UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
02/06/14
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U
746T

"EFECTO DE LA CARENCIA DE MICRONUTRIENTES (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu.) EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE AJI CHARAPITA *(Capsicum frutescens L.)* EN PUCALLPA"

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Bach. JUANA ISABEL, MARINA YALTA

PUCALLPA - PERÚ

2013

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Ing. Mg. Carlos Alberto Ramírez Chumbe.
Presidente

Blgo. Msc. Ildefonso Ayala Ascencio.
Secretario

Ing. Luis Alberto Díaz Sandoval.
Miembro

Dr. Fernando Pérez Leal.
Asesor

Ing. Rita Riva Ruíz.
Co-Asesora

Bach. Juana Isabel Marina Yalta.
Tesista

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO, por ser nuestro padre celestial, quien nos da la vida y la sabiduría para poder seguir adelante en nuestras metas.

A mis padres que los amo mucho: DOLORES y ANTERO, quienes me brindan el apoyo incondicional en cada momento de mi vida. Por qué han sido el mejor ejemplo de dedicación, entrega y superación; por que gracias a sus sacrificios, consejos y motivación constante en todo este periodo de formación académica he podido alcanzar mi meta.

A mis adorados hermanos: WALDIR, NURIA, MERCEDES, FLOR, ANTERO, OSVER, VEMY y MICKEY, por compartir grandes momentos en cada etapa de mi vida.

A mis adorados sobrinos: RANDOLF, JAMAL, LUCIANA, BRITH, GIUSEPHE, NAOMI, FRANK y MAYTE, por el gran cariño que les tengo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a las siguientes Instituciones y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

- A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme en sus recintos las enseñanzas a través de profesores idóneos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por su esmerada labor, a quienes valoro, respeto y guardo una profunda gratitud y reconocimiento.

- Al Ing. Msc. Fernando Pérez Leal, asesor de la presente tesis, por sus sabios consejos, constante orientación durante la realización del presente trabajo de tesis.

- A la Ing. Rita Riva Ruíz, coasesora de la presente tesis, por el asesoramiento, valioso y constante apoyo durante toda la etapa de realización del presente trabajo de tesis.

- Al Blgo. Msc. Ildefonso Ayala Ascencio, al Ing. Mg. Carlos Alberto Ramírez Chumbe y al Ing. Luis Alberto Díaz Sandoval, por su apoyo en las correcciones del presente trabajo de tesis.

- A mis amigos y colaboradores en la realización del trabajo de tesis: Manuel Arévalo, Ángel Chávez, Liceth Shahuano, Angélica De La Cruz, Warner Panduro, Enrique Rivera, Sinecio Cárdenas; quienes contribuyeron de forma desinteresada en el trabajo experimental.

ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	viii
Lista de fotos	ix
Resumen	xi
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	3
2.1. Generalidades del cultivo.	3
2.1.1. Orígen y domesticación.	3
2.1.2. Distribución geográfica.	3
2.1.3. Clasificación taxonómica.	4
2.2. Ciclo del cultivo de ají.	6
2.3. Importancia del ají a nivel nacional y regional.	6
2.4. Nutrición mineral.	7
2.5. Elementos esenciales en las plantas.	7
2.5.1. Hierro (Fe).	8
2.5.2. Boro (B).	8
2.5.3. Manganeso (Mn).	9
2.5.4. Molibdeno (Mo).	9
2.5.5. Zinc (Zn).	9
2.5.6. Cobre (Cu).	10
2.6. Cultivo en soluciones nutritivas.	10
2.7. Solución stock.	12
2.8. Técnica del elemento faltante.	13
2.9. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales.	13
2.10. Antecedentes de la investigación.	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	17
3.1. Ubicación y duración del estudio.	17
3.2. Condiciones de clima.	17
3.3. Componentes en estudio.	18
3.4. Metodología de la investigación.	19

3.5. Ejecución del proyecto. 20
3.5.1. Obtención de semillas de ají charapita. 20
3.5.2. Fase de almácigo. 21
3.5.3. Establecimiento del experimento. 22
3.5.4. Variables evaluadas. 26
3.5.4.1. Crecimiento. 26
3.5.4.2. Síntomas de deficiencias según respuesta al tratamiento... 27
3.6. Observaciones registradas. 28

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 31
4.1. Análisis estadístico. 31
4.1.1. Crecimiento. 32
4.1.1.1. Altura de planta. 32
4.1.1.2. Diámetro de copa. 33
4.1.1.3. Tamaño de hoja. 34
4.1.1.4. Diámetro de tallo. 36
4.1.1.5. Longitud de raíz. 37
4.1.2. Síntomas de deficiencia. 39
4.1.2.1. Solución Nutritiva Completa. 39
4.1.2.2. Deficiencia de Hierro. 40
4.1.2.3. Deficiencia de Boro. 42
4.1.2.4. Deficiencia de Manganeso. 44
4.1.2.5. Deficiencia de Molibdeno. 46
4.1.2.6. Deficiencia de Zinc. 48
4.1.2.7. Deficiencia de Cobre. 50

V. CONCLUSIONES. 52

VI. RECOMENDACIONES. 53

VII. BIBLIOGRAFÍA. 54

VIII. ANEXOS. 57

IX. ICONOGRAFÍAS. 64

LISTA DE CUADROS

EN EL TEXTO Página

Cuadro 1. Solución stock de componentes de solución nutritiva de Hoagland y Arnon..... 12

Cuadro 2. Solución de micronutrientes de Hoagland y Arnon..... 13

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos en estudio..... 19

Cuadro 4. Esquema de análisis de varianza (ANVA)..... 19

Cuadro 5. Componentes de solución stock..... 23

Cuadro 6. Solución de micronutrientes..... 24

Cuadro 7. Cantidades de soluciones nutritivas para tratamientos..... 25

Cuadro 8. Prueba de Promedio Tukey en el incremento para las variables: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo y Longitud de raíz en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013. 31

EN EL ANEXO

Anexo 1. Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones (disposición de los baldes). Pucallpa – Ucayali, Perú. 2013. 58

Anexo 2. Cantidades de solución stock en ml. para tratamientos Pérez, 1998. Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal..... 58

Anexo 3. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 25% de solución nutritiva para cada tratamiento..... 58

Anexo 4. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 50% de solución nutritiva para cada tratamiento..... 59

Anexo 5. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 75% de solución nutritiva para cada tratamiento..... 59

Anexo 6. Evaluación del número de ramas en las plantas de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*), desde los 30 días hasta los 60 días (d/t.). Pucallpa, Ucayali – Perú, 2013..... 59

Anexo 7. Observaciones meteorológicas registradas en la Estación Climatológica de la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú, Febrero–Abril, 2013..... 60

Anexo 8. Datos de las observaciones registradas sobre el comportamiento de la Conductividad Eléctrica (C.E.) en cada tratamiento, durante los 60 días de establecidas las plantas de ají charapita en soluciones nutritivas. Pucallpa, 2013..... 60

Anexo 9. Datos de las observaciones registradas sobre el comportamiento del pH en cada tratamiento, durante los 60 días de establecidas las plantas de ají charapita en soluciones nutritivas. Pucallpa, 2013..... 61

Anexo 10. Observación Fenológica Reproductiva del cultivo de ají charapita. Pucallpa – Ucayali, Perú, 2013..... 62

Anexo 11. Análisis de varianza en el incremento para las variables: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo y Longitud de raíz en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.)* en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013. 63

LISTA DE GRÁFICOS

EN EL TEXTO Página

Gráfico 1. Registro de Temperatura media en °C y Precipitación pluvial en mm registrados desde Febrero hasta Abril del 2013. Pucallpa – Ucayali, Perú, 2013..... 18

Gráfico 2. Incremento de la variable Altura de planta (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.)* en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013..... 33

Gráfico 3. Incremento de la variable Diámetro de copa (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013..... 34

Gráfico 4. Incremento de la variable Tamaño de hoja (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013..... 35

Gráfico 5. Incremento de la variable Diámetro de tallo (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013..... 37

Gráfico 6. Incremento de la variable Longitud de raíz (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013..... 38

LISTA DE FOTOS

EN EL TEXTO Página

Foto 1. Planta de Solución Nutritiva Completa (Testigo)..... 39

Foto 2. Planta deficiente de Hierro (Fe)..... 40

Foto 3. Comparación entre planta deficiente de Fe y planta testigo.... 41

Foto 4. Planta deficiente de Boro (B)..... 42

Foto 5. Comparación entre planta deficiente de B y planta testigo..... 43

Foto 6. Planta deficiente de Manganeso (Mn)..... 44

Foto 7. Comparación entre planta deficiente de Mn y planta testigo.... 45

Foto 8. Planta deficiente de Molibdeno (Mo)..... 46

Foto 9. Comparación entre planta deficiente de Mo y planta testigo.... 47

Foto 10. Planta deficiente de Zinc (Zn)..... 48

Foto 11. Comparación entre planta deficiente de Zn y planta testigo.... 49

Foto 12. Planta deficiente de Cobre (Cu)..... 50

Foto 13. Comparación entre planta deficiente de Cu y planta testigo.... 51

EN LA ICONOGRAFÍA Página

Foto 1. Selección de planta madre..... 65
Foto 2. Cosecha de frutos maduros..... 65
Foto 3. Extracción de semillas de los frutos seleccionados..... 65
Foto 4. Pesado de semillas seleccionadas..... 65
Foto 5. Prueba de germinación..... 65
Foto 6. Lavado y desinfección del sustrato..... 66
Foto 7. Emergencia de plántulas..... 66
Foto 8. Almácigo de ají charapita..... 66
Foto 9. Preparación de la solución stock..... 66
Foto 10. Aplicación de solución nutritiva en los baldes..... 67
Foto 11. Trasplante de plántulas a los baldes..... 67
Foto 12. Acondicionamiento de los baldes..... 67
Foto 13. Planta testigo a los 7ddt..... 67
Foto 14. Planta carente de Hierro a los 7 ddt..... 68
Foto 15. Planta carente de Boro a los 7 ddt..... 68
Foto 16. Planta carente de Manganeso a los 7 ddt..... 68
Foto 17. Planta carente de Molibdeno a los 7 ddt..... 68
Foto 18. Planta carente de Zinc a los 7 ddt..... 68
Foto 19. Planta carente de Cobre a los 7 ddt..... 68
Foto 20. Presencia de *Toxóptera sp*..... 69
Foto 21. Control fitosanitario..... 69
Foto 22. Evaluación de altura de planta..... 69
Foto 23. Evaluación de tamaño de hoja..... 69
Foto 24. Evaluación de diámetro de tallo..... 69
Foto 25. Evaluación de longitud de raíz..... 70
Foto 26. Evaluación del C. E..... 70
Foto 27. Soluciones Stock empleadas en el experimento..... 70
Foto 28. Visita del Jurado al proyecto de tesis..... 70

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo: Determinar los síntomas de deficiencias de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa bajo sistema hidropónico; para ello se trabajó desde la fase de almacigo hasta el inicio de la floración por un espacio de 3 meses. Para el análisis comparativo se utilizó un diseño estadístico Completo Randomizado (DCR), con siete tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 28 unidades experimentales. Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey, a un nivel de significación de $P \leq 0,05$. Los tratamientos estudiados fueron: T0 (Solución Nutritiva Completa), T1 (Solución Nutritiva carente de Hierro), T2 (Solución Nutritiva carente de Boro), T3 (Solución Nutritiva carente de Manganeso), T4 (Solución Nutritiva carente de Molibdeno), T5 (Solución Nutritiva carente de Zinc) y T6 (Solución Nutritiva carente de Cobre). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo, Longitud de raíz y síntomas de deficiencia, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados indican que si hubo significancia estadística con respecto al incremento de las variables estudiadas, destacando el T0 (SNC), el cual contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo, superando a los demás tratamientos: T6 (SN–Cu), T4 (SN–Mo), T5 (SN–Zn), T3 (SN–Mn), T1 (SN–Fe) y T2 (SN–B); siendo el T2 (SN–B) que obtuvo menor incremento en altura de planta (1,51 cm), diámetro de copa (0,64 cm), tamaño de hoja (1,09 cm), diámetro de tallo (0,12 cm) y longitud de raíz (0,59 cm); siendo la carencia de boro el que más afectó el crecimiento vegetativo, ya que sus síntomas de deficiencia se manifestó con más contundencia en el crecimiento deforme y retorcidas de las hojas jóvenes, tallos cortos y muerte de los puntos de crecimiento tanto de los tallos como de las raíces, provocando la muerte de la planta; siguiendo en el orden de efectos negativos en el crecimiento y síntomas de deficiencias en las plantas de ají charapita el Hierro, Manganeso, Zinc, Molibdeno y Cobre; siendo la carencia de este último elemento el que menos afectó en el crecimiento y desarrollo de la planta.

I. INTRODUCCIÓN.

El ají charapita (***Capsicum frutescens L.***), conocida regionalmente como tal; es una de las especies de ají de mayor importancia en la población nativa y mestiza de las zonas rurales y urbanas de la Amazonía Peruana por sus múltiples usos esto debido a que el fruto contiene un sabor y aroma característico, siendo la capsaicina la sustancia responsable del sabor picante de sus frutos.

En la Región Ucayali existe una gran producción de ají charapita "*Capsicum frutescens L.*", generalmente en los meses de mayor precipitación (Noviembre – Marzo), siendo su comercialización al natural como fruto fresco en los principales mercados de la localidad o sinó directamente de los agricultores, en los puertos, en las chacras, eje de la carretera Federico Basadre, etc.

La Amazonia presenta condiciones favorables para la producción continua de ají durante el año, lo que podría servir para abastecer el mercado local, nacional y de los mercados extranjeros (Villachica, 1996).

El ají charapita en la actualidad no cuenta con un manejo técnico agronómico que provea condiciones más favorables para la expresión de la producción, lo que se desconoce el efecto de los síntomas de deficiencias nutricionales, ya que esto conlleva a que con un adecuado estado nutricional se garantiza el cumplimiento de procesos fisiológicos esenciales que permiten el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Una de las características de la producción de ajíes en la Región es que la nutrición del cultivo se hace de forma empírica, ya que no se considera todos los nutrimentos que debería suministrarse, en la cantidad, el balance y en el momento oportuno, lo que resulta de una mala nutrición y deficiencias.

Considerando importante que los síntomas de deficiencias nutricionales, incide en el crecimiento y desarrollo del cultivo, se decidió la necesidad de

estudiar el efecto de los síntomas visuales que permitan caracterizar las deficiencias de micronutrientes en el cultivo de ají charapita, para contribuir a resolver de manera correcta y oportuna los desbalances nutrimentales, y obtener así una mayor cantidad y calidad de frutos; el cual contribuirá a mejorar la tecnología de producción y será de gran utilidad a los agricultores de nuestra Región que cultivan esta especie.

Objetivo General

- Determinar los síntomas de deficiencias de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa bajo sistema hidropónico.

Objetivos Específicos

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Hierro (Fe) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Boro (B) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Manganeso (Mn) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Molibdeno (Mo) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Zinc (Zn) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

- Determinar los síntomas que se presentan por la deficiencia del Cobre (Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Generalidades del cultivo.

2.1.1. Origen y domesticación.

Diversos estudios han definido como el principal centro de origen del género *Capsicum* una gran área ubicada entre el Sur de Brasil y el Este de Bolivia, Oeste de Paraguay y Norte de Argentina, pues en esta región ha sido observada la mayor distribución de especies silvestres del mundo (Dewitt y Bosland, 1993). Posteriormente fue distribuida por toda América desde el Sur de los Estados Unidos hasta Argentina.

Las cinco especies más cultivadas son derivadas de diferentes ancestros localizados en tres distintos centros de origen. México es el principal centro de origen para *C. annuum* junto con Guatemala; *C. frutescens* y *C. chinense* se encuentran en la Amazonía y el Perú; y *C. baccatum* y *C. pubescens* son originarios de Bolivia. No obstante, la especie de mayor distribución geográfica es *C. frutescens*, la cual se encuentra en México, Centroamérica y el Caribe.

A diferencia de las otras especies domésticas de *Capsicum*, no se cuenta con evidencia fósil de *C. frutescens* en los yacimientos arqueológicos americanos, pero se supone que se domesticó en Centroamérica, probablemente en Panamá, difundiéndose paulatinamente por el área del Caribe y el norte de Sudamérica. Es endémica de Centro y Sudamérica, Guyana Francesa, Surinam, Venezuela, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

2.1.2. Distribución geográfica.

El ají fue traído al viejo mundo por Colón en su primer viaje en el año 1943, en el siglo XVI, ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de

los portugueses, su introducción en Europa supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum L.*), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente (Smith, 1987).

2.1.3. Clasificación taxonómica.

Reportado por http://es.wikipedia.org/wiki/capsicum., la clasificación sistemática de la siguiente manera:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Orden : Solanales
- Familia : Solanaceae
- Género : *Capsicum*
- Especie : *C. frutescens (Linneo)*

Este nombre deriva del griego *Kapso* (picar) haciendo mención a la pungencia del fruto. Según otros autores este nombre proviene del latín Capsicon (cápsula) debido a la forma del fruto. Este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas (Pozo *et al.* 1991; Nuez *et al.* 1996).

2.1.4. Características botánicas.

(Según Tela Botánico, 2009). El *Capsicum frutescens L.*, pertenece a la Familia de las solanáceas, cuyas características botánicas son las siguientes:

Hábito : Es un arbusto.

Tallo : Erecto y ramificado.

Hojas : Son ovoides, elípticas, agudas, acabadas en punta lisas, de color verde claro y mide unos 8 cm de largo.

Inflorescencia : Las flores solitarias, raramente en pares, en las axilas de las hojas. Los pedicelos más largos que las flores, curvados hacia el ápice.

Flores : Son de color blanquecino o amarillento, son de hábito vertical y se presentan individualmente.

Frutos : Son bayas amarillas o verdes, tornándose de color anaranjado intenso al madurar; de acuerdo a la variedad, miden hasta 2 cm de largo. Se desprenden fácilmente del pedúnculo para facilitar su dispersión; una planta vigorosa puede producir más de 120 frutos.

Semillas : Semillas numerosas, circulares aplanadas amarillentas.

2.1.5. Características de la especie.

El ají charapita es una planta que alcanza el metro de altura, aunque su tamaño varía de acuerdo a la riqueza del suelo y a la temperatura, desarrollándose en mayor grado en climas más cálidos. Presenta un follaje más denso y compacto que otras especies de *Capsicum*. Es habitualmente bianual, aunque puede sobrevivir hasta seis años; la producción de frutos disminuye abruptamente con la edad, sin embargo, sólo se le conserva por su valor decorativo.

- ***Altitud y Clima:*** El cultivo de ají charapita es el que se adapta a un rango muy amplio de altitudes, desde el nivel del mar hasta 3000 m.s.n.m., de acuerdo con la especie cultivada, el rango de temperatura mayormente para este cultivo se da entre 18 a 30 °C.

- ***Suelo:*** Es recomendable suelos livianos, de textura areno arcillosos, un buen drenaje y moderado contenido de materia orgánica. En el caso de suelos arcillosos deben tener buen drenaje y estar bien preparados antes de la siembra para evitar cúmulos de agua que favorecen la incidencia de enfermedades en la raíz. El pH puede oscilar entre 5,5 y 6,5; ya que este cultivo es moderadamente tolerante a la acidez. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtualciencia/tec-chile.pdf.

2.2. Ciclo del cultivo de ají.

Según Villachica (1996), la germinación del ají se produce entre los 15 y 17 días después de la siembra, la floración se produce 60 a 120 días después del trasplante y las épocas de producción alrededor de 120, 150 y 210 días después del trasplante. La máxima fructificación se produce entre 160 a 240 días después del trasplante dependiendo de la variedad.

2.3. Importancia del ají a nivel nacional y regional.

En el antiguo Perú el ají era el ingrediente ideal para la elaboración de numerosos potajes. La capsaicina es la sustancia responsable (pungencia) del sabor picante de los frutos del ají y se encuentra concentrada en sus semillas y membrana (nervaduras). Actualmente, la capsaicina es empleada en la elaboración de medicamentos para combatir dolores musculares, como ingrediente para bebidas picantes como el Ginger ale, en salsas para alimentos como el tabasco y en sprays especiales contra asaltos. Es utilizado en encurtido natural, macerados con limón, ensaladas y ceviches regionales. También para dar gusto a sopas regionales como: inchicapi, mazamorra de gamitana, caldo de gallina regional etc., e incluso en guisos y otros platos amazónicos, debido a su característico picor.

2.4. Nutrición mineral.

La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos para el crecimiento y producción de los cultivos. La decisión sobre la cantidad de nutrimentos para fertilizar un cultivo, se basa generalmente en la demanda del cultivo del nutrimento dado, la capacidad de suministro del suelo donde se va establecer el cultivo y la eficiencia del fertilizante que lo contiene y que se va a utilizar (Grageda, 1999).

2.5. Elementos esenciales en las plantas.

Son aquellos elementos que la planta requiere para un óptimo desarrollo y complementar su ciclo de vida. Para que un elemento sea esencial debe considerar los siguientes aspectos: los síntomas de deficiencia debe ser corregidos únicamente cuando la planta es abastecida con el elemento correspondiente, o sea que el elemento en cuestión no debe ser sustituido o remplazado totalmente por ningún otro elemento. Y un segundo aspecto es con la ausencia del elemento en cuestión no es posible un desarrollo normal de la planta y esta es incapaz de completar su ciclo de vida (Arnon *et al.*, 1939).

Cuando un elemento esencial es eliminado del medio nutritivo, primero el crecimiento se detiene y luego ocurre la muerte, pero antes de que la planta muera hacen su aparición síntomas de deficiencia (clorosis, necrosis, malformaciones) los cuales reflejan un estado de decadencia en las plantas (Alcázar *et al.*, 2007).

La clasificación de macro y micro nutrientes simplemente está basada en la cantidad requerida por las plantas, todos los nutrientes son igualmente importantes para el crecimiento de las plantas. Los macronutrientes juegan un papel principal en la estructura de la planta, mientras que los micronutrientes están principalmente involucrados en los procesos enzimáticos (Fageria *et al.*, 1991).

2.5.1. Hierro (Fe).

En las plantas es un elemento esencial para la formación del pigmento clorofílico, se asimila en forma ferrosa (Fe^{2+}) y en forma orgánica. El hierro toma parte en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas. Es también un activador enzimático.

Síntomatología de deficiencia: Las hojas jóvenes de la planta son las que muestran primero los signos visibles de la clorosis férrica, debido a que el hierro se transloca principalmente de la raíz a los meristemos de crecimiento. A pesar de la disminución de la concentración de clorofila, las hojas se desarrollan normalmente, aunque con deficiencias muy severas; en las hojas jóvenes pueden llegar a aparecer manchas cloróticas. En estos casos, la división celular puede inhibirse y detenerse el crecimiento de la hoja (Favela *et al.*, 2006).

2.5.2. Boro (B).

La planta absorbe al boro en forma de ácido bórico y lo transporta desde la raíz, vía xilema, por un proceso pasivo de transpiración. El boro es uno de los micronutrientes esenciales para la producción vegetal, actúa en las plantas en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos. La función más conocida del boro es la transportación de azúcares a través de la planta. El boro es un elemento que se acumula en los tejidos viejos de la planta y su traslado a los jóvenes se hace con dificultad, por ello los síntomas de carencia se manifiestan principalmente en brotes y hojas jóvenes. (Navarro y Navarro, 2003).

Síntomatología de deficiencia: Los síntomas de deficiencia se presentan en los ápices y en las hojas jóvenes. La planta sufre una detención del crecimiento. Los entrenudos se acortan, las hojas se deforman y el diámetro de los pecíolos se incrementa (Favela *et al.*, 2006).

2.5.3. Manganeso (Mn).

Este micronutriente es absorbido preferentemente por la planta con ión manganoso (Mn^{2+}). Es un elemento que en las plantas se localiza en los órganos jóvenes. Actúa como catalizador de procesos enzimáticos en la planta. Es un elemento fundamental en la formación de la clorofila. En las plantas es un elemento poco móvil.

Sintomatología de deficiencia: Los síntomas de deficiencia pueden aparecer en hojas medias, debido a la preferencia del transporte del manganeso desde la raíz a las hojas medias y no a las jóvenes. Los signos de la deficiencia se manifiestan por una clorosis internervial, que puede llegar a necrosarse (Favela *et al.*, 2006).

2.5.4. Molibdeno (Mo).

Al molibdeno lo absorbe la planta en forma activa, como anión molibdato (MoO_4^{2-}). Favorece la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico. Es además un elemento esencial para la síntesis de la clorofila.

Sintomatología de deficiencia: Los síntomas de deficiencia se manifiestan por una falta de vigor y achaparramiento de la planta; en los cítricos, como una mancha amarilla (Favela *et al.*, 2006).

2.5.5. Zinc (Zn).

El zinc se absorbe de forma activa como Zn^{2+} por las raíces de las plantas. En la planta el Zinc interviene como activador de algunas funciones importantes y participa en la formación, auxinas y hormonas de crecimiento. De poca movilidad en las plantas.

Sintomatología de deficiencia: Los síntomas característicos de esta deficiencia son: el enanismo de la planta, el acortamiento entre los

nudos y la restricción del crecimiento de las hojas (crecimiento de rosetas y hojas pequeñas en algunos cultivos), además de la decoloración internervial en la parte media de la planta, similar a la deficiencia de magnesio (Favela *et al.*, 2006).

2.5.6. Cobre (Cu).

La absorción del cobre tiene lugar en forma de Cu^{2+}. La misión del cobre en las plantas es importante, puesto que actúa como activador enzimático y en reacciones para la formación de la clorofila. Interviene en la fotosíntesis de las plantas. El Cu es un componente de la proteína del cloroplasto denominada plastocinina, que toma parte en el sistema de transporte de electrones en el fotosistema I y II.

Sintomatología de deficiencia: El síntoma típico de deficiencia es una clorosis intervenal, seguida de una necrosis y un curvado de las hojas hacia el envés. Los síntomas se manifiestan primero en las hojas jóvenes, en las cuales se expresa la escasa distribución de cobre (Favela *et al.*, 2006).

2.6. Cultivo en soluciones nutritivas.

El cultivo sin suelo está ganando importancia, ya que es más fácil el control de las propiedades físicas del sustrato, en comparación con la utilización del suelo directamente (Barbosa *et al.*, 2000). En dicha condición, las plantas pueden ser cultivadas en agua o sustratos con baja o nula actividad química, las cuales abastecen con los nutrimentos esenciales para su desarrollo mediante la adición de alguna de las soluciones nutritivas conocidas (Barbosa *et al.*, 2000).

2.6.1. Control y manejo de la solución nutritiva.

Existen diversos factores que se deben considerar para un adecuado control y manejo de la solución nutritiva.

- **Conductividad Eléctrica (C. E.).**

La conductividad eléctrica indica el contenido de sales en la solución. Las unidades son ms/cm los valores están entre 0–3 ms/cm y el óptimo varia para la especie. Si la solución nutritiva supera el límite del rango óptimo de C.E se debe agregar agua o en caso contrario renovarla totalmente. La medición de este parámetro se puede realizar con un medidor portátil denominado conductivimetro el cual debe calibrarse según las indicaciones de su proveedor, para evitar errores en el manejo de la solución nutritiva.

- **pH.**

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es ácida su valor es menor que 7, si es alcalina su valor es mayor a 7 y es neutro si su valor es 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerla dentro de un rango que va 5,5 a 6,5 en el cual los nutrientes están disponibles para la planta.

Para disminuir el pH se agrega ácido sulfúrico o ácido nítrico y para aumentar el pH adicionar una base o álcali como hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (excepto para aguas con niveles significativos de sodio). Se sugiere el uso de un pHmetro o cinta de pH para el control de este parámetro. Asimismo, se recomienda calibrar el pHmetro con soluciones buffer antes de utilizarlo.

- **Preparación de la solución nutritiva.**

Para preparar una solución nutritiva se puede usar soluciones concentradas. Una solución concentrada contiene más de un nutriente pero en cantidades demasiado altas como para dársela directamente a las plantas. Solo se toman pequeños volúmenes de la solución concentrada para preparar la solución nutritiva.

- **Mantenimiento del volumen de la solución nutritiva.**

El volumen de la solución nutritiva deberá conservarse constante para asegurar un adecuado desarrollo del cultivo. Las plantas absorben más agua y a mayor velocidad que los elementos minerales, lo que producirá un incremento de la conductividad eléctrica.

- **Duración y cambio de agua.**

La vida útil de la solución de nutrientes depende principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis se recomienda un cambio total de la solución nutritiva a las 2 o 3 semanas.

2.7. Solución stock.

Hoagland y Arnon (1950), formularon dos soluciones nutritivas las cuales han sido ampliamente utilizadas y el término "Solución de Hoagland" proviene de los laboratorios caseros del mundo, dedicados a la nutrición de las plantas a nivel mundial.

Cuadro 1. Solución stock de componentes de solución nutritiva de Hoagland y Arnon.

Si	Sustancia	g/lt	Mol.	Concentración de elementos (ppm)					
				Ca	N	K	Mg	S	P
A	$Ca(NO_3)_24H_2O$	236,16	1	40080	28020	---	---	---	---
B	KNO_3	101,10	1	---	14010	39160	---	---	---
C	$MgSO_4$	120,37	1	---	---	---	24310	32060	---
D	KH_2PO_4	135,15	1	---	---	39160	---	---	30970
E	$Ca(H_2PO_4)_2$	2,7	0,01	400	---	---	---	---	640
F	K_2SO_4	87,5	0,5	---	---	39160	---	---	---
G	$CaSO_42H_2O$	1,72	0,01	400	---	---	---	---	---
H	$Mg(NO_3)$	148,33	1	---	28020	---	24310	---	---
I	Micronutrientes								
J	Fe-EDTA								
K	Micro – B								
L	Micro – L								

Fuente: Pérez, 1 998. Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal.

Cuadro 2. Solución de micronutrientes de Hoagland y Arnon.

SUSTANCIA	g/lt	Concentración de elementos (ppm)						
		Mn	Cl	B	Zn	S	Cu	Mo
$MnCl_2H_2O$	1,81	502	628	-----	-----	-----	-----	-----
H_3BO_3	2,86	-----	-----	439	-----	-----	-----	-----
$ZnSO_4$-$7H_2O$	0,1	-----	-----	-----	29,2	14,2	-----	-----
SO_4Cu-$5H_2O$	0,1	-----	-----	-----	-----	12,9	25	-----
$H_2MoO_4H_2O$	0,1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	53

Fuente: Pérez, 1 998. Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal

2.8. Técnica del elemento faltante.

La técnica del elemento faltante es un procedimiento que permite generar y caracterizar las deficiencias nutrimentales en las plantas, en ésta el tratamiento testigo recibe todos los elementos esenciales en los niveles e intervalos adecuados. El tratamiento de eliminación consiste en excluir el elemento que se está investigando, mientras que todos los demás son proporcionados de manera adecuada, lo que hace posible comparar los elementos (Schenkel *et al.,* 1970).

2.9. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales.

2.9.1. Diagnóstico visual.

El diagnóstico visual consiste en una apreciación directa del cultivo o planta. La carencia de un elemento se manifiesta en un síntoma característico. En la observación se tienen en cuenta dos puntos: las hojas jóvenes y las viejas (Rodríguez, 1996). Sin embargo también se pueden comparar, raíces, frutos, tallos y otros órganos de la planta (Sánchez *et al.,* 2007).

El diagnóstico visual es una herramienta práctica, útil y sencilla para diagnosticar alteraciones nutrimentales en campo, pero una de sus limitantes es que cuando aparece un síntoma de deficiencia, el crecimiento y la producción en un cultivo podrían estar limitados por lo que se conoce como "hambre oculta" (deficiencia latente) (Alcázar *et al,* 2007).

El diagnóstico visual requiere de un enfoque sistemático que puede ser simplificado evaluando el: **tipo de síntoma** (clorosis, enanismo etc.) y **localización del síntoma** (hojas viejas, hojas jóvenes). Algunos de los tipos de síntoma son:

a. ***Clorosis o amarillamiento uniforme o en los bordes***. El síntoma más común se debe a una falta en el desarrollo de la clorofila. Las hojas cloróticas varían su color desde un verde claro a un color amarillo. *www.sintomasvisuales.pdf.*

b. ***Clorosis intervenal.*** Las venas de la hoja se mantienen verde, mientras el tejido intermedio de las hojas se torna amarillo.

c. ***Necrosis.*** Ocurre muerte o secamiento del tejido asociada con deshidratación y descoloración de los órganos de la planta. Daños asociados con sequía, herbicidas, enfermedades y exceso de sales también pueden causar necrosis. *www.sintomasvisuales.pdf.*

d. ***Enanismo (achaparramiento).*** Una reducción en la tasa de crecimiento está asociado a casi todos los síntomas nutricionales. La forma del enanismo puede variar con la deficiencia. *www.sintomasvisuales.pdf.*

e. ***Coloración anormal.*** Algunas deficiencias nutricionales están caracterizadas por coloración roja, púrpura, marrón o verde oscuro. *www.sintomasvisuales.pdf.*

2.9.2. Clave de diagnosis de deficiencias de nutrientes en las plantas.

De acuerdo a la clave de diagnosis de deficiencias de nutrientes en las plantas según el manual de prácticas de fisiología vegetal (**Pérez, 1998**), indican lo siguiente:

A. Las hojas más viejas son las más afectadas; efectos generales o localizados.

a. Efectos casi siempre localizados; moteados o clorosis en las hojas inferiores, pueden o no presentar zonas necróticas.

1. Clorosis muy marcada en zonas internervales principalmente, ápices y bordes, manteniéndose verde las nervaduras de las hojas, junto con una franja paralela a ellas, presentando un reticulado característico. Pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras, hojas pequeñas y encurvadas...**Zinc**.

2. *Hojas con manchas amarillas con bordes delimitadas entre las* nervaduras que luego se necrosa. Marchitamiento y necrosis de bordes de la lámina que luego se encartucha...**Molibdeno.**

B. Las hojas más jóvenes de las plantas y las yemas terminales se hallan afectadas. Síntomas generalmente localizados.

a. La yema terminal muere y aparecen distorsiones en el ápice o en la base de las hojas jóvenes.

1. Hojas retorcidas que presentan clorosis y luego necrosis principalmente en la base de la lámina hay una gran brotación...**Boro.**

b. La yema terminal por lo general permanece viva, clorosis parcial o generalizada en las hojas, nervaduras verdes cloróticas con zonas necróticas o sin ellas.

1. *El ápice de las hojas "blanqueadas" de modo permanente (blanqueo* apical) pero el resto adquiere una cloración oscura. Exudaciones gomosas. Enrollamiento típico de ramas y hojas. Clorosis poco aparente. Puede haber muerte de la yema terminal...**Cobre.**

2. Clorosis internerval característica, nervios principales cloróticos mientras que pequeñas áreas circundantes se mantienen verdes. Pequeñas manchas necróticas esparcidas por toda la hoja...**Manganeso.**

3. Clorosis generalizada, manteniéndose verdes las nervaduras. En diferencias severas puede haber blanqueo total de las hojas...**Hierro.**

2.10. Antecedentes de la investigación.

Calderón (1997). Señala que las plantas se nutren rápidamente de las soluciones nutritivas que es una fuente efectiva en el aporte de nutrientes, estimulando el desarrollo y mayor producción de los cultivos.

Dickson & Isebrands (1991). Señala que el crecimiento de la planta depende en esencia de la expansión foliar: Las hojas crecen para interceptar la luz, tomar $C0_2$ y proporcionar carbono a toda la planta así como para transpirar y regular la temperatura.

Moreno (1967). Indica que las plantas para su normal crecimiento y desarrollo requieren cierto número de elementos que se les denomina esenciales. La carencia de un determinado elemento causa serios trastornos fisiológicos, estructurales morfológicos, llegando a producir la muerte prematura de la planta; no basta la presencia de un elemento dentro de la planta, éste tiene que estar en cantidades fisiológicamente suficientes para permitir el adecuado crecimiento y desarrollo del vegetal.

Pérez (1998). Señala que cuando la solución nutritiva contienen todos los elementos que la planta necesita para su correcto crecimiento, desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos hojas, flores y frutos; la planta crece normalmente y no presenta síntomas de deficiencia, pero cuando la solución nutritiva carece de un elemento nutritivo esencial las plantas presentan síntomas de deficiencia en su crecimiento, además de los síntomas que los caracterizan según el elemento faltante.

Resh (1992). Anota que los elementos móviles se translocan desde las hojas viejas a las regiones de crecimiento (hojas jóvenes); de ahí que los primeros síntomas aparecen en las hojas más viejas de las partes más bajas de las plantas: son el Mg, P, K, Zn y N. Cuando ocurre una reducción de los elementos inmóviles, no hay ninguna translocación de estos a las regiones de desarrollo de las plantas, sino que permanecen en la hojas viejas donde fueron originalmente depositados; esto da como resultado que los síntomas de deficiencia aparecen en primer lugar en las hojas más jóvenes de la parte superior de la planta; y son el Ca, He, S, B, Cu y Mn.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación y duración del estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali. Ubicado en el Km 6,500 de la carretera Federico Basadre, pertenece al Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo del Departamento de Ucayali. Geográficamente el área está situado a 08° 23' 39.6" de latitud Sur y 74° 34' 39.8" de longitud Oeste a 154 m.s.n.m.

El trabajo de investigación tuvo una duración de 3 meses, iniciándose con la fase de almacigo el 08 de Febrero del 2013 y se culminó el 30 de Abril del 2013.

3.2. Condiciones de clima.

3.2.1. Clima.

Según Cochrane (1992), el Departamento de Ucayali corresponde al ecosistema de bosque tropical semi siempre verde estacional, y se caracteriza por ser cálida y húmeda.
Las condiciones climáticas promedio para la zona de Pucallpa, según Watherbase y MSN tiempo son:

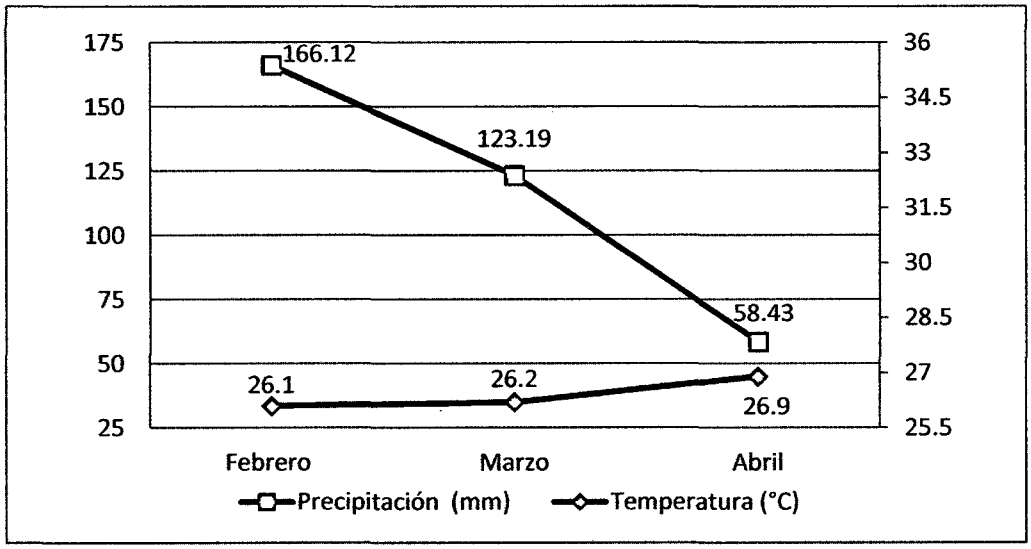
- Temperatura máxima anual 36. 5 °C
- Temperatura media anual 26. 9 °C
- Temperatura mínima anual 17. 4 °C
- Precipitación promedio anual 1773 mm

Durante los meses que duró el experimento, la mayor temperatura media fue 26.9 °C en el mes de Abril y el menor promedio fue 26.1 °C en el mes de Febrero. La precipitación pluvial promedio comprendió de 166.12 mm a 58.43 mm, siendo el mes de Abril que obtuvo menor

precipitación (58.43 mm), mientras que el mes más lluvioso fue Febrero con (166.12 mm). Ver Gráfico 1.

La humedad relativa fue mayor en el mes de Febrero con 85.1 % y menor en el mes de Abril con 81.6 %.

Gráfico 1. Registro de Temperatura media en °C y Precipitación pluvial en mm registrados desde Febrero hasta Abril del 2013. Pucallpa – Ucayali, Perú, 2013.



3.3. Componentes en estudio.

3.3.1. Material genético.

La semilla de ají charapita, utilizada para el trabajo de investigación fue obtenida de una plantación que se encuentra ubicada dentro de la Universidad Nacional de Ucayali C.F.B Km 6,500; interior 1,500 km margen izquierdo. En el campo se encontró 200 plantas aproximadamente de ají charapita en forma de monocultivo, la edad de la plantación fue de 8 meses, las plantas se encontraban en producción siendo seleccionada la planta promisoria para poder extraer los frutos.

3.3.2. Tratamientos en estudio.

Los tratamientos establecidos en esta investigación fueron, 7.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos en estudio.

TRATAMIENTO	CONTENIDO DE SOLUCCIÓN NUTRITIVA	Nº DE PLANTAS/T
T0	Solución Nutritiva Completa	8
T1	Solución Nutritiva carente de Hierro (Fe)	8
T2	Solución Nutritiva carente de Boro (B)	8
T3	Solución Nutritiva carente de Manganeso (Mn)	8
T4	Solución Nutritiva carente de Molibdeno (Mo)	8
T5	Solución Nutritiva carente de Zinc (Zn)	8
T6	Solución Nutritiva carente de Cobre (Cu)	8

3.4. Metodología de la investigación.

3.4.1. Diseño experimental.

Los tratamientos fueron aplicados en un Diseño Completo Randomizado (DCR), con siete tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 28 unidades experimentales, teniendo 2 plantas de ají charapita por unidad experimental. La comparación de media de los tratamientos se hizo mediante la prueba de promedios de Tukey a un nivel de 0,05 de probabilidad.

3.4.2. Análisis estadístico.

El modelo matemático es como sigue:

$$Yij = U + Ti + Eij.$$

Dónde:

Yij = Cualquier observación en estudio.
U = Media general.
Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.
Eij = Error o residuo

Cuadro 4. Esquema de análisis de varianza (ANVA).

FUENTE DE VARIACIÓN		G.L.
Tratamientos	t-1	6
Error	≠	21
Total	**(t x r) – 1**	**27**

3.5. Ejecución del proyecto.

5.5.1. Obtención de semillas de ají charapita.

- **Selección de la planta madre y cosecha de los frutos.**

La planta madre seleccionada tuvo una altura de 1 m con un diámetro de copa de 90 cm.

La cosecha de los frutos fue manual, extrayendo de la planta todos los frutos maduros que se encontraron, se obtuvo de la planta 200 g de frutos de ají.

- **Selección de los frutos.**

Una vez obtenida los frutos cosechados de la planta se realizó la selección de estos con la finalidad de obtener homogenización con respecto a los frutos. Para la selección se consideró los siguientes criterios: Madurez total (color naranja), forma y tamaño uniforme (redondos), se descartó los frutos que presentaron menor tamaño, deformes o algún tipo de daño.

- **Obtención de las semillas.**

Se seleccionó 100 frutos los cuales fueron pesados en una balanza gramera obteniendo un peso de 32,5 g.

La extracción de las semillas se realizó en forma manual, presionando a los frutos con la mano protegidos con guante, luego fueron oreadas por espacio de dos días, para facilitar la selección de semillas, se eliminó semillas deformes, pequeñas o en algunos casos malogradas.

Posteriormente las semillas fueron conservadas en envase estéril hasta contar con la cama germinadora.

5.5.2. Fase de almácigo.

- **Acondicionamiento de la cama germinadora.**

La cama germinadora estuvo instalada en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali en el Distrito de Manantay, interior 1 km, de la Carretera Federico Basadre.

Se realizó la limpieza y el lavado de la cama germinadora, siendo las dimensiones de 10 m de largo por 1 m de ancho y 0,50 m de alto. El área empleada para la germinación de las semillas fue de 1 m^2, conteniendo como sustrato arena de rio, que es un material inerte y no aporta nutrientes, previo al llenado de la cama germinadora, se tamizó el sustrato para eliminar las impurezas presentes (restos de semillas, piedras, etc).

Luego a la cama germinadora se sometió a un proceso de desinfección: empleando una solución de Hipoclorito de Sodio al 2 % a razón de 400 ml/m^2 para después ser regada con agua a temperatura ambiente para eliminar los restos del desinfectante, dejándolo secar por 24 horas. Una vez desinfectado el sustrato, este se distribuyó uniformemente por la cama germinadora, nivelándola con ayuda de una tabla de madera, dejando así la cama germinadora lista para la siembra.

- **Siembra de las semillas.**

Antes de realizar la siembra de las semillas en la cama germinadora se hizo una prueba de germinación a las semillas que fueron almacenadas con la finalidad de determinar su poder germinativo. Se obtuvo el 71 % y 90 % de germinación entre el quinto día y el séptimo día respectivamente. También se pesó 1 gramo de semilla para conocer la cantidad que se sembraría obteniendo 454 semillas de ají charapita, esto se realizó empleando una balanza analítica.

Las semillas de ají charapita fueron remojadas un día antes de la siembra. Después se realizó un tratamiento a las semillas seleccionadas con Tiofanate metil + tiram (Homai W.P) a una dosis de 3 g en 250 ml de agua, dejando remojar las semillas por 20 minutos, para después dejar reposar por 20 minutos más, esto con la finalidad de prevenir el ataque de hongos fitopatógenos en la fase de germinación y emergencia de las plántulas.

Con las semillas ya tratadas, conociendo su poder germinativo y la cantidad que se requería se procedió a la siembra, después de acondicionar la cama germinadora (08 de Febrero del 2013). El método de siembra fue chorro continuo, la cantidad de semilla que se empleó fue de 2 g teniendo como densidad de siembra 2 g de semilla/m^2.

- **Días a la germinación.**

Se observó que al quinto día empezaron a germinar el 40 % obteniendo hasta los 10 días después de la siembra el 90 % de germinación.

- **Riego del almácigo.**

El riego para la germinación de las semillas se realizó por aspersión, utilizando los aspersores acondicionados junto a la cama germinadora y la frecuencia de riego se realizó dos veces por día (7 am. y 5 pm.).

5.5.3. Establecimiento del experimento.

- **Acondicionamiento de los recipientes.**

Para el acondicionamiento de los recipientes que fueron baldes con capacidad de 4 litros con sus respectivas tapas, en cada tapa se hizo dos orificios con la ayuda de un taladro y broca de 1 pulgada, los cuales

fueron pintados con pintura esmalte color aluminio con la finalidad de impedir el paso de la luz y prevenir el crecimiento de algas dentro de la solución nutritiva, luego se dejó secar al aire durante 24 horas, una vez secos, dichos recipientes se lavaron con agua corriente y detergente, posteriormente fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 %, seguidamente se enjuagaron 2 a 3 veces con agua destilada estéril con la finalidad de evitar la contaminación ambiental y dejándolos secar en el mismo ambiente; para luego ser utilizados en el momento de la instalación del experimento.

- **Preparación de la solución Stock.**

Para la preparación de soluciones se usaron reactivos químicamente puros de macro y micronutrientes conteniendo concentraciones de elementos en ppm. Se prepararon las soluciones nutritivas de Hoagland y Arnon (1950) empleando agua destilada estéril de acuerdo a la siguiente tabla:

Cuadro 5. Componentes de solución stock.

S.S.	Compuesto	g/lt	Mol.	Concentración de elementos (ppm)					
				Ca	N	K	Mg	S	P
A	$Ca(NO_3)_24H_2O$ Nitrato de calcio	236,16	1	40080	28020	——	——	——	——
B	KNO_3 Nitrato de potasio	101,10	1	——	14010	39160	——	——	——
C	$MgSO_4$ Sulfato de magnesio	120,37	1	——	——	——	24310	32060	——
D	KH_2PO_4 Fosfato monopotasico	135,15	1	——	——	39160	——	——	30970
I	Micronutrientes								
J	Fe-EDTA Quelato de Hierro	26,10 24,90	Dilución en 700 ml de agua destilada conteniendo 268 ml de NaOH (40 g/L) y completado a un litro.						
K	Micro-B	Es la solución I menos cualquier de los micro elementos a estudiar (por ejemplo: todos los micro elementos menos el boro).							

Para obtener la solución stock completa de micronutrientes (I) y la solución stock carente de un micronutriente (K) se prepararon de acuerdo a la siguiente tabla:

Cuadro 6. Solución de micronutrientes.

SUSTANCIA	g/lt	Concentración de elementos (ppm)						
		Mn	Cl	B	Zn	S	Cu	Mo
$MnCl_2H_2O$ Cloruro de manganeso	1,81	502	628	-----	-----	-----	-----	-----
H_3BO_3 Acido borico	2,86	-----	-----	439	-----	-----	-----	-----
$ZnSO_4$-$7H_2O$ Sulfato de zinc monohidratado	0,1	-----	-----	-----	29,2	14,2	-----	-----
SO_4Cu-$5H_2O$ Sulfato de cobre	0,1	-----	-----	-----	-----	12,9	25	-----
$H_2MoO_4H_2O$ Acido molibtico	0,1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	53

Los materiales empleados en la preparación como baldes, pipetas, etc; antes y después de ser usados fueron lavados con detergentes y enjuagados con agua destilada.

- **Aplicación de la Solución Nutritiva.**

Para inducir los síntomas específicos de deficiencia atribuidos a un elemento en particular, se utilizó la "Técnica del elemento faltante" que consistió en establecer un tratamiento testigo que recibió todos los nutrientes esenciales en los niveles e intervalos de tiempo adecuados y tratamientos de eliminación que consistieron en excluir el elemento que se está investigando, mientras que todos los demás se proporcionaron de manera adecuada lo que hace posible comparar los tratamientos.

La aplicación de la solución stock de Hoagland y Arnon, se realizó a siete tratamientos con cuatro repeticiones, que fueron: Solución Nutritiva Completa, Solución Nutritiva carente de Hierro, Solución Nutritiva carente de Boro, Solución Nutritiva carente de Manganeso, Solución Nutritiva carente de Molibdeno, Solución Nutritiva carente de Zinc y Solución Nutritiva carente de Cobre. Las soluciones stock (considerando solución y

dosis ver Anexo 2) sirvieron para estructurar las siguientes formulaciones de los tratamientos los cuales fueron depositadas en los baldes de capacidad de 4 litros, de acuerdo a los tratamientos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Cantidades de soluciones nutritivas para tratamientos.

TRATAMIENTO	SOLUCIÓN NUTRITIVA	CANTIDADES DE SOLUCIONES STOCK EN MILILITROS PARA PREPARAR 4 LITROS (1 BALDE) DE SOLUCION NUTRITIVA (100%)							
		A	B	C	D	I	J	K	Agua
T0	Completo	20	20	8	4	4	4	-	3940
T1	Sin Fe	20	20	8	4	4	-	-	3944
T2	Sin B	20	20	8	4	-	4	4	3940
T3	Sin Mn	20	20	8	4	-	4	4	3940
T4	Sin Mo	20	20	8	4	-	4	4	3940
T5	Sin Zn	20	20	8	4	-	4	4	3940
T6	Sin Cu	20	20	8	4	-	4	4	3940

Las soluciones nutritivas se aplicaron durante 60 días (26 de febrero al 26 de abril del 2013) en cuatro niveles de dosis al 25 %, 50 %, 75 % y 100 % (Ver Anexo 3, 4, 5 y cuadro 7), donde se fueron presentando los síntomas de deficiencia.

- **Trasplante de las plántulas a la solución nutritiva.**

Esta actividad se realizó cuando las plántulas alcanzaron un promedio de 2.2 cm de altura y con una hoja verdadera a los 18 días después de la siembra (26/02/2013).

El trasplante se realizó con la extracción de las plántulas de la cama germinadora con la ayuda de una espátula evitando dañar el sistema radicular para ser inmediatamente colocadas en una bandeja con agua destilada con la finalidad de lavar las raíces, para enseguida envolverlas con esponjas sintéticas de 1 pulgada hasta la altura del cuello del tallo, inmediatamente se le colocó en cada orificio de la tapa del balde asegurando el contacto de las raíces con la solución nutritiva. Posteriormente instaladas las plántulas, se procedió a colocar los

recipientes al azar en sus respectivos lugares según el croquis de distribución del experimento (Ver Anexo 1) y bajo un techo con malla verde (Raschel) de 50 % de sombra, para protegerlos de la alta luminosidad.

- **Cuidados después del trasplante.**

Para garantizar el éxito del experimento se tuvo cuidado de mantener el contacto permanente de la solución nutritiva con la raíz de la planta, en casos en que la solución nutritiva iba disminuyendo debido al consumo de agua por las plantas, se fue añadiendo agua destilada hasta llegar al nivel inicial de la solución nutritiva.

- **Cambios de solución nutritiva.**

Esta labor se realizó cada 15 días desde el primer día del trasplante; haciendo un total de 4 cambios de solución nutritiva durante el desarrollo del experimento. Esta Labor consistió en desechar la solución nutritiva de los baldes con la finalidad de mantener en condiciones adecuadas el contenido de nutrientes y el pH.

5.5.4. Variables evaluadas.

3.5.4.1. Crecimiento.

a. Altura de planta.

Se midió la altura de la planta desde la base de la tapa del balde, hasta el punto más alto de la planta (ápice vegetativo); para ello se empleó una wincha de 3 m. Se realizó desde el primer día del trasplante y luego quincenalmente, la medición se registró en cm.

b. Longitud de raíz.

Consistió en medir la longitud desde el inicio de origen hasta la punta terminal de la raíz; para ello se empleó una wincha de 3 m.

Se realizó desde el primer día del trasplante y luego quincenalmente, la medición se registró en cm.

c. Tamaño de hoja.

Se midió el tamaño de la hoja de edad media, consistió en medir desde la base del peciolo hasta el ápice de la hoja; para ello se empleó un vernier. Se realizó desde el primer día del trasplante y luego quincenalmente, la medición se registró en cm.

d. Diámetro de tallo.

Se midió el diámetro del tallo a partir de los 2 a 3 cm de la base de la tapa del balde, con el empleo de un vernier. Se evaluó desde el primer día del trasplante y luego quincenalmente, la medición se registró en cm.

e. Diámetro de copa.

Se midió con una wincha el diámetro de la copa de la planta. Esto se realizó desde el primer día del trasplante y luego quincenalmente, la medición se registró en cm.

f. Número de ramas.

Se contabilizó el número de ramas primarias de cada planta en evaluación en los tratamientos: T0 (SNC), T4 (SN–Mo) y T6 (SN–Cu). Se evaluó desde los 30 días después del trasplante hasta culminación del trabajo de investigación (Ver Anexo 6).

3.5.4.2. Síntomas de deficiencias según respuesta al tratamiento.

a. Color de raíz, tallos y hojas.

Para determinar los síntomas de deficiencia se utilizó el método del diagnóstico visual establecidos por (Sánchez *et al.*, 2007),

(Rodríguez, 1996), (Alcázar *et al.*, 2007) y según el manual de prácticas de fisiología vegetal (Pérez, 1998), donde se determinó según la respuesta al tratamiento teniendo en cuenta el color, forma, tamaño y localización. Se evaluó desde el primer día del trasplante hasta la culminación del trabajo de investigación.

3.6. OBSERVACIONES REGISTRADAS.

5.6.1. Datos climatológicos.

Se consideró los datos de temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa durante los meses que duró el trabajo de investigación. Estos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali (Ver Anexo 7).

5.6.2. Conductividad Eléctrica.

La medición de este parámetro se realizó mediante un medidor portátil denominado conductivimetro. Se tomó los datos en todos los tratamientos tanto al realizarse la aplicación de la solución nutritiva, como al eliminarse (Ver Anexo 8).

5.6.3. pH.

La medición de este parámetro se realizó mediante un medidor portátil denominado pH. Se tomó los datos del pH en todos los tratamientos, al aplicarse y eliminarse la solución nutritiva (Ver Anexo 9).

5.6.4. Fecha de siembra.

Se registró la labor de siembra de ají charapita en la cama germinadora el 08 de Febrero del 2013.

5.6.5. Días a la germinación.

Se observó que al quinto día después de la siembra (13 de Febrero del 2013), empezaron a germinar el 40 %, este proceso se observó hasta los 10 días después de la siembra (18 de Febrero del 2013), con el 90 % de germinación.

5.6.6. Días al trasplante.

El trasplante se realizó a los 18 días después de la siembra (26 de febrero del 2013), cuando las plántulas alcanzaron un promedio de 2.2 cm de altura.

5.6.7. Evaluación fenológica.

El resultado de la observación fenológicas del cultivo se detallan en Anexo 10.

a. Presencia de botones florales.

Se observó botones florales a partir de los 36 días después del trasplante (54 días después de la siembra), en el tratamiento de solución nutritiva completa (T0:SNC), posteriormente en los tratamientos: T6 (SN–Cu) y T4 (SN–Mo).

b. Días a la floración.

Se determinó mediante la observación directa en cada uno de los tratamientos, considerando el tiempo transcurrido desde la fecha del trasplante hasta el momento que el 50 % de las plantas estuvieron florecidas en la Solución Nutritiva completa (T0: SNC), con 30 % para la Solución Nutritiva sin Cobre (T6: SN–Cu), con 10 % la Solución Nutritiva sin Molibdeno (T4: SN–Mo). Se observó el inicio de la floración a partir de los 46 días después del trasplante (64 días después de la siembra).

c. Días al inicio de la fructificación.

Se observó el inicio de fructificación a partir de los 48 días después del trasplante (66 días después de la siembra), en el tratamiento de solución nutritiva completa (T0: SNC), posteriormente en el tratamiento de solución nutritiva carente de Cobre (T6: SN–Cu).

5.6.8. Presencia de plagas.

Durante el tiempo que duró el experimento, se pudo observar la presencia de insectos de importancia para el cultivo.

a. Para el control de insectos.

Al mes de establecido el experimento se presentó problemas de ataque de ***Toxóptera sp***. Para su control se aplicó AMIDOR 250 EC a razón de 1 ml/1litro de agua. Se realizó dos aplicaciones en el tiempo que duró el experimento.

Realizando la primera aplicación de este producto a los 22 días después del trasplante y la segunda aplicación a los 15 días después de la primera.

En cuanto enfermedades no se registraron daños.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La comparación de medias y el análisis de varianza de las variables: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hojas, Diámetro de tallo y Longitud de raíz, se muestran en el Cuadro 8 y en el Anexo 11 respectivamente.

Cuadro 8. Prueba de Promedio Tukey en el incremento para las variables: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo y Longitud de raíz en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita *(Capsicum frutescens L.)* **en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013.**

TRATAMIENTOS	CRECIMIENTO									
	Altura de planta (cm)		Diámetro de copa (cm)		Tamaño de hoja (cm)		Diámetro de tallo (cm)		Longitud de raíz (cm)	
T0 (Solución Nutritiva Completa)	36,80	**a**	37,85	**a**	7,31	**a**	0,59	**a**	22,68	**a**
T1 (Solución Nutritiva carente de Hierro)	5,20	**f**	6,95	**e**	3,26	**f**	0,14	**e**	5,49	**c**
T2 (Solución Nutritiva carente de Boro)	1,51	**g**	0,64	**f**	1,09	**g**	0,12	**e**	0,59	**f**
T3 (Solución Nutritiva carente de Manganeso)	9,93	**e**	8,53	**d**	3,66	**e**	0,30	**d**	1,20	**e**
T4 (Solución Nutritiva carente de Molibdeno)	18,24	**c**	10,21	**c**	5,09	**c**	0,37	**c**	3,39	**d**
T5 (Solución Nutritiva carente de Zinc)	10,83	**d**	7,41	**e**	4,03	**d**	0,29	**d**	1,24	**e**
T6 (Solución Nutritiva carente de Cobre)	32,08	**b**	34,25	**b**	5,91	**b**	0,54	**b**	21,86	**b**

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey $P \leq 0,05$).

4.1.1. CRECIMIENTO.

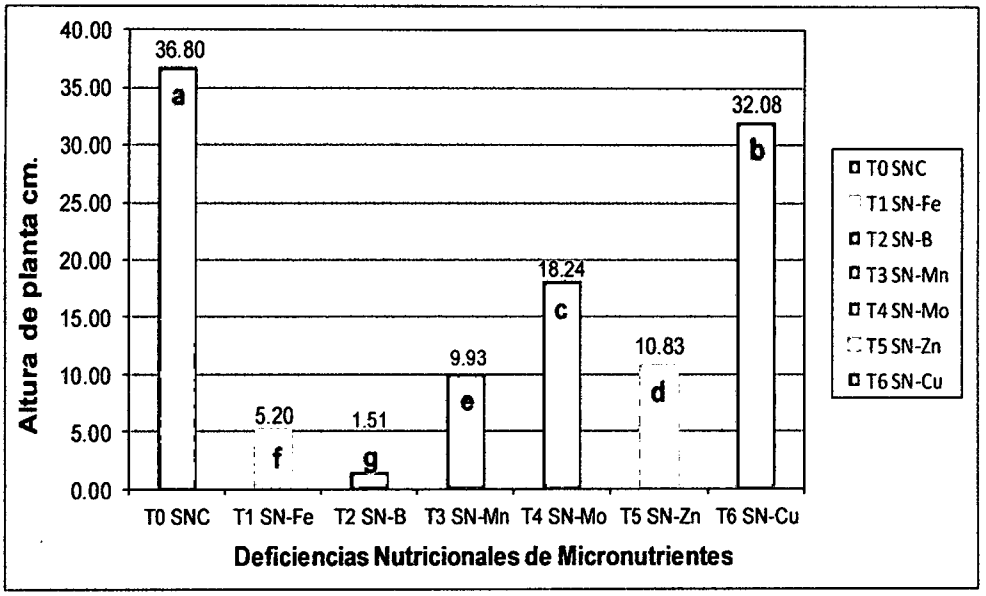
4.1.1.1 Altura de planta.

En el anexo 11 se presenta el análisis de varianza del incremento de la variable Altura de planta según los diferentes tratamientos en estudio, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad al aplicar los tratamientos fue de 2,35 %.

Al realizar la Prueba de Promedios de Tukey ($P \leq 0,05$), en el incremento para la variable altura de planta en los siete tratamientos estudiados (Cuadro 8 y gráfico 2), se observa que el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, obtuvo mayor incremento en altura de planta con **36,80** cm; mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio: **T6 (SN–Cu)**, **T4 (SN–Mo)**, **T5 (SN–Zn)**, **T3 (SN–Mn)**, **T1 (SN–Fe)** y **T2 (SN–B)**; los que alcanzaron un incremento de altura de planta de **32,08**; **18,24**; **10,83**; **9,93**; **5,20** y **1,51** cm, respectivamente.

Determinando que hasta el final del experimento (60 días), el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo y el **T2 (SN carente de Boro)**, que obtuvo menor incremento de altura de planta, esto debido a que las plantas de ají charapita en carencia de boro presentaron disminución del crecimiento, tallos cortos y muerte de los puntos de crecimiento; al ser este un elemento que actúa en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos; como menciona Pérez (1998), que cuando la soluciones nutritivas contienen todos los elementos que la planta necesita para su correcto crecimiento, desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos, hojas, flores y frutos; la planta crece normalmente y no presenta síntomas de deficiencia, pero cuando la solución nutritiva carece de un elemento nutritivo esencial las plantas presentan síntomas de deficiencia en su crecimiento.

Gráfico 2. Incremento de la variable Altura de planta (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013.



4.1.1.2 Diámetro de copa.

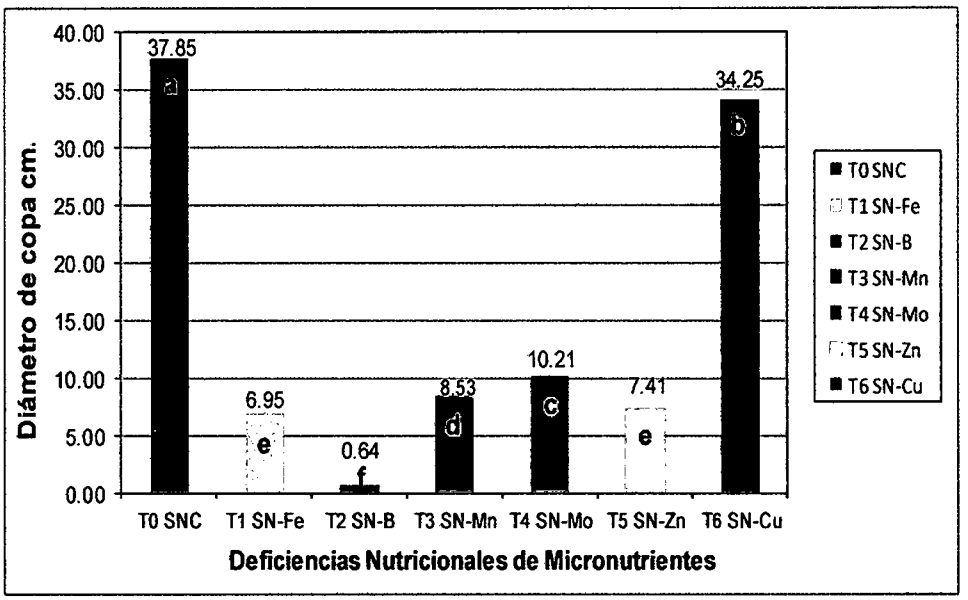
En el anexo 11 se presenta el análisis de varianza del incremento de la variable Diámetro de copa según los diferentes tratamientos en estudio, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad al aplicar los tratamientos fue de 1,76 %.

Al realizar la Prueba de Promedios de Tukey (P≤0,05), en el incremento para la variable diámetro de copa en los siete tratamientos estudiados (Cuadro 8 y gráfico 3), se observa que el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, obtuvo mayor incremento en diámetro de copa con **37,85** cm; mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio: **T6 (SN–Cu)**, **T4 (SN–Mo)**, **T3 (SN–Mn)**, **T5 (SN–Zn)**, **T1 (SN–Fe)** y **T2 (SN–B)**; los que alcanzaron un incremento diámetro de copa de **34,25**; **10,21**; **8,53**; **7,41**; **6,95** y **0,64** cm, respectivamente. Sin embargo el **T5 (SN–Zn)** y el **T1 (SN–Fe)**, no presentan diferencias significativas entre ambos.

Determinando que hasta el final del experimento (60 días), el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo y el **T2 (SN carente de Boro)**, que obtuvo menor incremento de diámetro de copa, esto debido a que las plantas en carencia de boro presentaron limitado crecimiento del área foliar, al ser este un elemento que actúa en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos.

Al respecto Dickson & Isebrands (1991), menciona que el crecimiento de la planta depende en esencia de la expansión foliar.

Gráfico 3. Incremento de la variable Diámetro de copa (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013.



4.1.1.3 Tamaño de hoja.

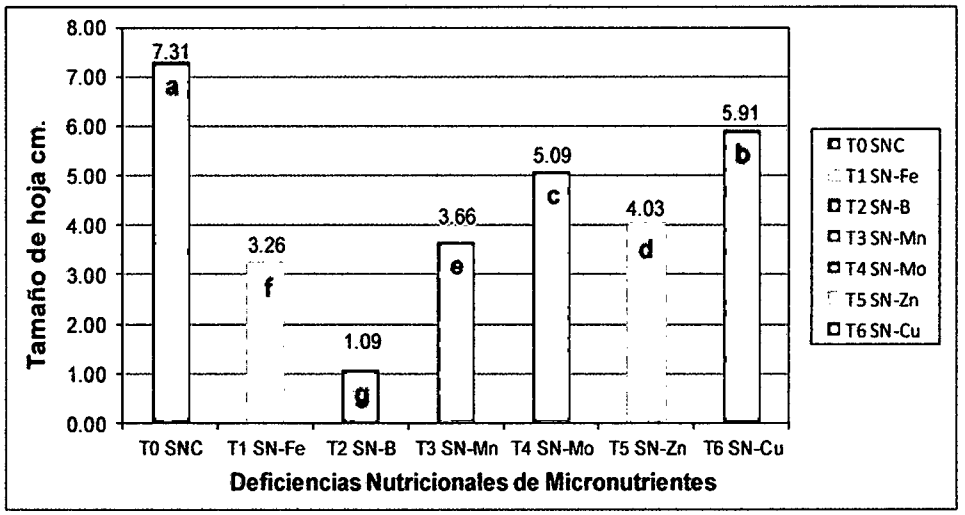
En el anexo 11 se presenta el análisis de varianza de la variable Tamaño de hoja según los diferentes tratamientos en estudio, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad al aplicar los tratamientos fue de 2,62 %.

Al realizar la Prueba de Promedios de Tukey (P≤0,05), en el incremento para la variable tamaño de hoja en los siete tratamientos estudiados (Cuadro 8 y gráfico 4), se observa que el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, obtuvo mayor incremento en tamaño de hoja con **7,31** cm; mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio: **T6 (SN–Cu)**, **T4 (SN–Mo)**, **T5 (SN–Zn)**, **T3 (SN–Mn)**, **T1 (SN–Fe)** y **T2 (SN–B)**; los que alcanzaron un incremento de tamaño de hoja de **5,91**; **5,09**; **4,03**; **3,66**; **3,26** y **1,09** cm, respectivamente.

Determinando que hasta el final del experimento (60 días), el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo y el **T2 (SN carente de Boro)**, que obtuvo menor incremento de tamaño de hoja, esto debido a que las plantas en carencia de boro presentaron crecimiento deforme y retorcidas de las hojas; al ser este un elemento que se acumula en los tejidos viejos de la planta y su traslado a los jóvenes se hace con dificultad.

Al respecto Dickson & Isebrands (1991), menciona que: las hojas crecen para interceptar la luz, tomar CO_2 y proporcionar carbono a toda la planta así como para transpirar y regular la temperatura.

Gráfico 4. Incremento de la variable Tamaño de hoja (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013.



4.1.1.4 Diámetro de tallo.

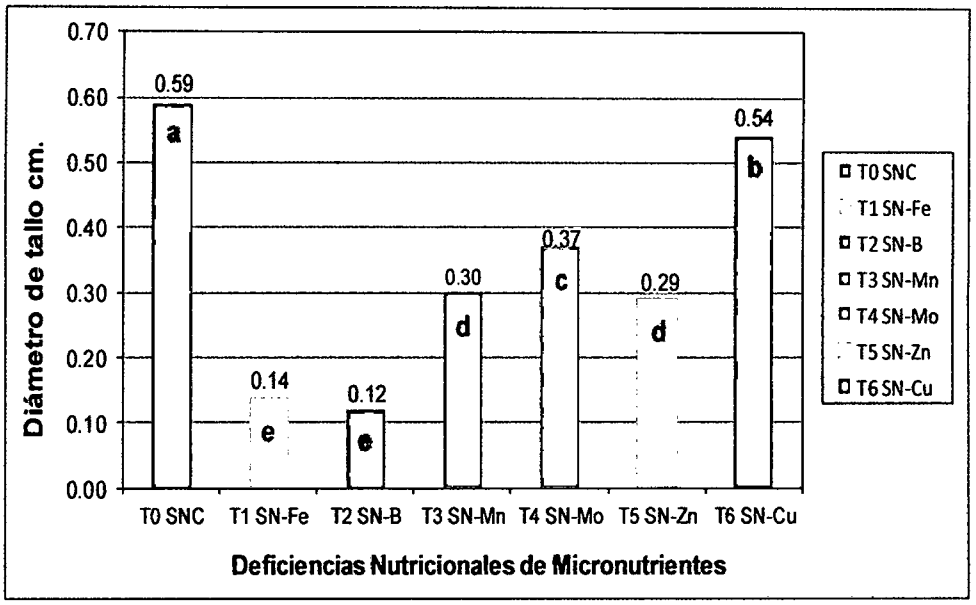
En el anexo 11 se presenta el análisis de varianza del incremento de la variable Diámetro de tallo según los diferentes tratamientos en estudio, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad al aplicar los tratamientos fue de 5, 07 %.

Al realizar la Prueba de Promedios de Tukey ($P \leq 0,05$), en el incremento para la variable diámetro de tallo en los siete tratamientos estudiados (Cuadro 8 y gráfico 5), se observa que el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, obtuvo mayor incremento en diámetro de tallo con **0,59** cm; mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio: **T6 (SN–Cu)**, **T4 (SN–Mo)**, **T3 (SN–Mn)**, **T5 (SN–Zn)**, **T1 (SN–Fe)** y **T2 (SN–B);** los que alcanzaron un incremento diámetro de tallo de **0,54**; **0,37**; **0,30**; **0,29**; **0,14** y **0,12** cm, respectivamente. Sin embargo el **T3 (SN–Mn)** y el **T5 (SN–Zn)**, no presentan diferencias significativas entre ambos; además el **T1 (SN–Fe)** y el **T2 (SN–B)**, no son significativas entre sí.

Determinando que hasta el final del experimento (60 días), el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo y el **T2 (SN carente de Boro)**, que obtuvo menor incremento de diámetro de tallo, esto debido a que en las plantas la carencia de boro perturbó el crecimiento celular, provocando la muerte de los puntos de crecimiento tanto en tallo como en la raíz, al ser este un elemento que actúa en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos

Al respecto Mexal y Landis (1990), indican que el diámetro de tallo es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz.

Gráfico 5. Incremento de la variable Diámetro de tallo (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali – Perú, 2013.



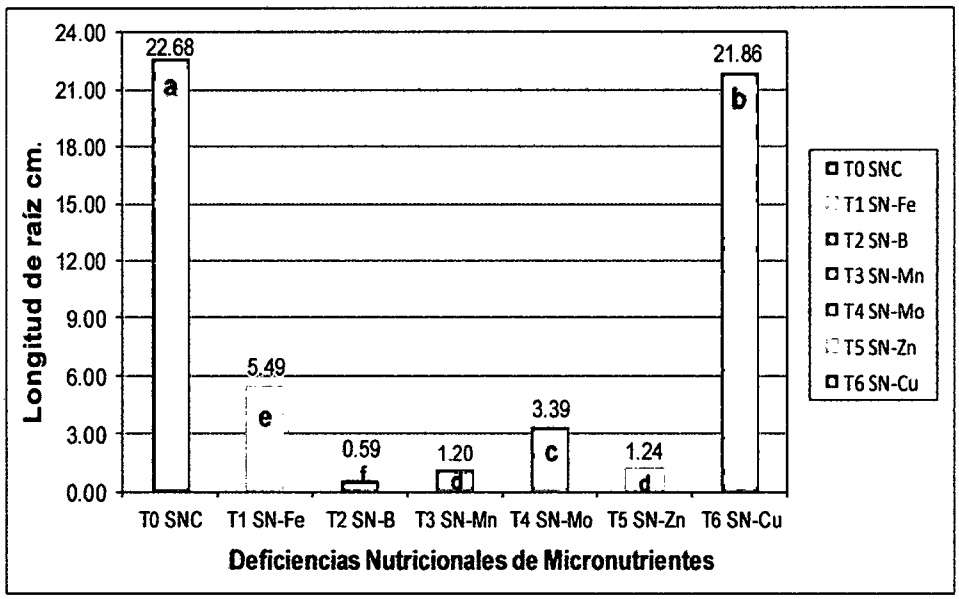
4.1.1.5 Longitud de raíz.

En el anexo 11 se presenta el análisis de varianza del incremento de la variable Longitud de raíz según los diferentes tratamientos en estudio, durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad al aplicar los tratamientos fue de 2 %.

Al realizar la Prueba de Promedios de Tukey (P≤0,05), en el incremento para la variable longitud de raíz en los siete tratamientos estudiados (Cuadro 8 y gráfico 6), se observa que el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, obtuvo mayor incremento en longitud de raíz con **22,68** cm; mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio: **T6 (SN–Cu)**, **T1 (SN–Fe)**, **T4 (SN–Mo)**, **T5 (SN–Zn)**, **T3 (SN–Mn)** y **T2 (SN–B)**; los que alcanzaron un incremento longitud de raíz de **21,86**; **5,49**; **3,39**; **1,24**; **1,20** y **0,59** cm, respectivamente. Sin embargo, el **T5 (SN–Zn)** y el **T3 (SN–Mn)**, no presentan diferencias significativas entre ambos.

Determinando que hasta el final del experimento (60 días), el **T0 (Solución Nutritiva Completa)**, presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales siendo favorablemente al cultivo y el **T2 (SN carente de Boro)**, que obtuvo menor incremento de longitud de raíz, esto debido a que en las plantas la carencia de boro perturbó el crecimiento de los tejidos nuevos, descoloración de los verticales radiculares y la muerte de la zona apical (terminal), de las raíces; al ser este un elemento que interviene en la formación del sistema radicular de la planta y regula su contenido de agua; como menciona Pérez (1998), que cuando la soluciones nutritivas contienen todos los elementos que la planta necesita para su correcto crecimiento, desarrollo y adecuada producción de raíces, la planta crece normalmente y no presenta síntomas de deficiencia, pero cuando la solución nutritiva carece de un elemento nutritivo esencial las plantas presentan síntomas de deficiencia en su crecimiento, además de los síntomas que los caracterizan según el elemento faltante.

Gráfico 6. Incremento de la variable Longitud de raíz (cm), durante los 60 días de establecidas las plantas en solución nutritiva en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) en Pucallpa". Ucayali, Perú – 2013.



4.2.1. SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA.

4.1.2.1. Solución Nutritiva Completa (T0: SNC).

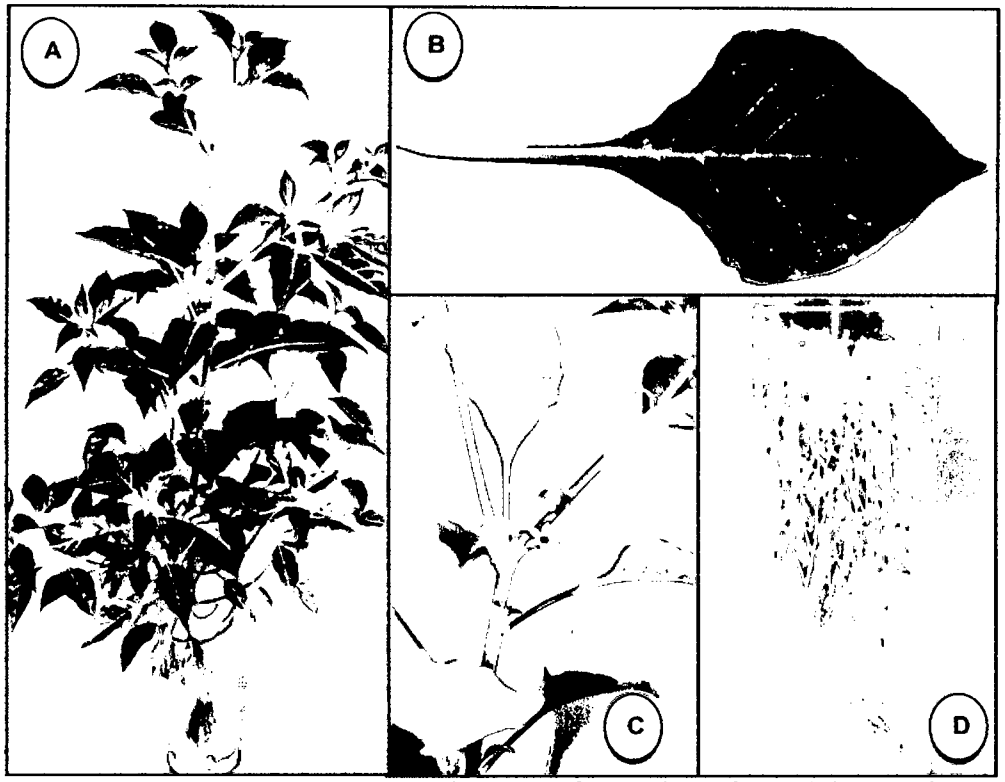


Foto 1. A) Planta (testigo) B) Hoja, C) Tallo y flores, D) Raíces; del tratamiento con solución nutritiva completa en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 1**, se presenta el T0 considerado como testigo para comparar con la deficiencia de los diferentes tratamientos carentes de un micronutriente en estudio. Durante los 60 días de establecidas las plantas de ají charapita en solución nutritiva completa; no presentaron síntomas de deficiencia en cuanto a color, forma, tamaño y localización (Fotos: 2B, 2C y 2D), el aspecto general de las plantas tenía una apariencia y tamaño normal (Foto 2A), observando el inicio de la floración a los 46 días (d/t.), el inicio de fructificación a los 48 días (d/t.), en un 100 % de las plantas en estudio en relación a los demás tratamientos; esto explica a que la solución nutritiva contenía los macro y micronutrientes esenciales aplicada a una concentración desde el 25 % hasta el 100 %; esto se corrobora con Pérez (1998), al señalar que cuando las soluciones nutritivas contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto crecimiento, desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos, hojas, flores y frutos; la planta crece normalmente y no presenta síntomas de deficiencia.

4.1.2.2. Deficiencia de Hierro (T1: SN – Fe).

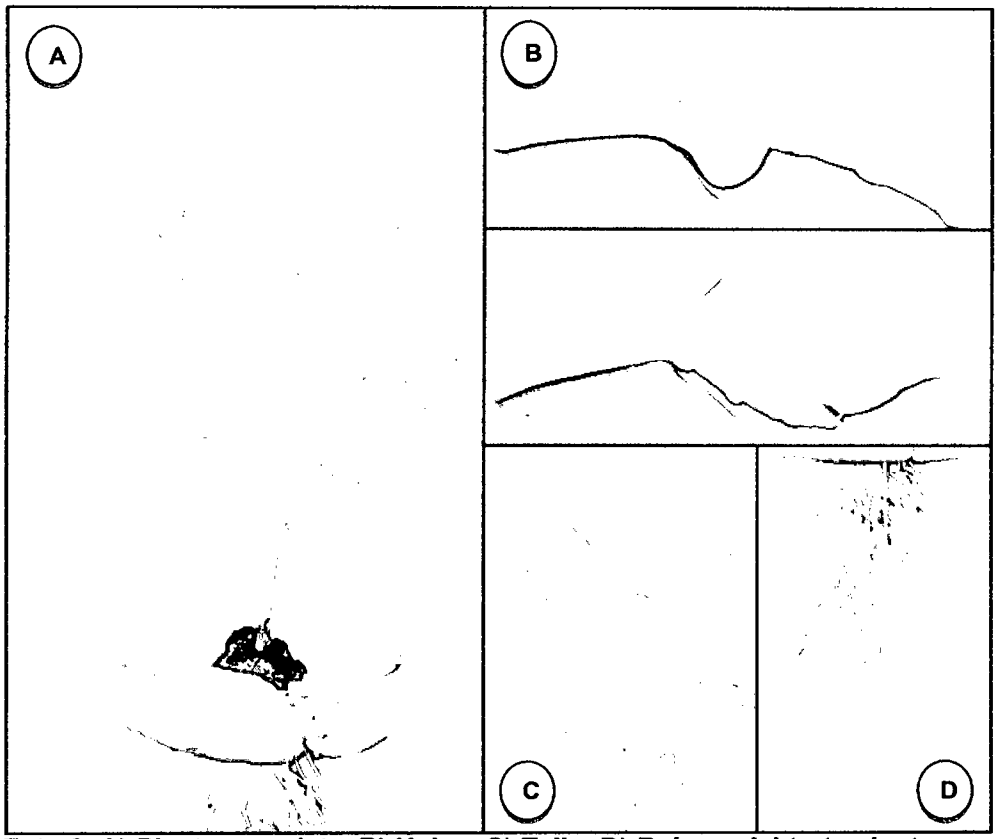


Foto 2. A) Planta completa. B) Hojas, C) Tallo, D) Raíces; del tratamiento con deficiencia de Hierro en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 2**, se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Hierro. Debido a la carencia de este elemento las plantas tuvieron un crecimiento lento (Foto 2A). Los síntomas aparecieron a los 7 días (d/t.), en las hojas jóvenes, mostrando una ligera clorosis en las áreas internervales, manteniéndose verde las nervaduras (Foto 2B), a comparación con el testigo, posteriormente en las hojas apicales se tornaron puntos necróticos que se expandieron por toda la hoja provocando su secamiento y su eventual caída. A medida que la deficiencia continúa a partir de los 45 días (d/t.), las hojas jóvenes se mostraron retorcidas y encurvadas hacia arriba (Foto 2B), toda la planta se mostró totalmente amarillento y el color verde solo se visualizó en las nervaduras, convirtiéndose así en una clorosis generalizada (Foto 2A). Los tallos se mostraron verde amarillento, delgados y débiles (Foto 2C), además no presentaron ramas ni flores y por consiguiente frutos, la emisión de las raíces fueron escasas de color blanquecino, delgadas y semi alargadas (Foto 2D), a comparación con el testigo.

Estos síntomas se corroboran con Ipiens (1954), al indicar que la deficiencia de hierro aparece en hojas jóvenes manteniéndose verde las nervaduras y un color amarillento del follaje. Esta clorosis podría explicarse debido a la poca cantidad de clorofila asociada al Hierro.

Al respecto Navarro y Navarro (2003), mencionan que los síntomas de deficiencia de hierro comienzan con un ligero amarillamiento de las zonas foliares intervenales en contraste con el color verde oscuro de sus nerviaciones. Cuando la enfermedad progresa las hojas van siendo cada vez más amarillas, y en los casos muy graves se llega a la ausencia total de clorofila. Hay que significar que los primeros síntomas aparecen en primer lugar, en las hojas jóvenes ya que el elemento es poco móvil en la planta.

En la **foto 3**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Hierro (SN–Fe) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

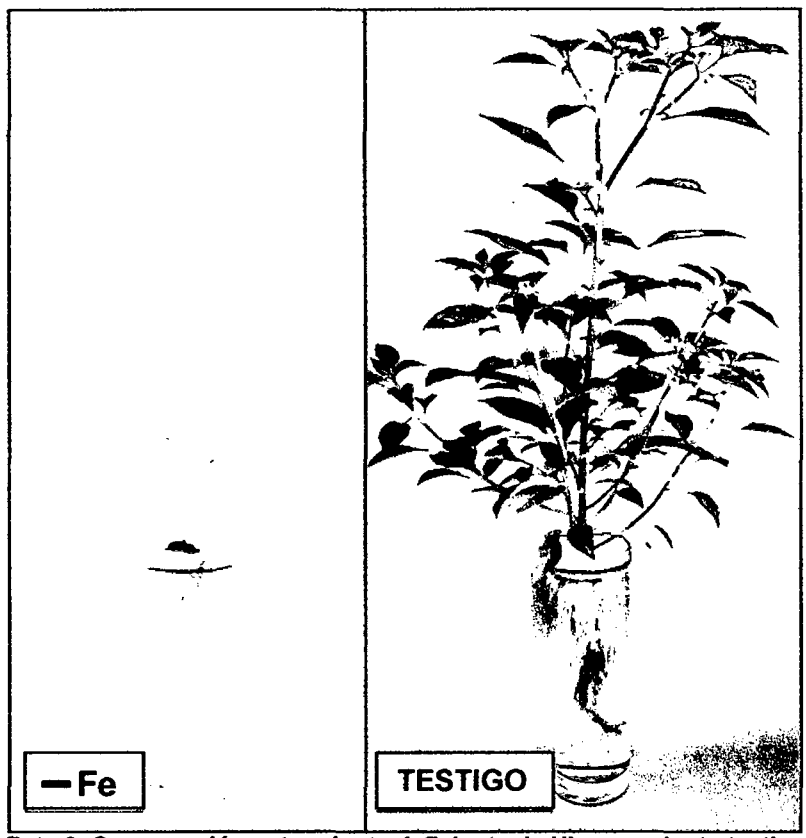


Foto 3. Comparación entre planta deficiente de Hierro y planta testigo.

4.1.2.3. Deficiencia de Boro (T2: SN – B).

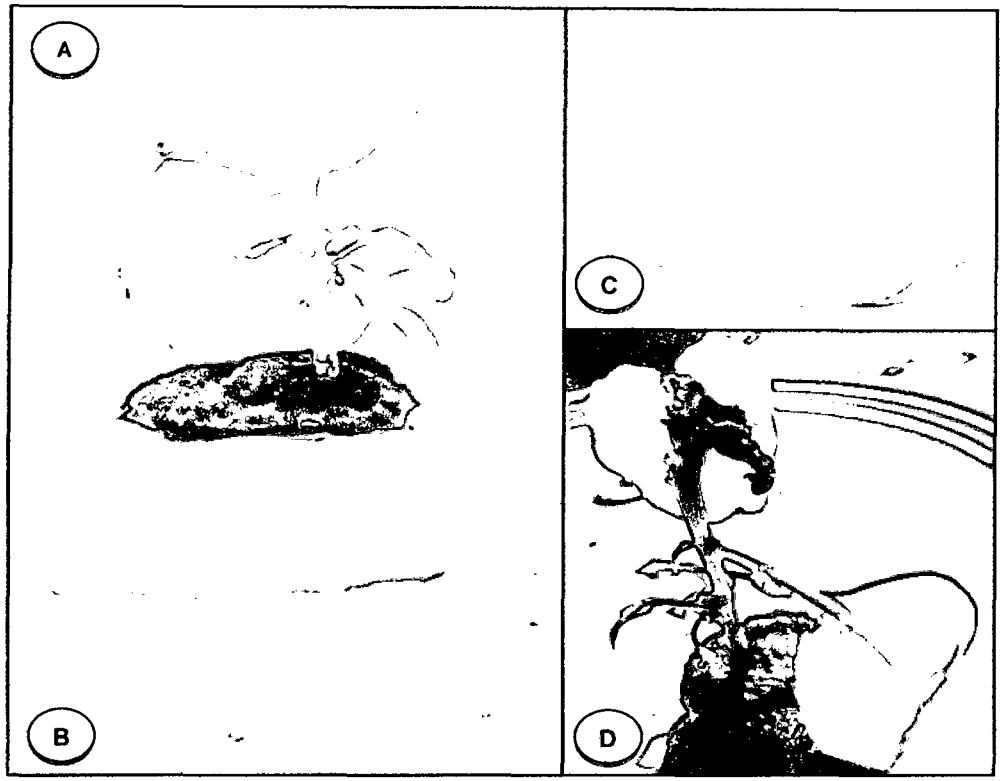


Foto 4. A) Planta, B) Raíces, C) Hoja, D) Tallo; del tratamiento con deficiencia de Boro en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 4**, se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Boro. Debido a la carencia de este elemento las plantas presentaron retraso y disminución del crecimiento (Foto 4A). Los síntomas aparecieron a los 18 días (d/t.), en las hojas jóvenes, tornándose de color verde pálido, donde se observaron pequeñas áreas cloróticas, que posteriormente se expandió por toda la región internerval incluyendo las nervaduras; a partir de los 30 días (d/t.), se manifestó un crecimiento deforme y retorcida con abultamiento del haz a consecuencia de un enrollamiento hacia el envés (Foto 4C), asimismo a los 48 días (d/t.), las hojas adquieren textura gruesa, volviéndose quebradizas y pequeñas, que luego presentan un severo secamiento y caída. Los tallos se mostraron cortos de color verde oscuro (Foto 4A), con presencia de pequeños brotes, no presentaron ramas, ni flores, posteriormente a los 52 días (d/t.), se observa la muerte descendente del punto de crecimiento o ápice tanto del tallo (Foto 4D), como de las raíces (Foto 4B), provocando la muerte de la planta. La emisión de raíces fue casi nula, de color crema, delgadas y muy pequeñas a comparación con el testigo.

Los síntomas observados en ají charapita se corrobora con los síntomas observados por Hernández y Pacheco (1986), en el cultivo de Cardomo (*Elettaria cardamomum* Maton), quienes indican que los síntomas de boro se manifiesta con el crecimiento deforme y retorcido de las hojas más jóvenes de la planta, se observan en la lámina áreas pequeñas carentes de clorofila que luego se extienden en la región intervenal. Cuando la deficiencia persiste hay muerte del meristemo.

La deficiencia de boro en ají charapita presentó muerte del punto de crecimiento tanto del tallo como de la raíz; al ser este un elemento que actúa en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos; acumulándose en los tejidos viejos de la planta y su traslado a los jóvenes se hace con dificultad, por ello los síntomas de carencia se manifiestan primeramente en brotes y hojas jóvenes (Navarro y Navarro 2003).

En la **foto 5**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Boro (SN–B) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

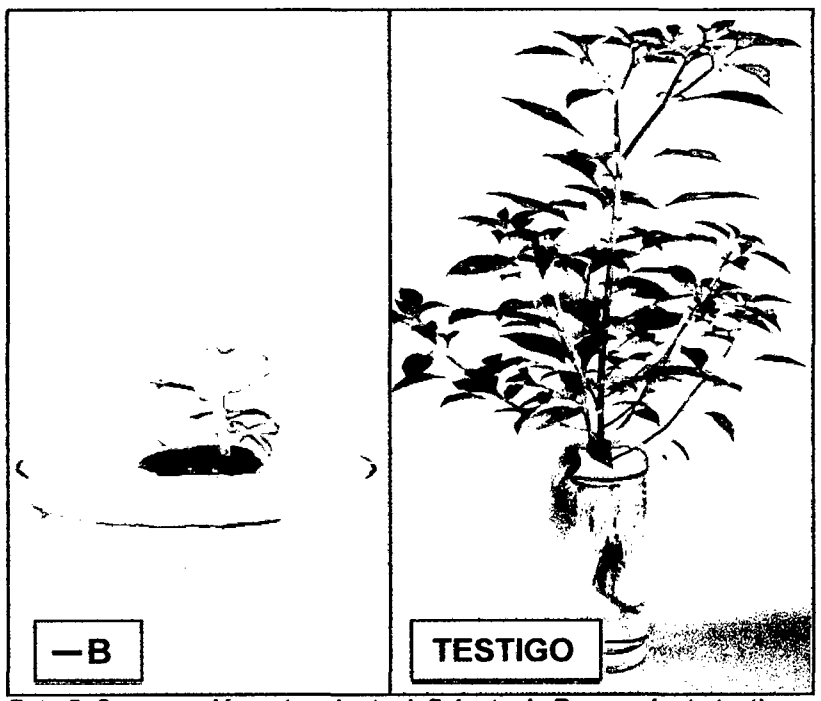


Foto 5. Comparación entre planta deficiente de Boro y planta testigo.

4.1.2.4. Deficiencia de Manganeso (T3: SN – Mn).

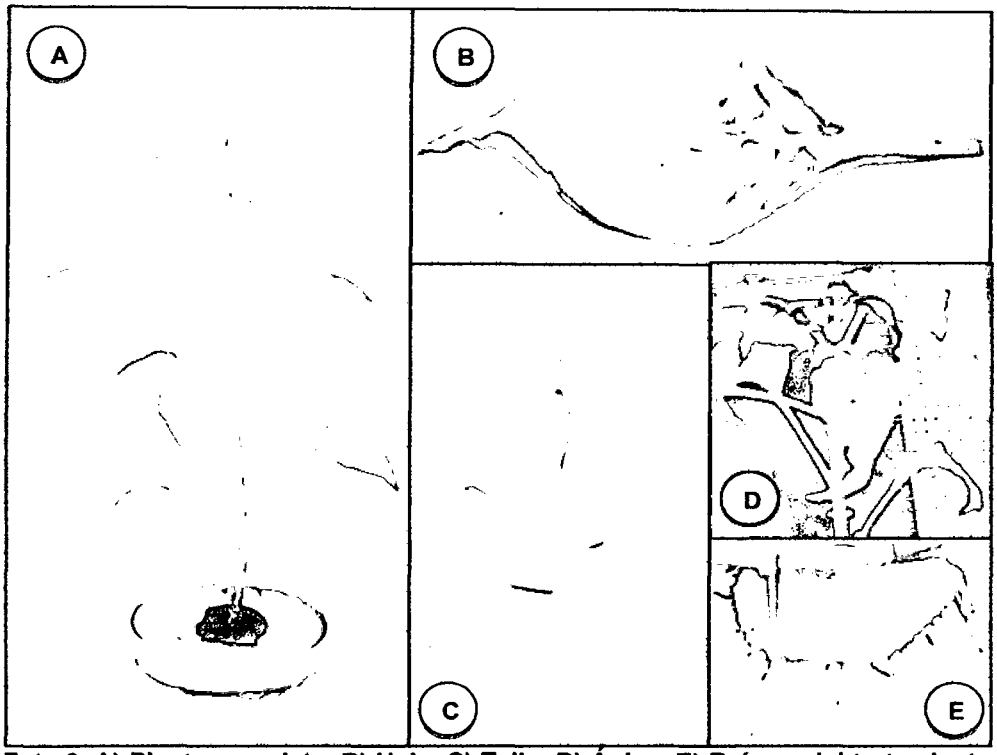


Foto 6. A) Planta completa, B) Hoja, C) Tallo, D) Ápice, E) Raíces; del tratamiento con deficiencia de Manganeso en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 6,** se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Manganeso. Debido a la carencia de este elemento las plantas presentaron crecimiento lento (Foto 6A). Los síntomas aparecieron a los 35 días (d/t.), con una clorosis generaliza en los brotes apicales prolongándose hacia la parte media de la planta (Foto 6A), las hojas jóvenes se mostraron encurvadas en los márgenes hacia abajo con áreas cloróticas internervales que se mueve hacia el borde y ápice de la lámina incluyendo las nervaduras (Foto 6B), en los bordes del peciolo se presentó una coloración de aspecto morado (Foto 6C). A medida que la deficiencia continua a partir de los 45 días (d/t.), se observaron en el ápice pequeñas manchas marrones o café que involucran a las hojas nuevas los cuales se inician en el peciolo, que luego se expanden, ocasionando el secamiento y la eventual muerte de estas (Foto 6D), a los 50 días (d/t.). Los tallos se mostraron verde pálido, delgados y débiles (Foto 6C), no presentaron ramas, ni flores y por consiguiente frutos. La emisión de raíces fue muy escasas de color crema, muy pequeñas y necrosadas en el ápice (Foto 6E), al igual que en el T2 (SN–B), a comparación con el testigo.

Los síntomas observados en ají charapita son similares con los observados por Hernández y Pacheco (1986), en Cardomo (*Elettaria cardamomum* Maton), al indicar que los síntomas de manganeso se localiza en las hojas nuevas de la planta. Se observan áreas cloróticas intervenales, posteriormente adquiere un tono café y en estado avanzado de deficiencia dichas áreas se llegan a secar aunque la venación principal permanece verde.

Al respecto Fernández y Camacho (2008), en tomate observaron que la deficiencia de manganeso se refleja en una clorosis internerval con la nervadura prominentemente verdes en las hojas maduras medias, permaneciendo el resto de la planta con hojas verde oscuro. A veces se observan pequeñas abolladuras en estas hojas. Si la deficiencia es severa la planta detiene su crecimiento.

En la **foto 7**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Manganeso (SN–Mn) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

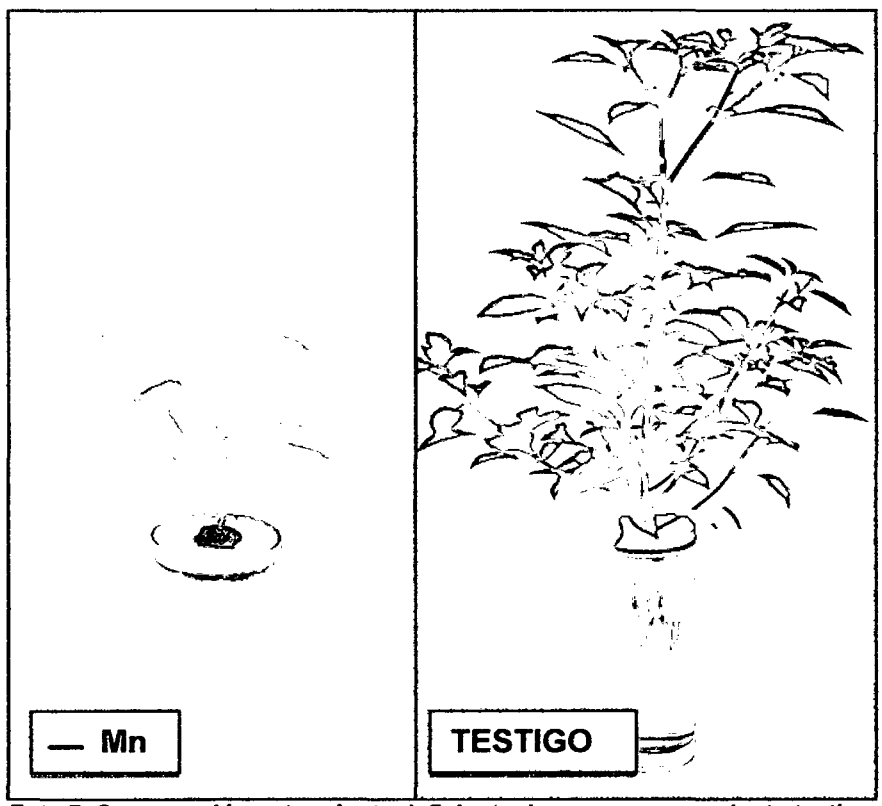


Foto 7. Comparación entre planta deficiente de manganeso y planta testigo.

4.1.2.5. Deficiencia de Molibdeno (T4: SN – Mo).

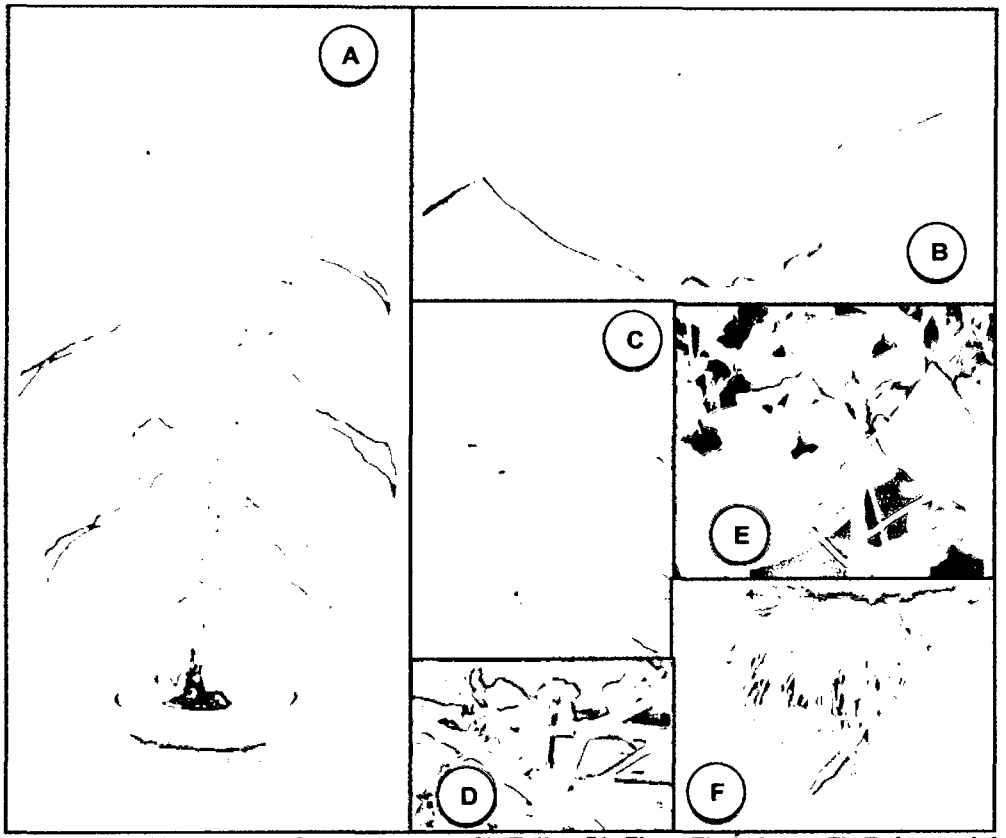


Foto 8. A) Planta completa, B) Hoja, C) Tallo, D) Flor, E) Ápice , F) Raíces; del tratamiento con deficiencia de Molibdeno en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 8,** se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Molibdeno. Debido a la carencia de este elemento las plantas reflejaron crecimiento lento (Foto 8A). A igual que en el T3 (SN–Mn), los síntomas aparecieron a los 35 días (d/t.), con una clorosis generaliza en los brotes apicales, incluyendo las hojas medias y los nuevos brotes de la planta (Foto 8A), las hojas jóvenes presentaron tamaño reducido y abultamiento internerval, mostrando clorosis muy marcadas en zonas internervales que se mueve hacia el ápice, en algunas desde los márgenes hacia la nervadura principal (Foto 8B), que posteriormente a partir de los 45 días (d/t.), fueron mostrando pequeños y diminutos puntos necróticos en los bordes de la nervadura principal y márgenes de la lámina (Foto 8B), como también en el ápice de la planta, que luego se expanden provocando secamiento y la eventual muerte de estas (Foto 8E), a los 55 días (d/t.). Los tallos se mostraron verde claro, delgados y débiles (Foto 8C), presentaron reducido número de ramas, emitieron número reducido de flores (Foto 8D), las cuales no llegaron a formar frutos debido al aborto y caída prematura de

estas a comparación con el testigo. La emisión de raíces fue abundante, de color crema, delgadas y pequeñas, necrosadas en el ápice (Foto 8F), al igual que en el T2 (SN–B) y en el T3 (SN–Mn), a comparación con el testigo.

Los síntomas observados en ají charapita no se asemejan a lo reportado por Baeyens (1970), al indicar que los síntomas de deficiencia de molibdeno se parecen a los del nitrógeno, porque la clorosis (amarillamiento), avanza desde las hojas más viejas hasta las más jóvenes, las que se ahuecan y se queman en los bordes.

Al respecto Navarro y Navarro (2003), indican que la deficiencia de molibdeno presenta un crecimiento lento de la planta y una reducción de la floración.

En la **foto 9**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Molibdeno (SN–Mo) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

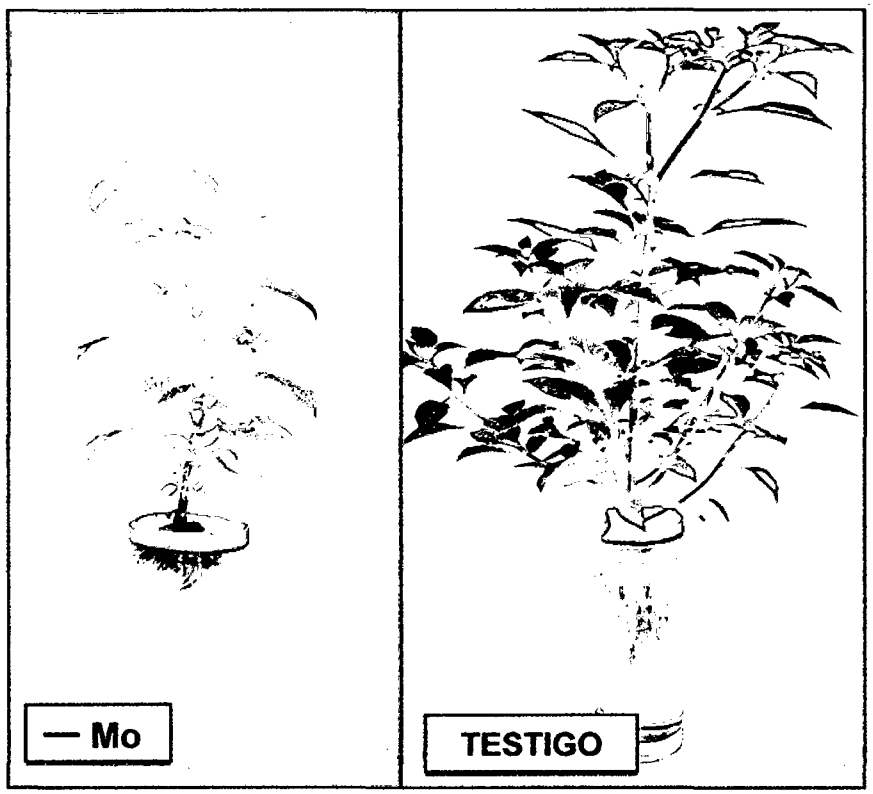


Foto 9. Comparación entre planta deficiente de Molibdeno y planta testigo.

4.1.2.6. Deficiencia de Zinc (T5: SN – Zn).

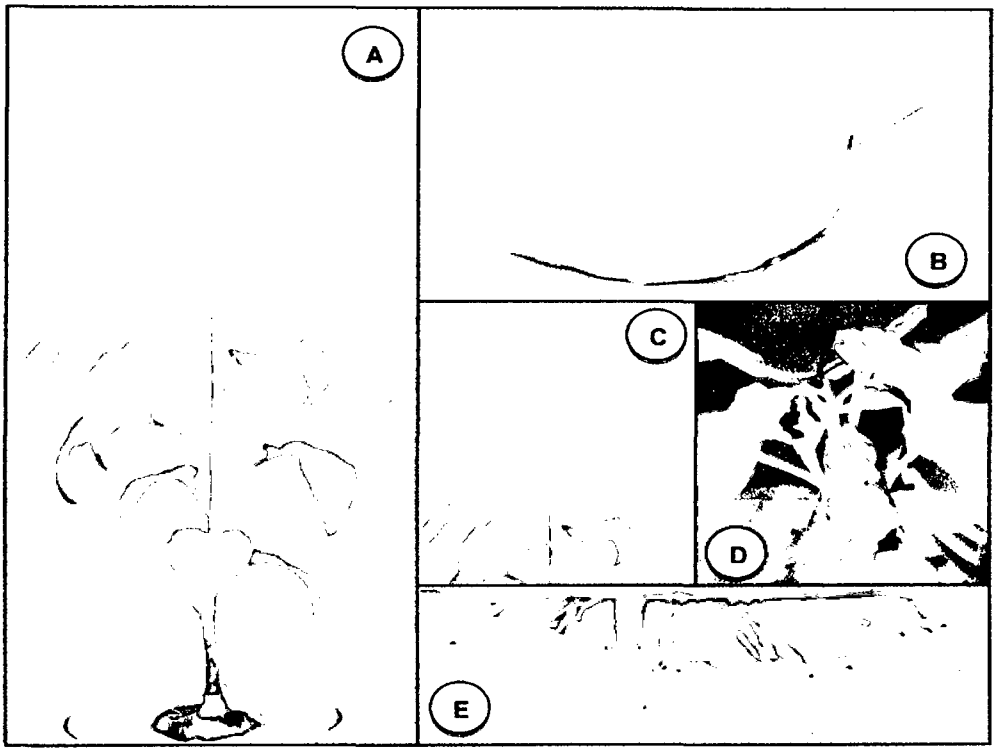


Foto 10. A) Planta completa, B) Hoja, C) Tallo, D) Ápice, E) Raíces; del tratamiento con deficiencia de Zinc en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 10,** se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Zinc. Debido a la carencia de este elemento las plantas presentaron crecimiento lento (Foto 10A). A igual que en el T3 (SN–Mn) y en el T4 (SN–Mo), los síntomas aparecieron a los 35 días (d/t.), con una clorosis generaliza en los brotes apicales que luego se expandió hacia la parte media de la planta (Foto 10A), involucrando las hojas jóvenes mostrándose encurvadas hacia el envés presentando tamaño reducido, con clorosis muy marcadas en zonas internervales que se mueve hacia el ápice manteniéndose verdes las nervaduras (Foto 10B), que posteriormente a partir de los 45 días (d/t.), se tornaron pequeñas manchas o puntos necróticos en los bordes, como también en el ápice de la planta, que luego se expanden provocando el secamiento y la eventual muerte de estas (Foto 10D), a los 53 días (d/t.). Los tallos se mostraron verde pálido, delgados y débiles (Foto 10C), no presentaron ramas, ni flores a comparación con el testigo. La emisión de raíces fue muy escasas de color crema, delgadas, pequeñas y necrosadas en el ápice (Foto 10E), al igual que en el T3 (SN–Mn), en el T4 (SN–Mo) y en el T2 (SN–B), a comparación con el testigo.

Los síntomas observados en ají charapita se asemejan a lo reportado por Guzmán (2004), al indicar que en muchas plantas deficientes de Zinc, se afecta primeramente el crecimiento terminal. Hay una disminución en la longitud del tallo y un enrosetado o espiralado de las hojas. Además Donahue (1982), menciona que los síntomas de la deficiencia de un nutriente en particular pueden variar según la especie de la planta.

Al respecto Navarro y Navarro (2003), mencionan que los síntomas de deficiencia en Zinc, comienzan siempre en las hojas jóvenes con amarillamiento progresivo y disminución de tamaño. Lo nervios permanecen verde. En las hojas adultas, solo en ocasiones se aprecian estas alteraciones.

En la **foto 11**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Zinc (SN–Zn) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

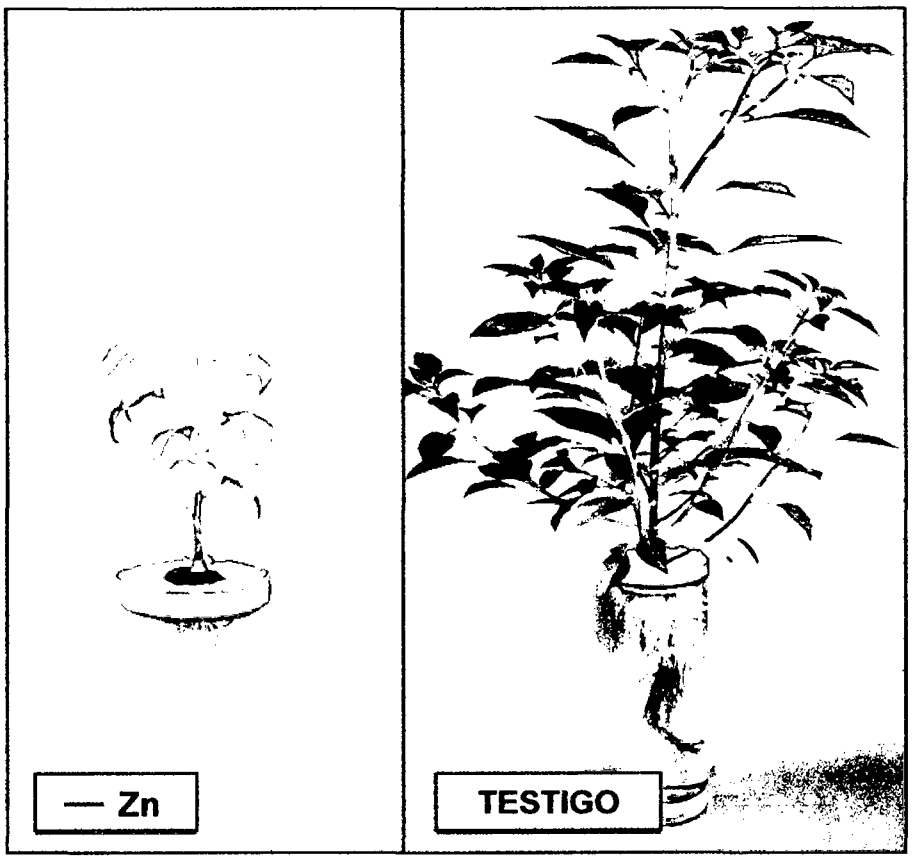


Foto 11. Comparación entre planta deficiente de Zinc y planta testigo.

4.1.2.7. Deficiencia de Cobre (T6: SN – Cu).



Foto 12. A) Planta completa, B) Hoja, C) Tallo, D) Flores y frutos E) Raíces; del tratamiento con deficiencia de Cobre en ají charapita *"Capsicum frutescens L."*.

En la **foto 12**, se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos por la carencia del elemento Cobre. A diferencia de los demás tratamientos carentes de un micronutriente en estudio, la carencia de este elemento no afectó el crecimiento vegetativo de las plantas (Foto 12C), con respecto al testigo. Los síntomas aparecieron a los 45 días (d/t.), en las hojas viejas las que se mostraron recurvadas en los márgenes y abultadas en las zonas intervenales de color verde oscuro intenso y brillante, que posteriormente se formaron pequeñas manchas o puntos necróticos (Foto 12B). Los tallos y ramas presentaron un desarrollo relativamente normal (Foto 12C), con respecto al testigo, asimismo observando la presencia de botones florales a partir de los 38 días (d/t.), presencia de flores a partir de los 48 días (d/t.), con formación de frutos (Foto 12D), a partir de los 50 días (d/t.), a comparación con el testigo, posteriormente los tallos mostraron pequeñas manchas o puntos necróticos (Foto 12C y 12D). La emisión de raíces fue abundante, de color blanco, delgadas y alargadas a comparación al testigo.

Estos síntomas observados en ají charapita se corroboran con Navarro y Navarro (2003), que indican que en la deficiencia de cobre las hojas jóvenes se colorean de verde oscuro, se doblan y adquieren malas formas, algunas veces muestran manchas necróticas.

Al respecto (Agarwala et al., 1980), mencionan que aunque los síntomas de cobre varían con los cultivos las alteraciones en general se observan en primer lugar, en los órganos más jóvenes; además que su carencia afecta al crecimiento reproductivo mucho más que al crecimiento vegetativo.

En la **foto 13**, se presenta el aspecto general en cuanto a tamaño y apariencia de la planta deficiente de Cobre (SN–Cu) y de la planta testigo (SNC), hasta los 60 días de establecimiento del cultivo de ají charapita en solución nutritiva.

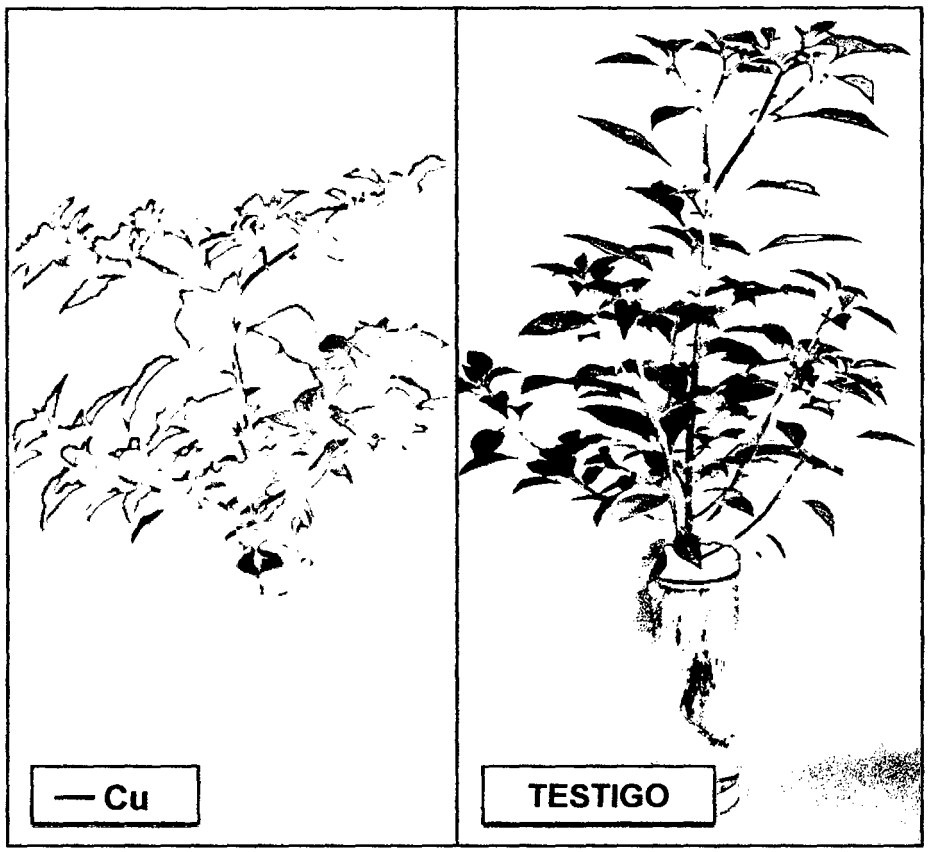


Foto 13. Comparación entre una planta deficiente de Cobre y una planta testigo.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados, así como los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

5.1. En cuanto al incremento de las variables evaluadas: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo y Longitud de raíz; al realizar el análisis estadístico se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, observando que el T0 (SNC), presentó valores superiores y el T2 (SN–B), presentó valores inferiores con respecto a los demás tratamientos en estudio durante los 60 días de establecimiento del cultivo en soluciones nutritivas.

5.2. El micronutriente carente que más afectó el crecimiento vegetativo de la planta de ají charapita fue el Boro, ya que sus síntomas de deficiencia se manifestó con más contundencia a partir de los 30 días (d/t.), con crecimiento deforme y retorcidas de las hojas jóvenes, tallos cortos y muerte de los puntos de crecimiento tanto en el tallo, como en la raíz, provocando la muerte de la planta.

5.3. Los síntomas de deficiencia de Manganeso, Molibdeno y Zinc se observaron a partir de los 35 días (d/t.), siendo más afectadas a los 45 días (d/t.), los síntomas se presentan con clorosis generalizada de los brotes apicales, las hojas jóvenes retorcidas, encurvadas en los márgenes hacia abajo con puntos necróticos; muerte del ápice y de la raíz. Ambos presentaron crecimiento lento.

5.4. La deficiencia de hierro más severa se observaron a partir de los 45 días (d/t.), mediante clorosis generalizada de toda la planta, manteniéndose solo verde las nervaduras. Mientras que la deficiencia de Cobre presentó síntomas en el inicio del proceso de desarrollo a partir de los 45 días (d/t.), con las hojas viejas recurvadas en los bordes y abultadas en las zonas internervales de un color verde oscuro intenso, con puntos necróticos tanto en las hojas como en el tallo.

VI. RECOMENDACIONES.

Por lo expuesto en el presente trabajo de investigación nos permite sugerir las siguientes recomendaciones:

6.1. La metodología aplicada sirve para determinar síntomas de deficiencias de micronutrientes en el cultivo de ají charapita hasta inicios de la floración cultivadas en soluciones nutritivas, sin embargo se recomienda estudiar los síntomas de deficiencias y las respuestas de las plantas en condiciones del agricultor.

6.2. Realizar en cada tratamiento el análisis foliar, ya que ello indicará el porcentaje de acumulación o deficiencia de nutrientes de cada elemento en estudio, con el objetivo de profundizar el estudio.

6.3. Continuar con las evaluaciones de síntomas de deficiencias en micronutrientes en la etapa reproductiva de la planta de ají charapita bajo sistema hidropónico; aplicando las soluciones nutritivas en porcentajes desde 25 % hasta el 75 % concentración de nutrientes.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Agarwala, S. C.; P.N. Sharma; C. Chaterjee, y P. C. Sharma. 1980. Cambios deficiencia de cobre inducida en las anteras de trigo. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de la India, Calcuta 46 (2): 172 – 176 p.

- Alcázar, G., G.L. I. Trejo-Téllez, L. Fernández P. y Ma. De las N. Rodríguez. 2007. Elementos esenciales, In: Nutrición de Cultivos. Coord. Editorial Mundi-Prensa-Colegio de Postgraduados. México. 8 – 47p.

- Arnon D., I. and P.R. Stout. 1939. *The essentiality of certain elements in* minute quantity for plants with special reference to cooper. Plant physiol. 14: 371 – 375 p.

- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo. Versión esp. De J.M. Mateo Box y P. Urbano. Ed. Lemos. Madrid. 84 p.

- Barbosa, J. G. Kampf, A.N., Martínez, H.E.P. Koller, O.C., Bohnen, 2000. Cultivo Crysanthemun en arcilla expandida. Jounal de Nutrición Vegetal 23 (9): 1327 – 1336 p.

- Calderón F. S. 1997. Preparación de la solución Nutritiva y los Fertilizantes Sólidos. Hidroponía una Esperanza para Latinoamérica. Ed. Lima Universidad Nacional Agraria de la Molina. 365 – 393 p.

- Cochrane, T. y Sánchez, 1992. Caracterización agroecológica para el desarrollo de las pasturas en suelos ácidos de América Tropical. Cali, Colombia CIAT, 23 – 24 p.

- Dewitt, D; Bosland, P. 1993. The pepper garden, From the Sweetest bell to the Hotest Habanero. Berkeley California, US. 23 – 220 p.

- Dickson & Isebrands J.G. 1991. *Leaves as regulators of stress responses.* En HA Mooney, WE Winner, EJ Pell, eds, Response of plants to Multiple Stresses. Academic Press, San Diego, California. 3 – 34 p.

- Donahue, R. L. 1982. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 1 Ed. San José, Costa Rica. 126 – 151 p.

- Fageria, N., V. Baligar y Ch. Jones. 1991. Crecimiento y la nutrición mineral de los cultivos yeild. Marcel Dekker, inc U.S.A. 62 p.

- Favela C., E.; P. Preciado; A. Benavides. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 25 – 30 p.

- Fernández, R. y F. Camacho, 2008. Manual Práctico de Fertirrigación en Riego por Goteo. Ediciones Agrotécnicas. España. 169 p.

- Grageda, G., J. 1999. La fertilización en hortalizas. Instituto Nacional de Investigación forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo experimental Costa de Hermosillo, Sonora, México. Folleto Técnico Nº 19. 62 p.

- Guzmán D., G. 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar–San José, C. R.: MAG 13 – 14 p.

- Hernández, R. y R. Pacheco. 1986. Caracterización de síntomas visuales de deficiencias nutricionales en cardamomo (*Elettaria cardamomum*). Agron. Cost.10 (1-2), 13 – 27 p.

- Hoagland y Arnon D., 1950. Preparación de Solución Nutritiva Stock. 12p.

- Ipiens, A. 1954. Tratado de Química General. (2 Tomos). T. P. de Alcalá de Henares. Madrid 13 – 15 p.

- Mexal, J.; Landis, T.; 1990. Objetivo Conceptos plántulas: Altura y diámetro. Proc. Combinado de reuniones con asociaciones de viveros forestales occidentales. Servicio Forestal, GTR RM-200. 17 – 36 p.

- Moreno, M. U. 1967. Manual de Laboratorio para el Estudio de la Fisiología de Plantas U.N.A. LA Molina – Lima. Perú. 9 p.

- Navarro, S. y G. Navarro. 2003. Química agrícola. El suelo y elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 321– 406 p.

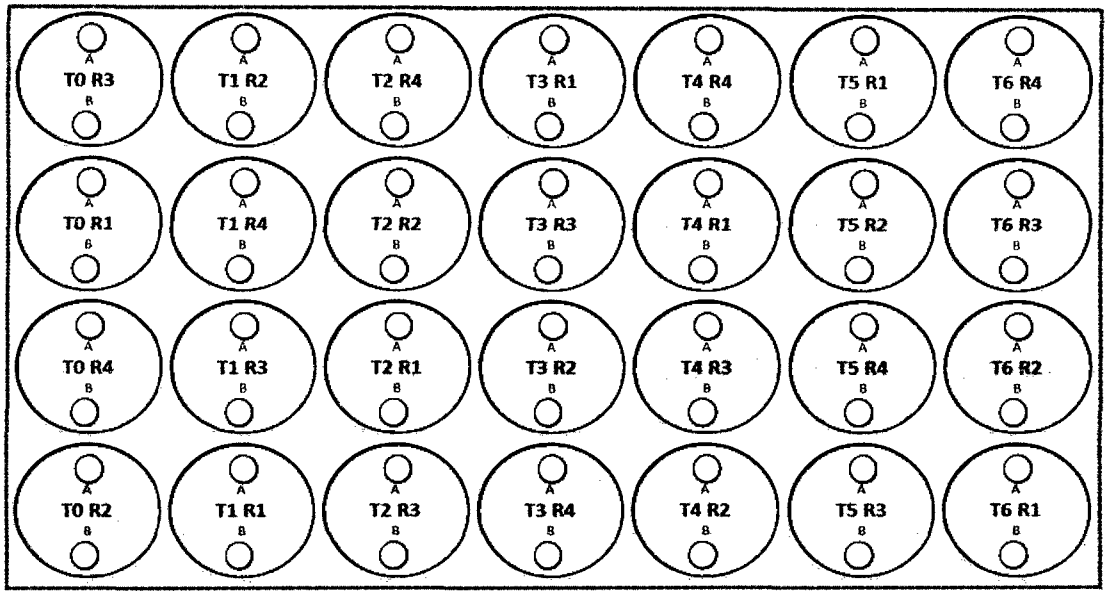
- Nuez, F; Gil, R; Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos chiles y ajís. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Esp. 607 p.
- Pérez, L. F. 1998 "Guía de práctica de Fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Ucayali". 19 – 24 p.
- Pozo, O; Gómez, R; Jiménez, E; Orellana 1991. Descripción de tipos y cultivares de chile (*Capsicum spp.*) en México. Folleto técnico núm. 77. INIA-SARH. 40 p.
- Resh, H. M. 1992. Cultivos Hidropónicos 3ª. Ed. Edit. Mundi prensa Madrid, España. 251p.
- Rodríguez, S.F. 1996. Fertilizantes de nutrición vegetal. Edit. AGT S.A. Tercera reimpresión: México D.F. 184 p.
- Sánchez, G. P., C. M. da Silva, G. Alcántar G. y M. Sandoval Villa. 2007. Diagnostico nutrimental en plantas. In: Nutrición de Cultivos. Editorial Mundi-Prensa-Colegio de Postgraduados. México. 201– 247 p.
- Schenkel, G.P. Baherle, T.F. y Fajardo M. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. Experiencias preliminares. Agricultura Técnica de chile. 30(4):173 – 187p.
- Smith, P.; Heiser, Jr. 1987. Taxonomic and genetic studies of the cultivated peppers, Capsicum annuum L. and Capsicum frutescens L. American Journal of Botany 38: 362 – 368 p.
- Tela botánica, 2009. Descripción Botánica del Ají amazónico en la Amazonía, Iquitos- Perú. 8 p.
- Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonia. Tratado de Cooperación Amazónica, Lima. 56 p.

Sitios web:

- http://es.wikipedia.org/wiki/capsicum.
- http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-chile.pdf.
- http://www.sintomasvisuales.pdf.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones (disposición de los baldes). Pucallpa – Ucayali, Perú, 2013.



ANEXO 2. Cantidades de solución stock en ml. para tratamientos. Pérez, 1998. Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal.

Características de la solución nutritiva	CANTIDADES DE SOLUCIONES STOCK EN MILILITROS PARA PREPARAR 1 LITRO DE SOLUCION NUTRITIVA											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Agua
Completo	5	5	2	1	-	-	-	-	1	1	-	985
Sin Fe	5	5	2	1	-	-	-	-	1	-	-	986
Sin Cu	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin Zn	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin B	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin Mo	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin Mn	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985

ANEXO 3. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 25% de solución nutritiva para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	SOLUCIÓN NUTRITIVA	CANTIDADES DE SOLUCIONES STOCK EN MILILITROS PARA PREPARAR 4 LITROS (1BALDE) DE SOLUCION NUTRITIVA (25%)							
		A	B	C	D	I	J	K	Agua
T0	Completa	5	5	2	1	1	1	-	3,985
T1	Sin Fe	5	5	2	1	1	-	-	3,986
T2	Sin B	5	5	2	1	-	1	1	3,985
T3	Sin Mn	5	5	2	1	-	1	1	3,985
T4	Sin Mo	5	5	2	1	-	1	1	3,985
T5	Sin Zn	5	5	2	1	-	1	1	3,985
T6	Sin Cu	5	5	2	1	-	1	1	3,985

ANEXO 4. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 50% de solución nutritiva para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	SOLUCIÓN NUTRITIVA	CANTIDADES DE SOLUCIONES STOCK EN MILILITROS PARA PREPARAR 4 LITROS (1BALDE) DE SOLUCION NUTRITIVA (50%)							
		A	B	C	D	I	J	K	Agua
T0	Completa	10	10	4	2	2	2	-	3,970
T1	Sin Fe	10	10	4	2	2	-	-	3,971
T2	Sin B	10	10	4	2	-	2	2	3,970
T3	Sin Mn	10	10	4	2	-	2	2	3,970
T4	Sin Mo	10	10	4	2	-	2	2	3,970
T5	Sin Zn	10	10	4	2	-	2	2	3,970
T6	Sin Cu	10	10	4	2	-	2	2	3,970

ANEXO 5. Cantidades de solución stock en ml. para preparar 4 Lit. al 75% de solución nutritiva para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	SOLUCIÓN NUTRITIVA	CANTIDADES DE SOLUCIONES STOCK EN MILILITROS PARA PREPARAR 4 LITROS (1BALDE) DE SOLUCION NUTRITIVA (75%)							
		A	B	C	D	I	J	K	Agua
T0	Completa	15	15	6	3	3	3	-	3,955
T1	Sin Fe	15	15	6	3	3	-	-	3,956
T2	Sin B	15	15	6	3	-	3	3	3,955
T3	Sin Mn	15	15	6	3	-	3	3	3,955
T4	Sin Mo	15	15	6	3	-	3	3	3,955
T5	Sin Zn	15	15	6	3	-	3	3	3,955
T6	Sin Cu	15	15	6	3	-	3	3	3,955

ANEXO 6. Evaluación del número de ramas en plantas de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*), desde los 30 días hasta los 60 días (d/t.). Pucallpa – Ucayali, Perú, 2013.

EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE RAMAS DESDE LOS 30 DIAS HASTA LOS 60 DIAS DE ESTABLECIDAS LAS PLANTAS DE AJI CHARAPITA EN SOLUCION NUTRITVA								
REPETICIÓN N°	PLANTA	TRATAMIENTOS						
		T0 (SNC)	T1 (SN-Fe)	T2 (SN-B)	T3 (SN-Mn)	T4 (SN-Mo)	T5 (SN-Zn)	T6 (SN-Cu)
1	A	15	–	–	–	13	–	13
	B	14	–	–	–	8	–	13
2	A	20	–	–	–	4	–	17
	B	19	–	–	–	6	–	11
3	A	13	–	–	–	8	–	12
	B	18	–	–	–	6	–	16
4	A	18	–	–	–	1	–	12
	B	12	–	–	–	11	–	15

ANEXO 7. Observaciones meteorológicas registradas en la Estación Climatológica de la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú, Febrero – Abril, 2013.

PARAMETROS	MESES		
	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura Media Mensual en °C	26,1	26,2	26,9
Humedad Relativa (%)	85,1	83,9	81,6
Precipitación en mm	166,12	123,19	58,43

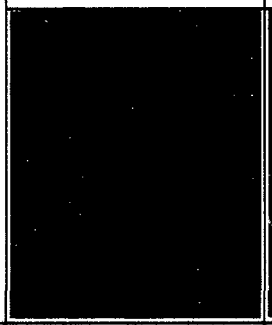
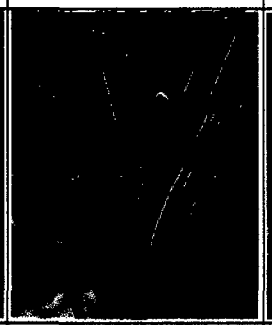
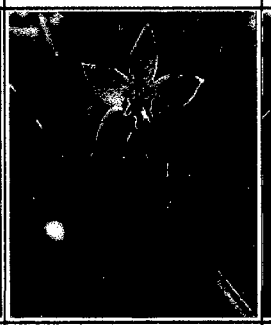
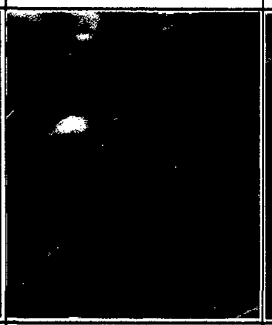
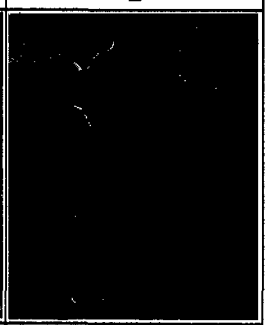
ANEXO 8. Datos de las observaciones registradas sobre el comportamiento de la Conductividad Eléctrica (C.E.) en cada tratamiento, durante los 60 días de establecidas las plantas de ají charapita en soluciones nutritiva. Pucallpa, 2013.

DATOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.), AL INICIO Y FINAL DEL CAMBIO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN CONCENTRACIONES DESDE 25 AL 100%								
TRATAMIENTO	REPETICIÓN N°	25%		50%		75%		100%	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
T0 Solución Nutritiva Completa (SNC)	1	0,20	0,17	0,24	0,07	0,82	0,11	0,53	0,25
	2	0,20	0,18	0,22	0,11	0,91	0,12	0,51	0,44
	3	0,20	0,19	0,25	0,12	0,85	0,07	0,53	0,52
	4	0,20	0,18	0,24	0,08	0,80	0,12	0,52	0,26
T1 Solución Nutritiva carente de Hierro (SN – Fe)	1	0,20	0,18	0,23	0,09	0,89	0,15	0,37	0,79
	2	0,18	0,18	0,22	0,17	0,89	0,17	0,40	0,75
	3	0,19	0,18	0,23	0,09	0,89	0,15	0,42	0,79
	4	0,18	0,18	0,24	0,06	0,89	0,16	0,40	0,79
T2 Solución Nutritiva carente de Boro (SN – B)	1	0,17	0,19	0,22	0,09	0,85	0,15	0,39	0,75
	2	0,17	0,19	0,22	0,08	0,85	0,14	0,39	0,75
	3	0,17	0,19	0,21	0,11	0,85	0,15	0,37	0,74
	4	0,17	0,19	0,22	0,17	0,83	0,11	0,39	0,74
T3 Solución Nutritiva carente de Manganeso (SN -Mn)	1	0,17	0,19	0,18	0,10	0,98	0,14	0,41	0,96
	2	0,16	0,19	0,20	0,10	0,98	0,12	0,40	0,96
	3	0,17	0,19	0,22	0,08	0,98	0,12	0,41	0,92
	4	0,17	0,19	0,21	0,11	0,98	0,13	0,40	0,97
T4 Solución Nutritiva carente de Molibdeno (SN- Mo)	1	0,17	0,20	0,21	0,11	0,99	0,14	0,45	0,80
	2	0,17	0,20	0,22	0,16	0,99	0,13	0,50	0,89
	3	0,17	0,20	0,22	0,12	0,99	0,13	0,47	0,61
	4	0,17	0,20	0,21	0,16	0,99	0,14	0,46	0,87
T5 Solución Nutritiva carente de Zinc (SN - Zn)	1	0,16	0,20	0,16	0,17	0,98	0,13	0,54	0,84
	2	0,16	0,22	0,16	0,09	0,98	0,13	0,55	0,84
	3	0,16	0,21	0,16	0,11	0,98	0,12	0,67	0,70
	4	0,16	0,21	0,18	0,12	0,98	0,13	0,65	0,70
T6 Solución Nutritiva carente de Cobre (SN - Cu)	1	0,16	0,22	0,18	0,12	0,84	0,08	0,62	0,42
	2	0,15	0,21	0,16	0,07	0,85	0,10	0,61	0,38
	3	0,15	0,21	0,18	0,11	0,85	0,11	0,58	0,40
	4	0,15	0,21	0,18	0,17	0,84	0,09	0,58	0,27

ANEXO 9. Datos de las observaciones registradas sobre el comportamiento del pH en cada tratamiento, durante los 60 días de establecidas las plantas de ají charapita en soluciones nutritivas. Pucallpa, 2013.

DATOS DEL pH, AL INICIO Y FINAL DEL CAMBIO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN CONCENTRACIONES DESDE 25 AL 100%									
TRATAMIENTO	REPETICIÓN N°	25%		50%		75%		100%	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
T0 Solución Nutritiva Completa (SNC)	1	6,00	7,04	6,01	6,45	6,34	5,94	6,08	5,44
	2	6,00	7,05	6,00	6,39	6,34	6,08	6,08	5,09
	3	6,00	7,00	6,02	6,38	6,33	4,96	6,07	6,23
	4	6,00	7,24	6,04	6,36	6,36	5,89	6,09	5,34
T1 Solución Nutritiva carente de Hierro (SN - Fe)	1	6,00	6,10	6,00	5,44	6,38	5,93	6,08	6,26
	2	6,00	6,54	6,00	5,67	6,35	6,51	6,08	6,58
	3	6,00	7,24	6,01	6,01	6,33	6,61	6,08	6,95
	4	6,00	6,79	6,00	5,61	6,35	6,36	6,08	6,88
T2 Solución Nutritiva carente de Boro (SN - B)	1	6,00	7,50	6,00	5,80	6,39	6,10	6,16	6,63
	2	6,00	7,20	6,00	5,85	6,38	6,83	6,16	7,11
	3	6,00	6,80	6,00	5,81	6,39	6,29	6,16	6,82
	4	6,00	7,36	6,01	5,75	6,38	6,93	6,16	7,15
T3 Solución Nutritiva carente de Manganeso (SN -Mn)	1	6,00	6,72	6,08	6,67	6,38	6,40	6,16	6,47
	2	6,00	6,12	6,06	6,34	6,41	6,21	6,16	6,14
	3	6,00	6,63	6,04	5,84	6,39	6,26	6,16	6,80
	4	6,00	6,72	6,08	6,01	6,42	6,20	6,16	6,63
T4 Solución Nutritiva carente de Molibdeno (SN- Mo)	1	6,00	7,25	6,06	6,23	6,33	6,48	6,19	7,05
	2	6,00	6,33	6,05	6,03	6,33	5,96	6,19	6,04
	3	6,00	6,95	6,04	6,19	6,32	6,57	6,20	6,91
	4	6,00	6,41	6,00	5,98	6,33	6,18	6,18	6,80
T5 Solución Nutritiva carente de Zinc (SN - Zn)	1	6,00	6,58	6,02	6,20	6,31	6,22	6,19	5,95
	2	6,00	6,53	6,05	6,67	6,31	6,10	6,22	6,68
	3	6,00	6,80	6,02	6,38	6,31	6,89	6,23	7,07
	4	6,00	6,73	6,02	5,89	6,32	6,33	6,23	7,00
T6 Solución Nutritiva carente de Cobre (SN - Cu)	1	6,00	6,71	6,00	6,26	6,51	6,70	6,36	6,65
	2	6,00	7,29	6,02	6,51	6,41	6,86	6,31	6,67
	3	6,00	7,32	5,98	6,30	6,42	6,76	6,40	6,86
	4	6,00	7,28	6,02	6,31	6,41	6,82	6,31	6,64

ANEXO 10: Observación Fenológica Reproductiva del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens L.*) Pucallpa – Ucayali, 2013.

	ETAPA DE BOTÓN FLORAL		ETAPA DE FLORACIÓN			ETAPA DE FRUCTIFICACIÓN	
	1	2	1	2	3	1	2
							
Días	4	4	2		1	2	11
	4	8	10	10	11	13	24
	1. Botón floral en desarrollo (Palo de fosforo) 2. Botón floral en desarrollo		1. Inicio de Floración 2. Flor abriendose 3. Flor abierta			1. Inicio de fruto (pequeño) 2. Fruto desarrollado (grande)	

ANEXO 11. Análisis de varianza en el incremento para las variables: Altura de planta, Diámetro de copa, Tamaño de hoja, Diámetro de tallo y Longitud de raíz en el "Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita *(Capsicum frutescens L.)* en Pucallpa". Ucayali – Perú. 2013.

		CRECIMIENTO				
		Altura de Planta	Diámetro de Copa	Tamaño de Hoja	Diámetro de Tallo	Longitud de Raíz
TRATAMIENTO	G.L.	6	6	6	6	6
	S.C.	4341,27482	5144,33857	96,66054	0,78975	2328,00625
	C.M	723,54580	857,38976	16,11009	0,13162	388,00104
	F.C.	8098,31412	19936,53702	2066,02672	745,79764	24,551,47834
	F.T.	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
ERROR	G.L.	21	21	21	21	21
	S.C.	1,87625	0,90313	0,16375	0,00371	0,33188
	C.M	0,08935	0,04301	0,00780	0,00018	0,01580
Significancia entre:	TRATAMIENTO	*	*	*	*	*
	C.V. (%)	2,34795	1,76347	2,61857	5,07433	2,00471

N. S.: No significativo

* : Significativo al nivel de $P \leq 0,05$.

IX. ICONOGRAFÍAS



Foto 1. Selección de planta madre.



Foto 2. Cosecha de frutos maduros.



Foto 3. Extracción de semillas de los frutos seleccionados.



Foto 4. Pesado de semillas seleccionadas.

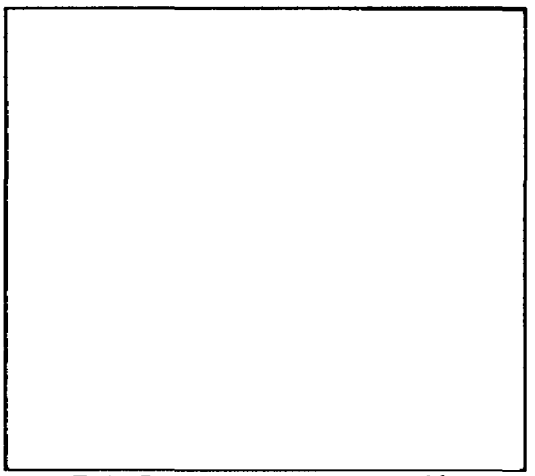


Foto 5. Prueba de germinación.



Foto 6. Lavado y desinfección del sustrato.

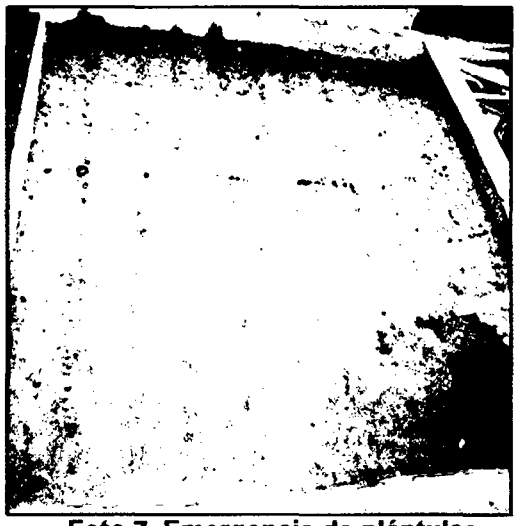


Foto 7. Emergencia de plántulas.

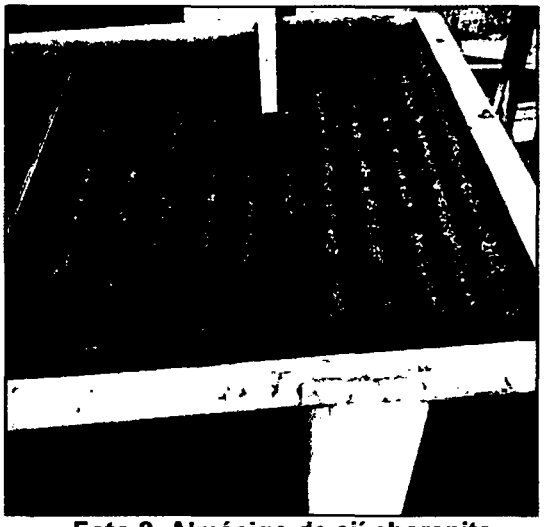


Foto 8. Almácigo de ají charapita.

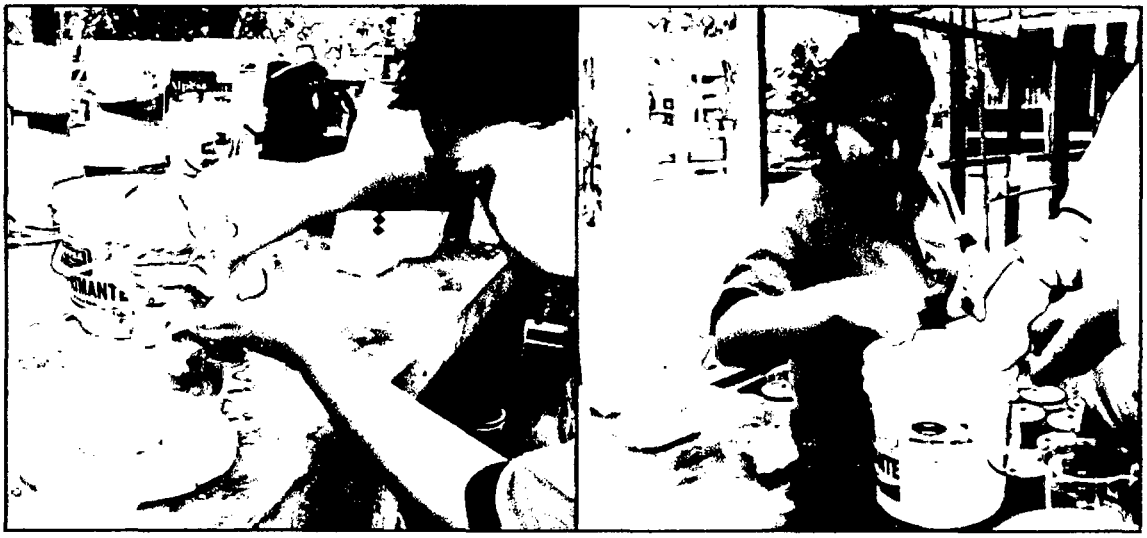


Foto 9. Preparación de la solución stock.



Foto 10. Aplicación de solución nutritiva en los baldes.



Foto 11. Trasplante de plántulas a los baldes.



Foto 12. Acondicionamiento de los baldes.

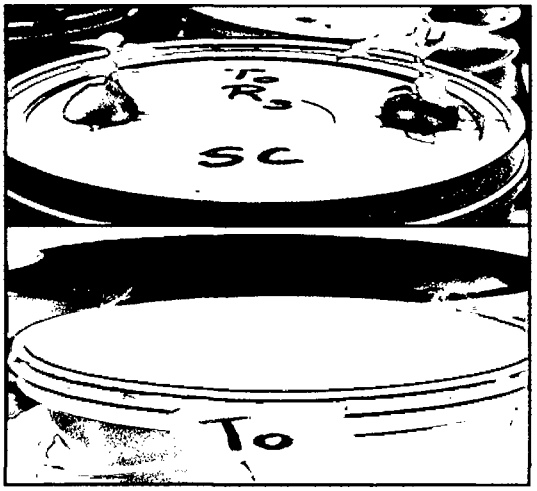


Foto 13. Planta testigo a los 7ddt.

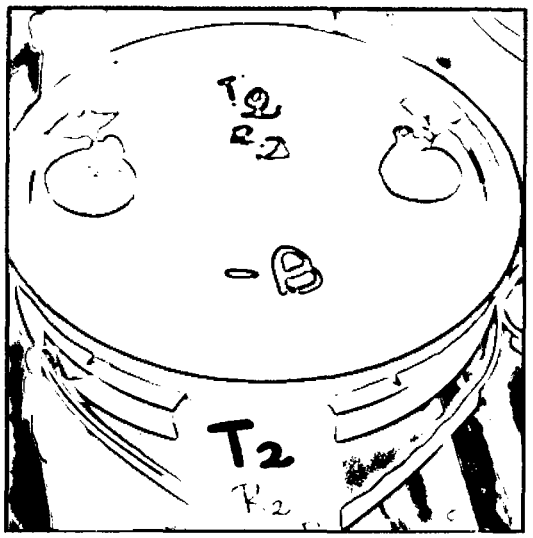


Foto 14. Planta carente de Hierro a los 7ddt.

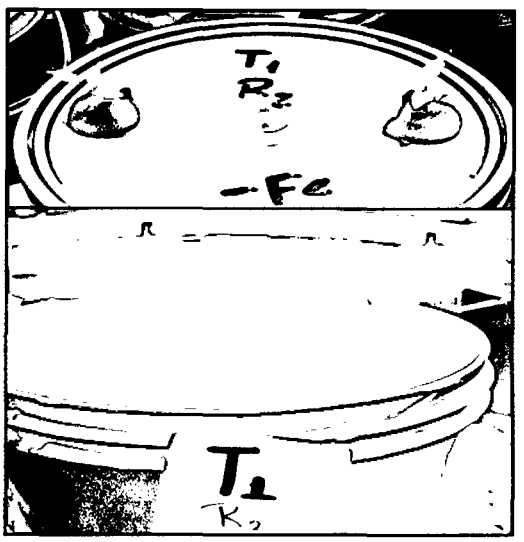


Foto 15. Planta carente de Boro a los 7ddt.

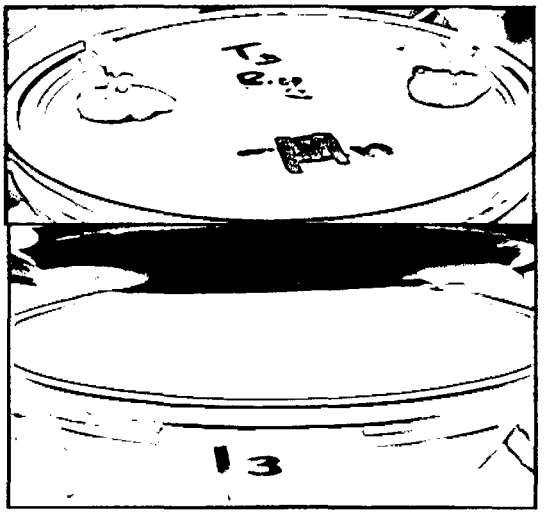


Foto 16. Planta carente de Manganeso a los 7ddt.

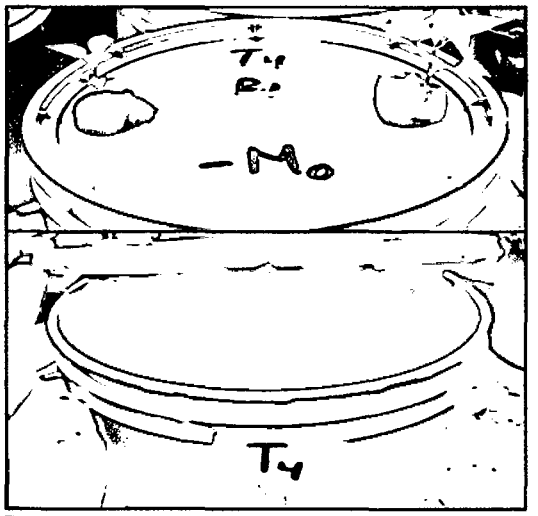


Foto 17. Planta carente de Molibdeno a los 7ddt.

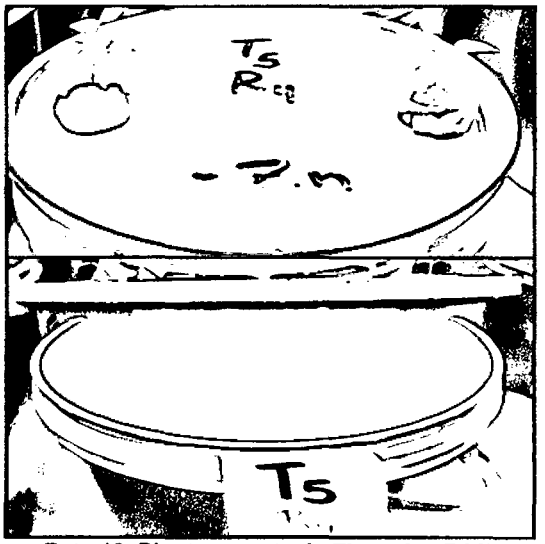


Foto 18. Planta carente de Zinc a los 7ddt.

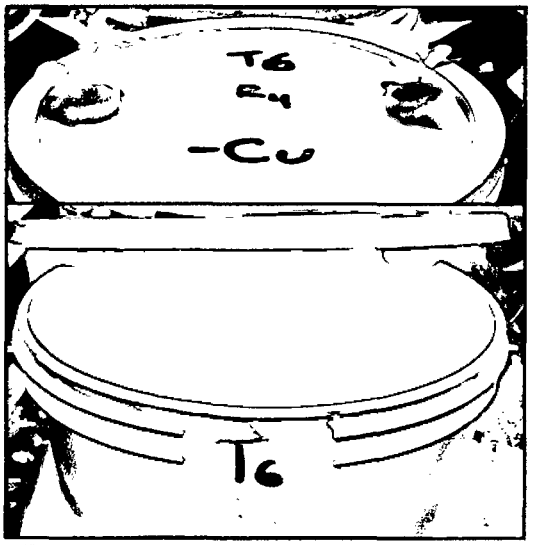


Foto 19. Planta carente de Cobre a los 7ddt.

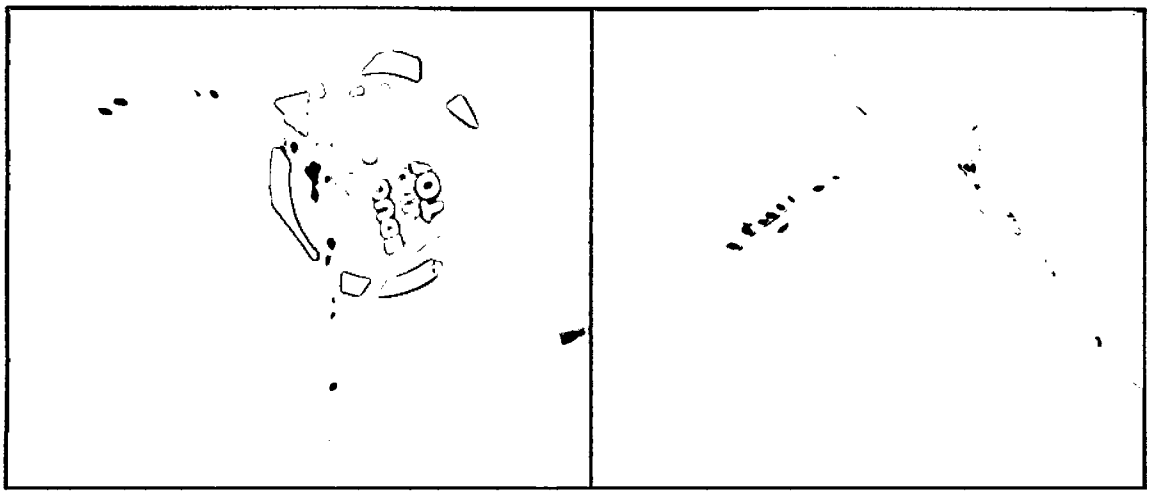


Foto 20. Presencia de *Toxóptera sp.*



Foto 21. Control fitosanitario.



Foto 22. Evaluación de altura de planta.



Foto 23. Evaluación de tamaño de hoja.

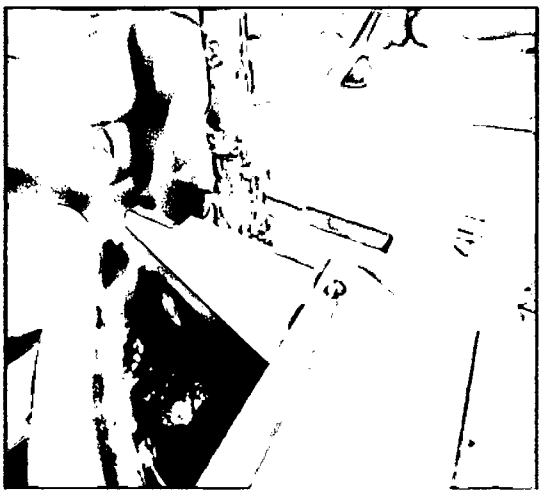


Foto 24. Evaluación de diámetro de tallo.

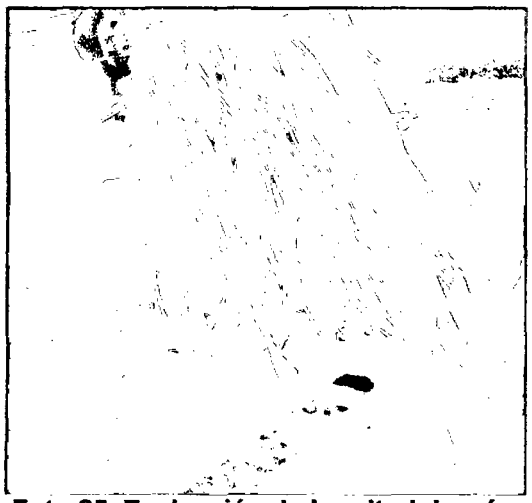


Foto 25. Evaluación de longitud de raíz.

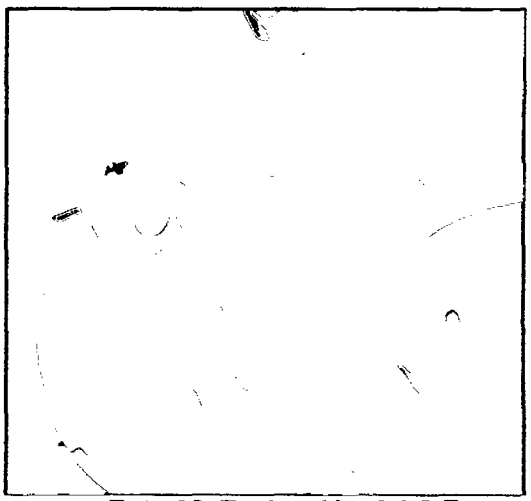


Foto 26. Evaluación del C.E.

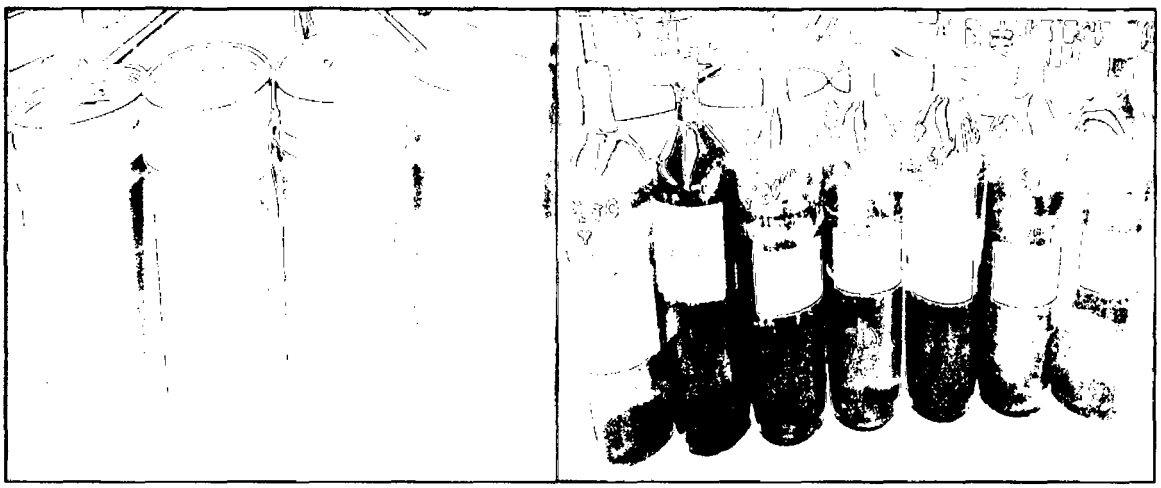


Foto 27. Soluciones Stock empleadas en el experimento.



Foto 28. Visita del Jurado al proyecto de tesis.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE U
BIBLIOTECA CENTRAL
T