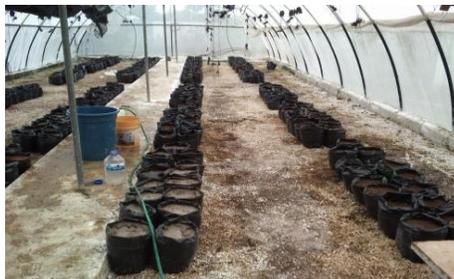
**Figura 11.** Llenado de bolsas.

Por ultimo se preparo las bolsas para los ultimos suelos , 60 de pus lu´um y 60 de chaclu´um (Figura 12).



**Figura 12.** Preparacion de suelos.

Los tratamientos fuerondistribuidos en bloques al azar, con 4 repeticiones cada uno en 12 parcelas las cuales tienen los 15 tratamientos correspondientes (Figura 13).



**Figura 13.** Parcelas divididas.

Se acomodaron las 12 parcelas con sus respectivos tratamientos y repeticiones y sus 3 tipos de suelo (Figura 14).



**Figura 14.** Acomodo de bolsas.

Los tratamientos se escribieron en cuadritos de fumi, dándole a cada uno un color (Figura 15).



**Figura 15.** Tratamientos por color.

Para poder trasplantar las plantas se dejaron sin regar un día y eso hizo que se estresen así de forma fácil saldrían de las cavidades (Figura 16).



**Figura 16.** Estrés hídrico.

Se trasplantaron 180 plantas de chile habanero, todas fueron distribuidas entre las parcelas y los tratamientos, tocandole a uno a cada bolsa (Figura 17).



**Figura 17.** Trasplante

.Para obtener las dosis de los fertilizantes que se le aplicaron a las plantas se reviso detenidamente su espacio de exploracion del cultivo, osea, los requerimientos en cuanto a N, P, K (cuadro 1).

**Cuadro 1.** uso del Plan Puebla II y primera etapa de fertilizacion.

| tratamien<br>tos | Dosis fertilizantes (kg/Ha) |        |     | Dosis para 12 Plantas de Chile<br>Habanero Primera Etapa (gr) |            |       |
|------------------|-----------------------------|--------|-----|---|------------|-------|
|                  | N                           | P2O5   | K2O | Urea  | N. Potasio | MAP   |
| T1               | 175                         | 87.75  | 209 | 7.2   | 5.28       | 2.4   |
| T2               | 175                         | 87.75  | 251 | 6.9   | 6.36       | 2.4   |
| T3               | 175                         | 107.25 | 209 | 7.2   | 5.22       | 2.88  |
| T4               | 175                         | 107.25 | 251 | 6.84  | 6.3        | 2.88  |
| T5               | 208                         | 87.75  | 209 | 9.096   | 5.28       | 2.4   |
| T6               | 208                         | 87.75  | 251 | 8.784   | 6.36       | 2.4   |
| T7               | 208                         | 107.25 | 209 | 8.97  | 5.274      | 2.934 |
| T8               | 208                         | 107.25 | 251 | 8.646   | 6.336      | 2.934 |
| T9               | 190                         | 97.5   | 230 | 7.896   | 5.808      | 2.67  |
| T10              | 136                         | 87.75  | 209 | 5.19  | 5.28       | 2.4   |
| T11              | 244                         | 107.25 | 251 | 10.596  | 6.342      | 2.94  |
| T12              | 175                         | 68.25  | 209 | 7.44  | 5.28       | 1.872 |
| T13              | 208                         | 107.25 | 251 | 8.652   | 6.336      | 2.934 |
| T14              | 175                         | 68.25  | 167 | 7.77  | 4.2        | 1.878 |
| T15              | 208                         | 107.75 | 293 | 8.322   | 7.41       | 2.94  |

Una vez teniendo los espacios se utilizo la matriz Plan Puebla II, despues mediante calculos se obtuvieron las dosis correspondientes a cada tratamiento y en su debida etapa (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Segunda etapa de fertilización.

| tratamientos | Dosis fertilizantes (kg/Ha) |        |     | Dosis para 12 Plantas de Chile Habanero Segunda Etapa gr |            |       |
|--------------|-----------------------------|--------|-----|--|------------|-------|
|              | N                           | P2O    | K2O | Urea   | N. Potasio | MAP   |
| T1           | 175                         | 87.75  | 209 | 5.238  | 5.28       | 1.2   |
| T2           | 175                         | 87.75  | 251 | 4.921  | 6.336      | 1.2   |
| T3           | 175                         | 107.25 | 209 | 5.178  | 5.28       | 1.47  |
| T4           | 175                         | 107.25 | 251 | 4.854  | 6.336      | 1.47  |
| T5           | 208                         | 87.75  | 209 | 6.582  | 5.28       | 1.2   |
| T6           | 208                         | 87.75  | 251 | 6.27   | 6.336      | 1.2   |
| T7           | 208                         | 107.25 | 209 | 6.516  | 5.28       | 1.47  |
| T8           | 208                         | 107.25 | 251 | 6.192  | 6.336      | 1.47  |
| T9           | 190                         | 97.5   | 230 | 5.658  | 5.808      | 1.332 |
| T10          | 136                         | 87.75  | 209 | 3.648  | 5.28       | 1.2   |
| T11          | 244                         | 107.25 | 251 | 7.674  | 6.348      | 1.47  |
| T12          | 175                         | 68.25  | 209 | 5.31   | 5.274      | 0.936 |
| T13          | 208                         | 107.25 | 251 | 6.258  | 6.342      | 1.47  |
| T14          | 175                         | 68.25  | 167 | 5.628  | 4.212      | 0.936 |
| T15          | 208                         | 107.75 | 293 | 5.862  | 7.41       | 1.53  |

Para la aplicación de fertirriego se utilizaron los espacios de exploracion en minimos y maximos, los cuales para N: 130 a 250, P: 65 a 130 y K: 160 a 300 estos equivalen a Urea, Nitrato de Potasio y MAP (figura 18).



**Figura 18.** Fertilizantes usados.

Posteriormente, al aplicarlo en agua se debe cuidar que el rango optimo de PH sea de 5.5 a 6.5 (Figura 19),



**Figura 19.** Medicion de PH.

Con los fertilizantes en el agua esta sube y para bajarlo se utiliza acido sulfurico.El fertirriego se aplico dependiendo de la etapa y el numero de dias que esta conleve, para la primera se aplicaba cada 3 dias, porque solo tenia 20 dias esa etapa, al terminar la primera etapa solo se rego al dia siguiente con agua y des pues inicio la segunda etapa contaba con 35 dias y su aplicación era de cada 3 o 4 dias según estuviera la humedad del suelo, su aplicaciónempezo el 20 de octubre del 2015 (Figura 20).



**Figura 20.** Aplicación de fertilizantes.

Se midieron las siguientes variables, Altura de la planta y Diametrio del tallo.Las mediciones del tallo y altura se realizaron a los 40 días después del trasplante, realizando una medición por semana. Para la medición del tallo se utilizó un vernier digital (Figura 21),



**Figura 21.** Medicion del diametro.

se midió el grosor del tallo bajo, medio y superior, posteriormente se promediaron estos resultados para así obtener el crecimiento aproximado. La altura de la planta fue medida con ayuda de una cinta métrica, tomando como referencia la rama más alta de la planta (Figura 22).



**Figura 22.** Medicion de altura de la planta.

Antes de empezar los analisisse tuvo que tamizar los suelos para sacar por cada uno 600 g de suelo fino y 350 de suelo grueso, los cuales servirian para los analisis, se empezaron las analisis fisicos de los tres tipos de suelos, los cuales son Aakalché, Pus lu'um y Chac lu'um. Entre los analisis estaban, textura bajo el metodo de bouyoucos, 1969, (Figura 23).



**Figura 23.** Metodo de bouyoucos.

conductividad electrica con el equipo electrico (potenciometro), PH con el mismo equipo,(Figura 24).



**Figura 24.** Conductividad electrica y PH.

materia organica con el metodo Wackley-Black 1965,(Figura 25).



**Figura 25.** Materia organica.

Fosforo con el metodo Olsen,(figura 26).



**Figura 26.** Metodo Olsen.

Potasio usando el metodo del flamometro,(Figura 27).



**Figura 27.** Metodo del Flamometro.

Calcio + Magnesio, con el metodo de titulacion EDTA, Calcio con EDTA, (Figura 28).



**Figura 28.** Titulacion con EDTA.

Para el análisis químico de savia la toma de muestras se realizó tomando las hojas más jóvenes totalmente maduras como lo propone Cadahía (2005). 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 el menos 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 diluyó 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. Se repitió el mismo procedimiento para las 45 muestras tomadas por tratamiento y en los 3 tipos de suelo (Figura 29).



**Figura 29.** Extracción de savia con twin.

El tutoreo de las plantas fue realizado con el sistema Holandes, el cual consiste en pasar una rafia por todo el tallo de la planta, esta al momento del crecimiento de la planta hara que se mantenga firme y aumente su altura (Figura 30).



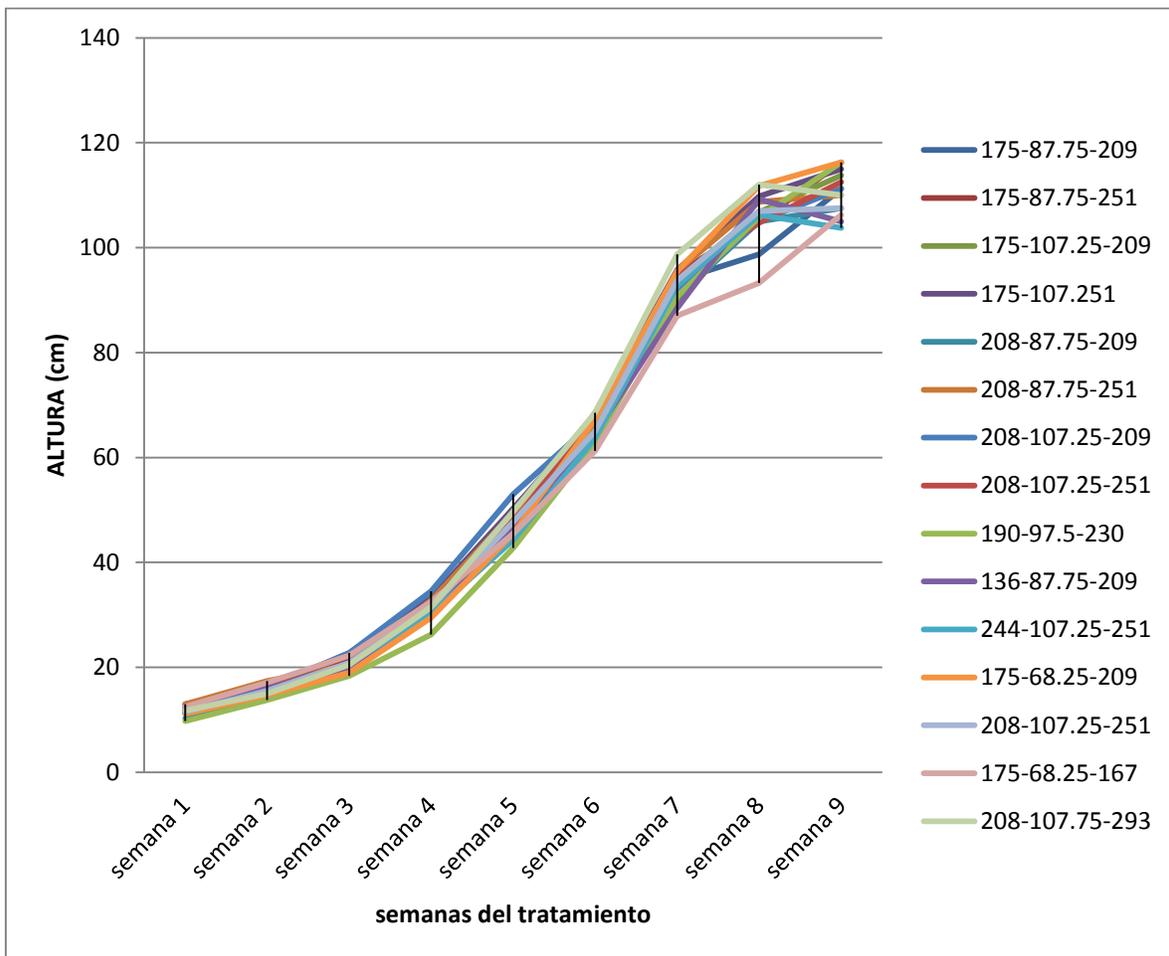
**Figura 30.** Tutoreo de las plantas de chile habanero.

Se realizo un analisis de varianza y una prueba de Medias de Tukey utilizando el SAS (Statistical Analysis Sistem), v.9.1.

## VI. Resultados y Discusiones.

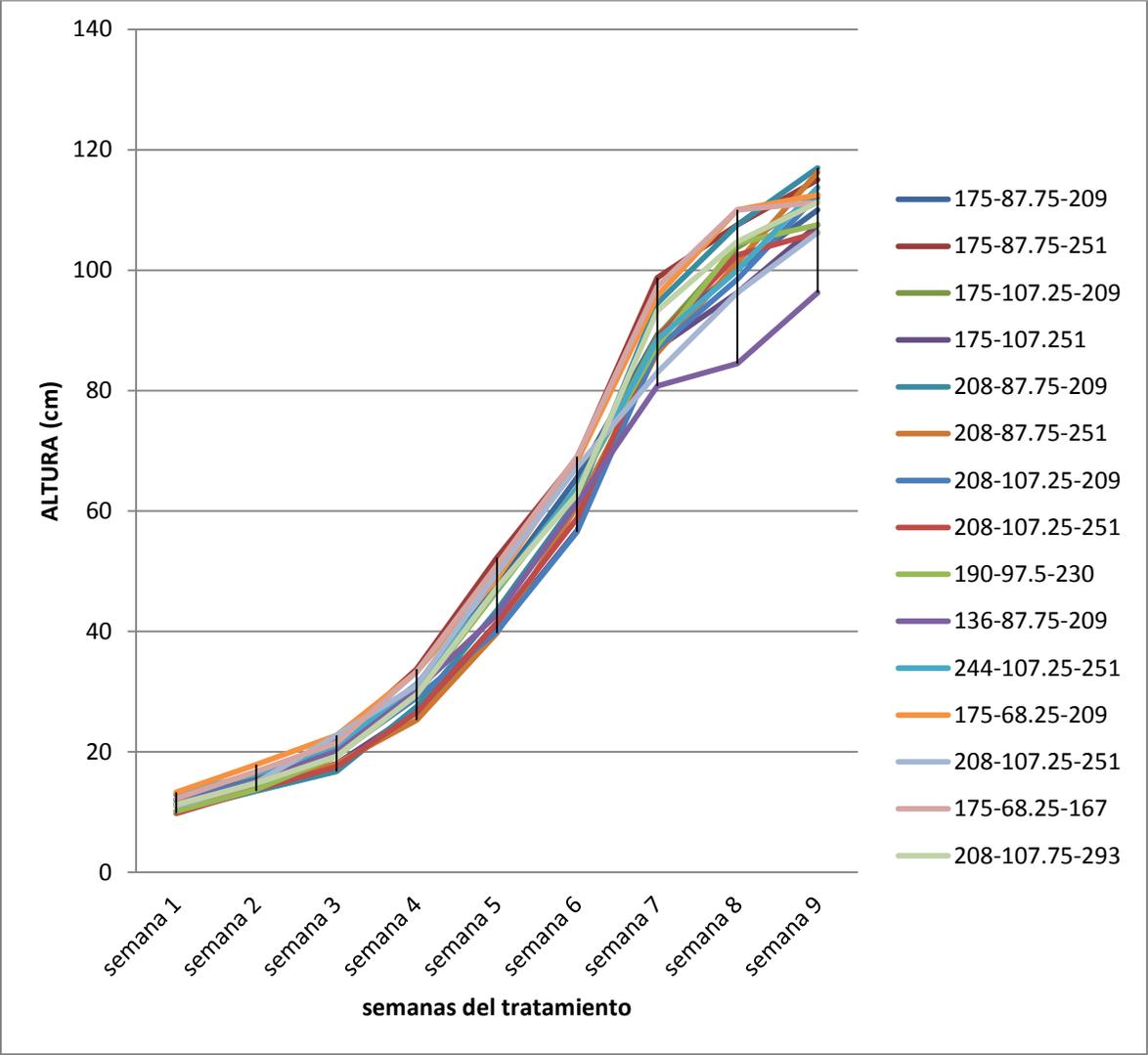
### 6.1. Variable altura.

Los analisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia sobre la altura de las plantas de chile habanero , debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de akalche en ambiente de invernadero, como se puede notar en la figura 31. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.



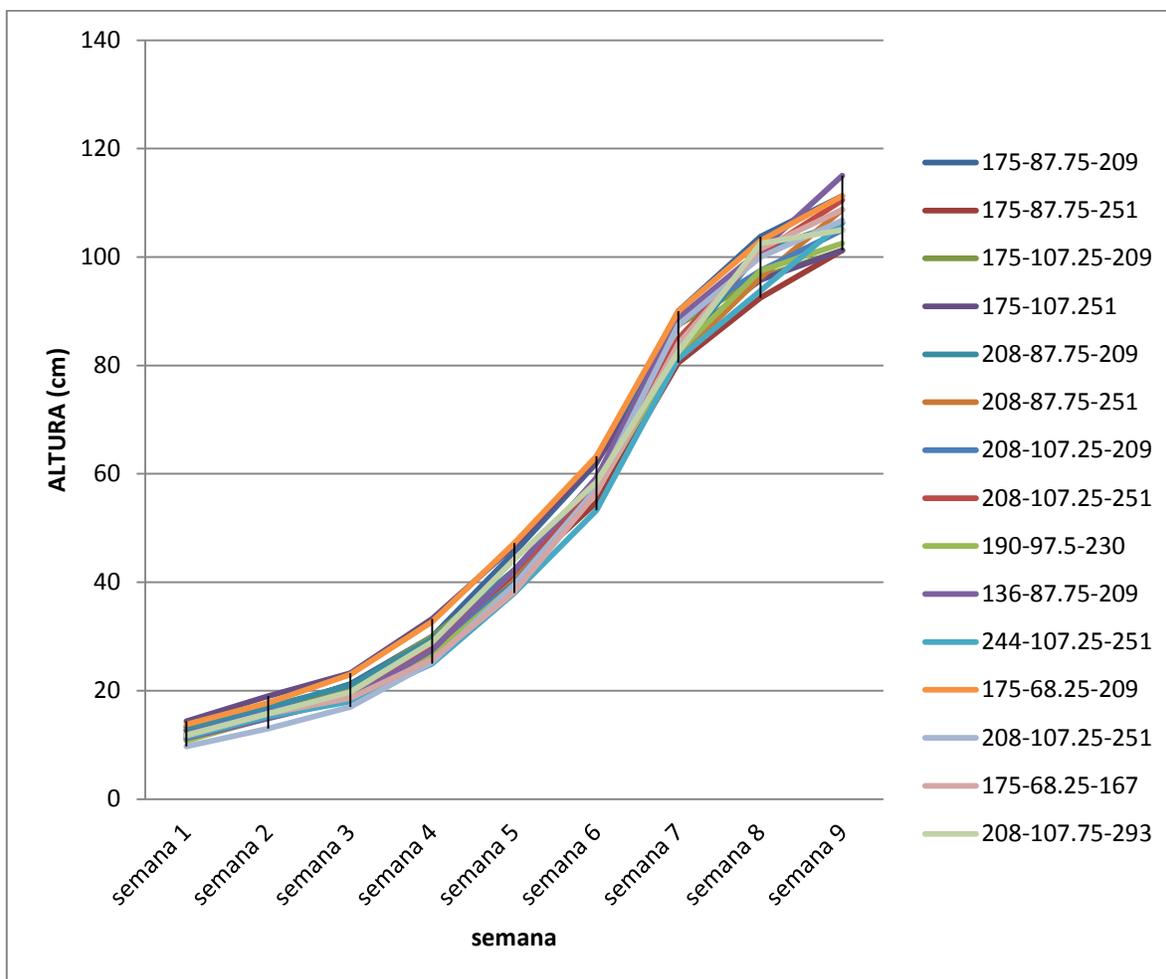
**Figura 31.** Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de Chile habanero en suelos Aakalché debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los análisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que solo existe una significancia sobre la altura de las plantas de Chile Habanero, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio, cultivados en suelos de Chac Lu'um en ambiente de invernadero, como se puede notar en la figura 32. Esto es debido a que en el tratamiento 10 una de sus repeticiones presentó un ataque de ácaro y se estaba recuperando y por igual no se encuentra el cultivo en su fase final y todavía no se aplican todas las etapas del cultivo.



**Figura 32.** Comparación de la dinámica de crecimiento de las plantas de Chile Habanero en suelos Chac Lu'um debido al efecto de quince tratamientos de fertilización.

Los análisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia sobre la altura de las plantas de Chile Habanero, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio, cultivados en suelos de Pus Luúm en ambiente de invernadero, 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.

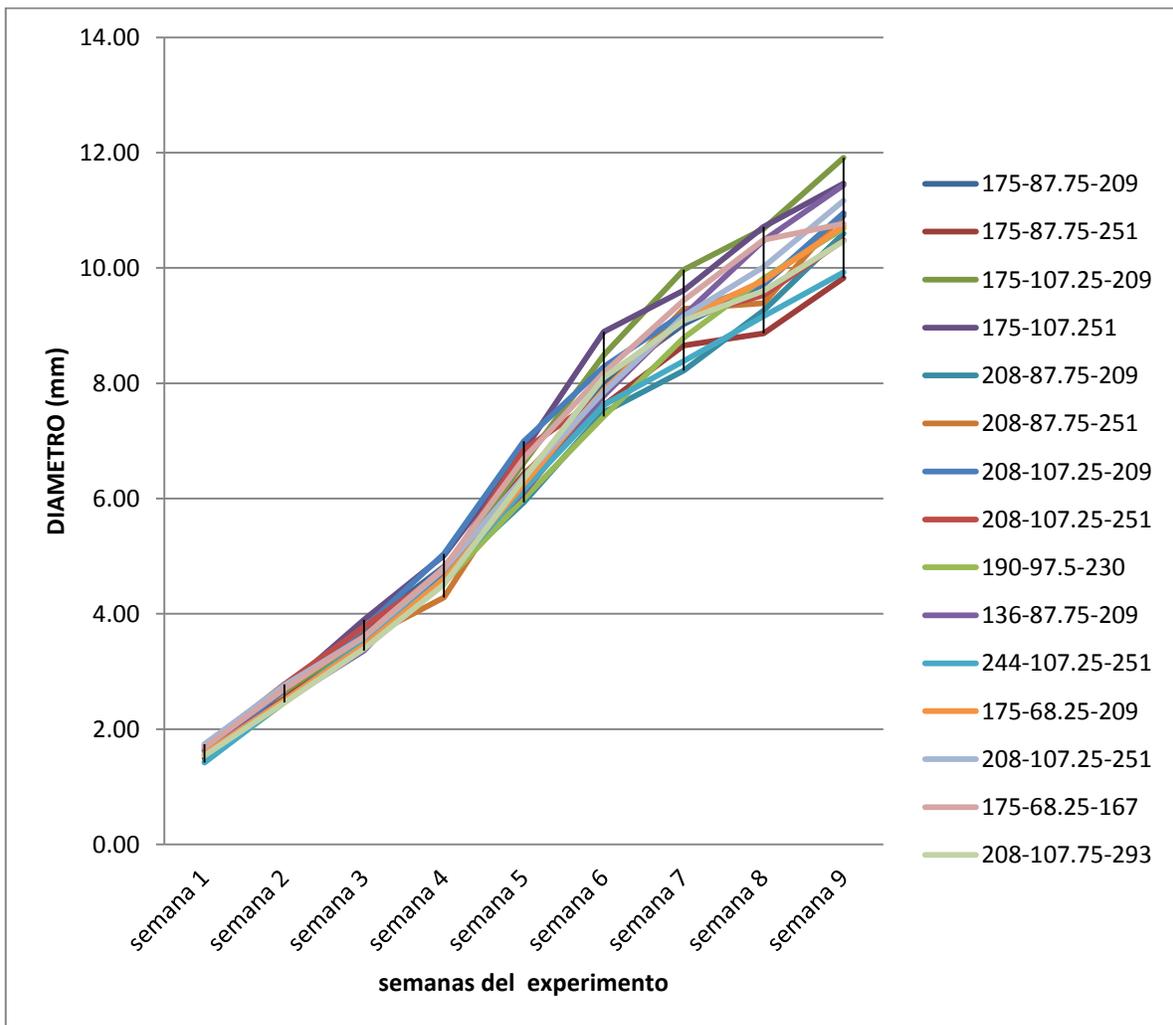


**Figura 33.** Comparación de la dinámica de crecimiento de las plantas de Chile Habanero en suelos Pus Luúm debido al efecto de quince tratamientos de fertilización.

Sin embargo realizando un análisis completo con los tres suelos se vio que existen diferencias significativas sobre la variable altura de estos 15 tratamientos.

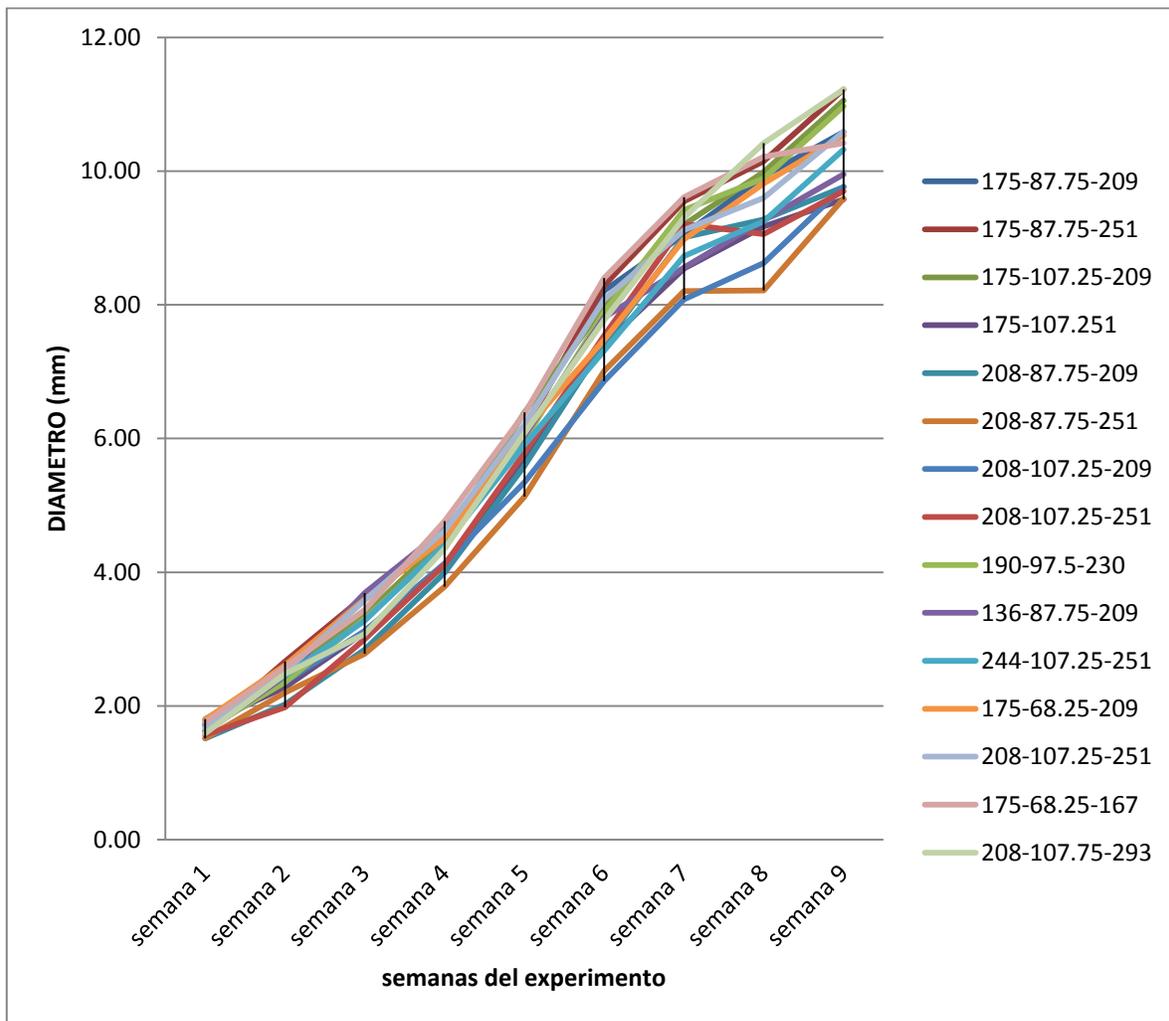
## 6.2. Variable diametro.

Los analisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia sobre el diametro del tallo de las plantas de chile habanero , debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de Aakalché en ambiente de invernadero, como se puede notar en la figura 34. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.



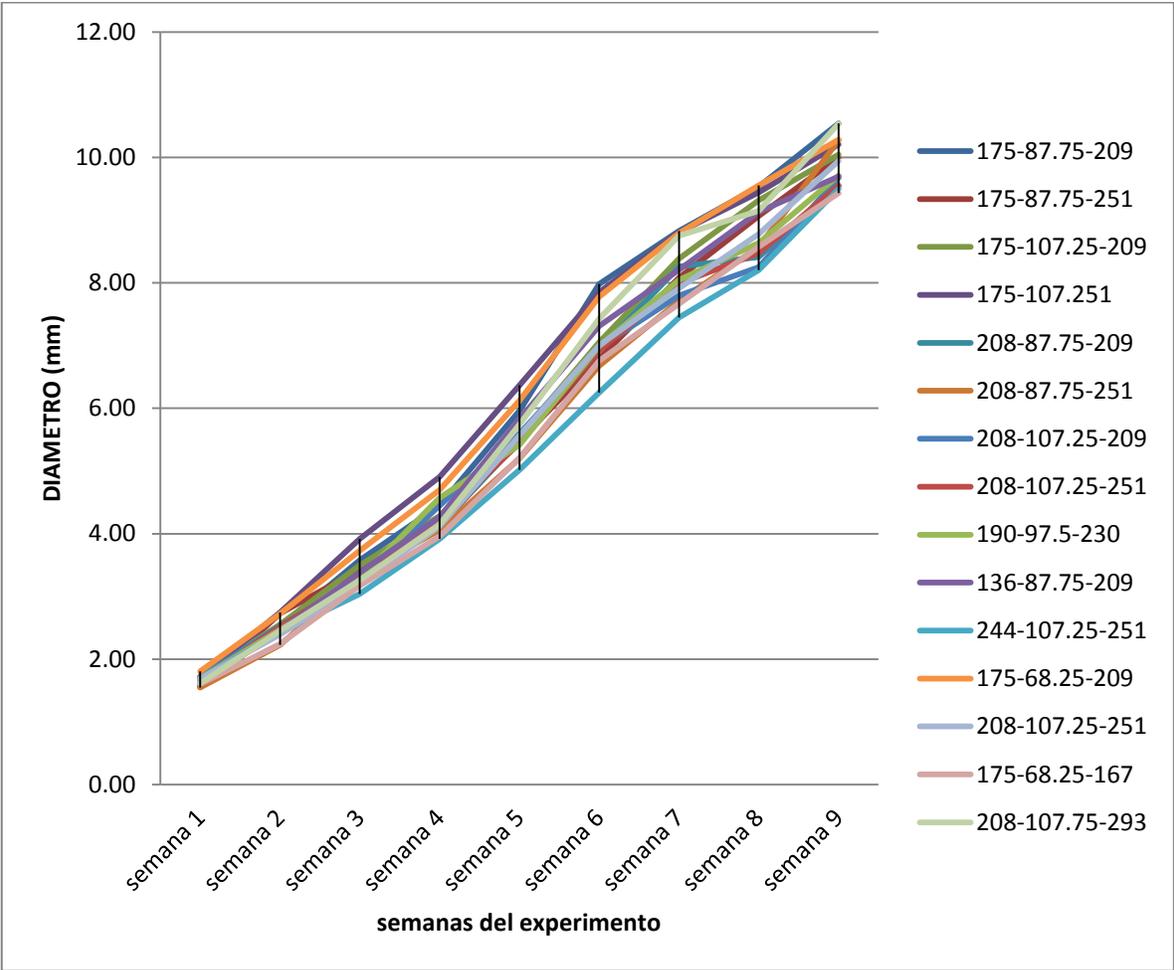
**Figura 34.** Comparacion de la dinamica de crecimiento del tallo de la planta de Chile Habanero en suelos Aakalché debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los análisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia sobre el diámetro del tallo de las plantas de chile habanero , debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio , cultivados en suelos de Chac Lu´um en ambiente de invernadero, como se puede notar en la figura 35. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavía no se aplican todas las etapas del cultivo.



**Figura 35.** Dinámica de crecimiento del tallo de la planta de Chile Habanero en suelos Chac Lu´um debido al efecto de quince tratamientos de fertilización.

Los analisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia sobre el diametro del tallo de las plantas de chile habanero , 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, como se puede notar en la figura 36. 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 36.** Comparacion de la dinamica de crecimiento del tallo de la planta de Chile Habanero en suelos Pus Lu´um por efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

### **6.3. Potasio.**

Los analisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de Aakalché, Chac Lu'um y Pus Lu'um en ambiente de invernadero, como se puede notar en el cuadro 3. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo. Sin embargo al momento de realizar la prueba de Medias de Tukey se corrobora que el suelo Aakalché predomina de entre los tres con una media de 95 ppm en el Tratamiento 11 como se demuestra en el cuadro 4.

### **6.4. Calcio.**

Los analisis de varianza realizados indican ( $\alpha=0.05$ ) que no existe significancia debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de Aakalché, Chac Lu'um y Pus Lu'um en ambiente de invernadero, como se puede notar en el cuadro 5. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo. Sin embargo al momento de realizar la prueba de Medias de Tukey se corrobora que el suelo Aakalché predomina de entre los tres con una media de 593.33 ppm en el Tratamiento 14 como se demuestra en el cuadro 6.

## **VII. Problemas Resueltos y Limitantes.**

Los resultados obtenidos seran de mucha ayuda para las personas que trabajen con alguno de los tres suelos, dandoles desde una mejor fertilizacion, hasta un mejor manejo de las mismas.

Al momento de realizar este experimento se presentaron algunos problemas como son altas temperaturas dentro del invernadero, poca altura del tunel, poca polinizacion. Las altas temperaturas se controlaban mediante la nebulizacion dentro del invernadero o mojando los pasillos de la misma, posteriormente la poca polinizacion se controlo mediante una sopladora de combustible y de este manera ya se tenia una mejor calidad de frutos.

La unica limitante pudo haber sido la altura ya que el invernadero tiene apenas una altura de 2 m.

Para futuros trabajos con otros cultivos se recomienda aumentar la altura.

## **VIII. Competencias Aplicadas o Desarrolladas.**

Durante el transcurso de la residencia profesional desarrollamos algunos conocimientos anteriormente adquiridos durante el tiempo de estudio, con los conocimientos o competencias adquiridas en la materia de Edafología se pudo identificar los tres tipos de suelo que se encontraron en el terreno que conforma el Instituto y que posteriormente se extrajeron para poder usarlos en el experimento, de igual manera se pudo saber la estructura del suelo y su nombre según la nomenclatura Maya.

Gracias a lo aprendido en la materia de Nutrición Vegetal, se pudo identificar cuáles eran los requerimientos de fertilización que la planta necesitaba para tener un buen crecimiento, de igual manera se utilizó estos valores máximos y mínimos de fertilización para poder sacar las dosis de los fertilizantes que se aplicarían durante el tiempo que se llevara a cabo el experimento.

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 marchitez permanente.

Con la materia de Diseños Experimentales se le dio un arreglo factorial al experimento que consistía en Bloques completamente al azar y de igual forma se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey.

## **IX. Conclusiones.**

Se concluye que en los suelos Aakalche, los quince tratamientos no tuvieron impacto en el crecimiento de la planta, y en lo que cabe del diametro estos estaban a la par en su crecimiento.

En los suelos Chac Lu'um las alturas de la plantas estaban a la par ha excepcion de un tratamiento , ya que este reporto ataque de acaro; en el diametro del tallo tambien existieron diferencias ya que el suelo retenia humedad y esta a su vez era absorbida en menor cantidad por la planta y de esta forma los tallos aumentaban diferente.

La altura de la planta en el suelo Pus Lu'um no presento diferencias ya que estas crecian a la par. De igual manera el diametro no presento diferencias significativas.

Con base a lo realizado en el analisis de varianza se concluye que los analisis de los 15 tratamientos generados por la matriz Plan Puebla II, para tres factores, no tuvieron diferencias significativas sobre la altura de la planta de Chile Habanero en los tres tipos de suelos. Según los analisis de la prueba de Medias de Tukey, todos los tratamientos son iguales porque no mostraron significancia en la altura de la planta.

En la comparacion del analisis de varianza en los tres tipos de suelo con los quince tratamientos en el diametro del tallo de la planta si hubo influencia del suelo pero ninguno referente a los tratamientos y con la prueba de Medias de Tukey se dedujo que el suelo Aakalché influia en el crecimiento del diametro del tallo de la planta de Chile Habanero.

En la comparacion del analisis de varianza de Potasio en los tres tipos de suelos con los quince tratamientos se dedujo que no hubo diferencias significativas entres los tratamientos pero entre los suelos si hubo y mediante el analisis de Medias de Tukey se concluye que el suelo Aakalché es el mejor con el tratamiento 11.

De igual manera para el analisis de varianza de Calcio se concluye que no existen diferencias significativas entre los tratamientos pero si las hubo en cuanto al suelo y con el analisis de Medias de Tukey se dedujo que el suelo Akalche es el mejor con el tratamiento 14.

Se concluye que al momento de terminar las 9 semanas los tratamientos todavia no mostraban significancias y los suelos eran los que lo mostraban.

## **X. Referencias Bibliograficas.**

**Borges- Gómez, L.,** Cervantes Cárdenas, L., Ruiz Novelo, J., Soria Fregoso, M., Reyes Oregel, V., Villanueva Couoh, E., (2010). CAPSAICINOIDES EN CHILE HABANERO (CAPSICUM CHINENSE JACQ.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD Y NUTRICIÓN.

**Borges-Gómez, L.,** Moo-Kauil, C., Ruíz-Novelo, J., Osalde-Balam, M., González-Valencia, C., Yam-Chimal, C., Can-Puc, F. (2014). SUELOS DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO EN YUCATÁN: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS PREDOMINANTES. Agrociencia, 48(4) 347-359.

**Cadahía, C. 1999.** Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 233-237 p.

**Cadahía, C. 2005.** Fertilización: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3era ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 223-249 p

**Etchevers Barra, J.D.**2010. TECNICAS DE DIAGNOSTICO UTILES EN LA MEDICION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL ESTADO NUTRIMENTAL DE LOS CULTIVOS.

**Geo – México. 2004.**

**Martínez Gaspar, Felipe de Jesús, Ojeda Barrios Damaris I. Hernández, Adriana. 2011.**Exceso de Nitratos: un problema actual en la agronomía. Facultad de Ciencias Agro tecnológicas/Universidad Autónoma de Chihuahua

**Pérez – Vázquez Arturo**, 2008. Landeros Sánchez Cesáreo. Agricultura y Deterioro Ambiental.

**RODRÍGUEZ, J. 1993.** La fertilización de los cultivos, un método racional. Colección en Agricultura, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 291 p.

**Salazar-Jara FI\***, Juárez-López P. 2012. REQUERIMIENTO MACRONUTRIMENTAL EN PLANTAS DE CHILE (*Capsicum annuum* L.). MACRONUTRIENT REQUIREMENT IN PEPPERPLANTS (*Capsicum annuum* L.).

**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 Postgraduados. Chapingo, México.

## XI. Anexos.

Cuadro 3. Análisis de varianza en Potasio.

| Procedimiento GLM             |            |                   |                      |               |        |
|-------------------------------|------------|-------------------|----------------------|---------------|--------|
| Variable dependiente: POTASIO |            |                   |                      |               |        |
| Fuente                        | DF         | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor       | Pr > F |
| Modelo                        | 16         | 24157.68889       | 1509.85556           | 4.28          | 0.0004 |
| Error                         | 28         | 9872.75556        | 352.59841            |               |        |
| Total correcto                | 44         | 34030.44444       |                      |               |        |
|                               | R-cuadrado | Coef Var          | Raiz MSE             | POTASIO Media |        |
|                               | 0.709885   | 35.35532          | 18.77760             | 53.11111      |        |
| Fuente                        | DF         | Tipo I SS         | Cuadrado de la media | F-Valor       | Pr > F |
| TRAT                          | 14         | 8899.77778        | 635.69841            | 1.80          | 0.0897 |
| SUELO                         | 2          | 15257.91111       | 7628.95556           | 21.64         | <.0001 |
| Fuente                        | DF         | Tipo III SS       | Cuadrado de la media | F-Valor       | Pr > F |
| TRAT                          | 14         | 8899.77778        | 635.69841            | 1.80          | 0.0897 |
| SUELO                         | 2          | 15257.91111       | 7628.95556           | 21.64         | <.0001 |

Cuadro 4. Análisis de Medias de Tukey en Potasio.

| Tukey Agrupamiento | Media | N | TRAT |
|--------------------|-------|---|------|
| A                  | 95.00 | 3 | 11   |
| A                  | 70.67 | 3 | 4    |
| B                  | 61.33 | 3 | 7    |
| B                  | 56.33 | 3 | 9    |
| B                  | 53.33 | 3 | 13   |
| B                  | 52.33 | 3 | 3    |
| B                  | 50.33 | 3 | 8    |
| B                  | 50.33 | 3 | 5    |
| B                  | 49.67 | 3 | 1    |
| B                  | 49.00 | 3 | 2    |
| B                  | 49.00 | 3 | 6    |
| B                  | 44.00 | 3 | 12   |
| B                  | 43.00 | 3 | 15   |
| B                  | 37.67 | 3 | 10   |
| B                  | 34.67 | 3 | 14   |

Cuadro 5. Análisis de varianza del Calcio.

```

ANALISIS DE CALCIO    15:05 Thursday, December 2, 2015    3
The GLM Procedure
Dependent Variable: Ca
Source              DF          Sum of Squares    Mean Square    F Value    Pr > F
Model                16          910715.556          56919.722      4.28    0.0004
Error                28          372248.889          13294.603
Corrected Total      44          1282964.444

R-Square      Coeff Var      Root MSE      Ca Mean
0.709853      26.39166      115.3022      436.8889

Source              DF      Type I SS      Mean Square    F Value    Pr > F
TRAT                14      295831.1111      21130.7937      1.59    0.1441
SUELO                2       614884.4444      307442.2222     23.13    <.0001

Source              DF      Type III SS      Mean Square    F Value    Pr > F
TRAT                14      295831.1111      21130.7937      1.59    0.1441
SUELO                2       614884.4444      307442.2222     23.13    <.0001
    
```

Cuadro 6. Análisis de Medias de Tukey en Calcio.

```

ANALISIS DE CALCIO    15:05 Thursday, December 2, 2015    4
The GLM Procedure
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      13294.6
Critical Value of Studentized Range    5.24188
Minimum Significant Difference      348.95

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping      Mean      N      TRAT
A                    593.33    3      14
A                    540.00    3      10
A                    530.00    3      15
A                    523.33    3      12
A                    460.00    3      13
A                    450.00    3      9
A                    450.00    3      8
A                    443.33    3      2
A
    
```