UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
09/10/13
BIBLIOTECA CENTRAL
UNU
765T

EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE MICRO NUTRIENTES (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), EN SOLUCIONES NUTRITIVAS DEL CRECIMIENTO INICIAL EN EL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*) EN PUCALLPA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

MARCOS MESIAS GALVEZ

PUCALLPA - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE MICRO NUTRIENTES ESENCIALES (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), EN SOLUCIONES NUTRITIVAS DEL CRECIMIENTO INICIAL EN EL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*) EN PUCALLPA.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

MARCOS MESIAS GALVEZ

PUCALLPA – PERÚ

2013

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme al camino del éxito.
A Marcos y Domitila, mis padres; por el amor qué me brindan en cada momento de mi vida y a mis abuelos que de una u otra manera los guardo dentro de mi corazón y en especial a mí sobrina Briseida que es la felicidad de la familia.

A mis hermanos Daniel, Esther, Benjamín, Ángelo que Dios ilumine sus caminos. A Domitila y Marcos, por el apoyo moral en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a las siguientes instituciones y personas que han contribuido en la realización de la presente tesis:

A la Universidad Nacional de Ucayali, por haberme formado profesionalmente y ser el camino para conseguir el título de Ingeniero Agrónomo y a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por impartirme los conocimientos técnicos y científicos de la profesión.

Al Ing. Edwin Poquioma Yuimachi, por el asesoramiento del presente estudio de investigación.

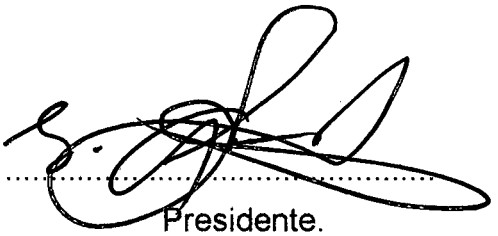
Al módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, por todas las facilidades brindadas durante el desarrollo del experimento, cuya responsabilidad está a cargo del Ing. Fernando Pérez Leal, M.Sc.

Al Ing. Héctor Arbildo Paredes, M.Sc., por el Co asesoramiento de la presente tesis.

A todas las personas que han intervenido de una u otra manera para hacer posible la culminación del presente trabajo.

Tesis aprobada por el Jurado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por:

ING. GIRALDO ALMEIDA VILLANUEVA, M.Sc.



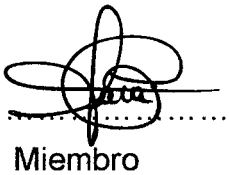
Presidente.

ING. FERNANDO PEREZ LEAL, M.Sc.



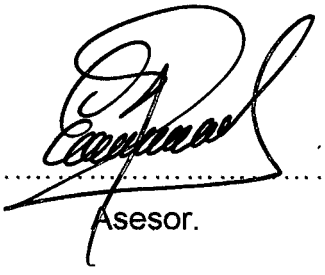
Secretario.

ING. RITA RIVA RUÍZ.



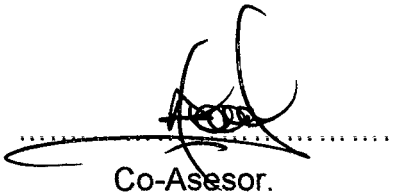
Miembro

ING. EDWIN POQUIOMA YUIMACHI.



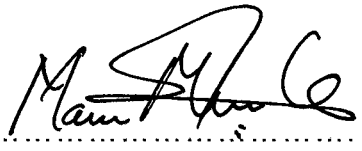
Asesor.

ING. HECTOR ARBILDO PAREDES, M. Sc.



Co-Asesor.

BACH. MARCOS MESÍAS GÁLVEZ.



Tesista.

INDICE

Pág.

I.INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 2
2.1. Origen del cultivo de Sacha inchi 2
2.2. Morfología general 2
2.3. Clasificación taxonómica 2
2.4. Descripción botánica 3
2.4.1. Tallos 3
2.4.2. Hojas 3
2.4.3. Flores 3
2.4.3.1. Masculinas 3
2.4.3.2. Femeninas 3
2.4.4. Fruto 3
2.4.5. Semilla 3
2.5. Características ecológicas 4
2.5.1. Clima 4
2.5.2. Luz 4
2.5.3. Precipitación pluvial 4
2.6. Usos y valores nutritivos 5
2.7. Nutrición mineral 6
2.7.1. Parámetros y medidas de referencia 7
2.8. Cultivos hidropónicos 7
2.8.1. Sistema de raíz flotante 7
2.8.2. Etapas del sistema de raíz flotante 8
2.8.2.1. Almacigo 8
2.8.2.2. Trasplante 8
2.9. Control y manejo de la solución nutritiva 8
2.9.1. Conductividad Eléctrica 9
2.9.2. pH 9
2.9.3. Preparación de la solución nutritiva 9
2.9.4. Mantenimiento del volumen de la solución nutritiva 10
2.9.5. Duración y cambio de agua 10
2.10. Elementos menores (cobre, boro, hierro, manganeso, zinc y molibdeno) 10
2.10. Hierro (Fe) 11
2.10.1.1. Deficiencia de hierro 12
2.10.2. Zinc (Zn) 12
2.10.2.1. Deficiencia de zinc (Zn) 13
2.10.3. Manganeso (Mn) 13
2.10.3.1. Deficiencia de Manganeso (Mn) 14
2.10.4. Cobre (Cu) 14
2.10.4.1. Deficiencia de Cobre (Cu) 15
2.10.5. Boro (B) 15
2.10.5.1. Deficiencia de Boro (B) 17
2.10.6. Molibdeno (Mo) 17
2.10.6.1. Deficiencia de Molibdeno (Mo) 18
2.11. Antecedentes de la investigación 18
III. MATERIALES Y METODOS 21

3.1. Ubicación y duración del experimento 21
3.2. Condiciones ecológicas 22
3.3. Componentes en estudio 23
3.3.1. Plántulas de sacha inchi 23
3.3.2. Solución stock nutritiva y de micronutrientes 23
3.4. Diseño experimental 24
3.5. Ejecución del experimento 25
3.5.1. Obtención del material vegetal 25
3.5.2. Preparación de la solución stock y solución nutritiva 25
3.5.3. Establecimiento de las plantas en la solución nutritiva 26
3.5.4. Cuidados después del transplante 27
3.6. Cambios de solución nutritiva 27
3.7. Control de plagas 27
3.8. Observaciones registradas 27
3.8.1. pH 27
3.8.2. Variables evaluadas 27
3.8.2.1. Crecimiento 28
3.8.2.2. Síntomas de deficiencia según respuesta al tratamiento 28
3.9. Operacionalización de las variables 28
3.9.1. Crecimiento 28
3.9.1.1. Longitud de la parte aérea 28
3.9.1.2. Peso de la raíz 28
3.9.1.3. Peso del tallo 28
3.9.1.4. Diámetro del tallo 28
3.9.1.5. Número de hojas 29
3.9.1.6. Longitud de la raíz 29
3.9.1.7. Número de brotes 29
3.9.2. Síntomas de deficiencia 29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31
4.1. Longitud de la parte aérea (cm) 32
4.2. Número de hojas 33
4.3. Longitud de la raíz (cm) 34
4.4. Diámetro del tallo (cm) 36
4.5. Número de brotes 37
4.6. Peso de la raíz (gr) 38
4.7. Peso del tallo (gr) 39
4.8. Síntomas de deficiencia 41
4.8.1. Solución nutritiva completa de Hougland y Arnon 42
4.8.2. Deficiencia de Fe 43
4.8.3. Deficiencia de Cu 44
4.8.4. Deficiencia de Zn 45
4.8.5. Deficiencia de Mn 46
4.8.6. Deficiencia de Mo 47
4.8.7. Deficiencia de B 48
V. CONCLUSIONES 49
VI. RECOMENDACIONES 50
VII. BIBLIOGRAFIA 51
VIII. ANEXOS 54

LISTA DE FOTOS

En el texto.

Pág.

Iconografías

1.	Muestra de hoja en el tratamiento con solución nutritiva completa.	38
2.	Síntomas de deficiencia del elemento Hierro.....	39
3.	Síntomas de deficiencia del elemento Cobre.....	40
4.	Síntomas de deficiencia del elemento Zinc.	41
5.	Síntomas de deficiencia del elemento Manganeso.....	42
6.	Síntomas de deficiencia del elemento Molibdeno.	43
7.	Síntomas de deficiencia del elemento Boro.....	44

En el anexo.

Iconografías **Pág.**

8.	Material vernier utilizado en tesis.....	58
9.	Ubicación de síntomas de deficiencia	58
10.	Kid (toma de datos de PH), utilizado en la tesis	58
11.	Cambio de solución nutritiva.....	59
12.	Preparación de Hierro.....	59
13.	Construcción del área de trabajo	59
14.	Tratamiento 2- Síntoma de Hierro	59

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km 6.000 de la carretera Federico Basadre Región de Ucayali, provincia de coronel portillo, geográficamente se encuentra ubicado a 74°34'49"de LN, 8° 23' 37,3" de LS y una altitud de 154 msnm. El trabajo de investigación tuvo una duración de 122 días, iniciándose el 8 del mes de enero del 2011 y culminando el 10 de mayo del 2011.

Cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la carencia de micro nutrientes esenciales (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), En soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de Sacha inchi *(Plukenetia volubilis L.,)* en Pucallpa, Región Ucayali-Perú.

Para el análisis comparativo, se utilizó la prueba de Tukey, con 8 tratamientos y 4 repeticiones haciendo un total de 32 unidades experimentales, teniendo 2 plantas de "sacha inchi" por unidad experimental. La comparación de medias de los tratamientos se hizo mediante la prueba de Promedios de Tukey a un nivel de 0,05 de probabilidad. Los tratamientos estudiados fueron: T1-solución nutritiva completa (SNC), T2- hierro (-Fe), T3- cobre (-Cu), T4- zinc (-Zn), T5- boro (-B), T6- molibdeno (-Mo), T7- manganeso (-Mn), T8- agua destilada (AD), las variables evaluadas fueron: longitud de la parte aérea, peso de la raíz, peso del tallo, longitud de la raíz, diámetro del tallo, numero de hojas, Número de brotes y los síntomas de deficiencia según respuesta a los tratamientos (color, forma, tamaño, localización parte afectada).

Estadísticamente los resultados de la prueba de promedios indican que las variables que presentaron significancia fueron: Número de brotes, peso de la raíz, peso del tallo, longitud de parte aérea, longitud de raíz, diámetro de tallo, número de hojas, el T2 (-Fe) presentó efecto negativo en las variables evaluadas como longitud de parte aérea y longitud de raíz con el valor promedio de 32.13 cm y 12.625 cm respectivamente.
El T2 (-Fe) presentó efecto negativo en la mayoría de las variables evaluadas como Número de hojas con un promedio de 3,13 hojas por planta; diámetro de tallo 0.6725 cm; Número de brotes con 9.125 por planta.
En cuanto a los síntomas observados en los tratamientos con carencia de micro nutrientes, fueron los siguientes: T2 (-Fe) clorosis generalizada, manteniéndose verde

la nervadura; T3 (-Cu) clorosis poco aparente; T4 (-Zn) clorosis marcada en zonas internervales en el ápice y borde, manteniéndose verde las nervaduras de las hojas con pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras; T5 (-Mn) clorosis internerval con nervios principales cloróticos, pequeñas áreas verdes; T6 (-Mo) hojas con manchas amarillas con el borde delimitado en las nervaduras y algunos puntos necróticos; T7 (-B) coloración verde claro de la hoja y que en ciertas partes son retorcidas; de manera que la ausencia de cualquier micro nutriente esencial afecta el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

SUMMARY

The research was conducted in the facilities of Hydroponics Module of the National University of Ucayali, located at Km 6.000 Federico Basadre road Ucayali Region, Colonel wicket province, geographically is located at 74 ° 34 ' LN 49", 8 ° 23 '37.3" LS and an altitude of 154 meters. The research lasted for 122 days, starting on January 8, 2011 and ending on May 10, 2011.

Aimed at evaluating the effect of the lack of essential micronutrients (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), growth in nutrient solutions initial growing Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) in Pucallpa, Region Ucayali, Peru.

For comparative analysis, we used the Tukey test, with 8 treatments and 4 repetitions for a total of 32 experimental units having 2 levels of "sacha inchi" per experimental unit. Comparison of treatment means was done by Tukey test averages a 0.05 level of probability. The treatments were: T1-complete nutrient solution (CNS), T2-iron (-Fe), T3-copper (-Cu), T4-zinc (-Zn), T5-boron (-B), T6-molybdenum (-Mo), T7-manganese (-Mn), T8-distilled water (AD), the variables were: length of the aerial part, root weight, stem weight, root length, stem diameter, number leaves, buds number deficiency symptoms and response to treatments as (color, shape, size, location affected part).

Statistically the results of the test averages indicate that the variables that showed significance were: number of shoots, root weight, stem weight, length of shoot, root length, stem diameter, number of leaves, the T2 (-Fe) had negative effect on the evaluated variables such as length of shoot and root length with the average value of 32.13 cm and 12.625 cm respectively. T2 (-Fe) had negative effect on the majority of the evaluated variables as Number of leaves with an average of 3.13 leaves per plant stem diameter 0.6725 cm; outbreaks Number 9.125 per plant.

As to the symptoms observed in treatments with micronutrient deficiency, were as follows: T2 (-Fe) general chlorosis, remaining green.

rib: T3 (-Cu) chlorosis inconspicuous; T4 (-Zn) marked chlorosis internervales areas at the tip and edge ribs remaining green leaves with irregular small necrotic areas between the ribs; T5 (-Mn) main rib chlorosis chlorotic, small green areas T6 (-Mo) leaves with yellow spots with the edge defined in the ribs and some necrotic spots; T7 (-B) light green color of the leaf and that in certain parts are twisted , so that the absence of anv essential micronutrient affect the regulation growth and development of the crop.

I. INTRODUCCIÓN.

El Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.,) Es una Euphorbiaceae que comúnmente se le conoce como maní de los incas, maní del monte, etc. Fue cultivado por nuestros ancestros hace aproximadamente 3000 años a 5000 años. Se encuentra distribuido desde américa central y en el Perú, se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares de san Martin, Ucayali, Huánuco, Amazonas, Madre de Dios y Loreto (Acosta, 2003).

Actualmente, El Sacha inchi es empleada en la extracción de aceite, la cual tiene un gran potencial en omega 3, y sirve de tratamiento para las personas que son hipertensos, también prioriza en la alimentos de aves en este caso de patos, también es indispensable en la alimentación de bocados crocantes, la cual nos permite aprovechar al máximo el contenido proteico de este cultivo.

El Gobierno Regional de Ucayali (GOREU) cumple un papel muy importante y ofrece alternativas de producción a travez de la promoción del cultivo de sacha inchi, que permitirá ampliar las áreas de producción del cultivo y dar a entender en el fortalecimiento de la deficiencia de nutrientes y enfermedades la cual son dos puntos críticos que a gran escala es para tenerlo en cuenta; en vista de que no se estén realizando trabajos de investigación, relacionados al cultivo de Sacha inchi *(Plukenetia volubilis L.,)* en soluciones nutritivas, ni otros estudios sobre los síntomas de deficiencia de micro elementos durante el crecimiento que sirvan de evaluación en parametros, nos obliga a buscar tecnología apropiada para encontrar el efecto de la carencia de micro nutrientes esenciales en la etapa del crecimiento inicial de este cultivo. Realizados con la aplicación de micronutrientes esénciales guiado con el método de Hoagland y arnon la cual se explica que no se trata de adquirir erudición profunda en esta materia, sino de actuar con mayor seguridad y precisión y que no existe solución nutritiva que sea notablemente superior a las otras, con base a los resultados preliminares, la presente investigación se sustenta en la evaluación de plantas de Sacha inchi *(Plukenetia volubilis L.,)* en soluciones nutritivas con el objeto de, determinar el efecto de la deficiencia de micro nutrientes esenciales (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de Sacha inchi *(Plukenetia volubilis L.,)* En Pucallpa, Región Ucayali-Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

El género Plukenetia ha sido reportado en Malasia, Nueva Guinea, Bordeo, México, etc., El número de especies reportadas en América tropical varía de 7-12 (Stanley y Steyemark, 1949). En América del sur, la presencia de (*plukenetia volubilis l)* .ha sido registrada en la Amazonia Peruana, Bolivia y las indias occidentales (Acosta, 2003). En nuestro país se ha encontrado en Madre de dios, Huánuco, Oxapampa, San Martín, Rodríguez de mendoza, cuenca del Ucayali (Pucallpa, contamana y requena), en putumayo y alrededores de Iquitos y Caballo cocha, indica la ingesta de hojas crudas o cocidas por los pobladores nativos de la amazonia, particularmente los huitotos (Acosta, 2003).

2.2. MORFOLOGÍA GENERAL.

Es una planta voluble semi leñosa y perenne que alcanza una altura de 2 mts, sus hojas son alternas, acorazonadas, puntiagudas de 10-12 cm. En la base de la hoja, mayormente justo al inicio del pedúnculo, presentan estipulas. Las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos y lateralmente se encuentran de una a dos flores femeninas. Están formados por cuatro capsulas, algunos frutos presentan de 5-7 capsulas. Dentro de las capsulas presentan semillas de color marrón oscuro, con nervaduras notorias, ovales de 1.5 a 2cm.de diámetro y de 0.48g a 1.40g de peso, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes (Codesu, 2006).

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Según Codesu (2006), indica que el "Sacha inchi" pertenece a la siguiente ubicación taxonómica:

- División : Fanerógamas
- Sub división : Angiospermas
- Clase : Monocotiledónea
- Orden : Euphorbiales
- Familia : Euphorbiaceae
- Género : Plukenetia
- Especie : volubilis L
- Nombre científico : *Plukenetia volubilis* , Linn.

2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

El sacha inchi es una planta voluble semileñosa y perenne que alcanza una altura de 2 m aproximadamente. Sus hojas son alternas, acorazonadas, puntiagudas de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, con peciolos de 2-6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la hoja, orientándose la nervadura central hacia el ápice Por lo general los bordes son dentados (Codesu, 2006).

2.4.1. Tallo.

Tallo semileñosa de altura indeterminada.

2.4.2. Hojas.

Son alternas, de color verde oscuro, oval - elípticas, pinnitinervias, de 09 a 16 cm de largo y 06 a 10 cm. ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi-arriñonada.

2.4.3. Flores.

Nos indican que el cultivo presenta un alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama. El conocimiento del tipo de reproducción es de suma importancia para futuros trabajos de mejoramiento genético de la especie. En Sacha Inchi se observan 02 tipos de flores:

2.4.3.1. Masculinas

Son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos.

2.4.3.2. Femeninas

Se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos.

2.4.4. Fruto.

Es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, con 04 lóbulos aristados (tetra lobados) dentro de los cuales se encuentran 4 semillas. Excepcionalmente, algunos eco tipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos.

2.4.5. Semilla.

Es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los, eco tipos, el diámetro fluctúa entre 1,3 y 2,1 cm.

2.5. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.

2.5.1. Clima.

Crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (mín. 10°C y máx. 36°C). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados.

La temperatura alta acelera la transpiración, causando el marchitamiento y el cierre de los estomas ocurriendo esto más pronto durante el día. Esto da por resultado una rápida reducción de la fotosíntesis.

2.5.2. Luz.

A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor.

Requiere abundante luz para el proceso de fotosíntesis. A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; asimismo, cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción se reduce. Con el sistema de tutores vivos (Erytrina sp), manejándose la sombra con podas, el "sacha inchi" tiene un buen comportamiento.

2.5.3. Precipitación Pluvial.

Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850 a 1 000 mm).

El riego es indispensable en los meses secos. Períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades.

En suelos arcillosos (vertisoles) que al secarse se contraen, pueden comprimir y dañar las raíces conduciendo a que las plantas finalmente mueran; sin embargo, las plantas que no han sufrido mucho estrés, pueden reaccionar favorablemente después de una lluvia o riego.

El efecto de las lluvias deberá ser enfocado en relación al tipo de suelo donde se instalará el cultivo, ya que es en las raíces es donde se almacena el agua.

En la generalidad de los casos, los excesos de agua incrementan los daños producidos por las plagas y enfermedades, debido a que la planta se torna más suculenta.

2.6. USOS Y VALORES NUTRITIVOS.

El "sacha inchi" es un producto de consumo muy popular en la población nativa y mestiza de algunas áreas rurales de San Martín. La semilla actualmente se consume tostada, cocida con sal, en confituras (turrón), en mantequilla y como ingrediente de diversos platos típicos como: inchi cucho (ají con maní), lechona api (mazamorra de plátano con maní), inchi capi (sopa de gallina con maní o sopa de res con maní), en

los cuales reemplaza al maní. En algunos lugares se obtienen aceites en forma artesanal para la alimentación y combustible de iluminación. Los mismos autores mencionan que el contenido de proteínas del "sacha inchi", fue aproximadamente el mismo que para las otras semillas aceiteras encontradas en la Región Andina. El perfil de los aminoácidos en algunos aspectos es mejor que el de las otras semillas aceiteras (Amberger, 1975).

Cuadro 1. Análisis físico–químico del aceite de sacha inchi.

ÁCIDO GRASO	ACEITE DE SACHA INCHI (%)
Mirístico (14:0)	1.24
Palmítico (16:0)	5.61
Esteárico (18:0)	2.23
Oleico (18:1)	9.60
Linoleico (18:2)	36.99
Linolénico (18:3)	43.75
RESUMEN	
Saturados	9.08
Monoinsaturados	9.60
Polinsaturados	80.74
TOTAL	99.42

Fuente: Amberger, 1975.

Cuadro 2. Composición en ácidos grasos del aceite de sacha inchi.

CONSTANTES	ACEITE CRUDO
Peso Específico (g/cc) a 15°C	0.9290852
Color (U. Rojo Lovibond)	2.86783
Índice de Refracción a 25°C	1.480125
Viscosidad a 37°C (Centistokes)	44.7795
Índice de Iodo (g de I/100 g grasa)	189
Índice de Peróxido (meq. Oxígeno activo/1000 g grasa)	4.139
M.Insaponificable (ginsaponificables/100 g grasa)	0.242
I. de saponificación (mg KOH/g grasa)	229.583
Índice de Acidez (mg KOH/g grasa)	1.277
Ceniza (%)	0.241
Humedad (%)	0.024

Fuente: Amberger, 1975.

2.7. NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS.

Los nutrientes para las plantas cultivadas en huertos hidropónicos son suministrados en forma de soluciones nutritivas que se consiguen en el comercio agrícola.

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, frutos, o semillas, la planta crece normalmente, y no presenta síntomas de deficiencia.

Cuando la solución nutritiva carece de un elemento nutritivo esencial las plantas presentan deficiencias en su crecimiento y desarrollo además de los síntomas que los caracterizan según el elemento faltante (Hoagland y Arnon, 1972).

Además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (Carbono, Hidrógeno y Oxigeno) ellos consumen en diferentes proporciones los siguientes elementos pudiendo clasificarse en

Elementos Mayores	*Elementos Intermedios*	*Elementos Menores*
Nitrógeno	Azufre	Hierro
Fósforo	Calcio	Manganeso
Potasio	Magnesio	Cobre
		Zinc
		Boro
		Molibdeno

Además de los elementos esenciales citados hay otros elementos útiles pero no indispensable para la vida de las plantas: Cloro, Sodio y Silicio.

Asimismo se consideran otros elementos que son asimilados innecesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que lo consumen como el: Yodo y Cobalto.

2.7.1. Parámetros y Medidas de Referencia Fisiológica.

Revelo (2002), menciona que el número de hojas, es un parámetro de gran utilidad para determinar la tasa de asimilación neta y la relación del área foliar.

El diámetro de tallo es un parámetro especial que nos sirve para determinar el peso seco del tallo y el peso seco (materia seca) es sin duda alguna un buen parámetro de medida de eficiencia del proceso de fotosíntesis y del funcionamiento fisiológico del vegetal.

kiesselbach (1916), indica que la longitud de la parte aérea de una planta puede evidenciar cambios debido al orden climático y que tanto la longitud de raíz como el

número de raíces formadas están en completa relación ya que estas dependen de la disponibilidad de los nutrientes y del medio en que se encuentren estas; de modo que la existencia o escasez de algún nutriente tiene correlación con hormonas responsables del crecimiento o su inhibición de esta en la planta.

2.8. CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

2.8.1. Sistema de raíz flotante.

De todos los métodos de cultivo sin suelo, el cultivo en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. El sistema de raíz flotante fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo.

En este tipo de sistema hidropónico las plantas están sujetadas por una esponja sintética envueltas al cuello de la planta para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido (solución nutritiva).

Las hortalizas aprovechables por sus hojas que con frecuencia son cultivadas de esta forma son: lechuga, albahaca, apio, etc. principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de especializar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva.

Este sistema ha sido probado en diferentes lugares con fines comerciales y su funcionamiento básico sigue vigente hasta la actualidad. A nivel comercial se han realizado una serie de mejoras fundamentales relacionadas principalmente al factor limitante que es la oxigenación.

Cabe afirmar que esta técnica permite optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, logrando reducir su periodo vegetativo con un bajo consumo de agua. Además de la obtención de plantas saludables y libres de enfermedades lo cual genera importantes ventajas de tipo sanitario. Asimismo, permite el aprovechamiento de pequeñas áreas.

2.8.2. Etapas del sistema de raíz flotante.

2.8.2.1. Almacigo.

La siembra de las semillas se realiza directamente en un sustrato de *partículas homogéneas y finas, ya sea en contenedores de madera o en bandejas* de plástico. Después de la germinación, cuando aparecen las primeras hojas embrionarias o cotiledones, se inicia el riego con la solución nutritiva.

2.8.2.2. Transplante.

En esta etapa se requiere un contenedor de madera de 40 cm. x 60 cm. x 15 cm. (similar a los utilizados para embalar fruta) totalmente impermeabilizado y una plancha de tecnopor de ¾"o 1" de espesor, que flotará sobre la solución nutritiva. Las plántulas se extraen del almácigo, se lavan las raíces de los residuos de sustrato, se envuelve el cuello de la plántula con un pedazo de esponja sintética para que quede sujeta en el orificio de la tapa del balde de plástico, de tal forma que las raíces quedan sumergidas en la solución nutritiva.

2.9 CONTROL Y MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

Existen diversos factores que se deben considerar para un adecuado control y manejo de la solución nutritiva, lo cual repercutirá directamente en la calidad del producto obtenido, para preparar una solución nutritiva se puede usar soluciones tratadas.

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.

En hidroponía es muy común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B respectivamente la cual son las soluciones madres.

La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, cloro, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno. Una solución hidropónica que ha dado buenos resultados y que es muy conocida en el Perú.

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.

Una forma opcional y rápida de suplir los faltantes o restablecer el desequilibrio nutricional es mediante la fertilización en soluciones nutritivas con nutrientes sintéticos (Unalm, 1997).

Kiesselbach (1916), indica que el factor nutriente interacciona de modo importante con el factor agua.

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

La conductividad eléctrica indica el contenido de sales en la solución. El rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado crecimiento del cultivo se encuentra entre 1,5 y 2,5 dS/m. Se recomienda realizar esta evaluación por lo menos una vez por semana en las etapas de post- almácigo y transplante definitivo.

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.

2.9.2. 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.

2.9.3. Preparación de la solución nutritiva.

Para preparar una solución nutritiva se puede usar soluciones tratadas.

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.

En hidroponía es muy común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B respectivamente la cual son las soluciones madres.

La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, cloro, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno. Una solución hidropónica que ha dado buenos resultados y que es muy conocida en el Perú.

2.9.4. *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. Por lo que se recomienda añadir agua hasta alcanzar un valor de la C.E apropiado para la planta, el rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado crecimiento del cultivo se encuentra entre 1,5 y 2,5 dS/m. Esto permitirá reducir la concentración de la solución nutritiva a medida que las plantas tomen el agua.

2.9.5. 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.

En caso de lechuga, la etapa definitiva dura 4 semanas y no se cambia la solución nutritiva durante este tiempo. En el cultivo de apio, se sugiere renovar totalmente la solución nutritiva a las 4 semanas, porque en este periodo de tiempo, prácticamente ha absorbido todos los nutrientes.

2.10.ELEMENTOS MENORES (Cobre, Boro, Hierro, Manganeso, Zinc y Molibdeno).

Las plantas las necesitan en cantidades muy pequeñas, pero son fundamentales para regular la asimilación de los elementos nutritivos. Tienen funciones muy importantes especialmente en los sistemas enzimáticos. Si uno de los elementos menores no existiera en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero no llegarían a producir o las cosechas serian de mala calidad.

2.10.1. Hierro (Fe).

Es claro que, debido a las pequeñas cantidades absorbidas por la planta, su papel es catalítico, teniendo muy escasa importancia como elemento plástico. Los aspectos más destacados de su intervención en la fisiología de la planta son los siguientes:

Formando parte de diversos cromoproteídos, intervienen en las reacciones fundamentales de oxido – reducción: la hemoglobina, los citocromos, el fermento de la respiración, las catalasas y peroxidasas, son cromoproteídos con Fe en su grupo prostético.

El radical hemo, grupo prostético de la hemoglobina, es un complejo tetrapirrólico con un átomo de Fe (ferroporfirina). Cuando la hemoglobina toma oxigeno del aire se transforma en oxihemoglobina: por cada átomo de fe se fijan dos átomos de oxígeno, pero el fe continua con número de oxidación +2 y el oxígeno está unido por enlaces coordinativos.

La hemoglobina se encuentra en los hematíes de los vertebrados, a los que tiñe de rojo y juega un papel muy importante básico en la respiración animal. En los vegetales se ha encontrado una forma de hemoglobina en los nódulos de las leguminosas que se denomina leghemoglobina. Su misión es triple: transportar oxígeno desde el aire al jugo celular, conducir el CO2 desde la célula al aire y mantener un efecto tampón.

Los citocromos son cromoproteídos con Fe. Se han caracterizado tres citocromos: a, b, y c, de los que el último es el mejor conocido. Actúan de dos formas: oxidada y reducida, según el hierro esté como Fe^{3+} o Fe^{2+}. La forma reducida no se oxida directamente con oxígeno molecular, pero sí lo hace en presencia de la citocromoxidasa, oxidándose aquél y reduciéndose en ésta:

Citocromoxidasa – Fe^{3+} + citocromo – $Fe^{2+} \rightleftharpoons$ citocromoxidasa - Fe^{2+} + citocromo Fe^{3+}.

Se desconoce por qué la citocromoxidasa es autooxidable y no lo son los citocromos. Citocromoxidasa y citocromos son sistemas redox, propiedad que no tiene la hemoglobina.

El fermento de la respiración de Warburg o citocromoxidasa está formado por una hemina con una proteína. La proteína es de naturaleza desconocida y la hemina es el resultado de sustituir un grupo vinilo por un (- CHO) es el radical hemo de la hemoglobina. Puede existir en dos formas: oxidada (Fe^{3+}) y reducida (Fe^{2+}).

Se oxida directamente con oxígeno molecular mediante un cambio de electrones con el oxígeno, pasando el hierro de divalente a trivalente.

Las peroxidasas ofrecen considerablemente interés en los procesos de óxido – reducción en el reino vegetal. Abundan en las semillas y en los frutos y son hemoproteínas en las que el Fe está siempre en forma trivalente. Son oxidasas indirectas, ya que no activan el oxígeno molecular, sino que descomponen el agua oxigenada con desprendimiento de oxígeno activo que oxida el sustrato. Ofrecen considerable interés en los procesos de oxido – reducción del reino vegetal (ipiens, 1954).

Las catalasas aceleran la descomposición del H_2O_2 en el agua y oxígeno molecular. Son hemoproteínas con Fe^{3+} que sólo es reducido por agua oxigenada.

Cataliza la síntesis de clorofila, ya que forma parte constituyente de la enzima que intervienen en la transformación de la leucofila en clorofila. En ausencia de Fe, la hoja solamente contiene pigmentos amarillos: xantofila y caroteno.

Intervienen en la formación de la ferredoxina, transportador de electrones de naturaleza no porfirínica que actúa en la fotosíntesis y en la reducción de los nitritos.

2.10.1.1. Deficiencia de Hierro

Causa un color pálido amarillento del follaje, aunque haya cantidades apropiadas de nitrógeno en la solución nutritiva.

Ocasiona una banda de color claro en los bordes de las hojas y la formación de raíces cortas y muy ramificadas. La deficiencia de hierro se parece a la del magnesio, pero la del hierro aparece en hojas más jóvenes con venas principales generalmente verdes; los tallos son cortos y finos (ipiens, 1954).

2.10.2 Zinc (Zn).

Como activador de enzimas que juegan en la planta un importantísimo papel Fisiológico:

- ✓ Anhidrasa carbónica, que cataliza la descomposición del CO2.
- ✓ Trifosfato - deshidrogenasa, precursora de la fosforilación del aldehído fosfoglicérico con producción de ácido fosfoglicérico, fundamental en la glicolisis y en los procesos de respiración y fermentación.
- ✓ Nitratoreductasa, necesaria para la reducción de NO3 en la formación de compuestos proteicos.
- ✓ Aldolasas, que desdoblan el éster difosfórico de la fructuosa con producción de aldehídofosfoglicérico.
- ✓ Enolasas, que convierten el ácido 2-fosfoglicérico en ácido-2-fosfopirúvico.

Intervienen además, en la síntesis de las auxinas estimulando la producción de triptófano (en su ausencia de serina y el indol no se condensan para formar triptófano), precursor de aquéllas. Se ha comprobado que en ausencia de Zn, las plantas no producen auxinas, inhibiéndose la actividad de los tejidos merismáticos y de la yema terminal. En ensayos realizados con maíz, Salami *et al.*, (1970), corrigieron carencias de Zn aportando indistintamente Zn o triptófano al medio de cultivo, demostrando así la necesidad de Zn para la producción de estos aminoácidos en la planta.

El elemento Zn es muy importante en la síntesis de sustancias necesarias para la producción de clorofila y carbohidratos, según la FAR (Fundation For Agronomic Research) citado por Díaz, (2007). Asimismo, intervienen en la conservación de las auxinas, impidiendo su oxidación.

2.10.2.1. Deficiencias Zinc (Zn).

Su deficiencia en tomates ocasiona un engrosamiento basal de los pecíolos de las hojas, manchas generalizadas con crecimiento rápido, pero disminuye su longitud; la lámina foliar toma una coloración pálida y una consistencia gruesa, apergaminada, con entorchamiento hacia fuera y con ondulaciones en los bordes (Ipiens, 1954).

2.10.3. Manganeso (Mn).

Aunque muchas de las funciones del Mn son desconocidas, y otras, aún hoy, son difíciles de interpretar, parece claro el papel que juega el manganeso en los siguientes procesos:

Participa en numerosos sistemas enzimáticos de oxido – reducción, en los que interviene activando las carboxilasas y deshidrogenasas (respiración).

Intervienen en las síntesis de proteínas, catalizando la reducción de nitratos a nitritos y finalmente, a (- NH2). Es en esta última fase de la reducción donde se ha comprobado la necesidad de Mn^{2+} para la actuación de la hidroxilaminareductosa. Se han encontrado elevados contenidos de nitritos en las raíces de planta con carencia de Mn.

Coopera con el hierro en la síntesis de la clorofila y estimula la fotosíntesis, pues parece que activa la reacción de Hill y que las plantas que carezcan de elementos relacionados a la fotosíntesis o síntesis de clorofila generalmente tienen menos hojas en cuanto a otros cultivos pueden madurar más rápidamente (Amberger, 1975).

A menudo puede sustituir al magnesio en sistemas enzimáticos relacionados con las transferencias de energía: ATP-asas.

2.10.3.1. Deficiencias Manganeso (Mn).

En tomate y remolacha causa la aparición del color verde pálido amarillo y rojo entre las venas.

El síntoma de clorosis se presenta igualmente entre las venas de las hojas viejas o jóvenes, dependiendo de la especie; estas hojas posteriormente mueren y se caen (Amberger, 1975).

2.10.4. Cobre (Cu).

Según la FAR (Fundation For Agronomic Research) Citado por Díaz (2007), resalta al elemento Cu necesario para la formación de la clorofila .Una vez absorbido por la planta interviene, igual que el Fe y el Mn, en la biosíntesis de la clorofila y, quizás, en la transferencia de electrones durante la fotosíntesis. En este caso actuaría bajo forma de una cuproproteína, la plastocianina, presente en los cloroplastos (Bastin, 1970).

Se combinan con otras enzimas: ureasa, tirosinasa y oxidasa del ácido ascórbico, en estas combinaciones, el cobre se encuentra en forma de quelato (Mahler, 1958).

Combinado de esta manera interviene en importantes procesos de oxido – reducción: respiración, oxidación de la materia orgánica, etc.

Su presencia es necesaria para la reducción de los nitratos, estimulado la actividad de la nitratoreductasa.

Favorece la fijación de nitrógeno atmosférico por los microorganismos del suelo (Clostridium, Azotobacter, etc.), por la simbiosis Leguminosa – Rhizobium y por las nitrofijadoras (Boroughs *et al.*, 1963).

Interviene en procesos de oxidación y reducción con otros elementos minerales.

Se ha comprobado que en los jugos celulares el Cu^{2+} puede oxidar al Fe^{2+} precipitándolo. La acumulación de Fe y la inducción de carencias por Cu explican el antagonismo entre estos elementos.

2.10.4.1. Deficiencia Cobre (Cu).

- ✓ Severo descenso en el desarrollo de las plantas.
- ✓ Las hojas más jóvenes toman color verde oscuro, se enrollan y aparecen un moteado que va muriendo existiendo escasa formación de la lámina de la hoja disminución de su tamaño y enrollamiento hacia la parte interna, lo cual limita la fotosíntesis (Bastin, 1970).

2.10.5. Boro (B).

Una vez absorbidos por las raíces, los iones borato son muy móviles en la planta hasta llegar a las hojas, donde queda casi inmovilizado. En este sentido, es frecuente ver cómo en las hojas más viejas queda almacenado y sin embargo, pueden existir demandas insatisfechas en las hojas jóvenes y en los brotes. El transporte del B desde las raíces hacia las hojas, se hace bajo formas inorgánicas o de complejo azúcarborato, siguiendo el flujo de la transpiración. La actividad transpiratoria ejerce una influencia muy marcada sobre el transporte del B hacia las partes altas de la planta.

Los aspectos más destacados de su papel fisiológico son los siguientes:

Es bien conocida la facultad de los iones borato para formar complejos con compuestos polihidroxilados, de especial interés en el transporte y utilización de azúcares en la planta.

Existen dos hipótesis para explicar cómo se facilita el transporte y uso de los azúcares en la planta: por una parte, es posible que las combinaciones azúcar-borato atraviesen con más facilidad las membranas celulares, y, por otra, la presencia de B modificaría la permeabilidad de las membranas atravesándolas solamente las moléculas del azúcar.

La fuerte concentración de azúcares que se encuentra en las hojas bajas de plantas carentes de B, se atribuye a falta de circulación. Los complejos azúcar-borato circulan más fácilmente.

A esta misma causa se atribuye la falta de vigor y la degeneración de la yema terminal y ápices vegetativos de plantas carentes de B. este elemento, al facilitar la translocación de los glúcidos, mantiene la actividad meristemática. El aporte de glúcidos solamente, no es suficiente para garantizar esta actividad (Bastin 1970).

Influye en la absorción del P, formación de ácidos nucleicos y síntesis de proteínas. En ensayos de nutrición utilizando P^{32}, se ha comprobado que la carencia de B reducía notablemente la absorción de P, por otra parte, la adición de pequeñas dosis de B a las plantas con deficiencias moderadas, provocan un incremento notable en la absorción de P, que aparecía en la planta como RNA y DNA, y en la síntesis de proteínas (Hundt *et al.*, 1970).

Interviene en la división celular y en la actividad de los tejidos meristemáticos. Según Mengel *et al.*, (1982), el Boro (B), participa en la síntesis del uracilo (componente del RNA) y su insuficiencia altera la formación de los ribosomas. La síntesis de RNA, la formación de ribosomas y la biosíntesis de proteínas son procesos esenciales en los meristemos.

Interviene en la biosíntesis de la lignina y de sustancias pécticas. En ausencia de B, las células acumulan fenoles libres y precursores fenólicos incapaces de transformarse en lignina. En consecuencia, el B cataliza la síntesis de materiales constituyentes de las paredes celulares. Es así mismo, interesante observar que es en las paredes celulares donde se presentan los mayores contenidos de B en las plantas.

Favorece el funcionamiento de los nódulos de las leguminosas, aunque en la mayor parte de los casos es difícil separar lo posible acción directa sobre el nódulo, de la acción general sobre la planta.

En forma indirecta, interviene en la absorción de agua por la planta. Es posible que mediante la producción de pectatos de cal que precipitan sobre las membranas celulares, se reduzcan su permeabilidad con descenso del nivel transpiratorio y de la tasa de absorción de agua del suelo por las raíces.

2.10.5.1. Deficiencias Boro (B).

Según la FAR (Fundation For Agronomic Research), citado por Díaz (2007), señala que la deficiencia de este elemento en cierta manera detiene el crecimiento de la planta, anula el crecimiento de los tejidos nuevos y pueden causar hinchazón y decoloración de los vértices radiculares y muerte de la zona apical (terminal) de las raíces, las hojas jóvenes toman un color verde claro en la base, por lo que su crecimiento posterior las hojas están retorcidas.

Ocasiona tallos cortos en el apio, podredumbre de color pardo en la cabeza y a lo largo del interior del tallo de la coliflor, podredumbre en el corazón del nabo, ennegrecimiento y desintegración del centro de la remolacha de mesa.

2.10.6. Molibdeno (Mo).

El Mo forma parte del grupo prostético de dos sistemas enzimáticos fundamentales en la evolución del N en la planta: Nitrato-reductasa y nitrogenasa.

El sistema nitrato-reductasa cataliza la reducción de los NO3 y, en su ausencia o deficiencia, se produce una acumulación anormal de nitratos y carencia de determinados aminoácidos: ácido glutámico y glutamina, especialmente.

La nitrogenasa cataliza la reducción del dinitrógeno hasta NH3. Este sistema enzimático ha sido aislado en todos los organismos que fijan nitrógeno atmosférico.

La presencia de Mo es indispensable para la fijación de nitrógeno atmosférico ya sea por las bacterias que lo hacen (Clostridium spp; Azotobacter spp, etc.) o en simbiosis (Rhizobium spp), algas cianofíceas, angiospermas fijadoras, etc.

En todos los casos, el efecto estimulante del Mo se manifiesta tanto en el rendimiento como en la velocidad de fijación.

En el caso de la simbiosis leguminosa – Rhizobium, las exigencias de Mo del sistema fijador son más elevadas que las de la leguminosa aisladamente. Se ha comprobado esta situación comparando las necesidades de Mo de leguminosas

fijando N simbióticamente y las de leguminosas no noduladas alimentadas con nitratos.

Además de las anteriores, el Mo interviene en otras funciones en las plantas. Es indispensable para la formación del ácido ascórbico y para la acción de las enzimas como la ascórbico-oxidasa, adenín - oxidasa, xantín - oxidasa, etc.

La falta de Mo en la planta disminuye el contenido en clorofila y aumenta la actividad respiratoria (Baeyens, 1970).

Según Millikan (1947), el Mo favorece el metabolismo del hierro y reduce los daños provocados por posibles excesos de cobre, boro, níquel, cobalto, manganeso y zinc.

2.10.6.1.Deficiencias Molibdeno (Mo).

Los síntomas se aparecen 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 (Baeyens 1970).

No se forma lámina de las hojas, por lo que solo parece la nervadura central.

Afecta negativamente el desarrollo de las especies crucíferas (repollo, coliflor, brócoli) remolacha, tomates y legumbres.

2.11. Antecedentes de la investigación.

Hoagland (1920), menciona que no se trata de adquirir erudición profunda en esta materia, sino de actuar con mayor seguridad y precisión y que no existe solución nutritiva que sea notablemente superior a las otras, pero también concuerda con ciertas clases de composición y concentración totales ofrecen justamente diferencias de poder nutritivo adaptables a diferentes modalidades del crecimiento de las plantas. Existen estudios como de Ilerlith Valera colome (2008), en el cultivo de noni en micronutrientes utilizando las soluciones de Hoagland y Arnon.

Según la FAR (Fundation For Agronomic Research), citado por Díaz (2007), señala que el N puede ser el primer nutriente limitante en plantas no leguminosas y que en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes, este no podría cumplir con su cometido, siendo los productos de la fotosíntesis los responsables del incremento en el crecimiento de una planta; en tanto la ausencia de los nutrientes en el suelo limitan el crecimiento de la planta ya que en el sistema radicular de una planta, las raíces se expanden y exploran pudiendo desarrollar un sistema radicular de variable profundidad para conseguir agua y nutrientes.

Furlani (1998), hizo crecer menta (Hierba buena), en distintas clases de agua; lluvia, río de canalización. Encontró que mejor aumento en el peso de las plantas tuvo lugar con el agua que contenía mayor porcentaje de tierra.

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.

Una forma opcional y rápida de suplir los faltantes o restablecer el desequilibrio nutricional es mediante la fertilización en soluciones nutritivas con nutrientes sintéticos (Unalm, 1997).

Resh (1992), indica que los fertilizantes sintéticos o minerales llegan más directo en la nutrición vegetal, de ahí que las fertilizaciones deben ser pocas pero constantes para hacerlo más eficiente y las cantidades en cada labor dependen de la solubilidad de los fertilizantes, la disponibilidad de nutrientes en la solución y de las exigencias del cultivo.

Dickson y Isebrands (1991), señala que el crecimiento de la planta depende en esencia de la expansión foliar: las hojas crecen para interceptar la luz, tomar C02 y proporcionar carbono a toda la planta así como para transpirar y regular la temperatura.

Donahue (1982), indica que los síntomas de deficiencia de un nutriente en particular puede variar con la especie de la planta; la deficiencia de hierro causa clorosis de las hojas, ya que la cantidad de hierro (peso seco) está asociada con la cantidad de clorofila (peso fresco), entre más hierro más clorofila y que la deficiencia de boro retarda el desarrollo de la planta, acorta los entrenudos, ocasionando a las hojas terminales un parecido a los de las rosas.

Smith (1982), resalta que el crecimiento entre raíces, tallos y hojas se controla fundamentalmente en el ámbito celular y en ella entra en juego la luz y las hormonas reguladoras de crecimiento.

Hoagland y Arnon (1972), mencionan que no se trata de adquirir erudición profunda en esta materia, sino de actuar con mayor seguridad y precisión y que no existe solución nutritiva que sea notablemente superior a las otras, pero también concuerda con ciertas clases de composición y concentraciones totales ofrecen justamente diferencias de poder nutritivo adaptables a diferentes modalidades del crecimiento de las plantas.

Heath y Gregory (1938), afirma que el principal factor determinante que conduce a la existencia de apreciables diferencias en la altura de planta y acumulación de peso seco en los distintos tipos de plantas es la tasa de expansión de la superficie foliar. Kiesselbach (1916), indica que el factor nutriente interacciona de modo importante con el factor agua.

Cuadro 2. Soluciones stock componentes de solución nutritiva de Hoagland.

Si	Sustancia	g/Lt.	Mol.	Concentración de elementos (ppm)					
				Ca	N	K	Mg	S	P
A	Ca(NO3)2H2O	236,16	1	40080	28 020	-------	---------	---------	---------
B	KNO3	101,10	1	---------	14 010	39 160	---	---	---------
C	SO4Mg	120,37	1	---------	---------	-------	24 310	32 060	30 970
D	KH2PO4	135,15	1	400	---------	39 160	---------	---------	640
E	Ca(H2PO4)2	2,7	0,01	-------	---------	-------	---------	---	---------
F	K2SO4	87,5	0,5	400	-	39 160	------	16 030	---------
G	CaSO42H2O	1,72	0,01	-------	28 020	---------	24 310	320	
H	Mg(NO3)2	148,33	1			----		-------	
I	Micronutri...								
J	Fe-EDTA								
K	Micro-B								
L	Micro-Mn								
J	Fe -EDTA	26,10	Dilución en 700 ml de agua destilada conteniendo 268						
	Fe – SO47H2O	24,90	de NaOH (40 g/L) y completado a un litro.						

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

Cuadro 3. Solución de micronutrientes (I).

Sustancia	g/l.	Concentración de elementos (ppm)						
		Mn	Cl	B	Zn	S	Cu	Mo
MnCl2H2O	1,81	502	628	------	---------	-------	---------	----------
H3BO3	2,86	------	---------	439	---	-	---------	----------
ZnSO4 – 7H2O	0,1	---------	---------	---------	29,2	14,2	25	53
SO4Cu – 5H2O	0,1	-	--------	-----	---------	12,9	--------	
H2MoO4H2O	0,1	--------			---	------		

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación y duración del experimento.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali; ubicado en el Km. 6 de la carretera Federico Basadre Región Ucayali, Provincia de Coronel Portillo, geográficamente se encuentra ubicado a 74°34'49"de L. N, 8° 23' 37,3" de L. S y una altitud de 154 m. s. n. m.

El trabajo de investigación tuvo una duración de 122 días, iniciándose el 8 del mes de Enero del 2 011 y culminando el 10 de Mayo del 2 011.

3.2. Condiciones Ecológicas.

La clasificación ecológica del lugar corresponde al ecosistema de bosque tropical semi siempre verde Estacional (Cochrane y Sánchez 1981), de las cuales se presentan a continuación:

3.2.1.Temperatura.

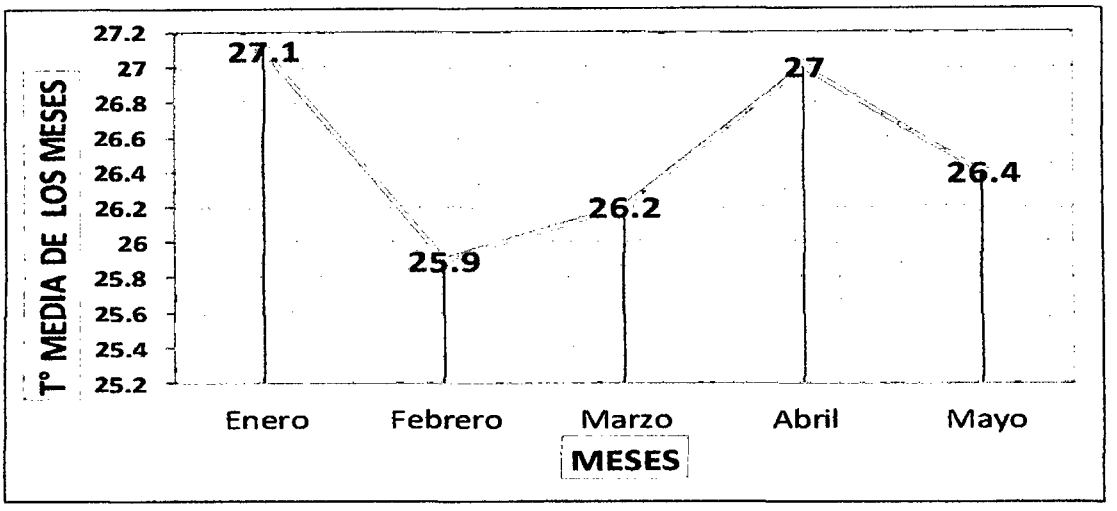
La temperatura de la región Ucayali se caracteriza por ser cálido y húmedo, con una temperatura media anual de 25,1 °C con muy poca variación, entre las máximas (36,5°) y mínimas (17,4°) durante el año.

3.2.2. Precipitación

La precipitación anual es de 1 732,7 mm. (Promedio de 25 años). El promedio de horas sol varía notablemente, siendo los meses de febrero, Marzo, Abril y Mayo los meses de mayor precipitación y con menor número de horas sol en febrero y marzo (Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali 2011).

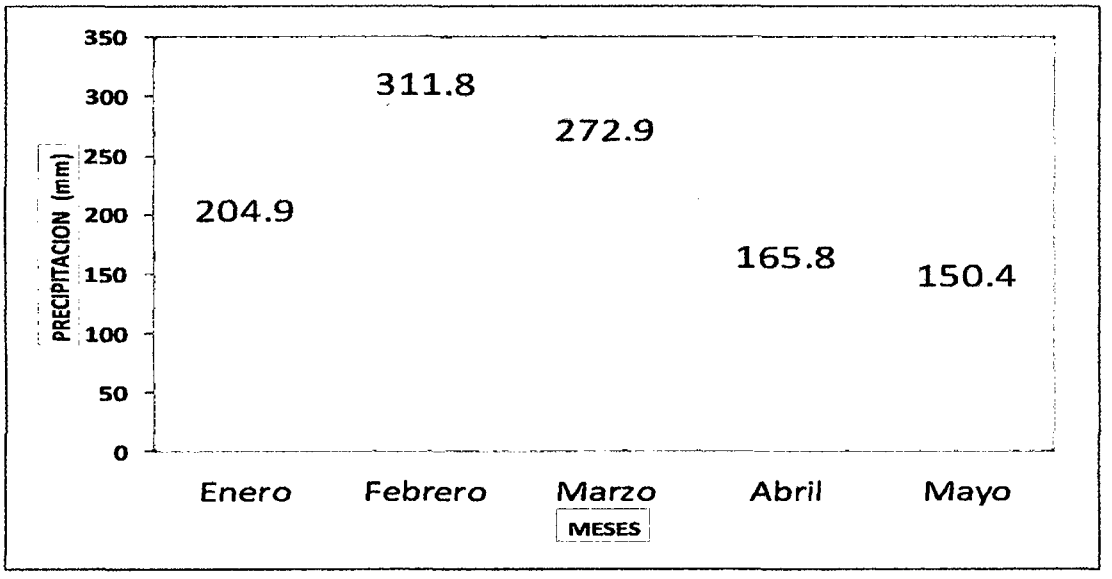
Durante los meses que duró el trabajo de investigación, la mayor temperatura media fue de 27.1 °C en el mes de Enero y el menor promedio fue de 25.9 °C en el mes de febrero. La precipitación mensual más alta fue de 311.8 mm en el mes de febrero y la más baja fue en el mes de abril con 165.8 mm todo el mes. La precipitación total acumulada de enero del 2011 a abril del 2011 fue de 955.4 mm (Ver cuadro 1A del anexo).

Figura 1. Temperatura en ° C (Enero del 2 011 a Mayo del 2 011).



Fuente: Estación Meteorológica UNU, Km. 6 C.F.B. Pucallpa, Perú, 2 011.

Figura 2. Precipitación en mm (Enero del 2 011 a Mayo del 2 011).



Fuente: Estación Meteorológica UNU, Km. 6 C.F.B. Pucallpa, Perú, 2 011.

3.3. Componentes en estudio.

3.3.1. Plántulas de "sacha inchi"

Se trabajó con plántulas de "sacha inchi" jóvenes de 1 mes de edad. Al inicio las semillas fueron tratadas con fungicida e insecticida (Bitavax), Luego se desinfecto la cama con hipoclorito de sodio por la cual se utilizó un envase de 250 ml para 10m², posteriormente se pesaron las semillas para luego ser sembradas en camas de almácigos con arena. Una vez que éstas tenían hojas verdaderas, fueron

transplantadas a baldes que contenían solución nutritiva en número de dos plántulas por baldes; haciendo un total de 8 tratamientos y 4 repeticiones; totalizando 64 plántulas de "sacha inchi" para el presente estudio.

3.3.2. Solución stock nutritiva y de micro nutrientes.

Se hizo uso de la solución de micro nutriente con contenidos en ppm de Mn, B, Zn, fe, Cu y Mo.

Para el caso del experimento con los micros nutrientes se preparó soluciones completas con la carencia de los elementos Mn, B, Zn, fe, Cu y Mo.

3.4. Diseño experimental.

Todas las variables de respuesta evaluadas se analizaron en un diseño completamente randomizado (DCR) con (8) tratamientos y cuatro (4) repeticiones haciendo un total de 32 unidades experimentales, teniendo 2 plantas de "sacha inchi" por unidad experimental. La comparación de medias de los tratamientos se hizo mediante la prueba de Promedios de Tukey a un nivel de 0,05 de probabilidad.

Modelo aditivo lineal de un DCR.

$\mathbf{Y}ij = \mu + \mathbf{T}i + + \mathbf{e}ij.$

Donde:

$\mathbf{Y}ij$ = Variable respuesta.

μ = Media general.

$\mathbf{T}i$ = Efecto del i - ésimo tratamiento 1, 2, 3...

$\mathbf{e}ij$ = Error experimental o residual.

Cuadro 5. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad
Tratamiento	7
Error	25
Total	32

Características del experimento.

Número de baldes : 32
Número de tratamientos : 8
Número de repeticiones : 4
Número de unidades experimentales : 32
Número de plántulas/unidad experimental : 2

Número de plántulas evaluadas hasta el término del experimento.

T_1 Solución nutritiva completa : 8
T_2 Solución nutritiva menos hierro : 8
T_3 Solución nutritiva menos cobre : 8
T_4 Solución nutritiva menos zinc : 8
T_5 Solución nutritiva menos boro : 8
T_6 Solución nutritiva menos molibdeno : 8
T_7 Solución nutritiva menos manganeso: 8
T_8 Agua destilada : 8

3.5. Ejecución del experimento.

3.5.1.Obtención del material vegetal.

Se utilizó 64 plantitas de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis* L.), de aproximadamente 1 mes las que se obtuvieron del centro de investigación de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali. Estas semillas se consiguieron del área de trabajo de cultivos industriales de la universidad nacional de Ucayali las cuales fueron sembradas en camas de almácigo con arena. Las semillas permanecieron un total de 20 días hasta obtener las dos hojas verdaderas para luego ser instaladas en los baldes que contenían las soluciones nutritivas.

3.5.2. Preparación de la solución stock y solución nutritiva.

Se preparó la solución concentrada según Hoagland y Arnon (1972), para constituir en diferentes proporciones las soluciones nutritivas del experimento. Aquellas también son llamadas "Solución stock" o "Soluciones madres".

Cuando la solución lleva todos los elementos se denomina completa o puede carecer de alguno de estos siendo en ese caso deficiente en dicho elemento, que permitirá la aparición de la deficiencia característica.

Para la preparación de la solución, fue necesario que los materiales como pipetas, baldes que estén aséptico. Para lo cual se lavaron con detergente y luego se

enjuagaron varias veces; primero se enjuago con agua de caño y luego con agua destilada.

Las soluciones se depositan en baldes de plásticos cuidando que en su estructura no contengan elementos tóxicos, ni elementos esenciales menores.

Se utilizó agua destilada para la preparación del medio nutritivo así como para las soluciones stock de acuerdo a la regla mostrada en el siguiente cuadro.

Características de solución nutritiva

Características de solución nutritiva	cantidades de soluciones nutritiva de hoagland en mililitros soluciones nutritiva											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Agua
Completo	5	5	2	1	-	-	-	-	1	1	-	985
Sin hierro	5	5	2	1	-	-	-	-	1	-	-	985
Sin cobre	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin zinc	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin boro	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin molibdeno	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
Sin manganeso	5	5	2	1	-	-	-	-	-	1	1	985
testigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Cantidades de soluciones nutritivas de Hoagland en mililitros para separar 1 litro de soluciones nutritiva.

J = Fe – EDTA + Fe – SO4

K, Es la solución "I" menos cualquier de los micro elementos a estudiar (por ejemplo: todos los micro elementos menos el cobre).

Se preparó la solución nutritiva según la fórmula de Hoagland y Arnon 1972, a partir del cual se tuvo la solución completa diluida al 50 % como T_1, con la solución completa al 50 % menos (-Fe), (-Zn), (-Cu), (-Mn), (-B) y (-Mo), para T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, *respectivamente, lo que quiere decir que una solución completa carente de* micro nutrientes esenciales.

3.5.3. Establecimiento de las plantas en la solución nutritiva.

Se utilizaron plantitas que median 15 a 20 cm de altura con las primeras hojas verdaderas. Antes del repique primero se las regó en las camas de almácigo cuyo sustrato era arena del río lavada con el fin de facilitar su extracción, realizando esta labor con la mano evitando dañar el sistema radicular, luego de extraída se procedió a colocarlas en una bandeja en agua destilada para lavarlas y enseguida envolverlas con esponjas sintéticas a la altura del cuello e inmediatamente colocada en cada hoyo de la tapa de los baldes con solución nutritiva.

3.5.4. 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 añadiendo agua destilada diariamente hasta llegar al nivel inicial de la solución nutritiva; realizándose el cambio de las soluciones nutritivas cada 15 días, midiendo el pH antes y después del cambio y la evaluación de parámetros de crecimiento cada semana.

3.6. Cambios de solución nutritiva.

Esta labor se realizó quincenalmente desde el primer día del transplante la cual es recomendable porque nos explica que a medida que transcurre el tiempo las plantas absorben las soluciones y por ello el pH y la conductividad eléctrica varia en este caso su grado de acidez por ello es recomendable el cambio cada 15 días; la cual se hizo un total de 7 cambios de solución nutritiva durante el desarrollo del experimento..

3.7. Control de plagas.

Esta labor se realizó en forma manual. Cabe resaltar que la presencia de plagas fue de mínima importancia para el cultivo por la baja incidencia de las que se menciona a continuación:

Grillos (*Grillus sp*).

Diabrótica (*Diabrótica viridula*).

En cuanto enfermedades no se registraron daños.

3.8. Observaciones Registradas.

3.8.1. pH.

Después de la evaluación de parámetros de crecimiento que se realizó cada semana se tomó los datos del pH cada quince días de todos los tratamientos. Estos datos se muestran en el cuadro 2B en anexos.

3.8.2. Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron:

3.8.2.1. Crecimiento:

- ✓ Longitud parte aérea de la planta.
- ✓ Peso de la raíz.
- ✓ Peso del tallo.
- ✓ Longitud raíz.
- ✓ Diámetro del tallo.
- ✓ Número de hojas.
- ✓ Número de brotes.

3.8.2.2. *Síntomas de deficiencia según respuesta al tratamiento*.

- ✓ Color de las hojas.
- ✓ Forma.
- ✓ Tamaño.
- ✓ Localización parte afectada.

3.9. Operacionalización de las variables.

3.9.1. Crecimiento.

3.9.1.1. Longitud de la parte aérea de la planta.

Se determinó en cm y consistió en medir la altura desde el cuello hasta el punto más alto de la planta; para lo cual se utilizó una regla graduada. Las evaluaciones se realizaron semanalmente hasta el término del experimento.

3.9.1.2. Peso de la raíz.

Se determinó en gr; ésta medición se hizo con una balanza analítica y las evaluaciones se realizaron al final del experimento.

3.9.1.3. Peso del tallo.

Se determinó en gr; ésta medición se hizo con una balanza analítica y las evaluaciones se realizaron al final del experimento.

3.9.1.4. Diámetro del tallo.

Se determinó en cm y consistió en medir con un vernier el diámetro del tallo a 2 cm, por encima del cuello de la planta. La evaluación se realizó al final del experimento.

3.9.1.5. Número de hojas.

Consistió en contar el número de hojas de cada planta. Estas evaluaciones se realizaron cada semana contando a partir del primer día del transplante.

3.9.1.6.Longitud de la raíz.

Se determinó en cm y consistió en medir la altura desde el inicio de origen de la raíz hasta el punto más alto de la raíz; para lo cual se utilizó una regla. Las evaluaciones se realizaron semanalmente hasta el término del experimento.

3.9.1.7.Número de brotes.

Se determina en cantidades de brotes que emergen en la planta de sacha inchi con lo cual esta evaluación se realizó al final del experimente.

3.9.2. Síntomas de deficiencia.

Para determinar los síntomas de deficiencia se utilizaron los términos establecidos para la caracterización según el manual de prácticas de fisiología vegetal (Pérez, 1998) y se determinó según la respuesta al tratamiento teniendo en cuenta el color, forma, tamaño y localización.

De acuerdo a la clave de diagnosis de deficiencias de micro nutrientes en las plantas que indican lo siguiente:

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

Clorosis muy marcada e zonas internervales principalmente, ápices y borde, 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.

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.

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

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

Clorosis poco aparente, puede haber muerte de la yema Terminal.....Cobre.

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

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En las condiciones de elaboración en la que se llevó a cabo el presente trabajo de investigación se han obtenido los resultados sobre el análisis del comportamiento de las variables en estudio para determinar el efecto de la carencia de elementos menores en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de sacha inchi. (*Plukenetia volubilis*, L), en la ciudad de Pucallpa-Perú, y que a continuación se indican:

Cuadro 7. Efecto de la carencia de elementos menores en el crecimiento inicial del cultivo de sacha inchi. (*Plukenetia volubilis*, L), en la ciudad de Pucallpa- Perú y comparación de medias de las variables en estudio.

Tratam	Long.Aére (cm)	N° hojas	Long. (cm)	Diám.(cm)	T° solución	pH entrada	pH salida	N° brot	Peso Raíz gr.	Peso Tallo gr.
T1	164.88a	75.63a	22.250ab	0.92125a	30.375b	6.9950a	6.6925a	19.750a	103.39a	102.52a
T2	32.13d	3.13c	12.625bc	0.67250ab	32.375ab	5.4375ab	5.8800a	9.125a	6.24bc	2.53b
T3	108.13b	38.88b	12.938bc	0.78750ab	31.000ab	6.6150ab	6.5550a	14.25a	30.36bc	63.33b
T4	74.25c	29.75b	22.375ab	0.88875a	30.375b	6.6500ab	6.4850a	15.40a	34.61bc	59.11b
T5	94.25bc	45.25b	24.125ab	0.82125ab	30.500b	6.5825b	6.6250a	14.375a	40.57b	78.29ab
T6	78.13c	45.38b	20.625ab	0.86375a	30.500b	6.4525b	6.5100a	14.875a	45.56b	67.10b
T7	76.13c	43.50b	19.438abc	0.81625ab	30.625b	6.4525b	6.6025a	16.750a	33.13bc	47.49b
T8	26.31d	3.63c	28.375a	0.49500c	29.750b	5.9575c	5.4600c	0.000b	15.85cd	2.49c

Tratamientos:

T1: Solución nutritiva completa

T2: Sin hierro

T3: Sin cobre

T4: Sin zinc

T5: Sin boro

T6: Sin molibdeno

T7: Sin manganeso

T8: Testigo

4.1. *Longitud de parte aérea (cm).*

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa la longitud de la parte aérea (cm) de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor longitud (cm), con 164.88 cm, y la menor altura fue la del tratamiento 8 con 26.31 cm, se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados existe diferencias significativas entre ellos.

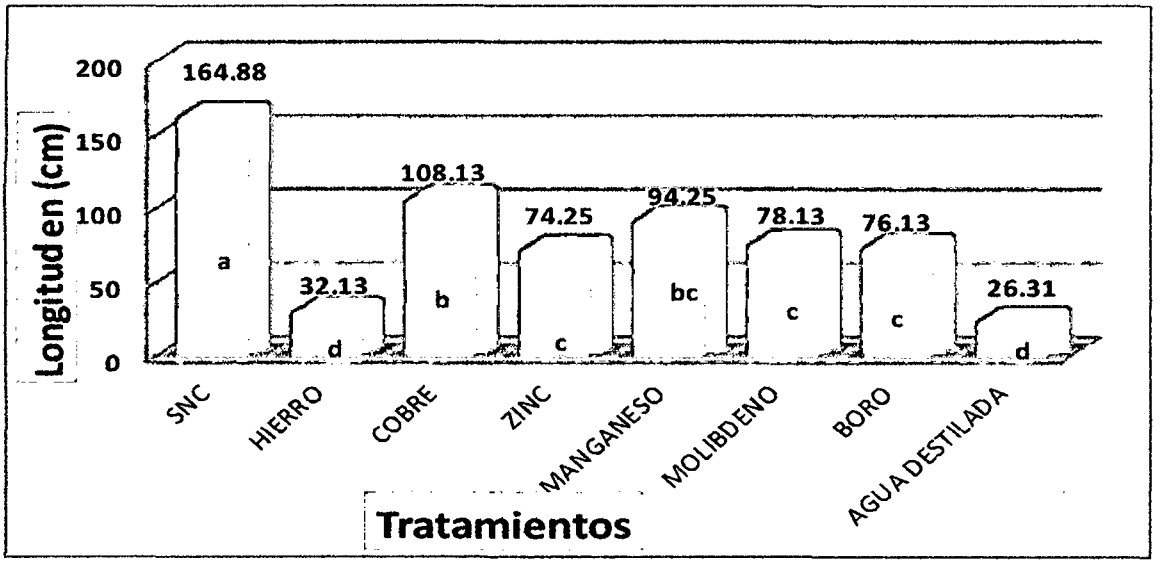


Figura 1. Longitud de parte aérea de los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de tukey. En la figura 1 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento, el tratamiento que presentó superioridad en este carácter fue el T1 (SNC) seguida de T3 (-Cu) y T5 (-Mn), esto se explica que el T1 (SNC) tuvo mayor efecto ocasionando irregularidades en el metabolismo de la planta de manera incremental, ya que el crecimiento de la planta se encuentra en relación con el área foliar, afirmación que se puede corroborar con Dickson y Isebrands (1991), afirmando que el crecimiento de la planta depende en esencia de la expansión foliar.

En cuanto a los valores medios alcanzados por debajo de T1 (SNC) en la longitud de parte aérea fueron los tratamientos T6 (-B), T2 (-Fe), T4 (-Zn) y T8 (AD), esto se explica como la consecuencia de la carencia de estos elementos ocasionando irregularidades en el metabolismo de la planta en manera de pérdida del volumen como en el crecimiento, esto se puede corroborar con la afirmación de Smith (1982), al resaltar que el crecimiento entre raíces tallos y hojas se controla

fundamentalmente en el ámbito celular y en ella entra en juego la luz y las hormonas reguladoras del crecimiento, al igual que la FAR (Fundation For Agronomic Research) citado por Díaz (2007), indicando que el N puede ser el primer nutriente limitante en plantas no leguminosas, al igual que Heath y Gregory (1938), al afirmar que el principal factor determinante que conduce a la existencia de apreciables diferencias en la altura de planta y en la acumulación de peso seco en los distintos tipos de plantas es la tasa de expansión de la superficie foliar.

4.2. Número de hojas

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa la evaluación realizada en número de hojas, de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor cantidad de hojas, con un promedio de 75.63 hojas, y la que presento menor cantidad de hojas fueron los tratamientos T2 (-Fe) y T8 (AD), con promedios de 3.13 y 3.63 respectivamente , se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados existe diferencias significativas entre ellos.

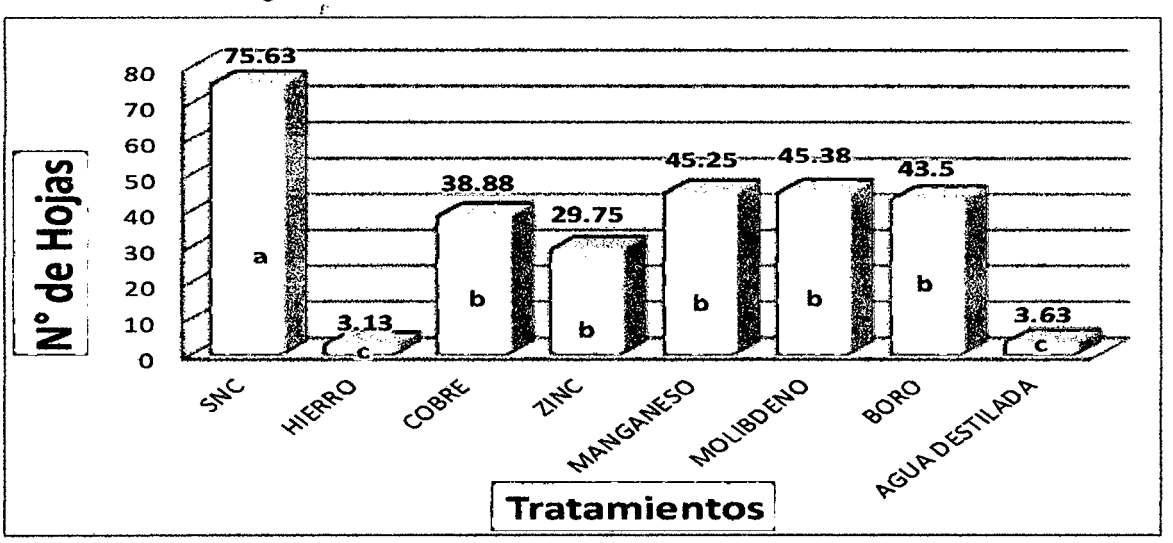


Figura 2. Número de hojas en los tratamientos solución nutritiva en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de Tukey. En la figura 2 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento, los tratamientos que presentaron superioridad fueron T1 (SNC) y T6 (-Mo) con 45.38, seguida de T5 (-Mn) con 45.25 hojas, esto se explica que existe estrecha relación entre el número de hojas, indicador de la tasa de asimilación neta y del proceso de fotosíntesis con el sistema radicular al igual que con el grosor del tallo.

Esta afirmación se puede corroborar con Amberger (1975), al indicar que el elemento Mn coopera con la síntesis de la clorofila, estimulando la fotosíntesis y que las plantas que carezcan de elementos relacionados a la fotosíntesis o síntesis de clorofila generalmente tiene menos hojas, en cuanto a otros cultivos puede madurar más rápidamente; al igual que Revelo (2002), al mencionar que el número de hojas es un parámetro que se usa para determinar la tasa de asimilación neta con relación al área foliar.

En cuanto a los tratamientos T3 (-Cu), T4 (-Zn), T2 (-Fe), T8 (AD) con valores obtenidos por debajo de los 3 tratamientos mencionados inicialmente, que se puede corroborar con la afirmación de la FAR (Fundation For Agronomic Research) citado por Díaz (2007), al indicar que la ausencia de los nutrientes esenciales en el suelo limita el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Luego de efectuar la prueba de comparaciones múltiples de tukey, los tratamientos T1 (SNC), T6 (-Mo) y T5 (-Mn) tuvieron similar número de hojas no existiendo diferencias significativas entre estos 3 tratamientos, pero difieren con respecto al resto de tratamientos a los cuales lo superan de forma significativa.

4.3. Longitud de raíz (cm).

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa la longitud de la Raíz (cm) de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 8 obtuvo mayor longitud (cm), con 28.375 cm, y la menor altura fue la del tratamiento 2 con 12.625 cm, se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados existe diferencias significativas entre ellos.

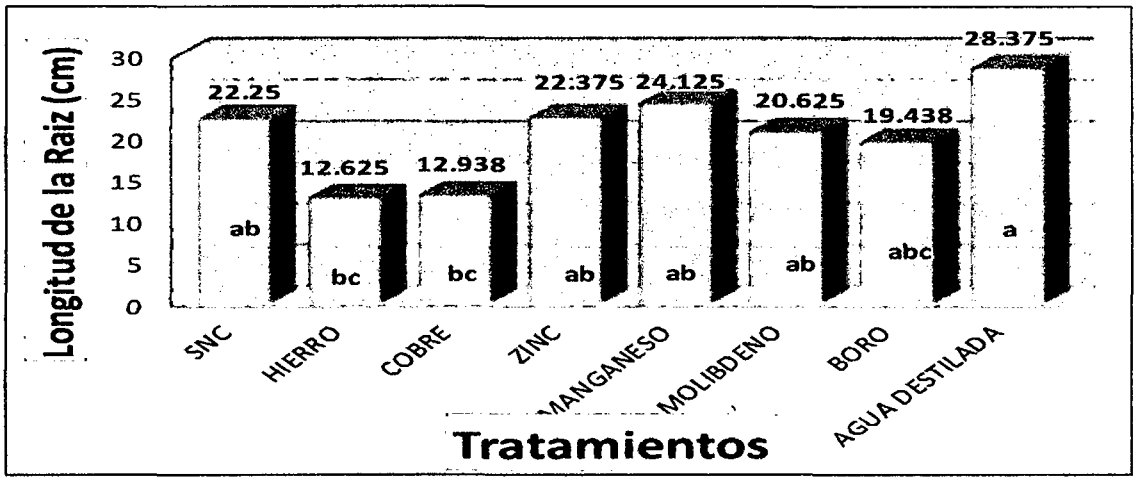


Figura 3. Valores de longitud de raíz de los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de Tukey. En la figura 3 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento, el tratamiento que presentó superioridad en este carácter en la longitud de raíces fueron el T8 (AD), seguida de T5 (-Mn), T4 (Zn) y T1 (SNC) y se explica, esto indica que las raíces de la plantas se expandieron más, observándose un sistema radicular muy desarrollado a una profundidad variable al resto de tratamientos para poder conseguir los nutrientes necesarios;

Esta se puede corroborar con la afirmación de la FAR (Fundation For Agronomic Research) citado por Díaz (2007), al indicar que el sistema radicular de una planta, las raíces se expanden y exploran pudiendo desarrollar un sistema radicular de variable profundidad para conseguir agua y nutrientes.

los valores alcanzados por debajo de los tratamientos antes mencionados fueron el T7 (-B), seguida de T6 (-Mo), T3 (-Cu) y T2 (-Fe), y se debe a que el elemento N siendo indispensable en el crecimiento de una planta, mejorando la absorción de nutrientes bajo un sistema radicular de profundidad variable y que en ausencia de cantidades adecuadas de micro y macro nutrientes, el N no cumpliría con su cometido en el crecimiento, mejora de absorción de nutrientes y formación de raíces ya que la longitud de raíz también se encuentra en relación con el área foliar al referirnos a la tasa de asimilación neta del proceso de fotosíntesis; lo que se puede corroborar con la afirmación de la FAR (Fundation For Agronomic Research) citado por Díaz (2007), al indicar que el N puede ser el primer nutriente limitante en plantas no leguminosas y que en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes. Luego de efectuar la prueba de Promedios de Tukey, los tratamientos T1 (SNC), T4 (-Zn), T5 (-Mn), y T8 (AD), tuvieron similar longitud de raíz no existiendo diferencias significativas entre estos 4 tratamientos.

4.4. Diámetro de tallo (cm).

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa la evaluación realizada en el diámetro del tallo (cm) de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor grosor (cm), con 0.92 cm, y la menor altura fue la del tratamiento 8 con 0.49 cm de grosor, se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados no existiendo diferencias significativas entre ellos.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de promedios de tukey. En la figura 4 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento, donde el mayor diámetro de tallo alcanzado fue por el T1 (SNC), seguida de T4 (-Zn), esto se explica por la estrecha relación existente entre el diámetro de tallo con la longitud de parte aérea, el área foliar y la acumulación de materia seca,

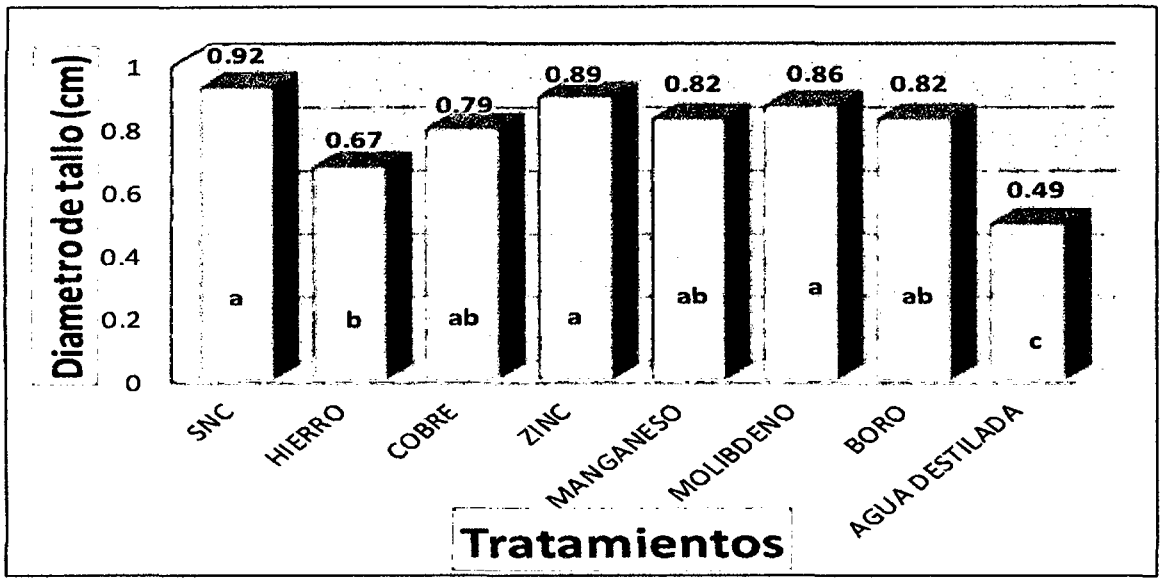


Figura 4. Diámetro de tallo de los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

es decir a mayor altura de planta mayor diámetro de tallo a consecuencia mayor cantidad de materia seca y que como se mencionó en las anteriores variables que a pesar de existir la carencia de elementos nutricionales como Mn y Cu, no presentaron diferencias significativas en cuanto al diámetro de tallo, debido a la mayor longitud de parte aérea y su área foliar.

Luego de efectuar la prueba de promedios de Tukey, los tratamientos T5 (-Mn) y T7 (-B) tuvieron similar diámetro de tallo no existiendo diferencias significativas entre estos 2 tratamientos, superando a los demás, sucediendo lo mismo entre los tratamientos T1(SNC), T4(-Zn) y T6(-Mo) como también entre los tratamientos T2 (-Fe) y T8 (AD).

4.5. Número de Brotes.

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa la evaluación realizada en Numero de brotes, de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor número de brotes, con un promedio de 19.75 brotes, y la que presento menor cantidad de

número de brotes fueron los tratamientos T2 (-Fe) y T8 (AD), con promedios de 9.125 y 0.00 respectivamente , se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados existe diferencias significativas entre ellos.

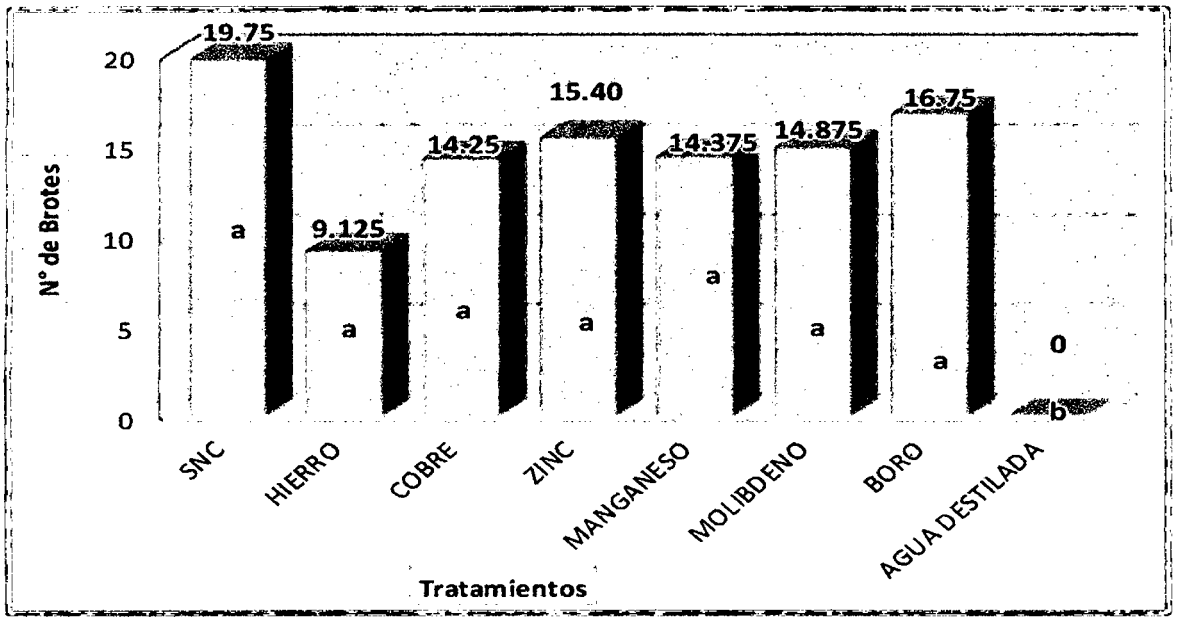


Figura 5. Número de raíz formadas en los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de Tukey. En la figura 5 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento. El tratamiento que presentó superioridad en este carácter fue el T1 (SNC) con un promedio de 19.75 brotes, esto se debe a que las raíces se expandieron más formando al mismo tiempo un mayor número de raíces primarias y secundarias, observándose un sistema radicular muy desarrollado para conseguir agua y nutrientes ya que este tratamiento contenía macro y micro nutrientes indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta; afirmación que se corrobora con la FAR (Fundation for Agronomic Research) citado por Díaz (2007), al indicar que en el sistema radicular de una planta, las raíces se expanden y exploran pudiendo desarrollar un sistema radicular de variable profundidad para conseguir agua y nutrientes.

4.6. Peso de la raíz (gr).

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa el peso en gr de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor peso con 103.39 gr, y la menor fue la del tratamiento 2 con 6.24 gr se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados existe diferencias significativas entre ellos.

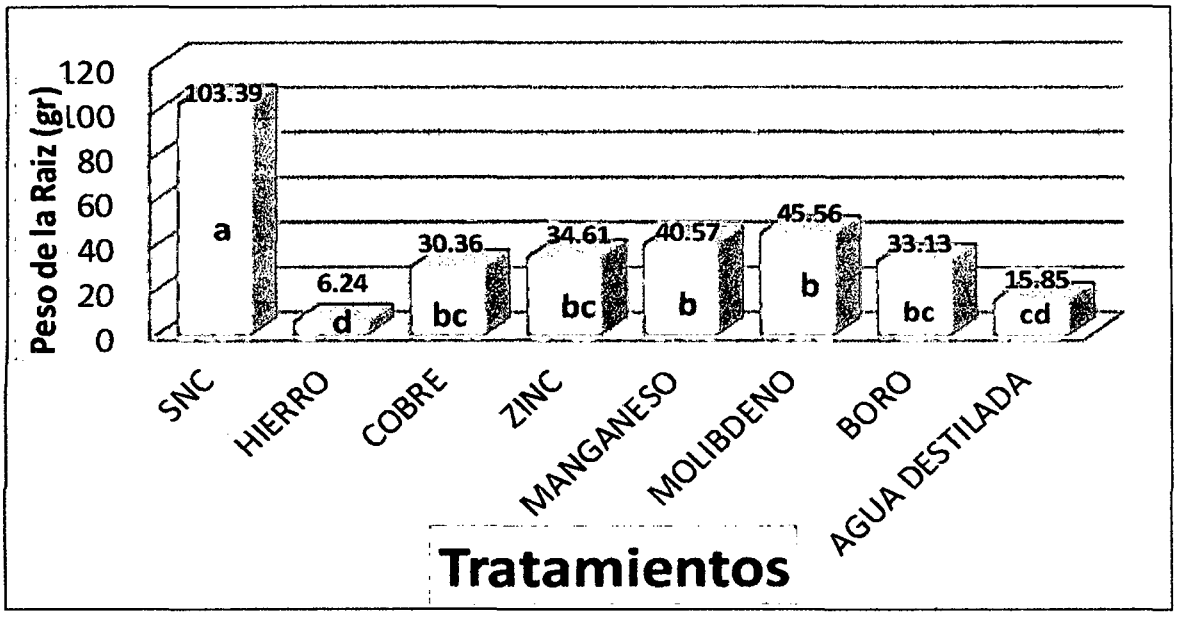


Figura 6. Peso de la raíz en gramos, de los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

Los resultados de la prueba de tukey. En la figura 6 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento, donde el mayor peso de la raíz fue alcanzado por el T1 (SNC), seguida de T6 (-Mo) y T5 (-Mn), superando así estos al T4 (Zn). El mayor peso de la raíz alcanzado por T1 (SNC), se explica que todos los elementos juegan un papel importante en los sistemas enzimáticos de la planta como en las reacciones metabólicas y que la deficiencia de estos elementos haya tenido mayor influencia y ocasionando irregularidades en su metabolismo de manera incremental en el volumen y peso normal de la planta; estos resultados concuerdan con la afirmación de Kiesselbach (1916), al indicar que la deficiencia de un elemento nutritivo en la planta dará como consecuencia irregularidades en su metabolismo.
Luego de efectuar la prueba de comparaciones medias de tukey los tratamientos T1 (SNC), obtuvo mayor peso de la raíz, mientras el T6 (-Mo) y T5 (-Mn) tuvieron similar peso de la raíz superando a los demás, existiendo diferencias significativas entre estos 8 tratamientos de estudio.

4.7. Peso del tallo (gr).

El resultado de la Prueba de promedios entre las variables para este carácter se muestra en el cuadro 7, donde se observa el peso en gr de los tratamientos evaluados el cual el tratamiento 1 obtuvo mayor peso con 102.52 gr, y la menor fue la del tratamiento 8 con 2.49 gr se puede mencionar que de todos los tratamientos evaluados no existiendo diferencias significativas entre ellos.

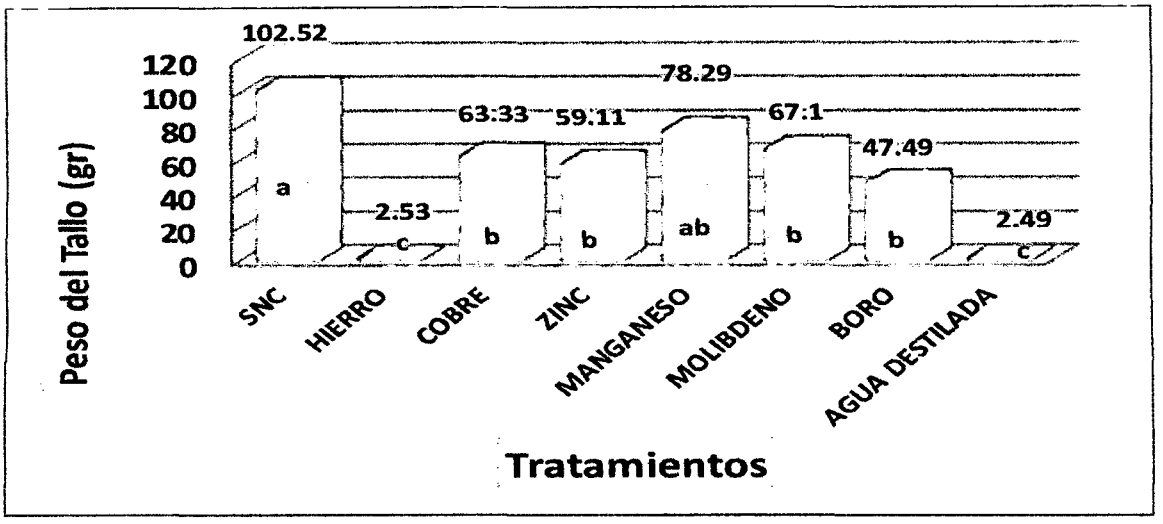


Figura 7. Peso fresco del tallo en gramos de los tratamientos en el cultivo de "sacha inchi" (*Plukenetia volubilis L.,*). Pucallpa, Perú, 2011.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la prueba de tukey. En la figura 7 se presentan los valores obtenidos por cada tratamiento donde el mayor peso fresco fue alcanzado por el T1 (SNC), seguida de T5 (-Mn) y T6 (-Mo), superando así estos al T8 (AD). El mayor peso fresco del tallo alcanzado por T1 (SNC) también se explica como se indica en la primera variable evaluada (Diseño de tukey) ya que la SNC juega un papel importante en las reacciones metabólicas de la planta y el aprovechamiento de todos los elementos la cual se obtuvo mayor influencia en la absorción de micronutrientes en el metabolismo de la planta, al mismo que se pudo observar una relación directa entre el peso fresco y el peso seco, de manera que la acumulación del peso seco de una planta está en base a su área foliar.

En cuanto a los valores obtenidos muy por debajo de T1 (SNC) en el peso fresco se tienen a T8 (AD), seguida de T2 (-Fe) al mismo que también se observa una relación directa de todos los tratamientos.

Estos resultados concuerdan con la afirmación de Kiesselbach (1916), al indicar que la deficiencia de un elemento nutritivo en la planta dará como consecuencia irregularidades en su metabolismo ya sea de manera incremental o de pérdida en el volumen y peso normal de la planta, al igual que Heath y Gregory (1938), al afirmar que el principal factor determinante que conduce a la existencia de apreciables diferencias en la acumulación de peso fresco en los distintos tipos de plantas es la tasa de expansión de la superficie foliar.

4.8. Síntomas de deficiencia.

Registro de los tratamientos en la evaluación de síntomas observados.

Cuadro Nº 9. Síntomas observados en los tratamientos.

TRATAMIENTOS	SINTOMAS OBSERVADOS
SNC (T1)	No se logró observar síntomas de deficiencia en cuanto a color, forma, tamaño y localización.
SN –Fe (T2)	Clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura la cual ocupo a los 30 días el 100 % de la hoja.
SN –Cu (T3)	Clorosis poco aparente y poco distinguido por el severo la descenso el desarrollo de las plantas la cual a los 45 días las Hojas más Jóvenes manifestaron un color verde oscuro, se apreció un moteado que va muriendo, existiendo escasa formación de la lámina de la hoja.
SN –Zn (T4)	Clorosis marcada en zonas internervales del ápice de las hojas, De color verde las nervaduras de las hojas con pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras, y a los 40 dias los entrenudos se reduce especialmente en su anchura y afecta su crecimiento.
SN –Mn(T5)	Clorosis internerval con nervios principales cloróticos, pequeñas áreas necróticas en los 60 dias se manifestó una clorosis entre las venas de. Las hojas viejas y jóvenes, la cual posteriormente se marchitaron.
SN –Mo (T6)	Hojas con manchas amarillas con el borde delimitado en las nervadura algunos puntos necróticos, desde las hojas mas viejas hasta las mas Jóvenes, a los 70 días se huequearon y se quemaron en los bordes.
SN –B (T7)	Coloración verde claro de la hoja y que en ciertas partes son retorcida cual al mes se dedujo la manifestación sintomatológica en la del boro con un 70 % del total de la planta, también afectaron al tallo y esta manifestación sintomatológica se pudo observar a los 65 dias durante el desarrollo del experimento.

4.8.1. *Solución nutritiva completa de Hougland y Arnon*

En la foto 1 se observó que no se presentaron síntomas de deficiencia de los micro nutrientes en cuanto a color, forma, tamaño y localización; esto se explica a que la solución nutritiva contenía a los micro y macro nutrientes aplicada a una concentración de 50 %, lo que se puede corroborar con Furlani (1998), al indicar que la solución de Hoagland es ampliamente utilizada para varios cultivos a diversas concentraciones, cuando esta resulta toxica puede afectar el crecimiento y manifestar síntomas de toxicidad y se debe diluir para un mejor crecimiento de la planta. Al respecto Pérez (1993), en el cultivo de menta (*Mentha piperita)* con solución nutritiva de Hoagland y Arnon encontró un mejor crecimiento en concentración de 50 %, recomendando elevar al 75 % a los 30 días y al 100 % a partir de la floración.

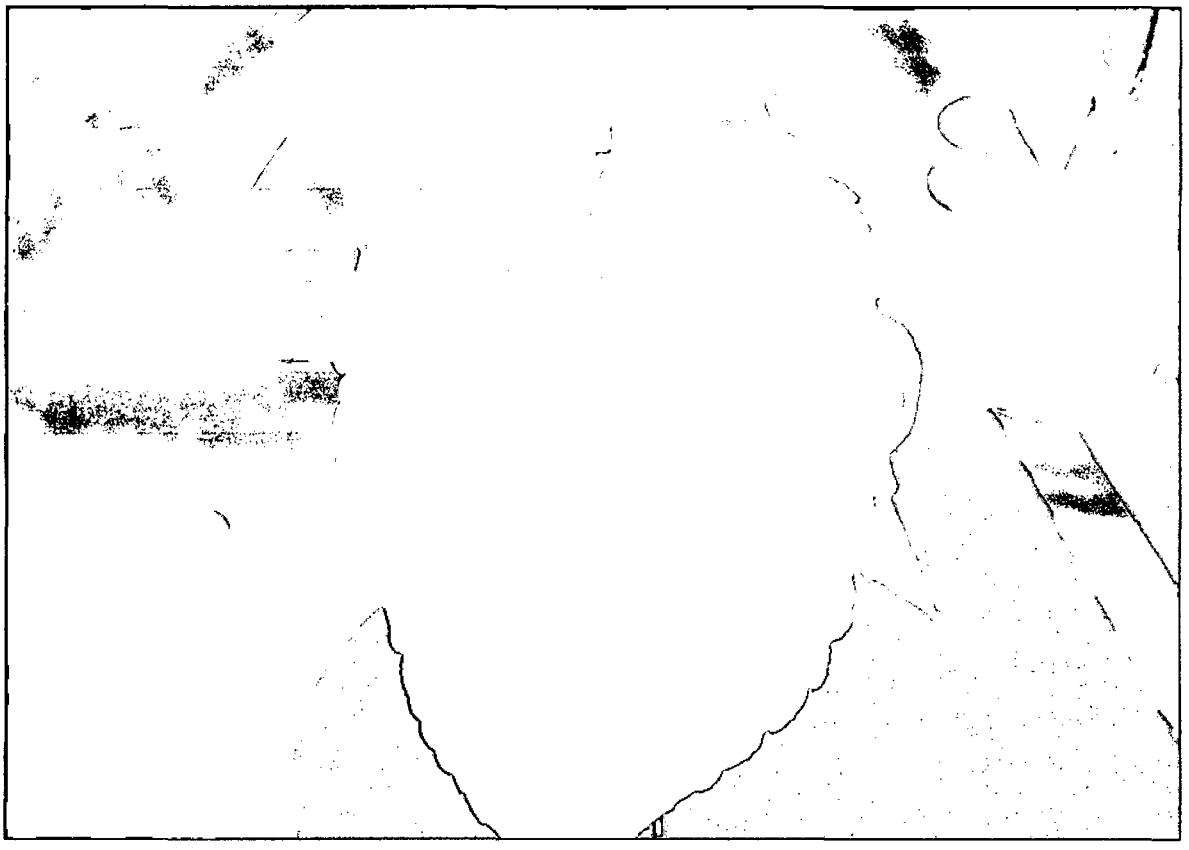


Foto No 1. Muestra de hoja en el tratamiento con solución nutritiva completa, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.2. Deficiencia de Fe.

En la foto 2 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento Fe, lográndose observar una clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura; lo que se corrobora 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 Fe. Al respecto Donahue (1982), manifiesta que la deficiencia de Fe causa clorosis en las hojas, asociada con la poca cantidad de clorofila al mismo que repercute en el peso seco y peso fresco.



Foto No 2. Síntoma de deficiencia del elemento Hierro, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.3. Deficiencia de Cu.

En la foto 3 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento Cu, lográndose observar una clorosis poco aparente; lo que no aproxima mucho a los resultados obtenidos por Bastin (1970), indicando que las hojas más jóvenes toman un color verde oscuro, se enrollan y aparece un moteado que va muriendo, existiendo escasa formación de la lámina de la hoja, disminución de su tamaño y enrollamiento hacia la parte interna, lo cual limita la fotosíntesis; pero lo observado en este trabajo si concuerda con los síntomas mencionados en la clave de diagnosis según Pérez (1993), encontrando una clorosis poco aparente, puede haber muerte de la yema terminal y que posiblemente Bastin (1970), haya determinado estos síntomas en plantas adultas y no en una fase inicial de crecimiento.

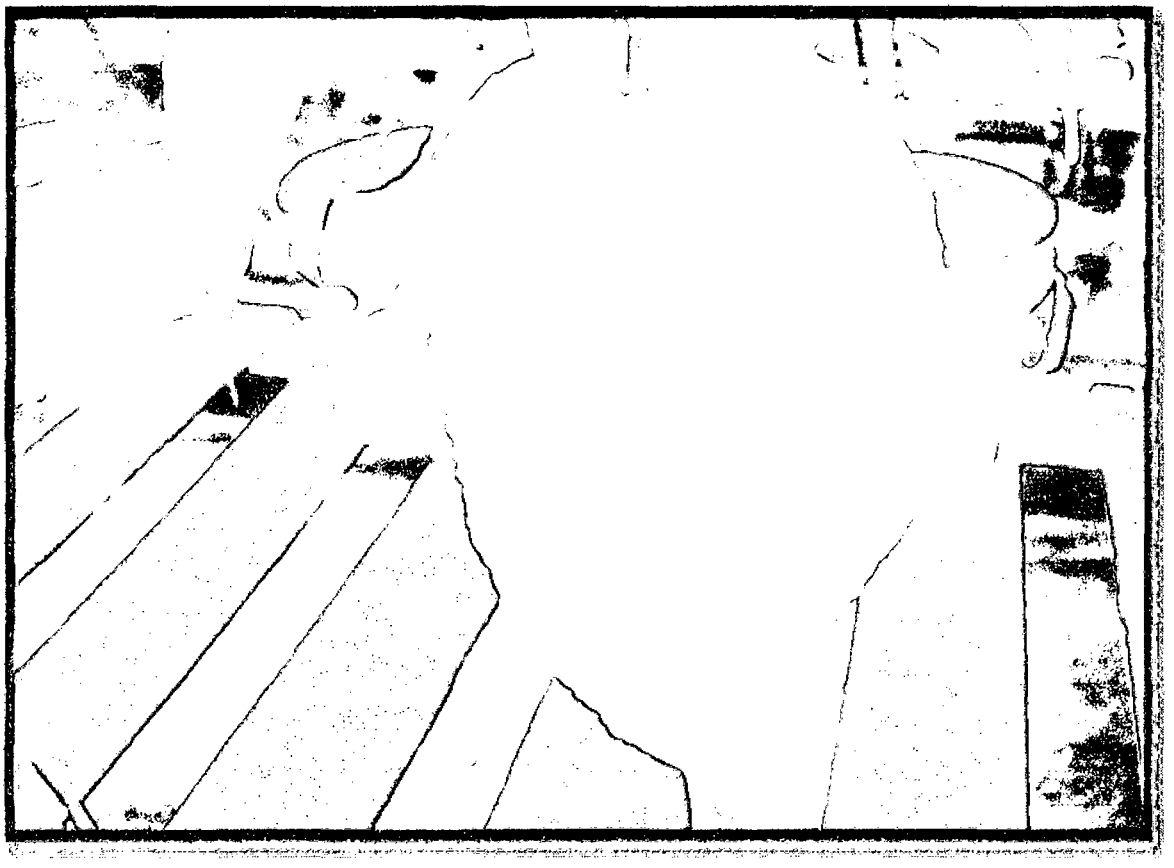


Foto No 3. Síntoma de deficiencia del elemento Cobre, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.4. *Deficiencia de Zn.*

En la foto 4 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento Zn, lográndose observar una clorosis marcada e zonas internervales en el ápice y borde, manteniendo clorosis las nervaduras de las hojas, con pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras; a diferencia de los síntomas observados por Ipiens (1954), en el cultivo de tomate con un engrosamiento basal de los pecíolos de las hojas, manchas generalizadas con crecimiento rápido, pero disminuye su longitud; la lámina foliar toma una coloración pálida y una consistencia gruesa, apergaminada, con entorchamiento hacia fuera y con ondulaciones en los bordes; esta diferencia posiblemente se deba a que el cultivo de tomate llega a su estado de madurez en corto tiempo comparada con el periodo vegetativo del cultivo de noni al ser un cultivo permanente lo que se corrobora con Donahue (1982), indicando que los síntomas de la deficiencia de un nutriente en particular puede variar según la especie de la planta.



Foto No 4. Síntoma de deficiencia del elemento Zinc, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.5. Deficiencia de Mn.

En la foto 5 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento Mn, lográndose observar una clorosis internerval con nervios principales cloróticos, pequeñas áreas se mantienen verdes; estos síntomas asemejan a los observados en el mismo elemento por Amberger (1975), al observar clorosis presente entre las venas de las hojas viejas o jóvenes y que estos síntomas pueden variar con la especie de la planta; lo observado concuerda ligeramente con los síntomas mencionados por Pérez (1998), indicando que los síntomas de deficiencia con la carencia del Mn es la clorosis internerval, nervios principales cloróticos, mientras que pequeñas áreas circundantes se mantienen verdes y pequeñas manchas necróticas esparcidas por toda la hoja.

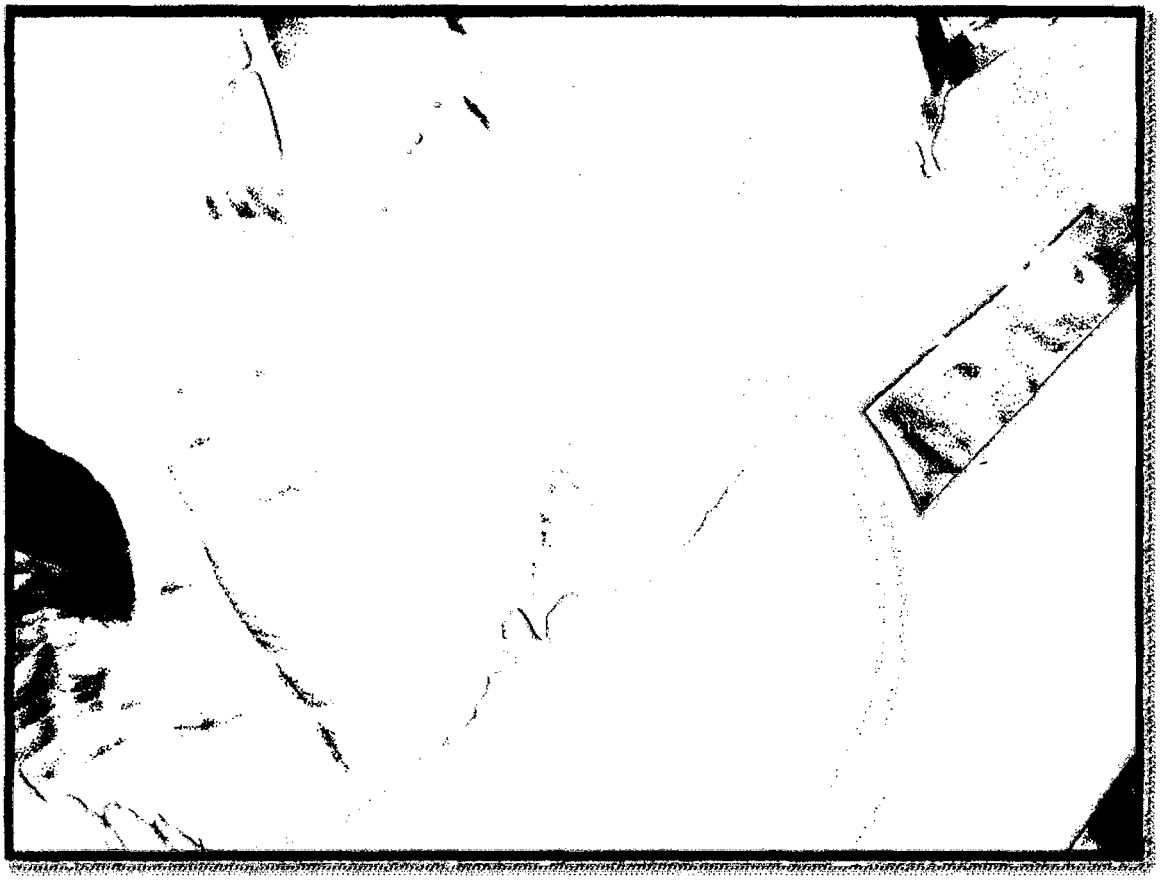


Foto Nº 5. Síntoma de deficiencia del elemento Manganeso, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.6. *Deficiencia de Mo.*

En la foto 6 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento Mo, lográndose observar en la hoja manchas amarillas con el borde delimitado en las nervaduras y algunos puntos necróticos; estos síntomas concuerdan con los síntomas mencionados en la clave de diagnosis según Pérez (1993), pero que no asemejan mucho con 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.



Foto No 6. Síntoma de deficiencia del elemento Molibdeno, Pucallpa, Perú, 2011.

4.8.7. *Deficiencia de B.*

En la foto 7 se presentan los síntomas de deficiencia obtenidos con la carencia del elemento B, lográndose observar una coloración verde claro y que en ciertas partes de la hoja son retorcidas, estos datos también concuerdan con Mengel et al., (1982), al indicar que las hojas jóvenes toman un color verde claro en la base, por lo que su crecimiento posterior las hojas están retorcidas.

Estos resultados se corroboran con Donahue (1982), al indicar que la deficiencia de boro retarda el desarrollo de la planta, acorta los entrenudos, ocasionando a las hojas terminales un parecido a los de las rosas.

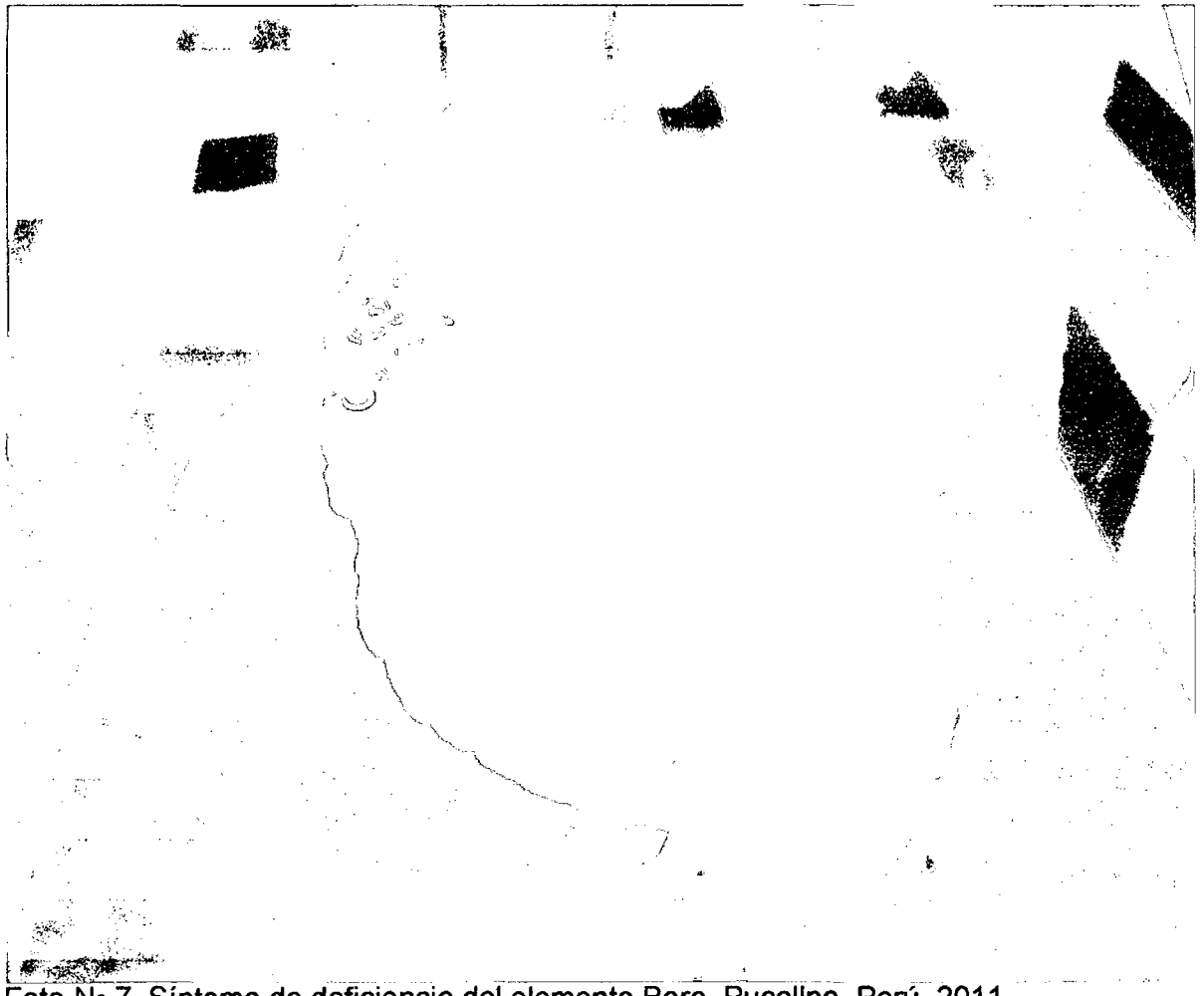


Foto No 7. Síntoma de deficiencia del elemento Boro, Pucallpa, Perú, 2011

V. CONCLUSIONES.

Después del análisis de la prueba de promedios y de los parámetros que se evaluó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

5.1. Estadísticamente los resultados de la prueba de promedios indican que las variables que presentaron significancia fueron: Numero de brotes, peso de la raíz, peso del tallo, longitud de parte aérea, longitud de raíz, diámetro de tallo, número de hojas.

5.2. El T2 (-Fe) presentó efecto negativo en las variables evaluadas como longitud de parte aérea y longitud de raíz con el valor promedio de 32.13cm y 12.625cm respectivamente, el T2 (-Fe) presentó efecto negativo en la mayoría de las variables evaluadas como Numero de hojas con un promedio de 3,13 hojas por planta; Diámetro de tallo 0.6725cm; Numero de brotes con 9.125 por planta.

5.3. *En cuanto a los síntomas observados en los tratamientos con carencia de micro* nutrientes, fueron los siguientes: T2 (-Fe) clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura; T3 (-Cu) clorosis poco aparente; T4 (-Zn) clorosis marcada en zonas internervales en el ápice y borde, manteniéndose verde las nervaduras de las *hojas con pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras*; *T5 (-Mn)* clorosis internerval con nervios principales cloróticos, pequeñas áreas verdes; T6 (-Mo) hojas con manchas amarillas con el borde delimitado en las nervaduras y algunos puntos necróticos; T7 (-B) coloración verde claro de la hoja y que en ciertas partes son retorcidas; de manera que la ausencia de cualquier micro nutriente esencial afecta el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos y experiencia se recomienda lo siguiente:

6.1. La metodología utilizada sirve para determinar síntomas de deficiencia de micro nutrientes y sus efectos en el crecimiento inicial del "sacha inchi", sin embargo se recomienda darle un tiempo adicional de dos meses a las observaciones que, las empleadas en el presente experimento hasta obtener una respuesta más completa de los síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento.

6.2. Estudiar los efectos de síntomas de deficiencia y la presencia de otros factores como edad de la planta, la conductividad eléctrica, luminosidad, humedad del ambiente, manejo de solución nutritiva, entre otros.

6.3. Realizar en cada tratamiento trabajado el análisis foliar ya que permitirá si la carencia del elemento faltante es correcto la cual nos daría mayor grado de confiabilidad en soluciones nutritivas.

6.4. Aplicar dosis de solución nutritiva la cual tendremos como resultado las manifestaciones sintomatológicas para poder determinar la deficiencia de los nutrientes y compararlos con otros estudios realizados en la determinación de la deficiencia de micronutrientes en el cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L).

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Acosta M, 1998. Manual de Opciones Tecnológicas para el Manejo Ecológico del Cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.,)* en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 73 Pág.

2. *Amberger.* A, 1999. *Protein biosíntesis and effect of plant in the process of* protein formation. Inst. Int. de la Potasa. Berna.

3. Bastin. R, 2001. Tratado de Fisiología Vegetal. Versión Española de M. Serrano. Ed. CECSA. Barcelona.

4. Baeyens. J,1998. Nutrición de las plantas de cultivo. Versión esp. De J.Mª Mateo Box y P. Urbano. Ed. Lemos. Madrid.

5. Boroughs, 2000. The foliar absortion by cocoa of labelled, sodium. Potassium and ammonium phosphate as influenced by pH. Plant and Soil, XIX, Pp 239 – 244.

6. Calderón. F, 2002. Preparación de la solución Nutritiva y los Fertilizantes Sólidos. Hidroponía una Esperanza para Latinoamérica (nl., 1996. Lima. 1997. Ed. *Lima Universidad Nacional Agraria de la Molina.* Pp 365 – 393.)

7. Cochrane. T, y Sánchez. P, (2003). Caracterización agro ecológica para el desarrollo de las pasturas en suelos ácidos de América Tropical In, J. M. Toledo Ed. 1982. Manual para la Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia CIAT, 23 – 24 p.

8. Codesu. F, 1998. Propuesta de investigación: Evaluación agronómica y potencial de mercado de eco tipos de sacha inchi (*Plukenetia volúbilis L)* en condiciones agro ecológicas de ucayali. Abril. Pucallpa, Perú.

8. Díaz. Z, 2005. Manual de fertilidad de suelos. Universidad Nacional de Ucayali. Pg 10 – 45.

9. Dickson y Isebrands. J.G, 2001. 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, pp 3 – 34.

10. Donahue, R, 2004. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 1 Ed. San José, Costa Rica. 126 – 151 p.

11. Estación meteorológica de la universidad nacional de Ucayali. Datos Meteorológicos, (2011). Archivos no Publicados.

12. Furlani.P, 2003. Soluciones Nutritivas para el cultivo Hidropónico. Composición Química y Manejo. Instituto Agronómico de Campañas. Sao Paulo, Brasil. 15 pp.

13. Heath. O y Gregory. F, 2002. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. Ann. Bot. N. S. 2, 811 – 818.

14. Hoagland y Arnon. D, 1998. Preparación de Solución Nutritiva Stock.

15. Hundt, 1999. *Investigations on the influence of the micronutrient boron on* nucleic acid metabolism. Thaer Arch 243 – 250 pp.

16. Ipiens. A, 1998. Tratado de Química General. (2 tomos). T. P. de Alcalá de Henares. Madrid 13 – 15 pp.

17. Kiesselbach. T, 2003. Efecto de los nutrientes en el peso seco y transpiración en el cultivo de maíz. Pg. 44 - 45

18. Mahler. A, 2006. The roles of Cu in some enzyme – catalalysed oxidation reactions. Rev. Trace – elements, pp. 311-335.

19. Mengel. K, (1998. Principles of plant nutrition. Inst. int de la Potasa. Berna.

20. Millikan. C, 2001. Effect of Molybdenum on the severity of Toxicity Simptoms in Flax induced by an excess Mn, Zn, Cu, Ni or Co in the Nutrient Solution. Australian Inst. Agr. Science, N° 13, pp. 180 – 186.

21. Palácios. M, 2006. Poder Curativo y Nutricional del Noni. Editorial Miguel ángel. Lima, Perú. Tercera Edición. 60 Pág.

22. Pérez. L, 2001. Cultivo de plantas con soluciones Nutritivas, pg. 1-50.

23. Pérez. L,1998. Guía de práctica de Fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Ucayali. Pg 19 - 24.

24. Resh. H, 2001. Cultivos Hidropónicos 3ª. Ed. Edit. Mundi prensa Madrid, España. Pp 251.

25. Revelo. P, 2004. Palmicultura moderna 1ª. Ed. Edit. Galrobayov Cali, Colombia. Pg. 101 – 109.

26. Smith. H, 2001. photoperception, and plant strategy. Annu. Rev. Plant Physiol. 3: 163 – 177.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1A. Datos meteorológicos durante el ensayo (Enero – Mayo 2011).

Meses	Temperatura			Presión. Atm.	Precipitación (mm)	Humedad Relativa %	Horas luz/día
	Max.	Min.	Med.				
Enero	31.1	23.1	27.1	996.7	204.9	85	4,6
Febrero	29	22.7	25.9	998.1	311.8	91.8	4,4
Marzo	29.4	23.8	26.2	997.5	272.9	90	4,3
Abril	31	22.8	27	998	165.8	87	5,8
Mayo	30.5	22.3	26.4	998.3	150.4	85	5,7
Promedio	30.2	22.94	26.52		221.16	87.76	4,96
Total					1105.8		

Fuente: Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Pucallpa, Perú.

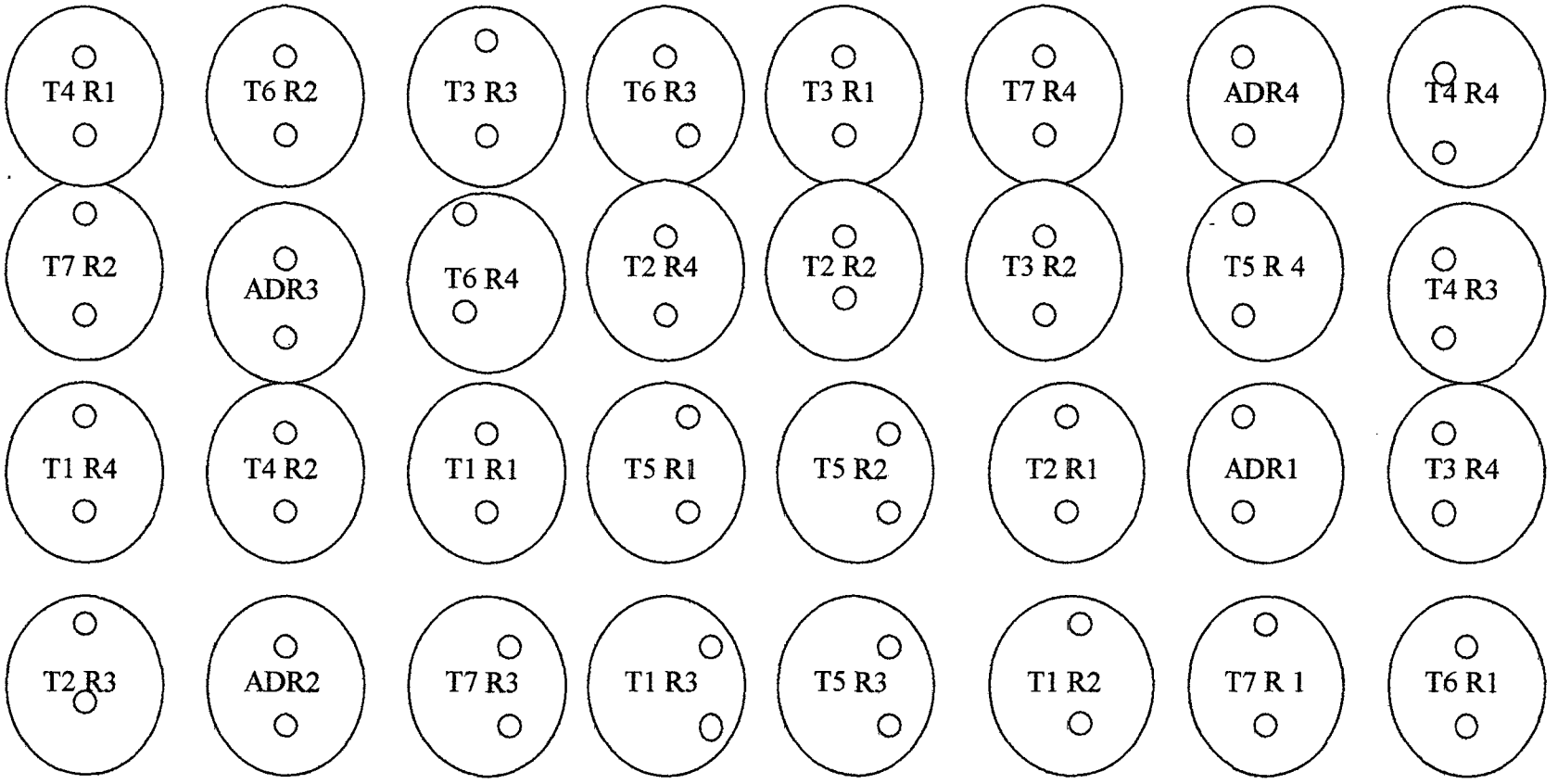
Cuadro 2A. Observaciones registradas de los tratamientos sobre el pH y Temperatura.

Promedios de temperaturas de los tratamientos.								
Balde N°	**SNC**	**SN -Fe**	**SN –Cu**	**SN -Zn**	**SN -Mn**	**SN -Mo**	**SN -B**	**AD**
1	31	32	31	30	31	30	30	30
2	29.5	32	31	30	31	31	31.5	30
3	31.5	33	31.5	31	30	31	31	29
4	29.5	32.5	30.5	30.5	30	30	30	30

Datos promedios de pH registradas durante el tiempo de ejecución del experimento.								
Balde N°	**SNC**	**SN -Fe**	**SN –Cu**	**SN -Zn**	**SN -Mn**	**SN -Mo**	**SN -B**	**AD**
1	6.72	5.8	6.76	6.81	6.43	6.36	6.4	5.98
2	7.19	5.09	6.86	6.52	6.49	6.45	6.52	5.93
3	6.92	5.31	6.51	6.6	6.68	6.52	6.47	5.89
4	7.15	5.55	6.33	6.67	6.73	6.48	6.42	6.03

SNC : Solución Nutritiva Completa.
SN -Fe : Solución Nutritiva - Hierro.
SN –Cu : Solución Nutritiva - Cobre.
SN -Zn : Solución Nutritiva –Zinc.
SN -Mn : Solución Nutritiva – Manganeso.
SN -Mo : Solución Nutritiva – Molibdeno.
SN -B : Solución Nutritiva – Boro.
AD : Agua Destilada.

Figura 3A. Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones (disposición de los baldes).



Cuadro 4A. Análisis de variancia longitud aérea versus tratamientos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	53595	7656	47.24	0.000	*
Error	24	3890	162			
Total	31	57485				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T3	T5	T6	T7	T4	T2	T8
T1 (164.88)	-------							
T3 (108.13)	*	---------						
T5 (94.25)	*	N.S	---------					
T6 (78.13)	*	*	N.S.	--------				
T7 (76.13)	*	*	N.S.	N.S.	--------			
T4 (74.25)	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T2 (32.13)	*	*	*	*	*	*	-------- -	
T8 (26.31)	*	*	*	*	*	*	N.S.	--------

Cuadro 5A Análisis de variancia nº de hojas versus tratamientos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	15900	2271	21.62	0.000	*
Error	24	2521	105			
Total	31	18422				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T6	T5	T7	T3	T4	T8	T2
T1 (75.63)	--------							
T6 (45.38)	*	----------						
T5 (45.25)	*	N.S.	----------					
T7 (43.50)	*	N.S.	N.S.	--------				
T3 (38.88)	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T4 (29.75)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T8 (3.63)	*	*	*	*	*	*	--------	
T2 (3.13)	*	*	*	*	*	*	N.S.	--------

Cuadro 6A. Análisis de variancia de longitud de la raíz versus tratamientos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	807.6	115.4	9.74	0.000	*
Error	24	284.4	11.9			
Total	31	1092.0				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T8	T5	T4	T1	T6	T7	T3	T2
T8 (28.375)	--------							
T5 (24.125)	N.S.	----------						
T4 (22.375)	N.S.	N.S.	----------					
T1 (22.250)	N.S.	N.S.	N.S.	--------				
T6 (20.625)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T7 (19.438)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T3 (12.938)	*	*	*	*	N.S.	N.S.	--------	
T2 (12.625)	*	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------

Cuadro 7A. Análisis de variancia de diâmetro de tallo versus tratamentos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	0.53824	0.07689	13.45	0.000	*
Error	24	0.13719	0.00572			
Total	31	0.67543				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T4	T6	T5	T7	T3	T2	T8
T1 (0.92125)	--------							
T4 (0.88875)	N.S.	----------						
T6 (0.86375)	N.S.	N.S.	----------					
T5 (0.82125)	N.S.	N.S.	N.S.	--------				
T7 (0.81625)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T3 (0.78750)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T2 (0.67250)	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------	
T8 (0.49500)	*	*	*	*	*	*	*	-------

Cuadro 8A. Temperatura de la solución versus tratamientos

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	16.375	2.339	5.91	0.000	*
Error	24	9.500	0.396			
Total	31	25.875				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T2	T3	T7	T5	T6	T1	T4	T8
T2 (32.375)	--------							
T3 (31.000)	N.S.	---------						
T7 (30.625)	*	N.S.	---------					
T5 (30.500)	*	N.S.	N.S.	--------				
T6 (30.500)	*	N.S.	N.S.	N.S.	---------			
T1 (30.375)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T4 (30.375)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------	
T8 (29.750)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------

Cuadro 9A. pH de salida versus tratamientos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	5.4221	0.7746	26.84	0.000	*
Error	24	0.6927	0.0289			
Total	31	6.1148				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T5	T7	T3	T6	T4	T2	T8
T1 (6.6925)	--------							
T5 (6.6250)	N.S.	---------						
T7 (6.6025)	N.S.	N.S.	---------					
T3 (6.5550)	N.S.	N.S.	N.S.	--------				
T6 (6.5100)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T4 (6.4850)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T2 (5.8800)	*	*	*	*	*	*	--------	
T8 (5.4600)	*	*	*	*	*	*	*	--------

Cuadro 10A. pH de entrada versus tratamientos.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	6.4935	0.9276	30.09	0.000	*
Error	24	0.7398	0.0308			
Total	31	7.2332				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T4	T3	T5	T6	T7	T8	T2
T1 (6.9950)	--------							
T4 (6.6500)	N.S.	---------						
T3 (6.6150)	N.S.	N.S.	---------					
T5 (6.5825)	*	N.S.	N.S.	--------				
T6 (6.4525)	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T7 (6.4525)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T8 (5.9575)	*	*	*	*	*	*	--------	
T2 (5.4375)	*	*	*	*	*	*	*	--------

CUADRO 11A- nº de brotes versus tratamientos

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	1254.0	179.1	5.12	0.001	*
Error	24	839.0	35.0			
Total	31	2093.0				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T4	T7	T1	T6	T5	T3	T2	T8
T4 (21.250)	--------							
T7 (19.750)	N.S.	---------						
T1 (16.750)	N.S.	N.S.	---------					
T6 (14.875)	N.S.	N.S.	N.S.	--------				
T5 (14.375)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T3 (14.125)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T2 (9.125)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------	
T8 (0.000)	*	*	*	*	*	*	*	--------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL

CUADRO 12 A -peso de la raíz versus tratamientos

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	23712.2	3387.5	34.03	0.000	*
Error	24	2389.3	99.6			
Total	31	26101.5				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T6	T5	T4	T7	T3	T8	T2
T1 (103.39)	--------							
T6 (45.56)	*	---------						
T5 (40.57)	*	N.S.	---------					
T4 (34.61)	*	N.S.	N.S.	--------				
T7 (33.13)	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T3 (30.36)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T8 (15.85)	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------	
T2 (6.24)	*	*	*	*	*	*	N.S.	--------

CUADRO 13 A - peso tallo versus tratamientos

Fuente	G.L	SC	CM	F	P	Significancia
Tratam.	7	34252	4893	25.03	0.000	*
Error	24	4691	195			
Total	31	38943				

Nivel de confianza individual = 99,71%

Prueba de medias

Trat vs Trat.	T1	T5	T6	T3	T4	T7	T2	T8
T1 (102.52)	--------							
T5 (78.29)	N.S.	---------						
T6 (67.10)	*	N.S.	---------					
T3 (63.33)	*	N.S.	N.S.	--------				
T4 (59.11)	*	N.S.	N.S.	N.S.	--------			
T7 (47.49)	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	--------		
T2 (2.53)	*	*	*	*	*	*	--------	
T8 (2.49)	*	*	*	*	*	*	N.S.	--------

IX. ICONOGRAFÍAS

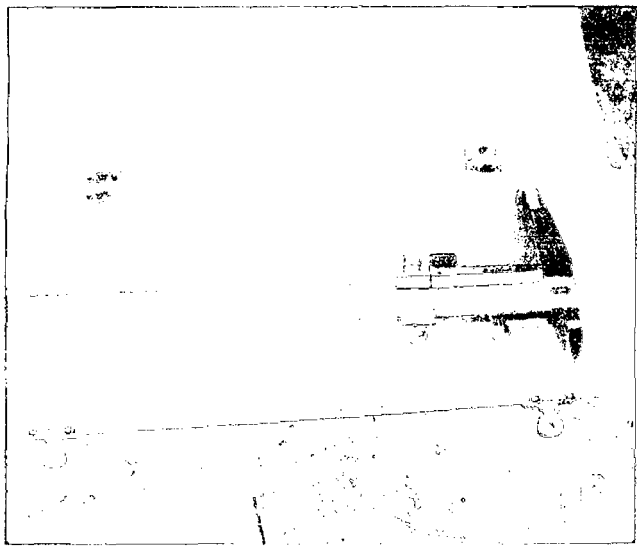


Foto No 8. Material vernier utilizado en tesis.

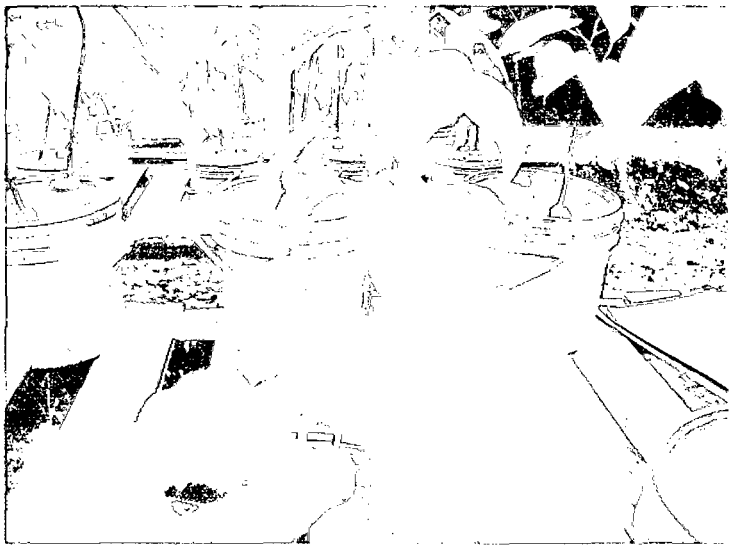


Foto No 9. Ubicación de síntomas de deficiencia.

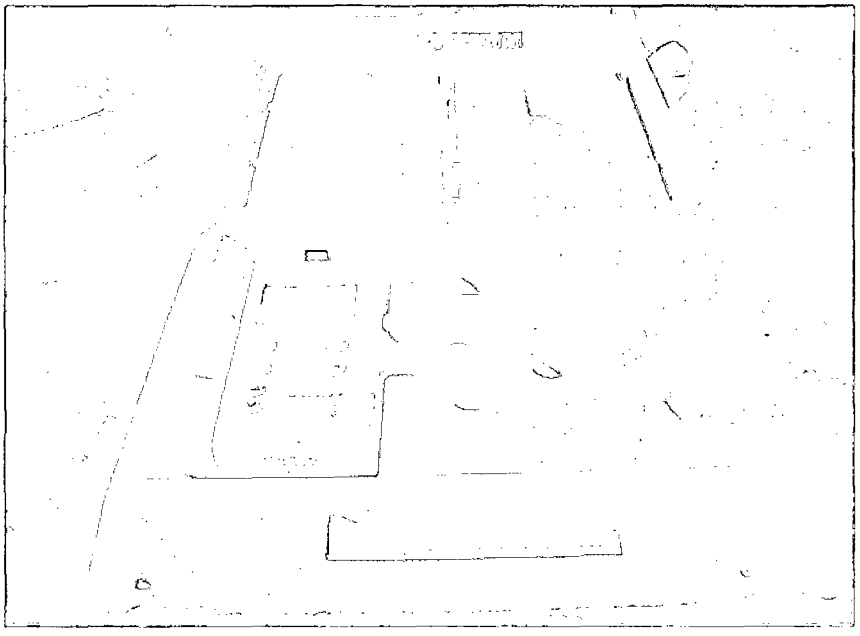


Foto No 10. Kid (toma de datos de PH), utilizado en la tesis.

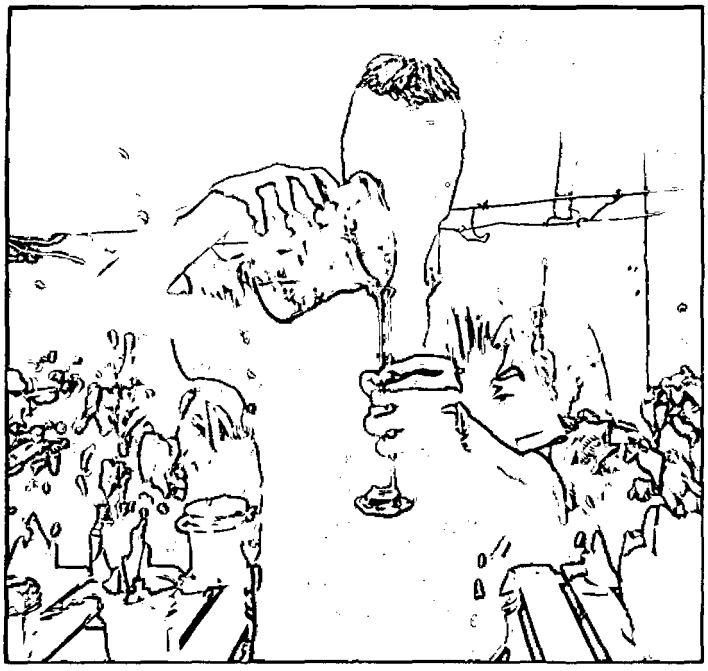


Foto No 11. Cambio de solución nutritiva.

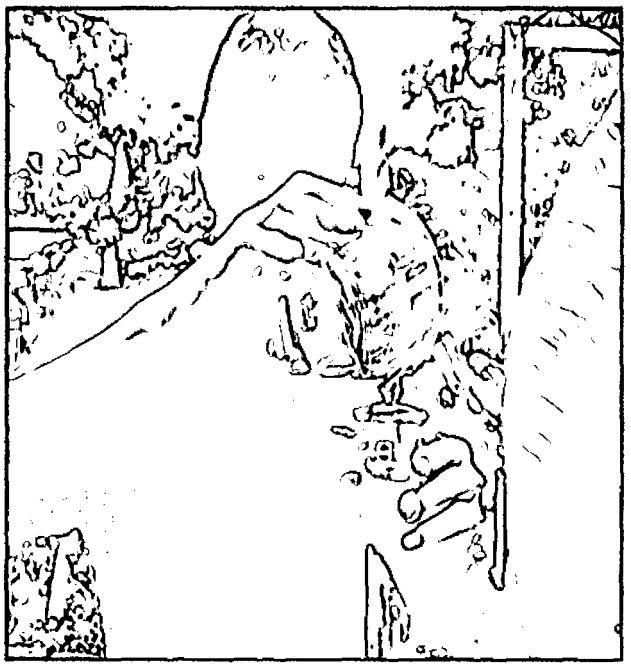


Foto No 12. Preparación de Hierro.

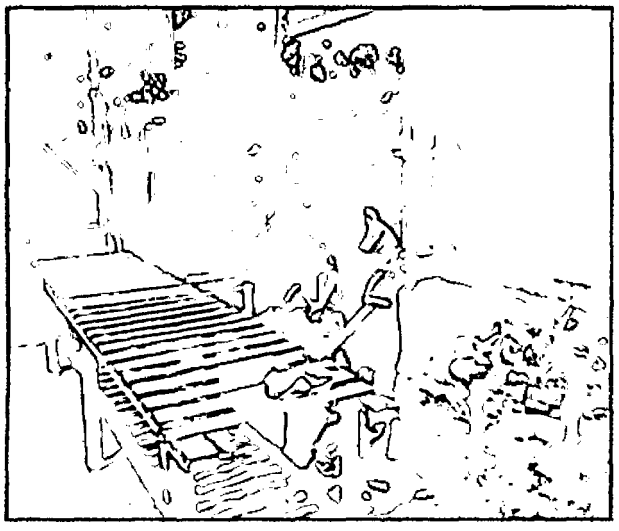


Foto No 13. Construcción del área de trabajo.



Foto No 14. Tratamiento 2- Síntoma de Hierro.

765T