

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA CARENCIA DE MICRO ELEMENTOS EN EL
CRECIMIENTO DE PLANTONES Y SINTOMAS DE
DEFICIENCIA EN EL CULTIVO DE CAMU CAMU (*Myrciaria
dubia* (H.B.K) Mc. Vauhg).**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

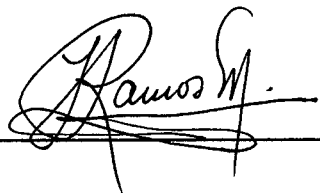
ABEL RAMÍREZ TELLO

PUCALLPA – PERÚ

2014

APROBACIÓN

Tesis aprobada por el jurado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Agroindustriales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por:



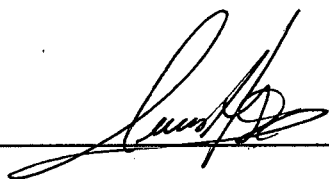
Ing. Felipe Alfonso Ramos Macedo

Presidente



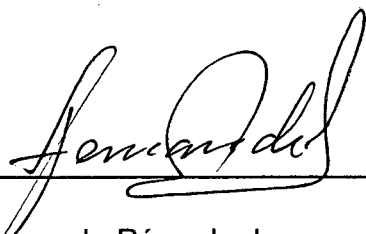
Ing. M sc. Héctor Arbildo Paredes

Secretario



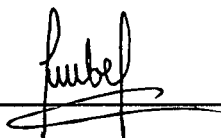
Ing. Luis Alberto Díaz Sandoval

Miembro



Dr. Fernando Pérez leal

Asesor



Abel Ramírez Tello

Tesista

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme por la senda del bien y el camino del éxito.

A mi Tío Dr. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, por el apoyo que me brindó en cada momento de mi vida.

A mi Abuelita Isabel Chumbe López vda. De Ramírez, quien me alentó cada día en mi diario caminar.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali mi alma mater, quien me albergó en sus aulas durante mis estudios.

A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias quienes me impartieron sus conocimientos en mi formación profesional.

Al Doctor Fernando Pérez Leal, asesor de la presente tesis por su apoyo incondicional durante la realización de este estudio.

A todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron en este estudio de investigación.

INDICE

Págs.

I.	INTRODUCCION.....	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	02
2.1.	Clasificación taxonómica.....	02
2.2.	Sinonimia.....	03
2.3.	Origen y distribución geográfica.....	04
2.4.	Morfología.....	04
2.5.	Variabilidad.....	05
2.5.1.	Variabilidad interespecífica.....	05
2.5.2.	Variabilidad intraespecífica.....	05
2.6.	Métodos de propagación vegetativa aplicables al camu camu.....	10
2.7.	Ventajas de la propagación vegetativa.....	13
2.8.	Desventaja de la propagación vegetativa.....	14
2.9.	Composición.....	18
2.10.	Uso.....	18
2.11.	Nutrición mineral.....	21
2.12.	Efectos de los micros elementos en el crecimiento de la planta.....	22
2.13.	Nutrición mineral de las plantas en soluciones nutritivas.....	23
2.14.	Cultivo hidropónicos.....	24
2.15.	Etapas del sistema de raíz flotante.....	25
2.16.	Control y manejo de la solución nutritiva.....	26
2.17.	De la investigaciones en nutrición mineral.....	28
III.	MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1.	Ubicación.....	31
3.2.	Duración del estudio.....	31
3.3.	Ecología y clima.....	31
3.4.	Materiales, insumos y equipos.....	33
3.4.1.	Materiales.....	33
3.4.2.	Insumos.....	33
3.4.3.	Equipos.....	33
IV.	VARIABILIDAD Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	34

4.1.	Variables evaluadas.....	34
4.1.1.	Variables independientes.....	34
4.1.2.	Variables dependientes.....	34
4.2.	Operacionalización de las variables.....	35
4.2.1.	Variables independientes.....	35
4.2.2.	Variables dependientes.....	35
4.3.	Diseño estadístico.....	36
4.4.	Modelo estadístico.....	36
4.5.	Esquema del análisis de variancia.....	37
4.6.	Parcela experimental.....	37
4.7.	Datos registrados.....	37
4.8.	Metodología.....	38
V.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
5.1.	Análisis del efectos en el crecimiento que causa la ausencia de cada uno de los elementos esenciales micro nutriente en el crecimiento de camu camu, 90 días después del trasplante a solución nutritiva.....	43
5.2.1.	Longitud de la parte aérea.....	45
5.2.2.	Longitud de la raíz.....	45
5.2.3.	Diámetro de tallo.....	46
5.2.4.	Número de hojas.....	48
5.2.	En general en cuanto a crecimiento.....	49
5.3.	Síntomas de deficiencia que causan cada uno de los elementos Esenciales micro nutriente en el Cultivo de camu camu a los 90 días de iniciado los tratamientos.....	53
5.4.	Síntomas visuales de deficiencia por tratamiento: color, forma, tamaño y localización.....	53
5.5.	Elementos menores (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B).....	73
5.5.1.	Aspecto general en cuanto a los síntomas.....	73
IV.	CONCLUSIONES.....	86
VII.	RECOMENDACIONES.....	87
VIII.	BIBLIOGRAFIAS.....	88
IX.	ANEXOS.....	93

LISTA DE CUADROS

Págs.

1	Características de diferentes tipos de Camu camu, colectado, procedentes de las distintas zonas del departamento de Loreto.....	07
2	Comparativo del contenido de vitamina C (mg/100 g).....	21
3	Soluciones stock componentes de solución nutritiva de Hoagland.....	30
4	Composición de la solución de micronutrientes (I).....	30
5	Datos meteorológicos durante el ensayo (Enero – Abril 2013).....	32
6	Análisis de Variancia.....	37
7	Soluciones “stock” de componentes de solución nutritiva de Hoagland y Arnon.....	40
8	Composición de la solución de micronutrientes (I).....	40
9	Cantidades de soluciones Stock en ml para preparar 1000 ml de solución nutritiva de Hoagland y Arnon.....	41
10	Análisis de variancia del crecimiento de longitud de la parte aérea de <i>M. dubia</i>	43
11	Análisis de variancia de crecimiento de longitud de la raíz de <i>M. dubia</i>	45
12	Análisis de variancia del crecimiento del diámetro del tallo de <i>M. dubia</i>	46
13	Análisis de variancia del número de hojas de <i>M. dubia</i>	48
14	Resultado de los análisis de variancia de las variables estudiadas sobre el efecto de la carencia de micro nutrientes en el crecimiento en el cultivo de <i>M. dubia</i> bajo condiciones de invernadero en Pucallpa.....	49
15	Efecto de la carencia de micro nutriente en el crecimiento en el cultivo de <i>M. dubia</i> cultivado en solución nutritiva, en Pucallpa y comparación de medias de las variables estudiadas.....	50

EN EL ANEXOS:

Cuadro	Págs.
16 Cronograma de actividades.....	93
17 Crecimiento promedio de longitud de la parte aérea en cm de <i>M. dubia</i> con nueve tratamiento, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.....	102
18 Crecimiento promedio de longitud de la raíz en cm de <i>M. dubia</i> con nueve tratamientos, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.....	102
19 Crecimiento promedio del diámetro del tallo en mm de <i>M. dubia</i> con nueve Tratamiento, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.....	103
20 Número de hojas promedio por planta de <i>M. dubia</i> con nueve tratamiento, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.....	104
21 ANVA de la conductividad eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.....	104
22 Promedio de la conductividad Eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.....	105
23 ANVA de la conductividad eléctrica de salida de las soluciones nutritivas.....	106
24 Promedio de la conductividad Eléctrica de salida de las soluciones.....	107
25 ANVA del pH de entrada de las soluciones nutritivas.....	108
26 Promedio del pH de entrada de las soluciones nutritivas.....	108
27 ANVA del pH de salida de las soluciones nutritivas.....	109
28 Promedio del pH de salida de las soluciones nutritivas.....	110

LISTA DE FIGURAS

EN EL TEXTO	Págs.
Figura 1 Comparación del crecimiento en altura de camu camu tratadas con nueve soluciones nutritivas.....	44
Figura 2 Comparación del crecimiento de la raíz de <i>M. dubia</i> tratadas con nueve soluciones nutritivas.....	45
Figura 3 Comparación del crecimiento del diámetro de <i>M. dubia</i> tratadas con nueve soluciones nutritivas.....	47
Figura 4 Comparación del número de hojas de <i>M. dubia</i> tratadas con nueve soluciones nutritivas.....	48
Figura 5 Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones (ejemplo de disposición de los balde).....	101
Figura 6 Promedio de la conductividad eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.....	106
Figura 7 Promedio de la conductividad eléctrica de salida de las soluciones nutritivas.....	107
Figura 8 Promedio del pH de entrada de las soluciones nutritivas.....	109
Figura 9 Promedio del pH de salida de las soluciones nutritivas.....	110

ICONOGRAFÍA

Fotografía		Págs.
Fotografía N°01	Solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.....	56
Fotografía N°02	Aspecto de la hoja de <i>M. dubia</i> cultivado en una solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.....	57
Fotografía N°03	Aspecto de las raíces de plantas de <i>M. dubia</i> cultivada en una solución completa de Hoagland y Arnon.....	57
Fotografía N°04	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin Fe.....	59
Fotografía N°05	Aspecto de las raíces de <i>M. dubia</i> cultivados en solución nutritiva sin Fe.....	59
Fotografía N°06	Aspecto de las hojas de plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución sin Cu.....	61
Fotografía N°07	Aspecto de la parte aérea de plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución nutritiva sin Cu en su estado avanzado.....	62
Fotografía N°08	Aspecto de las raíces de plantas de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin Cu.....	63
Fotografía N°09	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin Zinc.....	65
Fotografía N°10	Aspecto de las raíces de <i>M. dubia</i> de plantas cultivadas en solución nutritiva sin Zinc.....	65
Fotografía N°11	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin Mn.....	67
Fotografía N°12	Parte apical en estado avanzado de deficiencia de planta de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin Mn.....	67
Fotografía N°13	Aspecto de raíces de plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución nutritiva sin Mn.....	68
Fotografía N°14	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución nutritiva sin Mo en su estado avanzado.....	70

Fotografía N°15	Raíces de plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución nutritiva sin Mo.....	70
Fotografía N°16	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en solución nutritiva sin B.....	71
Fotografía N°17	Raíces de planta de <i>M. dubia</i> cultivada en solución nutritiva sin B.....	72
Fotografía N°18	Planta de <i>M. dubia</i> cultivada en agua destilada.....	73
Fotografía N°19	Raíz y aspecto de la hoja de planta de <i>M. dubia</i> cultivada en agua destilada.....	73
Fotografía N°20	Planta de <i>M. dubia</i> cultivada en agua Caño.....	74
Fotografía N°21	Raíces y aspecto de la hoja de plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en agua de caño.....	74
Fotografía N°22	Almácigo de Camu camu (<i>M. dubia</i>) Plantas almacigadas en sustrato arena de río, en edad (2meses) de ser repicadas a solución nutritiva.....	94
Fotografía N°23	Conservación de las plantas durante los dos meses antes de la repicada en los diferentes tratamientos.	94
Fotografía N°24	Recortes de las esponjas sintéticas para la instalación que va en el cuello de la plantas de (<i>M. dubia</i>).....	94
Fotografía N°25	Peso de las sales según la fórmula que nos indica las soluciones stock Componentes de Solución Nutritiva de Hoagland.....	95
Fotografía N°26	Soluciones Stock Componentes de Solución Nutritiva de Hoagland y Solución de Micronutrientes (I) preparados.....	95
Fotografía N°27	Limpieza de los materiales un día antes de ser utilizados la solución nutritiva de Hoagland.....	96

Fotografía N°28	Cantidad de solución nutritiva de Hoagland en mililitros aplicando a los diferentes tratamientos a través de una pipeta.....	96
Fotografía N°29	Instalación de los baldes en diversas soluciones nutritivas de <i>M. dubia</i>	97
Fotografía N°30	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en diferentes soluciones nutritivas distribuidas al azar.....	97
Fotografía N°31	Plantas de <i>M. dubia</i> en diversas soluciones nutritivas donde se aprecia los tratamientos entre T1 (una solución completa de Hoagland y Arnon), T2 sin Hierro, T3 sin Cu, T4 Sin Zn, T6 Sin Mo, T7 Sin B, T8 Agua destilada.....	97
Fotografía N°32	Plantas de <i>M. dubia</i> cultivadas en agua de caño (T9) y agua destilada (T8).	98
Fotografía N°33	Evaluación de Conductibilidad Eléctrica (Conductímetro) que es la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica.....	98
Fotografía N°34	Tesista: Abel Ramírez Tello y asesor de la tesis Dr. Fernando Pérez Leal.....	99
Fotografía N°35	Evaluación de Conductibilidad Eléctrica con un instrumento llamado Conductímetro es la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica	100

EFFECTO DE LA CARENCIA DE MICRO ELEMENTOS EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES Y SINTOMAS DE DEFICIENCIA EN EL CULTIVO DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc. Vauhg).

¹ Abel Ramírez Tello

RESUMEN

La falta de investigación, relacionados al cultivo de camu camu en soluciones nutritivas u otros estudios sobre los síntomas de deficiencia de micro elementos, obliga a buscar tecnología apropiada para encontrar el efecto de la carencia de micros nutrientes esenciales en la etapa de crecimiento de este cultivo. Este experimento se instaló en la ciudad de Pucallpa, en el Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el km. 6 de la Carretera Federico Basadre, Distrito de Callarúa, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, Selva baja de la amazonia, geográficamente ubicada a 8° 23' 39" de latitud sur y 74° 34' 39" de longitud oeste y 154 msnm. El experimento se realizó 21 Enero concluyendo el 21 de Abril del 2013, con el objetivo de determinar el efecto y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales micro nutrientes en el crecimiento de plantones camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) bajo condiciones de Pucallpa, utilizándose 72 plantas de camu camu. Para el análisis se empleó el Diseño Completamente al Azar con 9 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo un total de 36 unidades experimentales. Los tratamientos aplicados fueron: T1 - Solución nutritiva completa, T2 - Solución nutritiva sin Hierro, T3 - Solución nutritiva sin Cobre, T4 - Solución nutritiva sin Zinc, T5 - Solución nutritiva sin Manganeso, T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno, T7 - Solución nutritiva sin Boro, T8 - Agua destilada, T9 - Agua de caño. Se evaluó la variable dependiente como longitud de la parte aérea de la planta (cm), longitud de raíz (cm), diámetro de tallo (mm), numero de hojas/planta. Para los promedios se utilizó la prueba de TUKEY al 0.05%. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencia significativa en las variables longitud de la parte aérea, longitud de la raíz, diámetro de tallo, número de hojas. Se consideró que hubo mayor crecimiento de la parte aérea, en el tratamiento Solución completa de Hoagland y Arnon (T1) que ocupó el primer lugar en Longitud de parte aérea, diámetro del tallo y número de hojas, Sin embargo alcanzó un crecimiento intermedio en cuanto a longitud de raíz entre todos los tratamientos.

Siguiendo en el orden del crecimiento de la parte aérea el tratamiento carente de Cu (T3) que ocupó el segundo lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo y el tercer lugar en número de hojas y longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Mn (T5) que ocupó el sexto lugar en longitud de parte aérea, tercer lugar en diámetro del tallo, segundo lugar en número de hojas y quinto lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Zn (T4) que ocupó el tercer lugar en longitud de parte aérea, sexto lugar en diámetro del tallo, cuarto lugar en número de hojas y séptimo lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Fe (T2) que ocupó el quinto lugar en longitud de parte aérea, cuarto lugar en diámetro del tallo, quinto lugar en número de hojas y noveno lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Mo (T6) que ocupó el séptimo lugar en longitud de parte aérea, Quinto lugar en diámetro del tallo, sexto lugar en número de hojas y octavo lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de B (T7) que ocupó el cuarto lugar en longitud de parte aérea, séptimo lugar en diámetro del tallo, séptimo lugar en número de hojas y sexto lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento en agua destilada (T8) que ocupó el octavo lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo, número de hojas respectivamente y primer lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento en agua de caño (T9) que ocupó el noveno lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo, número de hojas respectivamente y segundo lugar en longitud de raíz. Visto el presente resultado desde su menor crecimiento del camu camu de la parte aérea, diámetro del tallo, y número de hojas: los cultivados en agua de caño ocuparon el último lugar, seguido de agua destilada, solución nutritiva carente de B, Mo, Fe, Zn, Mn, Cu, y solución completa de Hoagland y Arnon respectivamente. Estos resultados indican que los elementos más necesarios para el crecimiento de la parte aérea del camu camu fueron el B seguido del Mo, Fe, Zn, Mn, Cu. Por otro lado el mayor crecimiento en longitud de las raíces, en agua de caño y agua destilada con respecto a la solución nutritiva completa indican el mayor esfuerzo realizado por la planta para extender sus raíces en busca de nutrientes en el medio de cultivo, en desmedro del crecimiento de la parte aérea.

Palabra clave Micro nutrientes, crecimiento, síntomas de deficiencias.

¹ Bach. Ciencias Agropecuarias. Egresado de la Universidad Nacional de Ucayali.

LACK OF EFFECT OF MICRO ELEMENTS IN THE GROWTH OF PLANTS AND SYMPTOMS OF DEFICIENCY IN GROWING CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc. Vauhg).

¹ Abel Ramirez Tello

ABSTRACT

The lack of research related to the cultivation of camu camu in nutrient solutions or other studies on deficiency symptoms microelements, appropriate technology necessary to look to find the effect of the micro lack of essential nutrients in the growth stage of the crop. This experiment was installed in the city of Pucallpa, in Module Hydroponics National University of Ucayali, located at km. 6 Highway Federico Basadre, Callaria District, Province of Coronel Portillo, Ucayali, low jungle of the Amazon, geographically located 8 23 '39 "south latitude and 74 ° 34' 39" west longitude and 154 meters. The experiment was conducted on January 21 and concluded on April 21, 2013, in order to determine the effects and symptoms of deficiency of essential micro nutrient elements on the growth of seedlings camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) under Pucallpa, using 72 plants camu camu. To analyze the design was used completely randomized design with 9 treatments and 4 replications, with a total of 36 experimental units. The treatments were: T1 - complete nutrient solution, T2 - Nutrient solution without Iron, T3 - Nutrient solution without copper, T4 - Nutrient solution without Zinc, T5 - Nutrient solution without Manganese, T6 - Nutrient solution without molybdenum, T7 - Nutrient solution without Boro, T8 - distilled, T9 - tap water. The dependent variable as the length of the aerial part of the plant (cm), root length (cm), stem diameter (mm), number of leaves / plant was evaluated. To test averages TUKEY 0.05% was used. The results of analysis of variance showed significant difference in the variables length of the aerial part, root length, stem diameter, number of leaves. It was felt that there was greater growth of the aerial part, in treating complete solution of Hoagland and Arnon (T1) ranked first in length aerial part, stem diameter and number of leaves, however reached an intermediate growth as a root length among all treatments. Following in the order of growth of the aerial part devoid of Cu treatment (T3) was second in aerial part length, stem diameter and third in number of leaves and root length; then follows lacking Mn treatment (T5) that ranked sixth in aerial part length, third in stem diameter, second in number of leaves and fifth in root length; then follows the treatment devoid of Zn (T4) that ranked third in length of the aerial parts, sixth in stem diameter, fourth in number of leaves and seventh in root length; then follows the treatment lacking Fe (T2) that ranked fifth in aerial part length, fourth in stem diameter, fifth in number of leaves and ninth in root length; then follows the treatment devoid of Mo (T6)

which ranked seventh in aerial part length, Fifth place in stem diameter, sixth in number of leaves and eighth in root length; then follows the treatment devoid of B (T7) that ranked fourth in aerial part length, seventh in stem diameter, seventh in number of leaves and sixth in root length; then follows the distilled water treatment (T8) that ranked eighth in aerial part length, stem diameter, number of leaves, respectively, and first in root length; then follows the tap water treatment (T9), which ranked ninth in aerial part length, stem diameter, leaf number and second place respectively in root length. Having this result from the slower growth of camu camu of the aerial part, stem diameter, and leaf number: cultivated in tap water ranked last, followed by distilled water, nutrient solution devoid of B, Mo, Fe, Zn, Mn, Cu, and complete solution of Hoagland and Arnon respectively.

These results indicate that the elements necessary for the growth of the aerial part of the camu camu were B followed by Mo, Fe, Zn, Mn, Cu. On the other hand the highest growth in length of roots in tap water and distilled water with respect to the nutrient solution indicate the increased effort by the plant to spread its roots for nutrients in the culture medium at the expense growth of the aerial part.

Keyword: Micro nutrients, growth deficiency symptoms.

¹ **Bach. Agricultural Sciences. Graduated from the National University of Ucayali.**

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) es una especie nativa de la Amazonía Peruana que tiene grandes potencialidades como cultivo agroindustrial, por poseer en sus frutos elevada concentración de ácido ascórbico contenido por cada 100g de la parte comestible, alrededor de 2780 mg Ácido ascórbico y otros componentes como Proteínas 0,5g, Carbohidratos 5,9g, Calcio 28mg, Fósforo 15mg, Hierro 0,15mg, Tiamina 0,01mg, Riboflavina 0,04mg, Niacina 0,61mg; entre sus propiedades terapéuticas es reconocida como antigripal, laxante, y ayuda a contrarrestar la influenza A(H1N1).

En estudios recientes se ha determinado que la cáscara del fruto maduro tiene una buena concentración del pigmento antocianina apropiada para la fabricación de los colorantes; por su contenido alto de flavonoides y pectinas que cumplen un importante rol para la salud; Existen diversas modalidades tradicionales de uso de la especie por los pobladores amazónicos: la corteza del tallo y la raíz en conocimiento para el tratamiento del reumatismo y diarreas; los frutos y la corteza son empleados para teñir fibras vegetales de la 'chambira' (*Astrocarium chambira*); la corteza raspada es aplicada localmente para aliviar dolores musculares. Asimismo, la fiebre y el dolor de cabeza son tratados con las hojas trituradas. El fruto, además, es empleado como carnada en la pesca.

Las formas de utilización se han ampliado y diversificado en los últimos cinco años, siendo ahora empleado en la fabricación de bebidas refrescantes, yogurt, mermeladas, helados, néctar, productos para el cabello y deshidratados bajo distintas formas de presentación como cápsulas, pastillas y refrescos instantáneos.

Su corteza y su tallo consumidos en infusión representan un excelente remedio para la diabetes. El concentrado de camu camu es un poderoso Antioxidante, estimula el Sistema Inmunológico. Muy útil en la prevención y mejora del resfrío y la gripe, entre otras propiedades y usos.

Sin embargo el estudio de la nutrición mineral de la planta de *M. dubia* (HBK) Mc Vaugh, aún no es conocido en nuestro medio, siendo esta una especie frutal nativa de la Amazonía peruana de importancia económica que debe ser estudiada. Al respecto según Barceló, et al (2001), la nutrición mineral de las plantas es la parte de la Fisiología Vegetal que estudia los procesos relacionados con la absorción de los elementos minerales y el papel que estos elementos desempeñan en la vida de las plantas.

Teniendo especial interés en saber el efecto de la ausencia de los esenciales micro nutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B que cumplen un papel importante en la estructura y metabolismo vegetal, ya que la deficiencia de estos afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas y que la ausencia de estos puede ser reconocido cuando se manifiesta en los síntomas característicos respectivos, se estableció en el presente trabajo los siguientes **objetivo**: “Determinar los efectos de la carencia y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales micro nutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B en el camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K Mc. Vaugh) cultivado en solución nutritiva, en Pucallpa.

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. Clasificación Taxonómica

Según Wikipedia (2012), el camu camu se clasifica de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Myrtales
Familia	: Myrtaceae
Subfamilia	: Myrtoideae
Tribu	: Myrteae
Género	: Myrciaria
Especie	: dubia (HBK) Mc Vaugh
Nombre binomial	: Myrciaria dubia (Kunth) Mc Vaugh

2.2. Sinonimia

Psidium dubium Kunth in F.W.H.von Humboldt, A.J.A.Bonpland & C.S.Kunth, Nov. Gen. Sp. 6: 152 (1823).

Eugenia divaricata Benth., J. Bot. (Hooker) 2: 319 (1840).

Myrciaria divaricata (Benth.) O.Berg, Linneo 27: 334 (1856).

Myrciaria phillyraeoides O.Berg, Linneo 27: 326 (1856).

Myrtus phillyraeoides (O.Berg) Willd. ex O.Berg, Linneo 27: 326 (1856).

Myrciaria lanceolata O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 363 (1857).

Myrciaria lanceolata var. *angustifolia* O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 363 (1857).

Myrciaria lanceolata var. *glomerata* O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 363 (1857).

Myrciaria lanceolata var. *laxa* O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 363 (1857).

Myrciaria obscura O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 374 (1857).

Myrciaria paraensis O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 364 (1857).

Myrciaria spruceana O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 365 (1857).

Myrciaria riedeliana O.Berg in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 14(1): 598 (1859).

Eugenia grandiglandulosa Kiaersk. Enum. Myrt. Bras: 181 (1893).

Myrciaria caurensis Steyerm. Fieldiana, Bot. 28: 1020 (1957).

Marlierea macedoi D.Legrand, Comun. Bot. Mus. Hist. Nat. Montevideo 3(40): 27 (1962), no latin descr.¹

2.3. Origen y Distribución Geográfica

Según el IIAP, 2001, el camu camu (*M. dubia*) en estado natural se localiza en fajas de ribera que pueden ser muy estrechas, como en el río Nanay (unos 5 m), hasta muy amplias (unos 100 m) en el río Putumayo. Existen poblaciones naturales en Perú, Brasil, Colombia y Venezuela. En el Perú, se encuentra en un gran número de cuerpos de aguas negras, de origen amazónico, afluentes de los ríos Nanay, Napo, Ucayali, Marañón, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Manití, Oroza, Putumayo, Yavarí y Curaray. En Brasil, se encuentra en los ríos Tocantins y Trombetas (Estado de Pará); Yavarí, Madeira, Negro y Xingú (Estado de Amazonas); Macangana y Urupé (Estado de Rondonia). También está presente en los ríos Orinoco, Caciqueare, Oreda, Pargueni y Caura (Venezuela), así como también en el río Inírida (Colombia).

2.4. Morfología

Según Dostert, en el 2009, el *M. dubia* es un arbusto alto o un árbol pequeño siempre verde, de 3 a 8m de altura que se desarrolla en bosques ribereños temporalmente inundados del territorio del Amazonas, en el borde de ríos de aguas negras y lagos, donde forma densas poblaciones en medio de una vegetación semi-abierta.

El tronco es liso, tiene un diámetro de 10-15cm y es muy ramificado, con renuevos basales que se desarrollan profusamente; las ramas son delgadas y levemente péndulas. El tronco forma una corteza color café claro a grisácea, la que regularmente se desprende en capas delgadas. Las hojas son opuestas, simples, enteras, sin estípulas y tienen un pecíolo de 1,5-6mm de largo y cerca 1 mm de ancho; las láminas son lanceoladas a elípticas, de 4,5-10cm de largo, 1,5-4,5cm de ancho, con ápice agudo, base redondeada y cubierta de glándulas, con ambas caras glabras. El haz de la hoja es verde oscuro y algo brillante, mientras que el envés es opaco y verde claro. Las inflorescencias axilares tienen normalmente 4 flores hermafroditas en dos pares opuestos en el eje de la inflorescencia, que es de 1-1,5mm de largo.

El cáliz, de cerca 2mm de largo y 2mm de ancho, se compone de 4 sépalos. Los 4 pétalos son blancos, aovados, 3-4mm de largo, con margen ciliado. Los cerca de 125 estambres por flor son de 7-10mm de largo, con anteras de 0,5-0,7mm de largo; del ovario ínfero se origina un estilo simple de 10-11mm de largo. El fruto comestible, de sabor muy ácido, es una baya esférica con un diámetro de 1-3cm. La baya, desarrolla en estado maduro un color café-rojizo a violeta negruzco y una pulpa carnosa suave en la que se encuentran alojadas 2-3 semillas. Las semillas son reniformes, 8-5mm de largo y 5,5-11mm de ancho.

2.5. Variabilidad

2.5.1. Variabilidad Interespecífica

En América tropical se han identificado y descrito varias especies cultivadas y silvestres del género *Myrciaria*, notándose que la mayor variabilidad en especies se encuentran en el Brasil (Mendoza y Anguiz, 2001).

En la región Ucayali no se han encontrado poblaciones naturales de camu camu arbustivo (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh), pero sí de la especie arbórea *Myrciaria floribunda* West. Ex Wild, caracterizada por su gran porte, gran diversidad en el peso y tamaño de frutos, pero menor contenido de ácido ascórbico. *M. floribunda*, también se encuentra en menor proporción en la región de Loreto donde existen áreas en las que cohabita con *M. dubia*. Las observaciones indican que ambas especies poseen abundante variación de ecotipos (Vásquez, 2000).

2.5.2. Variabilidad Intraespecífica

Según el IIAP(2004), existe una amplia variabilidad fenotípica expresado por diferentes rasgos, tales como color y forma de las hojas, tamaño de fruto, espesor de la cáscara, número de semillas, contenido de ácido ascórbico, precocidad, etc., que constituye una importante fuente de variabilidad para iniciar un programa de mejoramiento. Parte de esta diversidad ha sido colectado y si bien se ha evaluado la productividad durante varios años, no se

llegaron a efectuar las pruebas genéticas que discriminen los efectos genéticos de los ambientales; de modo que actualmente se cuenta con material de amplia base no evaluado para el suministro de material propagativo que cubra las necesidades de un programa de mejoramiento. Además en plantaciones de productores, se han encontrado tipos enanos, frutos de color amarillo, tipos con periodo de cosecha atípica, de altos y estables rendimientos.

- **Antecedentes de variabilidad genética en Camu camu**

Por mucho tiempo se consideró que el camu camu era un solo ecotipo, el primer reporte de variabilidad genética lo menciona Mc Vaugh (1969), al indicar que existe un tipo de camu camu árbol en la cuenca del Orinoco en Venezuela.

De igual forma en 1986, el INIA a través de la Estación Experimental San Roque (Iquitos) realizó la primera expedición científica de recolección de los diferentes tipos de camu camu, colectando 39 entradas de camu camu, procedentes de las distintas zonas del departamento de Loreto, que incluyó los ríos Amazonas, Tahuayo, Marañón, Tigre, Napo, Ucayali y sus respectivos afluentes. Asimismo, se efectuó la recolección de camu camu en la región Ucayali, determinándose que no existen poblaciones naturales de la especie arbustiva (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pero si encontraron poblaciones naturales de la especie arbórea (*Myrciaria sp.*). Con esta última aún no se han logrado avances en la investigación por el lento crecimiento de la planta y la falta de financiamiento para profundizar los estudios al respecto (Vásquez, 2000). Vásquez (2000), agrupó el camu camu mediante características morfogénicas en cinco ecotipos, los cuales son:

Ecotipo 1: Camu camu arbusto hoja ancha (3 tipos de arquitectura del tallo).

Ecotipo 2: Camu camu arbusto hoja chica.

Ecotipo 3: Camu camu árbol supay.

Ecotipo 4: Camu camu árbol Iricahua.

Ecotipo 5: Camucamillo.

Así mismo se reporta un resumen de algunas características de los diferentes tipos de camu camu como en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Características de diferentes tipos de camu camu, colectado, procedentes de las distintas zonas del departamento de Loreto.

Características	Tipo arbusto <i>M. dubia</i>	Arbol Supay <i>M. sp.</i>	Arbol Iricahua <i>M. sp.</i>	Camucamillo <i>M. floribunda</i>	Jaboticaba <i>M. cauliflora</i>
Porte	Arbusto	Árbol	Árbol	Árbol	Árbol
Poder germinativo	Alto	Bajo	Bajo		
Velocidad de germinación	Baja	Mala	Muy mala		
Crecimiento	Rápido	Muy lento	Muy lento		Lento
Tronco	Delgado	Grueso	Grueso		Grueso
Época de cosecha	Set-enero	Enero-mayo	Enero-mayo	Indiferente	Todo el año
Cáscara fruta	Delgada	Gruesa	Delgada	Delgada	Gruesa
Color pulpa	Blanco	Blanco	Blanco	Rosado	Blanco
Textura	Lisa	Fibrosa	Fibrosa	Lisa	
Suelo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Altura	Drenado
Ac. ascórbico	2700 mg	600 mg	500 mg		23 mg

Fuente: Vásquez, A. 2000.

De los diferentes tipos de camu camu encontrados y estudiados, se desprende que existe relativa variabilidad genética en el camu camu, especialmente son saltantes las características entre el tipo árbol y el arbustivo, tanto interna como externa, así por ejemplo, el camu camu tipo árbol tipo Supay tiene un excelente tamaño, buen peso pero sin embargo tiene baja concentración de ácido ascórbico. Y se recomendó trabajar con el tipo arbusto, realizando un adecuado manejo desde la selección de semilla hasta su establecimiento en campo definitivo, seguir investigando al tipo árbol con fines de definir sus características en relación con el camu camu arbustivo como: rusticidad,

resistencia a factores abióticos y bióticos, tiempo de cosecha, colorantes orgánicos, entre otros.

- **Germoplasma disponible**

La Estación Experimental San Roque, evaluó el germoplasma de camu camu en dos posiciones fisiográficas: restinga baja (Campo Experimental Muyuy) y altura (Campo Experimental El Dorado), como resultado se han identificado ecotipos sobresalientes por rendimiento; los cuales están siendo utilizados para su multiplicación en la generación de patrones y como proveedoras de yemas para su propagación vegetativa vía injerto.

Las evaluaciones realizadas en el germoplasma de camu camu en suelos de altura, indican para este cultivo la presencia del fenómeno de alternancia o vecería (alternancia anual de fructificación). A una intensa fructificación de un año, corresponde una reducción de la actividad vegetativa que provoca la ausencia o disminución de la fructificación del año siguiente y así sucesivamente. Para contrarrestar el efecto de la vecería se recurre a la práctica de podas, aclareo de frutos, fertilización racional y oportuna (Imán, 2000).

En 1988, las plantas fueron llevadas a campo definitivo en la Estación Experimental Pucallpa (Km 44 y Pacacocha), con diferente altura de plantas, diámetro de tallo, ideales para efectuar el trasplante a campo definitivo, tanto para suelos de tipo Entisols y Ultisols.

En ecosistemas de Entisols (restingas o varseas) el camu camu encontró condiciones favorables para su adaptación, lo que permitió seleccionar plantas madres con buenas características fenotípicas y genotípicas, para luego, durante 8 años evaluar lo siguiente: tolerancia a las condiciones de suelo y clima, arquitectura de planta, emisión de botones florales, cantidad y calidad de frutos.

En terrazas altas (Km 44 Ultisols) también se instaló plantaciones de camu camu para determinar las posibilidades de adaptación a la acidez del suelo, mal drenaje y a la sequía.

Por otro lado después de 6 años de estudio, en las plantaciones de restingas (Entisols) se han identificado 57 plantas madres de camu camu arbustivo, con rendimientos anuales que oscilan de 3.0 hasta 25.4kg frutos frescos/planta. El establecimiento realizado con plantas a pie franco, inició la fase de producción al tercer año de trasplante; luego de 5 años de evaluación se logró clasificar cuatro grupos de ecotipos promisorios. De acuerdo al potencial productivo de frutos, los grupos son:

- 18 clones precoces, que iniciaron el ciclo productivo al tercer año de trasplantados.
- 12 clones semiprecoces, que iniciaron la producción al cuarto año de trasplantados.
- 19 clones tardíos, que iniciaron la producción al quinto año de trasplantados.
- 6 clones muy tardíos, que iniciaron la producción al sexto año de trasplantados.

Se ha realizado la multiplicación clonal mediante injerto, utilizando como patrón el camu camu arbustivo, pero continúa la investigación para determinar patrones resistentes a las enfermedades fungosas (Riva y Gonzales, 1997).

- **Diversidad natural**

El camu camu arbustivo presenta características fenotípicas diferenciales e importantes desde el punto de vista utilitario.

1. Tamaño de la hoja: en las cochas Sahuá y Supay, se han identificado dos tipos de plantas: de hoja grande y hoja menuda.
2. Arquitectura de la copa: se diferencian plantas "coposas" y "columnares", las primeras con mayor capacidad por la cantidad de ramas fructíferas que presentan. Las columnares tienen copa reducida, con escasa ramificación y por lo tanto, con bajo rendimiento de fruta.

3. Contenido de vitamina C: se han encontrado valores desde 877 a 3500 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa.
4. Consistencia del fruto: rasgo importante por su influencia sobre la calidad de la cosecha; se ha encontrado por ejemplo, que los frutos procedentes del río Tigre presentan más consistencia que aquellos provenientes del río Ucayali (Sahua).

2.6. Métodos de Propagación Vegetativa Aplicables al Camu Camu.

- **Acodos**

Acodo bajo de cepa o de aporque: Es un brote o rama basal (chupón) enraizado mediante el amontonamiento de tierra al pie de la planta (aporque); luego se extirpa la rama, convertida en una planta hija, y se planta en terreno definitivo. (Pérez et al. 1998.)

Acodo aéreo: La propagación vegetativa por acodo aéreo, es utilizada para lograr enraizar especies vegetales arbóreas o arbustivas que tienen dificultad de enraizamiento. Esta técnica, consiste en hacer que un tallo o rama desarrolle raíces sin separarlo de la planta madre (Imán. 1993).

Acodo de punta: Se emplea en algunos frutales no arbóreos de tipo matorral como la mora, que se caracterizan por emitir brotes o ramas tiernas desde el suelo o en ramas maduras. Estas ramas jóvenes no producen frutos durante su primer año de vida, sino que se alargan, alcanzando longitudes mayores de un metro (1 m), que por ser delgadas tienden a doblarse y hacer contacto con el suelo, razón por la cual su extremo o ápice se arquea, momento en el cual se puede realizar el acodo de punta. (Pérez et al. 1998.)

Acodo de cepa: Esta clase de propagación, es empleado en la fruticultura para la obtención de patrones para injertación, por lo que se debe ser exigente en aspectos como material parental elite de excelente calidad y sanidad, suelo de adecuadas propiedades físicas y químicas, y adecuada aplicación de la técnica. (Pérez et al. 1998.).

- **Estacas**

Según Galucio, (2002) La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta. No todas las partes vegetativas de la planta arbórea sirven para estacas, las de fácil enraizamiento se obtienen de madera dura y las de difícil enraizamiento de madera tierna. Se define como madera dura, aquellas ramas de uno o más años de edad y madera tierna las ramas menores de un año de edad, que aún se encuentran en proceso de crecimiento y plena actividad fisiológica. Cuando se trate de madera dura, se deben obtener de aquellas ramas más maduras que correspondan a zonas basales de las mismas, debido a que la garantía de su prendimiento es mayor. La emisión de raíces en plantas que no tienen esta facultad o que el brote de raíces es deficiente, se puede inducir con el uso de productos hormonales. (Rutter. 1990)

- **Injertos**

López (2000), López (2005), consideran que el uso del injerto es importante en cualquier especie frutal, ya que los arboles obtenidos por semillas son muy lentos para entrar en producción, comportándose algunas veces como plantas estériles o produciendo frutos de baja calidad, mientras que el injerto permite conservar las características varietales de las plantas y los frutos seleccionados. Estos autores definen al injerto como la porción pequeña, separada del tallo que contiene una o varias yemas durmientes, las cuales, al unirse con el patrón, forman la porción superior de la nueva planta. Para su mayor entendimiento dividen a los injertos de acuerdo a la porción vegetativa que se emplea, es decir, injerto de púa e injerto de yema. Los injertos de púa emplean una porción del tallo que contiene más de una yema y se clasifican en injerto de hendidura, inglés simple, inglés doble lengüeta, corona y púa lateral. Los objetivos en este tipo de propagación son: Multiplicar una planta muy buena, pero susceptible a enfermedades de raíz. Reducir la altura de planta favoreciendo la cosecha.

Sin embargo, su aplicación podría acarrear algunos inconvenientes, tales como: Las plantas injertadas tienden a perder longevidad. Los costos de instalación se incrementan significativa mente. Para el caso particular de los sistemas inundables, la reducción de altura de la planta, lograda con el injerto, podría no ser conveniente por el mayor riesgo de pérdida de la cosecha (IIAP 2001).

- **Micro estacas**

En el IIAP (2006) se han desarrollado estudios de micro-propagación in vitro de la especie. Se han presentado dificultades de alta oxidación y contaminación para establecer material procedente del campo que permita donar una planta selecta. Se logró germinación y desarrollo de semillas en condiciones asépticas, para luego tomar micro estacas y recultivarlas en medios artificiales de multiplicación. Se logró una tasa de 4,2 plántulas/21 días. El desarrollo de yemas laterales y enraizamiento fue logrado en un medio de cultivo artificial conteniendo una solución preparada según Murashige y Skoog, sin adición de fito reguladores ni antioxidantes (INIA-Iquitos1990).

- **Estaquillas**

IIAP. (2006), con el objetivo de evaluar el comportamiento de estaquillas de camu camu en cámaras de propagación con sub irrigación, utilizó ácido indolbutirico mezclado con talco inerte en concentraciones de 00, 100, 200, 400 y 800 ppm; en tipos de rama se consideró tres tipos de ramas a) ramas jóvenes (suculentos muy jóvenes), b) ramas medias (ramas ligeramente lignificadas) y c) ramas gruesas (ramas yemeras. Sin embargo el tratamiento testigo (00 ppm) ha logrado los mejores resultados con 38.89% de enraizamiento, seguido por 400 y 100 ppm con 24.99% y 22.22% de enraizamiento respectivamente.

Según la tesis de Puente (2008); la metodología de propagación vegetativa en plantas madres promisorias de camu camu arbustivo, mediante la utilización de estaquillas en cámaras de sub irrigación a los 90 días después de establecido el experimento de enraizamiento de estaquillas procedentes de 9 Plantas Madres de *Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh "camu camu arbustivo", sin la

aplicación de Hormonas y utilizando una tecnología sencilla mediante propagadores de Sub Irrigación, se obtuvo lo siguiente: Los mejores resultados se obtuvieron en estaquillas con 6 hojas, con un promedio de 51,852% de enraizamiento, seguidamente en estaquillas con 4 hojas, se obtuvo un promedio de enraizamiento de 47,653%; finalmente en estaquillas con 2 hojas el porcentaje de enraizamiento disminuyó hasta un 30,616%.

Oliva (2007), realizó la propagación de estaquillas colectados de las ramas fruteras de plantas madres de 10 años de edad, utilizando cámaras de propagación con sub irrigación en sustrato arena; con la aplicación de 4 tratamientos (estaquillas con 4 hojas y sin la aplicación de hormonas, con 1 hoja + extracto de fruto pintón maduro, con 2 hojas + extracto de ápice y 3 hojas + extracto de ápice), logrando obtener a los 90 días un 73,33% de enraizamiento con el tratamiento testigo con 4,18 raíces por estaquilla, la cual se comportó estadísticamente similar a los demás tratamientos pero significativamente superior al tratamiento extracto de frutos que solo alcanza un 30% de enraizamiento. Cabe resaltar que la aplicación de los extractos tanto de fruto como de ápice fue en la parte basal de las estaquillas por un tiempo de 20 minutos de inmersión.

2.7. Ventajas de la propagación vegetativa

Según Oliva (2007), con la propagación vegetativa se pretende las siguientes ventajas:

Valorar genéticamente material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo ambiente, manifestaciones juveniles y maduras de una misma característica. Preservar genotipos y complejos genéticos en bancos clonales y arboretos. Acortar ciclos reproductivos para acelerar procesos de cruzamiento y prueba. Conservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables (resistencia a plagas y/o enfermedades, crecimiento, producción, calidad de frutos, tolerancia a condiciones extremas de humedad o sequía, etc.). Esas características se pueden “perder” por el cruzamiento genético en la propagación sexual. Obtener plantaciones uniformes o la producción de un determinado número de individuos con identidad genética.

Mantenimiento de genotipos superiores: La mayoría de especies arbóreas tropicales son de polinización abierta, lo cual significa que hay recombinación de genes durante la reproducción sexual, esta situación puede repercutir en la siguiente generación porque muchas características deseables no se expresarían; por tal razón, cuando se identifica un individuo con características superiores, la información genética puede ser fijada en la próxima generación mediante la propagación vegetativa.

Problemas de almacenamiento de semillas: Muchas especies de árboles tropicales producen semillas recalcitrantes que requieren procedimientos de manejo especial, a menudo complicados; otras producen escasos frutos, no los producen o simplemente no tienen semillas; de igual manera es común en el trópico la condición de embrión inmaduro de la semilla que limita la propagación sexual de algunas especies; en estos casos, la propagación vegetativa es una alternativa adecuada para la reproducción de estas especies.

Ciclo reproductivo corto: Aunque no es una norma general, la propagación vegetativa puede acortar el ciclo vegetativo y acelerar la entrada del árbol o planta en la etapa reproductiva, esto es especialmente útil cuando los productos deseados son flores, frutas o semillas.

Combinación de genotipos: La injertación es un método de propagación vegetativa que permite combinar las características deseables de dos o más plantas en una sola. Pueden unirse yemas de un árbol con características deseables de fruto con las de un árbol (patrón) con otras características deseables, como resistencia a nematodos, sequía, enfermedades (Oliva (2007)).

2.8. Desventajas de la propagación vegetativa.

Según Rojas et al., (2011), menciona algunas limitantes: Dispersión de enfermedades, especialmente bacteriales y virales; una vez que la planta adquiere la infección, puede transmitirse rápidamente dentro del sistema de la planta. La estrechez genética de las poblaciones propagadas vegetativamente suele convertirse en un problema, pues este tipo de reproducción no permite la

recombinación genética que favorece la evolución y adaptación de las especies. Considerando que la reproducción sexual por semilla mantiene la variabilidad genética y el avance evolutivo de la especie, la propagación vegetativa se orienta a la reproducción idéntica de plantas con características deseables como la alta productividad, calidad superior o tolerancia al estrés biótico o abiótico y como tal, juega un papel muy importante en la permanencia de una característica ideal de una generación a otra (Rojas et al., 2011).

- **Podas**

Es reconocido en la fruticultura que la poda es una de las prácticas más importantes sin la cual es inútil pretender cultivar las plantas frutales con ideas de lucro. Sin embargo, es necesario que sea hecha racionalmente y ejecutada con oportunidad y moderación, estudiando el modo de vegetar de la especie, que debe ser la base para la metodología que se aplique.

Con la poda se acorta la vida de la planta, ya que se le obliga a dar nuevas ramas y mayor fructificación, sin embargo el menor tiempo de vida es recompensado por la mayor productividad (IIAP, 2001).

- **Poda de formación**

Se realiza en los primeros años para dar estructura a la planta, regulando el desarrollo relativo de las diversas ramas que forman el esqueleto de la copa. La poda de formación es recomendable iniciarla cuando la planta presente unos 70 cm de altura, efectuando el primer corte o poda del tallo a 50 cm del suelo. Luego de unos 45 días del primer corte, en que se tendrá un número abundante de ramas de segundo orden, se suprime las mal conformadas y mal ubicadas dejando de dos a cuatro ramas equidistantes, a las que se cortará a unos 30 cm del punto del primer corte, efectuando así la segunda poda. Luego de 40 días, se efectúa la tercera poda que será sobre las ramas secundarias y a 30 cm del punto de corte de la segunda poda, para estimular el brote y crecimiento de las ramas terciarias (IIAP, 2006).

- **Poda de producción.**

Se practica para favorecer el desenvolvimiento de las ramas fructíferas y obtener una fructificación regular y bien distribuida. Con esta poda, se pretende mantener la forma, la constancia de fructificación y la calidad de los frutos. Para aplicarla adecuadamente se requiere conocer cómo se desarrolla el arbusto y cómo están constituidas las ramas fructíferas (IIAP, 2003).

- **Poda de renovación.**

Se practica para rejuvenecer la plantación, manejar el sombreado entre plantas o suprimir la persistencia de algún eventual problema fitosanitario. Dependiendo de la situación de la plantación y de los objetivos específicos de esta poda, podrá efectuarse en el tallo principal o ramas secundarias a una altura entre 50 a 150 cm del suelo. (IIAP, 2004).

- **Inducción del enraizamiento**

Para favorecer y acelerar la emisión de raíces, se usan productos hormonales reguladores de crecimiento, pudiéndose mezclar o usar simultáneamente varios para aumentar el efecto de los mismos. Las auxinas sintéticas utilizadas para el enraizamiento son mucho más estables que la auxina natural, su acción está fuertemente localizada y pueden transformarse rápidamente en tóxicas, sin embargo, en un suelo o en un sustrato orgánico, los microorganismos degradan con bastante rapidez estos productos.

Los métodos de aplicación varían según la formulación del producto comercial, generalmente viene para uso directo en polvo o para disolución en agua. Para el segundo caso se pueden utilizar dos estrategias: remojo de la base de las estacas (de 2 a 3 cm) en soluciones de baja concentración de la hormona por tiempos prolongados (de 4 a 12 horas) este método es lento y poco exacto, difícil de realizar cuando el material es numeroso y algunas veces las hojas se marchitan durante el proceso, por ello se puede recurrir a soluciones con alta concentración y tiempos de inmersión cortos (5 a 15 minutos); una variante con buenos resultados es el uso de alcohol etílico como solvente con tiempos

cortos de inmersión (5 segundos), posteriormente, antes de colocarlas en el sustrato de propagación, se somete la base de la estaca al aire frío para evaporar el alcohol (IIAP, 2001).

- **Propagadores y medios de enraizamiento**

Un propagador es una construcción que evita la pérdida de agua del medio que rodea a las estacas, su función es similar a la de un almácigo, pues ambos propician las condiciones ambientales adecuadas para la germinación y establecimiento de las plántulas o para el enraizamiento de las estacas, según sea el caso de que se trate. El área, debe ser fresca y sombreada, la temperatura óptima se encuentra entre los 20 y 25°C. Cuando las temperaturas son mayores de 30°C la humedad relativa de la atmósfera o contenido de vapor de agua presente en el aire tendrá que ser muy alto (más de 90%) para impedir que las plantas pierdan demasiada agua y terminen marchitándose, al incrementarse su transpiración. La sombra se puede producir con materiales de origen vegetal como hojas de palma, paja, ramas secas o con mallas plásticas especiales diseñadas para ese propósito, es importante que el material utilizado transmita una luz que sea apropiada para activar la fotosíntesis de las plantas. (Rojas, 2004).

- **Propagadores de sub irrigación**

Los propagadores de sub irrigación fueron desarrollados en el Instituto de Ecología Terrestre de Escocia (ITE), Consiste en un invernadero en miniatura, los cuales tienen la función de proveer agua por capilaridad a los diferentes sustratos y evitar su evaporación.

El Propagador de sub-irrigación es un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes, piedras pequeñas y grava, los últimos 5 cm se cubren con un sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.). Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza un cilindro de bambú o cualquier otro

material insertado verticalmente a través de las diferentes capas del material. Internamente se utilizan marcos de reglas que le dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan sub divisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubre con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna (Puente, 2008).

2.9. Composición

Según Arellano, (1994) Contenido por cada 100 g de la parte comestible

Proteínas	0,5 g
Carbohidratos	5,9 g
Calcio	28 mg
Fósforo	15 mg
Hierro	0,15 mg
Tiamina	0,01 mg
Riboflavina	0,04 mg
Niacina	0,61 mg
Ácido ascórbico L	2780 mg

Propiedades Terapéuticas

Antigripal, laxante, y ayuda a contrarrestar la influenza A(H1N1).

2.10. Usos

Debido a la elevada concentración de ácido ascórbico el "camu camu" es considerado como frutal nativo de primer orden para la agroindustria. Sin embargo, hay una alta variabilidad genética que origina una enorme y heterogénea calidad en cuanto al contenido de ácido ascórbico.

En estudios recientes se ha determinado que la cáscara del fruto maduro tiene una buena concentración del pigmento antocianina apropiada para la fabricación de los colorantes.

Su corteza y su tallo consumidos en infusión representan un excelente remedio para la diabetes.

- **Uso histórico o tradicional**

Medio siglo atrás, la fruta era casi desconocida por la población amazónica urbana, al punto que no se sabía si era comestible. Los primeros análisis químicos de la fruta revelaron su excepcional contenido de vitamina C y ampliaron el interés y su empleo como recurso anti-oxidante. El Camu Camu es apreciado también, por su contenido alto de flavonoides y pectinas que cumplen un importante rol para la salud.

Existen diversas modalidades tradicionales de uso de la especie por los pobladores amazónicos: la corteza del tallo y la raíz en cocimiento para el tratamiento del reumatismo y diarreas; los frutos y la corteza son empleados para teñir fibras vegetales de la 'chambira' (*Astrocarium chambira*); la corteza raspada es aplicada localmente para aliviar dolores musculares. Asimismo, la fiebre y el dolor de cabeza son tratados con las hojas trituradas. El fruto, además, es empleado como carnada en la pesca.

Las formas de utilización se han ampliado y diversificado en los últimos cinco años, siendo ahora empleado en la fabricación de bebidas refrescantes, yogurt, mermeladas, helados, néctar, productos para el cabello y deshidratados bajo distintas formas de presentación como cápsulas, pastillas y refrescos instantáneos.

- **Presentación**

- Camu camu en polvo (Vitamina C)

- Néctar de Camu camu

- Mermelada de Camu camu

- Refrescos

- Helados

- Yogurt

- Bon Ice

- **Concentrado de Camu camu.-** Este producto es una suspensión natural en base de Camu camu, este concentrado se diluye en agua dando origen a un delicioso refresco de Camu Camu. También, puede servirse con agua helada en las temporadas de verano, aumentando su capacidad refrescante.

No es necesario agregarle azúcar ni cualquier tipo de endulzante. Este producto a parte de su agradable aroma y sabor ofrece diversos beneficios para el consumidor, debido a que este refresco se basa en un fruto, el Camu Camu que ofrece alto contenido de vitamina C.

Es un producto 100% natural, no contiene en su composición ningún tipo de saborizante, colorante o preservante.

El producto tiene una vida útil de 18 meses desde su proceso de fabricación.

Una vez abierto el concentrado, se recomienda consumir el producto una vez diluido en agua el mismo día de su uso. También, puede ser refrigerado por un tiempo no mayor a 24 horas.

- **Propiedades del concentrado de camu camu.-** Es un poderoso Antioxidante, estimula el Sistema Inmunológico. Muy útil en la prevención y mejora del resfrío y la gripe.

El concentrado de Camu Camu como una de las mayores fuentes de vitamina C Natural que se haya descubierto y que lo apreciaremos con más claridad en el siguiente cuadro comparativo; favorece en la formación de colágeno,

proteína que sostiene muchas estructuras corporales y que contribuye en la formación de los huesos, dientes, encías, vasos sanguíneos y piel. Estimula las defensas naturales del organismo e interviene en la absorción del hierro procedente de los alimentos de origen vegetal. Douro jeanni, (1990)

En el transcurrir de los años el organismo va perdiendo colágeno progresivamente, motivo por el cual la piel empieza a reseca y aparecen arrugas en el rostro y en las diversas partes del cuerpo, para retardar este proceso se hace necesario el consumo de alimentos ricos en vitamina C, este grupo de alimentos favorece la formación natural de colágeno.

Cuadro 2. Comparativo del Contenido de Vitamina C (mg/100 g).

Fruta	Ácido Ascórbico reducido (Vit. C)	Relación al Camu Camu (%)
<i>Piña</i>	20	0.7
<i>Maracuya</i>	22	0.8
<i>Pomelo</i>	34	1.2
<i>Fresa</i>	42	1.5
<i>Limón</i>	44	1.6
<i>Naranja</i>	53	1.9
<i>Marañón</i>	108	3.9
<i>Acerola</i>	1300	46.8
<i>Mosqueta</i>	2390	50
CAMU CAMU	2780	-----

Fuente: USDA Nutrient database for Standard referente release 12 (1998); Natural Food Hub (2000).

○ **Tiempo de vida útil**

El producto debidamente sellado conservado en lugar fresco y seco a una temperatura no mayor a 35° C, tiene un tiempo de vida útil de 18 meses.

2.11. Nutrición mineral

El estudio de la nutrición mineral de la *M. dubia* aún no es conocido en nuestro medio, siendo esta una especie maderable nativa de la Amazonía peruana de importancia económica que debe ser estudiada. Al respecto según Barceló, et

al (2001), la nutrición mineral de las plantas es la parte de la Fisiología Vegetal que estudia los procesos relacionados con la adquisición de los elementos minerales y el papel que estos elementos desempeñan en la vida de las plantas.

Glass, citado por Barceló (2001), adoptó la clasificación que organiza los elementos macro nutrientes y micronutrientes en cuatro grupos:

Grupo I.- Componentes biológicos (carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos) e intermediarios metabólicos: C, H, O, N, S, P.

Grupo II.- Activadores enzimáticos; elementos requeridos para la activación de enzimas específicos: K, Ca, Mg, Mn, Zn.

Grupo III.- Reactivos redox; elementos que catalizan reacciones redox por medio de diversos estados de valencia: Fe, Cu, Mo.

Grupo IV.- Elementos de función incierta: B, Cl.

2.12. Efecto de los micros elementos en el crecimiento de las plantas

Los micronutrientes también llamados elementos menores, son el Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, y su contenido en los vegetales se expresa en partes por millón. Esta clasificación es arbitraria, hay autores que clasifican al Fe como macro nutriente y no implica desviación alguna de los criterios de esencialidad enunciados. Ciertos elementos, sin ser esenciales, son beneficiosos para algunas plantas. Así sucede con el silicio en las gramíneas, con el sodio en algunas especies de diversas familias, y con el cobalto en las leguminosas moduladas. Se ha sugerido que algunos otros elementos podrían tener efectos favorables e incluso ser esenciales, pero no existen pruebas concluyentes de esas afirmaciones.

Según Salisbury et al (2000), el contenido relativo de cada elemento no es el mismo en las distintas especies de vegetales, ni en una misma especie en distintas condiciones de cultivo, ni tampoco en los distintos órganos de una misma planta.

2.13. Nutrición mineral de las plantas en soluciones nutritivas

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

Las soluciones nutritivas son completas cuando contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto crecimiento, desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, 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 & Arnon, 1972).

Además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno) 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.

Por otro lado también hay elementos que se asimilan y son tóxicos para la planta como el Aluminio.

- **Parámetros y medidas de referencia fisiológica**

Salisbury et al (2000), 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. Por otro lado el mismo autor indica que el diámetro de tallo es un parámetro que está relacionado con el peso seco o materia seca, y depende de la eficiencia del proceso de fotosíntesis y del funcionamiento fisiológico del vegetal.

Salisbury et al (2000) 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 ésta en la planta.

2.14. Cultivos hidropónicos

- **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 permite el aprovechamiento de pequeñas áreas.

2.15. Etapas del sistema de raíz flotante

a. 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.

b. Transplante

Según Pérez (1988) en esta etapa se requiere un contenedor que puede ser 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 $\frac{3}{4}$ " o 1" de espesor, que flotará sobre la solución nutritiva. Las plántulas se extraen del almacigo, se lavan las raíces de los residuos de sustrato, se envuelve el cuello de la plántula con un pedazo de esponja sintética para que la planta quede sujeta en el orificio de la tapa del balde de plástico, de tal forma que las raíces queden sumergidas en la solución nutritiva. Usualmente se agrega al recipiente la solución nutritiva antes de iniciar el trasplante.

2.16. 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.

a. Conductividad Eléctrica.

Según Resh (1992), 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 trasplante 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 conductímetro. El cual debe calibrarse según las indicaciones de su proveedor, para evitar errores en el manejo de la solución nutritiva.

b. 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 más 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 pH metro o cinta de pH para el control de este parámetro. Asimismo, se recomienda calibrar el pH metro con soluciones buffer antes de utilizarlo (Resh, 1989).

c. Preparación de la solución nutritiva

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

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

d. 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. Esto permitirá reducir la concentración de la solución nutritiva a medida que las plantas tomen el agua.

e. 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 medida semanal de la conductividad eléctrica nos indicará el nivel de concentración de la solución (si es alto o bajo).

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 3 o 4 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, lo cual se ha observado en un control continuo de la conductividad eléctrica.

2.17. De las Investigaciones en nutrición mineral.

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.

Resh (1989), 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.

Barceló (2001), señala que el crecimiento de la planta depende en esencia de la expansión foliar: las hojas crecen para interceptar la luz, tomar CO₂ y proporcionar carbono a toda la planta así como para transpirar y regular la temperatura.

Salisbury (2000), 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.

Por otro lado el mismo autor 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 & 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.

Según Sívori (1980), 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.

También indica que el factor nutriente interacciona de modo importante con el factor agua, de modo que si la planta tiene deficiencias en un elemento su tallo y hojas la harán exigir poca agua, pero por efecto de su irregular metabolismo usa el agua con poca eficiencia y necesita muchos gramos de ella para hacer un gramo de materia seca, es decir, desperdicia el agua.

El nutriente corrige el metabolismo de manera que necesita menos agua por gramo de materia seca, pero al mismo tiempo, al aumentar la talla, el número y el tamaño de las hojas, la demanda total de agua crece.

Cuadro 3. Soluciones stock componentes de solución nutritiva de Hoagland.

Si	Sustancia	g/l	Mol	Concentración de elementos (ppm)					
				Ca	N	K	Mg	S	P
A	Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	236,16	1	40 080	28 020	-----	-----	-----	-----
B	KNO ₃	101,10	1	-----	14 010	39 160	-----	-----	-----
C	MgSO ₄	120,37	1	-----	-----	-----	24 310	32 060	-----
D	KH ₂ PO ₄	135,15	1	-----	-----	39 160	-----	-----	30 970
E	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	2,7	0,01	400	-----	-----	-----	-----	640
F	K ₂ SO ₄	87,5	0,5	-----	-----	39 160	-----	16 030	-----
G	CaSO ₄ 2H ₂ O	1,72	0,01	400	-----	-----	-----	320	-----
H	Mg(NO ₃) ₂	148,33	1	-----	28 020	-----	24 310	-----	-----
I	Micronutri...								
J	Fe-EDTA								
K	Micro-B								
K	Micro-Mn								
J	Fe-EDTA	26,10		Dilución en 700 ml de agua destilada conteniendo 268 ml de NaOH (40g/l) y completado a un litro.					
	Fe SO ₄ 7H ₂ O	24,90							

Fuente: Pérez, 1998. *Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal.*

Cuadro 4. Composición de la solución de micronutrientes (I).

Sustancias	g/l.	Concentración de elementos (ppm)						
		Mn	Cl	B	Zn	S	Cu	Mo
MnCl ₂ H ₂ O	1,81	502	628	-----	-----	-----	-----	-----
H ₃ BO ₃	2,86	-----	-----	439	-----	-----	-----	-----
ZnSO ₄	0,1	-----	-----	-----	-	14,2	-----	-----
7H ₂ O	0,1	-----	-----	-----	29,2	12,9	---	-----
CuSO ₄	0,1	-----	-----	-----	-----	-----	25	---
5H ₂ O		---	---	-----	-----	-----	-----	53
H ₂ MoO ₄ H ₂ O					-		-	

Fuente: Pérez, 1998. *Guía de Prácticas de Fisiología Vegetal.*

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El experimento se instaló en la ciudad de Pucallpa, en el Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el km. 6 de la Carretera Federico Basadre, Distrito de Callarúa, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, Selva baja de la amazonia, geográficamente ubicada a 8° 23' 39" de latitud sur y 74° 34' 39" de longitud oeste y 154 msnm. (Abel, 2014).

3.2. Duración del estudio

El presente trabajo tuvo una duración de 3 meses, iniciándose el 21 Enero concluyendo el 21 de Abril del 2013.

3.3. Ecología y Clima

El ecosistema de la Región Ucayali, se clasifica en bosque húmedo tropical, y según la clasificación de bosques amazónicos pertenece al ecosistema estacional de Bosque casi siempre verde estacional (Cochrane 1982). El promedio de 25 años fue: Temperatura media anual de 25,1 °C con muy poca variación entre las máximas (36,5 °C) y mínimas (17,4 °C) durante el año. La precipitación anual es de 1782 mm (Polo, 1995). El promedio de horas de sol varía notablemente, siendo los meses de Julio, Agosto y Setiembre los meses de menor precipitación y mayor número de horas de sol, siendo los meses de Octubre, noviembre y Marzo los de mayor precipitación (Polo et al 2011).

Cuadro 5. Datos meteorológicos durante el ensayo (Enero – Abril 2013).

Temperatura					°Hr	Precipitaciones		Hora Sol		Viento	
Del año	Max.	Min	Med.	Osc.	%	Total mm	X	N° Días	Mes.	m/seg	Direc
ENE	31.2	23,1	27.1	7.9	85.4	234.5	26.1	9	51.7	1,7	N
FEB	30.6	23,1	26.8	7.5	87.2	251.0	27.9	9	41.5	1,5	N.E
MAR	30.8	23.7	27.2	7.1	84.7	170.3	14.2	12	47.9	1,5	N.E
ABR	31.6	22.8	27.2	8.8	82.0	95.2	15.9	6	34.8	1,2	S.E

Fuente: Estación Meteorológica de la UNU. Pucallpa, Diciembre 2012

Los datos climatológicos registrados en la Universidad Nacional de Ucayali durante los meses del experimento se encuentran en el cuadro 5. La mayor temperatura media que se presentó durante el experimento fue de 27,2 °C en el mes de Marzo y Abril y el menor promedio fue de 26,8°C en el mes de Febrero; la precipitación mensual más alta fue de 251,0mm en el mes de Febrero y la más baja fue en el mes de Abril con 95,2mm todo el mes. La precipitación total acumulada de Enero a Abril fue de 751,0mm. La humedad relativa más alta se registró en Febrero y Enero con 87,2 y 85,4% respectivamente y la más baja fue en Abril con 82%; mayor horas de sol hubo en Enero y Marzo con 51,7 y 47,9 horas respectivamente, menor horas de sol Abril con 34,8 horas; mayor velocidad de viento Enero (1.7m/seg) con orientación Norte, Febrero y Marzo con igual promedio de 1,5m/seg, con orientación noroeste, respectivamente, menor velocidad de viento en Abril con 1,2 m/seg, con orientación Sureste respectivamente (Ramírez, 2013).

En el Módulo de propagación se tomaron los datos de temperatura y humedad cada 15 días y la temperatura promedio fue de 20,5 °C como mínimo y 29,5 °C máximo, con humedad relativa de 78% en promedio.

3.4. Materiales, insumos y equipos.

3.4.1. Materiales

- Baldes de plásticos de 4 litros
- Tapa perforada con dos orificios
- Plantones de Camu camu
- Pipetas (7), para cada solución respectivamente
- Baldes de plásticos de 100 litros y de 10 litros
- Plumones
- Cuaderno de campo
- Lápiz
- Etiquetas
- Letrero
- Esponja
- Regla

3.4.2. Insumos

- Agua destilada
- Agua de caño
- Solucione Stock

3.4.3. Equipos

- Balanza de precisión en g.
- Vernier
- Cámara fotográfica
- Estufa

IV. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

4.1. Variables Evaluadas

4.1.1. Variables Independientes

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeso
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño.

4.1.2. Variables Dependientes

A.- Crecimiento:

- Longitud parte aérea de la planta.
- Longitud raíz.
- Diámetro del tallo.
- Numero de hojas.

B.- Síntomas de deficiencia en: Tallos, hojas y raíces.

- Color.
- Forma.
- Tamaño.
- Brotación.
- Localización. (Parte joven o parte adulta afectada).

4.2. Operacionalización de las Variables

4.2.1. Variables Independientes

Los tratamientos aplicados tanto de solución completa como de las soluciones con deficiencia se aplicaron tal como se indica en la metodología pregonado por Pérez 1998.

4.2.2. Variables Dependientes

Los resultados son las medidas de cada unidad experimental que se obtuvo del promedio de 2 plantas.

A.- Crecimiento:

- **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 del tallo principal de la planta cada 14 días; para lo cual se utilizó una regla. La primera evaluación se realizó al momento del trasplante y luego semanalmente hasta el final del experimento.
- **Longitud de raíz.** Se midió en cm, esta medición se hizo con una regla y las evaluaciones se hicieron al final del experimento.
- **Diámetro del tallo.** Se determinó en mm y consistió en medir el diámetro del tallo a 2cm del cuello de la planta con un vernier. La evaluación se realizó al final del experimento.
- **Número de hojas.** Se realizó un conteo del número de hojas de cada planta cada 15 días. Las evaluaciones se realizaron a partir del trasplante.

B.- 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 observaron tallos, hojas y raíces, para determinar las diferencias según la respuesta al tratamiento aplicado, teniendo en cuenta el color, forma, tamaño, brotación, y localización.

4.3. Diseño Estadístico.

En el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar, con 9 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo un total de 36 unidades experimentales. Para los promedios se utilizaron la prueba de Tukey al 0,05% de significancia para cada variable en estudio. Se utilizó un baldes de cuatro litros de capacidad con 2 plantas de camu camu respectivamente, como unidad experimental.

4.4. Modelo Estadístico.

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Cualquier observación en estudio.

U = Media general.

T_i = Efecto del i – esimo tratamiento en estudio.

E_{ij} = Error o residual.

4.5. Esquema del Análisis de variancia.

Cuadro 6. Análisis de Variancia.

F.V.	G.L.
Tratamientos	8
Error	27
TOTAL	35

4.6. Parcela experimental (Ver Figura 5 en anexos)

La característica de la parcela experimental es el siguiente:

Número de tratamiento	=	9
Número de repeticiones / tratamientos	=	4
Número de plantas / unidad experimental	=	2
Número total de plantas	=	72
Número de unidades experimentales	=	36

Los resultados obtenidos son el promedio de dos plantas de cada balde.

4.7. Datos Registrados

- Presencia de plagas y enfermedades.
- Datos climatológicos (temperatura, humedad relativa y precipitación).
- Fecha de inicio y final del experimento.

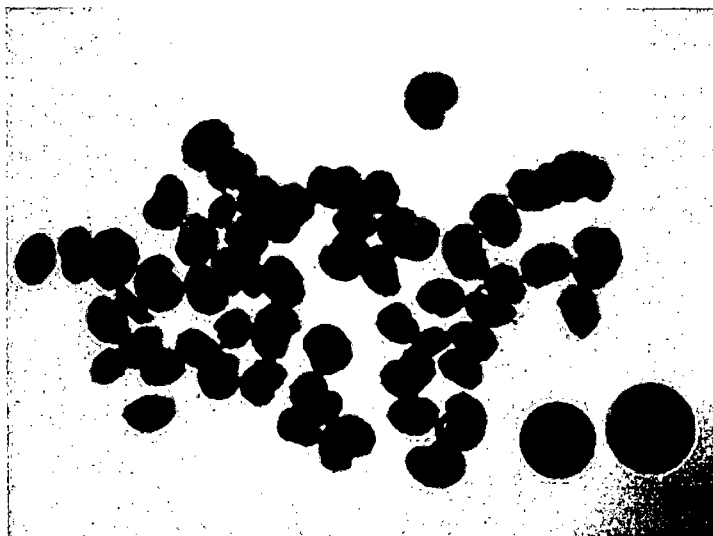
4.8. Metodología

Obtención de semillas de camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) para el experimento

Se cosecharon los frutos de camu camu de las plantaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, del Km 6 Carretera Federico Basadre – Pucallpa, dos meses antes de iniciar el experimento. Luego se extrajeron y se lavaron las semillas y se desinfectaron en una solución al 0,5 % de fungicida benlate para evitar ataque de enfermedades. De inmediato se almacenaron las semillas en arena de río en el módulo de propagación de plantas e hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali; se las regó con el sistema de nebulización, germinando durante los primeros 30 días. Permaneciendo en el almácigo hasta el repique, que se efectuó a los 60 días de almacenado.



Imagen 1. Frutos de Camu Camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) mostrando las semillas.



Semillas de *M. dubia* lavadas y pronto de ser almacenadas.

Repique de plantas de camu camu

Se efectuó cuando tenían dos mes de almacenado en sustrato arena de río, se seleccionaron las plántulas que aún conservaban sus semillas para ser repicados. Esta operación consistió en colocar dos plantas por balde con solución nutritiva o medio de cultivo, sujetando con una esponja sintética por el cuello a cada planta y colocando en cada uno de los dos orificios de la tapa del balde de cada unidad experimental.

Preparación de la Solución Stock y Solución Nutritiva.

Primero se prepararon las soluciones concentradas según Hoagland y Arnon, aquellas también llamadas "soluciones Stock" o "soluciones madres" para luego ser utilizadas en diferentes proporciones las soluciones nutritivas del experimento (Ver cuadros 7, 8 y 9).

Cuadro 7. Soluciones "stock" de componentes de solución nutritiva de Hoagland y Arnon.

Si	Sustancia	g/l	Mol.	Concentración de elementos (ppm)					
				Ca	N	K	Mg	S	P
A	Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	236,16	1	40080	28020	-----	-----	-----	-----
B	KNO ₃	101,10	1	---	14010	39160	---	---	---
C	SO ₄ Mg	120,37	1	---	---	---	24310	32060	---
D	KH ₂ PO	135,15	1	---	---	39160	---	---	30970
I	Micro nutri.								
J	Fe-EDTA								
J	Fe-EDTA	26,10	Dilución en 700 ml de agua destilada						
	Fe SO ₄ 7H ₂ O	24,90	conteniendo 268 ml de NaOH (40g/l) y completado a un litro.						

Cuadro 8. Composición de la Solución de micronutrientes (I)

Sustancias	g/l	Concentración de elementos (ppm)						
		Mn	Cl	B	Zn	S	Cu	Mo
MnCl ₂ H ₂ O	1,81	502	628	---	---	---	---	---
H ₃ BO ₃	2,86	---	---	439	---	---	---	---
ZnSO ₄ -7H ₂ O	0,1	---	---	---	29,2	14,2	---	---
SO ₄ Cu-H ₂ O	0,1	---	---	---	---	12,9	25	---
H ₂ MoO ₄ H ₂ O	0,1	---	---	---	---	---	---	53

Luego se prepararon soluciones nutritivas que llevan todos los elementos esenciales, también denominadas completas y carentes de alguno de los micronutrientes como el Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, siendo en este caso deficitaria en dicho elemento, que permitió la aparición de las deficiencias características. Se utilizó agua destilada para hacer el medio nutritivo, así como para las soluciones Stock, las que se prepararon siguiendo el siguiente orden:

Cuadro 9. Cantidades de soluciones Stock en ml para preparar 1000 ml de solución nutritiva de Hoagland y Arnon.

Características de la Solución nutritiva	A	B	C	D	E	J	K	Agua
1.- Completo	5	5	2	2	1	1	-	984
2.- Sin Hierro	5	5	2	2	1	-	-	985
3.- Sin Cobre	5	5	2	2	-	1	1	984
4.- Sin Zinc	5	5	2	2	-	1	1	984
5.- Sin Manganeso	5	5	2	2	-	1	1	984
6.- Sin Molibdeno	5	5	2	2	-	1	1	984
7.- Sin Boro	5	5	2	2	-	1	1	984

K = Solución de micronutrientes (I) sin el elemento respectivo.

De las cantidades indicadas en el cuadro 7, se utilizaron solo el 50% de A, B, C, D, E, J y K respectivamente por cada 1000 ml, es decir la Solución de Hoagland y Arnon al 50%.

En la preparación de la solución de la solución se utilizaron materiales limpios, para lo cual se lavaron con detergente y luego se enjuagaron varias veces, primero con agua de caño y luego con agua destilada.

Las soluciones fueron puestas en recipientes de plásticos cuidando que en su estructura no tengan elementos tóxicos ni elementos esenciales.

Preparación, ubicación y mantenimiento de los recipientes con medios de cultivo.

Previamente se prepararon los medios de cultivo con soluciones nutritivas, y se distribuyeron en los respectivos recipientes según tratamientos, luego se procedió a poner la tapa perforada con las plántulas sujetadas con esponjas sintéticas a la altura del cuello.

Los recipientes con las plántulas fueron colocados en un lugar asignado en el invernadero donde se observaba diariamente a las plantas y se tuvo el cuidado de mantener diariamente el nivel inicial de la solución nutritiva, añadiendo agua destilada para luego cambiar con las mismas soluciones cada 14 días según tratamiento midiendo el pH y la conductividad eléctrica (CE) antes y después del cambio respectivamente.

Cambio de la Solución Nutritiva

Esta labor se realizó cada 14 días contados desde el primer día del trasplante; haciendo un total de 5 cambios de solución nutritiva durante el desarrollo del experimento.

Control de plagas y enfermedades

Se realizaron en forma preventiva y según presencia. El control de plagas se realizó manualmente eliminado de forma inmediata, pulgones, queresas, cigarritas, huevos y larvas de coleópteros, Para prevenir el ataque de hongos se fumigó luego de la instalación del experimento por una sola vez con el fungicida benlate (benomil) a la dosis de 0,2% i.a.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados sobre efectos de la carencia de micro elementos en el crecimiento de plantones y síntomas de deficiencia en el camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc. Vaugh), cultivados en solución nutritiva, en Pucallpa.

5.1. Análisis de los efectos en el crecimiento que causa la ausencia de cada uno de los elementos esenciales micro nutrientes en el crecimiento del camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc. Vaugh), 90 días después del trasplante a solución nutritiva.

5.2.1. Longitud de la parte aérea

Cuadro 10. Análisis de variancia del crecimiento de longitud de la parte aérea de *M. dubia*.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	11,665	1,458	9,27	0,000	*
Error	27	4,245	0,157			
Total	35	15,910				

S = 0,3965 R-cuad. = 73,32% R-cuad. (Ajustado) = 65,41%; CV = 17,6%

De acuerdo a la prueba de Tukey en el cuadro 17 (Anexo) se observa las diferencias significativas entre los tratamientos.

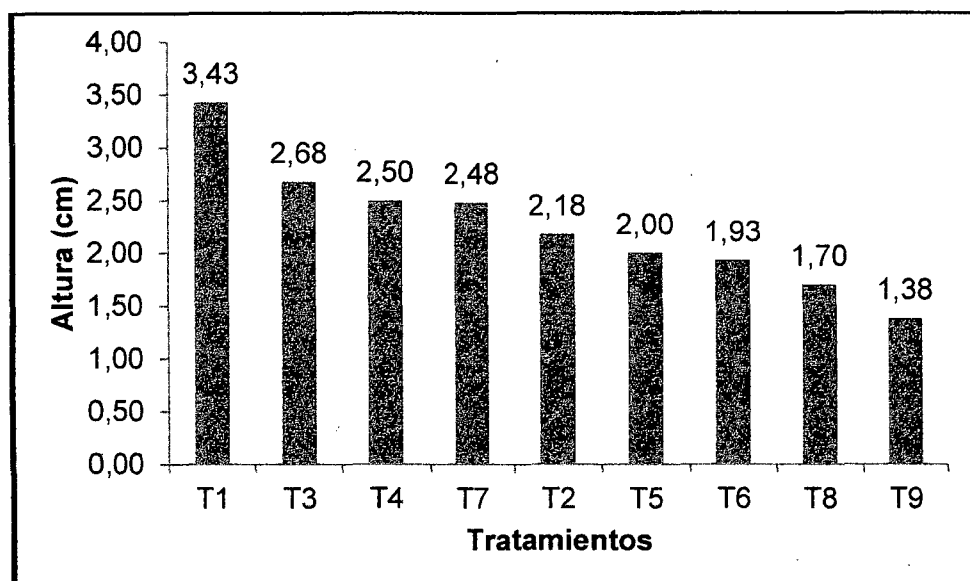


Figura 1. Comparación del crecimiento en longitud de la parte aérea de camu camu tratadas con nueve soluciones nutritivas.

Según los promedio de incremento de crecimiento en altura *M. dubia* de seis evaluaciones en nueve soluciones nutritivas distintas, el orden de mayor a menor crecimiento es el siguiente: T1 Solución nutritiva completa 3,43 cm, T3 solución - Cu 2,68 cm, T4 solución - Zn 2,50cm, T7 en solución - B 2,48cm, T2 en solución - Fe 2,18cm, T5 en solución - Mn 2,00cm, T6 en solución - Mo 1,93cm, T8 en Solución Agua destilada 1,70cm y T9 Agua de caño 1,38 cm (ver figura 01).

Hubo mayor crecimiento en longitud de la parte aérea de los tratamientos T1 seguido de T3 y T4 siendo estadísticamente iguales pero con una ligera diferencia, seguido de T7, T2, T5, T6 que también no son diferentes al T3 y T4. Así mismo se observa que en T8 agua destilada y T9 agua de caño, resultaron menores estadísticamente.

Estos resultados indican el orden de prioridad de las plantas para el crecimiento de la parte aérea con respecto a la necesidad de micro elementos, resultando el siguiente orden de los elementos que afecta más el crecimiento en longitud de la parte aérea como la ausencia de Mo seguido del Mn, Fe, B, Zn y Cu, sucesivamente. Estos requerimientos de la planta obedecen a la ley del mínimo pregonado por Liebig (Salisbury 2000, Sívori et al 1980).

5.2.2. Longitud de la raíz.

Cuadro 11. Análisis de variancia de crecimiento de longitud de la raíz de *M. dubia*.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	15,777	1,972	3,90	0,004	*
Error	27	13,665	0,506			
Total	35	29,442				

S = 0,2840 R-cuad. = 84,42% R-cuad. (Ajustado) = 79,80%; CV = 11.6%

De acuerdo al análisis de variancia del Cuadro 11, se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo según la prueba de Tukey (Cuadro 18. Anexo).

Los tratamientos fueron significativamente iguales con excepción del tratamiento T2 (-Fe) que tuvo menor crecimiento, que difiere del T8 (con Agua destilada).

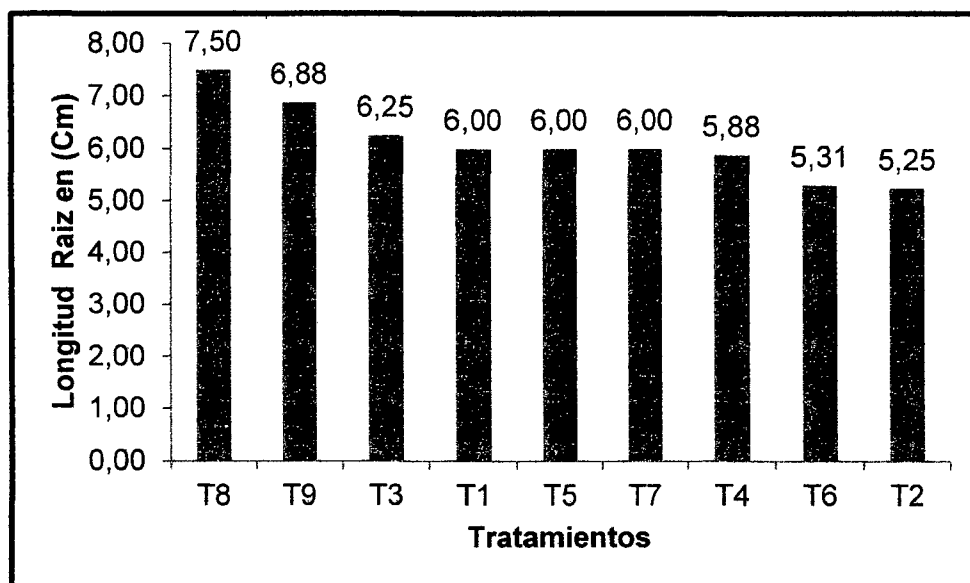


Figura 2. Comparación del crecimiento de la raíz de *M. dubia* tratadas con nuevas soluciones nutritivas.

Encontrándose un mayor crecimiento longitudinal de raíz con escasas ramificaciones en el T8 como consecuencia de una respuesta a la falta de nutrientes y la necesidad de la planta de extender raíces en su búsqueda. Entre tanto el orden de los resultados de mayor a menor crecimiento radicular fue el siguiente: T8, T9, T3, T1, T5, T7, T4, T6, T2, siendo del T8 al T6 ligeramente diferentes y del mismo modo del T9 al T2. Asumiendo que el menor crecimiento radicular en el T2 sea por efecto de la ausencia de hierro y el T8 y T9 el mayor crecimiento relacionado por el esfuerzo realizado por las raíces en busca de los elementos esenciales más necesarios para asegurar la nutrición de la planta de camu camu, estableciendo un efecto ligeramente diferente a lo observado en el crecimiento de la parte aérea (ver figura 2).

5.2.3. Diámetro del tallo.

Cuadro 12. Análisis de variancia del crecimiento del diámetro del tallo de *M. dubia*.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	5,31722	0,66465	132,93	0,000	*
Error	27	0,3500	0,00500			
Total	35	5,45222				

S = 0,07071 R-cuad. = 97,52% R-cuad. (Ajustado) = 96,79%; CV= 8,5 %

De acuerdo al análisis de variancia (Cuadro 12), se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

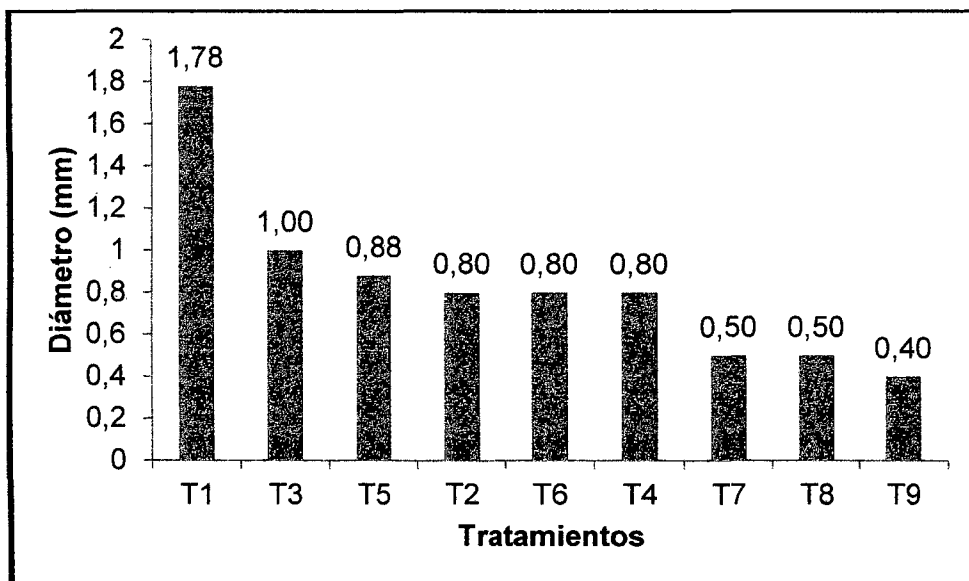


Figura 3. Comparación del crecimiento del diámetro de *M. dubia* tratadas con nueve soluciones nutritivas.

En la Figura 3 resultando de mayor a menor crecimiento: T1 solución nutritiva Completa con 1,78mm, T3 solución sin Cu con 1,0mm, T5 solución sin Mn con 0,88mm, T2 solución sin Hierro con 0,80mm, T6 solución sin Molibdeno con 0,80mm, T4 solución sin Zinc con 0,80, T7 solución sin boro con 0,50, T8 en agua Destilada con 0,50mm y T9 en Agua de Caño con 0,40mm (ver Fig. 03). Los resultados de T1, fueron mayores a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T3, luego T5, T2, T6, T4 ocuparon el tercer lugar con ligeras diferencias numéricas, mientras que T7, T8 y T9 ocuparon el último lugar con ligeras diferencias numéricas ya que comparando estadísticamente no fueron diferentes. Se observó que donde la solución completa que contiene todos los elementos nutritivos superó a los demás tratamientos. Estos resultados permitieron visualizar el orden de prioridad de los micronutrientes para el crecimiento en diámetro del camu camu en su etapa inicial como el B, seguido del Zn, Mo, Fe, Mn, Cu, cuando comparado con el contenido de todos los elementos (solución completa) o con los cultivados en agua sin los elementos esenciales (Fig.03).

5.2.4. Número de hojas

Cuadro 13. Análisis de variancia del número de hojas de *M. dubia*.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	11,7989	14,749	18,29	0,000	*
Error	27	2,1775	0,0806			
Total	35	13,9764				

S = 0,7114 R-cuad. = 53,59% R-cuad. (Ajustado) = 39,84%; CV = 8,7%

De acuerdo al análisis de variancia (Cuadro 13), se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En el cuadro 20 se observa el incremento promedio del número de hojas de *M. dubia* en nueve soluciones nutritivas según la prueba de tukey (ver Anexo).

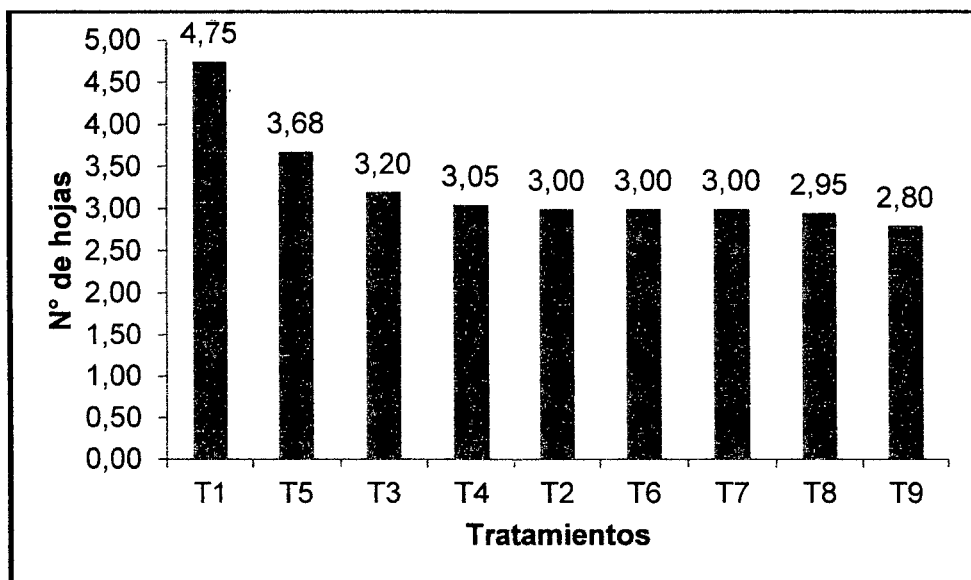


Figura 4. Comparación del número de hojas de *M. dubia* tratadas con nuevas soluciones nutritivas.

Resultando de mayor a menor crecimiento: T1 solución nutritiva Completa con 4,75, T5 solución sin Zn con 3,68, T3 solución sin Cu con 3,20, T4 solución sin Mn con 3,05, T2 solución sin Fe con 3,00, T6 solución sin Mo con 3,00, T7 solución sin B con 3,00, T8 en agua Destilada con 2,95 y T9 en Agua de Caño con 2,80 (Fig. 04).

T1 tuvo mayor incremento de hojas, seguido de T5,T3,T4,T2,T6,T7,T8 que ocupan el segundo lugar con ligeras diferencias, es decir que no hubo diferencias significativas en número de hojas por plantas por ausencia de micronutrientes respectivamente. Se observó que donde la solución es completa que contiene todos los elementos nutritivos se obtiene mayor número de hojas y son de mayor tamaño. Además por el orden numérico resalta como el elementos más necesario para el crecimiento en diámetro el B, seguido del Mo, Fe, Zn, Cu y Mn y en relación con los resultados con los cultivados en agua carentes de todos los elementos esenciales (Fig.04).

5.2. En general en cuanto a crecimiento

Cuadro 14. Resultado de los análisis de variancia de las variables estudiadas sobre el efecto de la carencia de micro nutrientes en el crecimiento del cultivo de *M. dubia*, cultivado en solución nutritiva, en Pucallpa.

Resultado del ANVA (Valores de F)				
Variable de Crecimiento	Longitud de parte aérea	Longitud de Raíz	Diámetro de tallo	Número de Hojas
Significancia Fc	9,27*	3,90*	132,93*	18,29*
Coefficientes de Variabilidad	17,6%	11,6 %	8,5 %	8,7 %

* Significancia al 0,05 y ** significancia al 0,01 N S no significativo.

Cuadro 15. Efecto de la carencia de micro nutriente en el crecimiento en el cultivo de *M. dubia*, cultivado en solución nutritiva, en Pucallpa y comparación de medias de las variables estudiadas.

Tratamientos	Incremento Longitud parte aérea (cm)	Incremento Longitud de raíz (cm)	Incremento Diámetro de tallo (mm)	Incremento Número de hojas/planta
T1 Completo	3,43a	6,00ab	1,78a	4,75a
T2 - Fe	2,18bcd	5,25b	0,80c	3,00bc
T3 - Cu	2,68ab	6,25ab	1,00b	3,20bc
T4 - Zn	2,50abc	5,88ab	0,80c	3,05bc
T5 - Mn	2,00bcd	6,00ab	0,88c	3,68b
T6 - Mo	1,93bcd	5,31ab	0,80c	3,00bc
T7 - B	2,48bc	6,00ab	0,50d	3,00bc
T8 Agua destilada	1,70cd	7,50a	0,50d	2,95bc
T9 Agua de caño	1,38d	6,88ab	0,40d	2,80c

Fuente. Abel Ramírez.

En el cuadro 14 se encuentra diferencias significativas de los resultados del ANVA de las diferentes variables evaluadas, y que según prueba de Tukey respectivamente en el cuadro 15, se observa las diferencias en los promedios del crecimiento de las plantas de camu camu según los tratamientos carentes de micro nutrientes como el Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B cuando comparado con las cultivadas en solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon, las cultivadas en agua de caño y agua destilada y entre sí, en un periodo de crecimiento de tres meses contados a partir de los 2 meses de edad. Para considerar el orden

de mérito general se optó por la sumatoria del número de orden de cada parámetro sin incluir longitud la raíz, con la finalidad de facilitar la interpretación de los resultados del crecimiento de la parte aérea.

Al respecto, se considera que hubo mayor crecimiento de la parte aérea, en el tratamiento Solución completa de Hoagland y Arnon (T1) que ocupó el primer lugar en Longitud de parte aérea, diámetro del tallo y número de hojas, Sin embargo alcanzó un crecimiento intermedio en cuanto a longitud de raíz entre todos los tratamientos; siguiendo en el orden del crecimiento de la parte aérea el tratamiento carente de Cu (T3) que ocupó el segundo lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo y el tercer lugar en número de hojas y longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Mn (T5) que ocupó el sexto lugar en longitud de parte aérea, tercer lugar en diámetro del tallo, segundo lugar en número de hojas y quinto lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Zn (T4) que ocupó el tercer lugar en longitud de parte aérea, sexto lugar en diámetro del tallo, cuarto lugar en número de hojas y séptimo lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Fe (T2) que ocupó el quinto lugar en longitud de parte aérea, cuarto lugar en diámetro del tallo, quinto lugar en número de hojas y noveno lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de Mo (T6) que ocupó el séptimo lugar en longitud de parte aérea, Quinto lugar en diámetro del tallo, sexto lugar en número de hojas y octavo lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento carente de B (T7) que ocupó el cuarto lugar en longitud de parte aérea, séptimo lugar en diámetro del tallo, séptimo lugar en número de hojas y sexto lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento en agua destilada (T8) que ocupó el octavo lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo, número de hojas respectivamente y primer lugar en longitud de raíz; luego sigue el tratamiento en agua de caño (T9) que ocupó el noveno lugar en longitud de parte aérea, diámetro del tallo, número de hojas respectivamente y segundo lugar en longitud de raíz.

Visto el presente resultado desde su menor crecimiento del camu camu de la parte aérea, diámetro del tallo, y número de hojas: los cultivados en agua de caño ocuparon el último lugar, seguido de agua destilada, solución nutritiva carente de B, Mo, Fe, Zn, Mn, Cu, y solución completa de Hoagland y Arnon

respectivamente. Estos resultados indican que los elementos más necesarios para el crecimiento de la parte aérea del camu camu fueron el B seguido del Mo, Fé, Zn, Mn, Cu.

Por otro lado el mayor crecimiento en longitud de las raíces, en agua de caño y agua destilada con respecto a la solución nutritiva completa indican el mayor esfuerzo realizado por la planta para extender sus raíces en busca de nutrientes en el medio de cultivo, en desmedro del crecimiento de la parte aérea (ver cuadro19).

Cabe destacar que hubo tratamientos de elementos faltantes cuyos resultados al final de las evaluaciones según la prueba de Tukey, estadísticamente fueron iguales, sin embargo las pequeñas diferencias y las diferencias significativas no coincidentes entre los parámetros evaluados nos permiten inferir que hubo desigual distribución de los nutrientes en los diversos órganos en la planta de camu camu en su estado inicial de crecimiento y que influyó en la respuesta arriba indicadas. Con lo que se evidencia la esencialidad y al mismo tiempo un desigual distribución de los micronutrientes entre la parte aérea y radicular. Al respecto según Resnik (1970) citado Sívori et al (1980), que la ley del mínimo de Liebig que indica que cuando más de un elemento se encuentra en una planta en el nivel de deficiencia de la curva, la llamada ley del mínimo determina que el crecimiento está limitado por aquel elemento que presenta mayor grado de deficiencia en ese momento. Dicho de otra manera, ese elemento se convierte en el factor limitativo del crecimiento y aunque haya mayor disponibilidad de otros elementos este no podrá incrementarse. Los otros elementos en esas circunstancias estarán ubicados en el sector de consumo de lujo mientras que el elemento limitativo estará en el sector de deficiencia de relación lineal. En todas las variables se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y en todos los tratamientos se encontraron respuestas variadas, entre significativos y no significativos con relación a la solución completa de Hoagland y arnon considerada como el testigo del experimento.

Según Furlani (1998), al utilizar la solución de Hoagland y Arnon que contienen macro y micro nutrientes, ampliamente utilizada en investigaciones de diversos cultivos a diversas concentraciones, puede haber toxicidad. Al respecto según reporte de Pérez (2003), quien encontró toxicidad en el cultivo de *Mentha piperita* con solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 100%, rebajando la concentración a 50% solucionó el problema, lo cual se tomó en cuenta para el presente experimento, corroborado con las experiencias en uña de gato (*U. tomentosa*) por Pérez (2012), bolaina blanca (*G. crinita*) Vargas (2013), ají charapita (*C. frutescens*) Juana (2013). Además tomando en cuenta lo indicado por Salisbury (2000), Asher y Edwards (1983), Wild et al, (1987), las plantas son capaces de crecer bien en soluciones con concentraciones de elementos esenciales tan bajos, siempre que las soluciones sean repuestas con la frecuencia suficiente como para poder mantener las concentraciones, y que fluya entre las raíces, sin que produzca plasmólisis. Por lo que en el presente experimento las soluciones tuvieron potenciales osmóticos bajo, no se representó ningún problema de toxicidad y plasmólisis durante el desarrollo del experimento.

5.3. Síntomas de deficiencia que causan cada uno de los elementos esenciales micro nutriente en el cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh), a los 90 días de iniciado los tratamientos.

5.4. Síntomas Visuales de Deficiencia por Tratamiento: color, Forma, Tamaño y Localización.

T1.- Solución nutritiva completa Solución (nutritiva completa de Hoagland y Arnon).- A esta solución nutritiva se le consideró como testigo, para comparar las diferencias con las deficiencias de los diferentes tratamientos. No se observaron síntomas de deficiencia en cuanto a color, forma, tamaño y localización, el aspecto general de las plantas tenía una apariencia y tamaño normal, con las hojas opuestas, simples, enteras, sin estípulas; pecíolo de 1,5-6mm de largo y cerca 1 mm de ancho, láminas lanceoladas a elípticas, de 4,5-7cm de largo, 2,5-

4,5cm de ancho, con ápice agudo, base redondeada y cubierta de glándulas, con ambas caras glabras.

Haz de la hoja de color verde oscuro y algo brillante, envés de color verde claro y opaco, con nervaduras poco pronunciadas de color verde oscuro. No hubo manchas necróticas; el tallo en su parte apical fue de color verde claro a ligeramente oscuro hacia el ápice, la parte semi leñosa y leñosa del tallo de color marrón, sin apariciones de pigmentos en la base de la planta, ramas de aspecto relativamente sana, con entrenudos de 2,5 a 5,5 cm de longitud de color marrón; raíces principales desarrolladas y secundarias normalmente cortas, con raíces absorbentes medianamente pobladas. (Fotografías 3).



Fotografías 1. Solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.



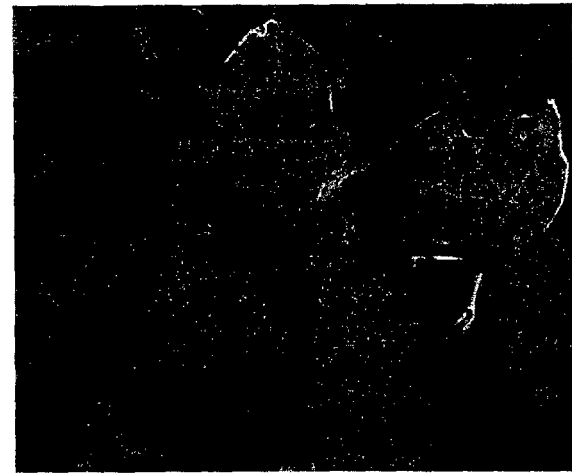
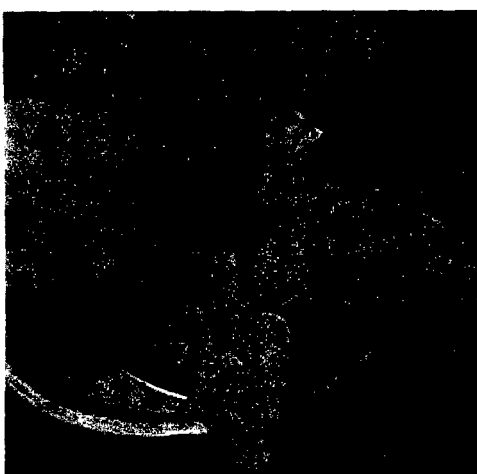
Fotografías 2. Aspecto de *M. dubia* cultivado en una solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.



Fotografías 3. Aspecto de las raíces de plantas de *M. dubia* cultivada en una solución completa de Hoagland y Arnon.

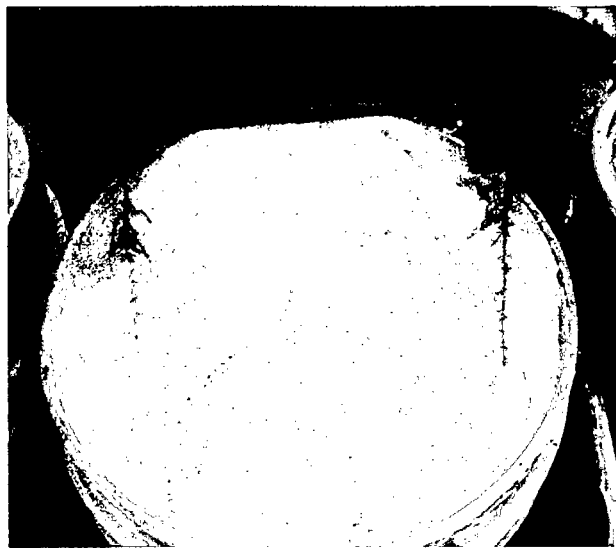
T2.- Solución nutritiva sin Hierro (- Fe).- Efectos localizados, en las hojas superiores. Hojas superiores con clorosis generalizada, nervadura principal y laterales de color verde, hojas medianas a grandes, Ramas apicales con hojas de color amarillo, pudiendo haber necrosis aisladas en estados avanzados de deficiencia; tallos de color verde oscuro a marrón oscuro hacia el ápice principales y ramas medianamente delgadas.

Raíces principales largas, raíces secundarias cortas y escasas, ausencia de pelos absorbentes, muerte de raíces por asfixia. (Fotografías 4 y 5).





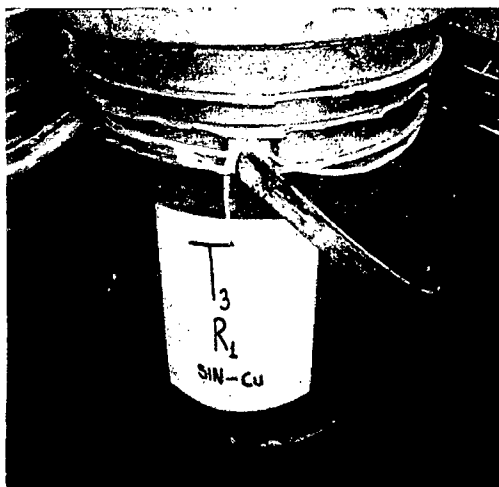
Fotografías 4. Plantas de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin Fe.



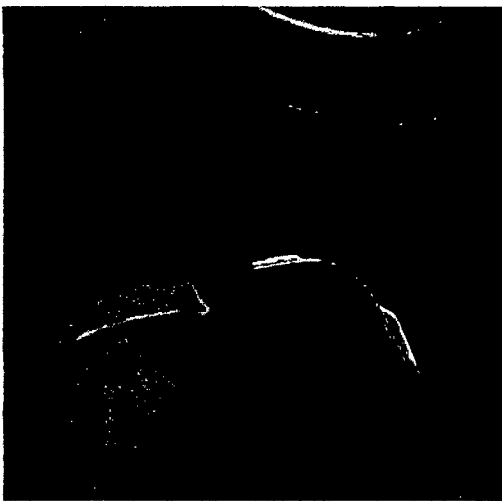
Fotografías 5. Aspecto de las raíces de *M. dubia* cultivados en solución nutritiva sin Fe.

T3.- Solución nutritiva sin Cobre (- Cu).- Durante los dos primeros meses de iniciado los tratamientos, las plantas tuvieron un crecimiento normal como de la solución completa sin manifestar síntomas de deficiencia, luego faltando 30 días para culminar el experimento cuando se utilizaron nuevas sales obtenidos de laboratorio las plantas empezaron a mostrar síntomas de deficiencia de Cu, empezando por la parte apical especialmente se aprecian manchas cloróticas (amarillas), y con severa clorosis generalizada de hojas más jóvenes y brotes, con nervadura principal de color verde, mientras que las hojas más viejas eran de color verde oscuro, lo cual indica que este elemento no se transloca en la plantas de los órganos viejos hacia los nuevos cuando falta en el medio de cultivo tal como lo indica Salisbury (2000), Luego en estados más avanzados de la clorosis empezaron a aparecer necrosis en forma de punteaduras dispersas en las láminas foliares cloróticas que aumentaron poco a poco de tamaño y las hojas se fueron deformando, necrosando y enroscando gradualmente hacia la parte superior del limbo. En cuanto a las raíces igual que en la parte aérea estuvieron al inicio más pobladas que en el tratamiento completo de Hoagland y Arnon, sin embargo cuando se cambiaron las soluciones nutritivas en el último mes empezaron a aparecer asfixias de raíces secundarias y raíces absorbentes con tendencias al desprendimiento de éstas. La parte del tallo semi leñosa y leñoso son de color verde a marón claro, resultando un buen diámetro en su etapa desarrollo. (Fotos 6 ,7 y 8).

Los síntomas descritos se parecen a los encontrados con la deficiencia de Cu en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014).



Fotografías 6. Aspecto de las hojas de plantas de *M. dubia* cultivadas en solución sin Cu.



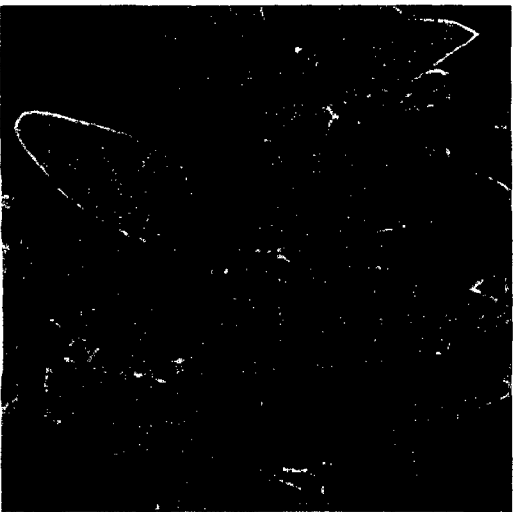
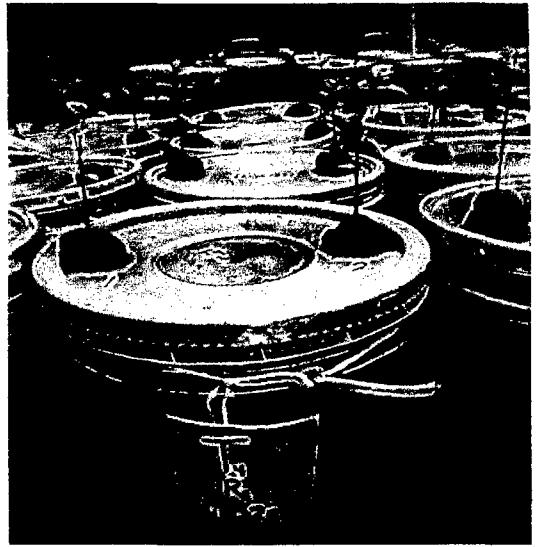
Fotografías 7. Aspecto de la parte aérea de plantas de *M. dubia* cultivadas en solución nutritiva sin Cu en su estado avanzado.

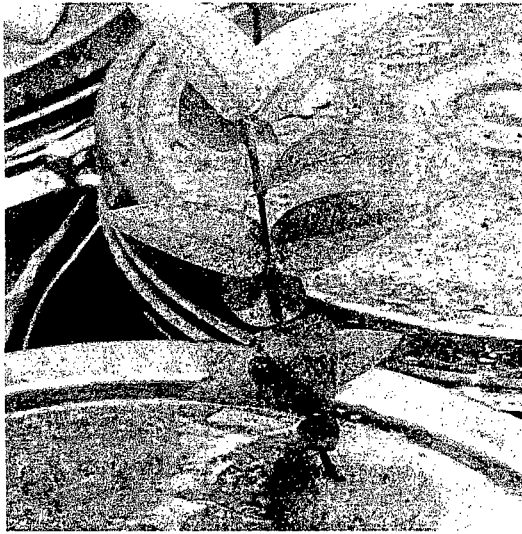


Fotografías 8. Aspecto de las raíces de plantas de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin Cu.

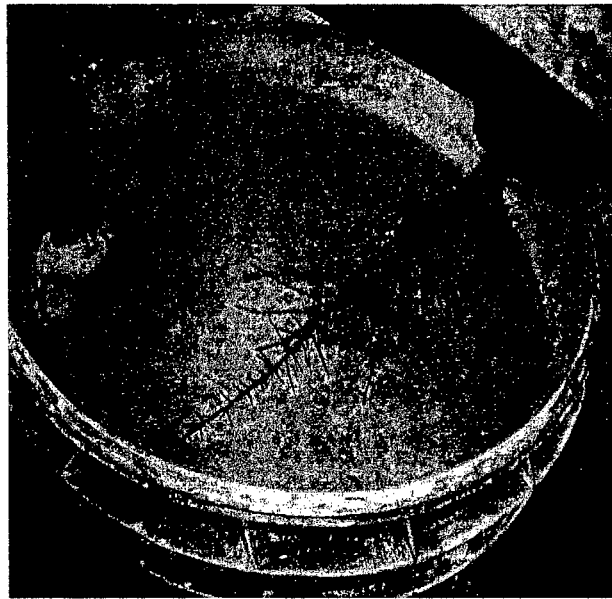
T4.- Solución nutritiva sin Zinc (- Zn).- Apareció primero clorosis internerval en las hojas más viejas en forma poco notorias, luego la clorosis fue más notoria y se extendió hacia las hojas más jóvenes hasta convertirse en clorosis internerval generalizada en toda la planta dejando una franja angosta de color verde cerca de las nervaduras principales y secundarias, notándose reticulado de nervaduras de color verde. Algunas hojas ligeramente curvadas hacia arriba. Tallos medianamente desarrollados, raíz corto y poco poblada. (Fotos 9 y 10).

Los síntomas descritos fueron se parecen a los encontrados con la deficiencia de Zn en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014).





Fotografía 9. Plantas de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin Zn.



Fotografías 10. Aspecto de las raíces de *M. dubia* de plantas cultivadas en solución nutritiva sin Zn.

T5.- Solución nutritiva sin Manganeso (- Mn).-Clorosis generalizada que empieza por las hojas medias que luego se extiende en toda la planta. Luego la necrosis que empieza por los bordes y ápices en las hojas medias, que se vuelve cada vez más intensa y generalizada internerval, nervaduras principales de color verdes y con franjas verdes en la nervadura principal, y un retinervado característico de color verde en las secundarias; en estado avanzado tallos medianos y cortos con muerte de ápice y formación de brotes. Raíz principal medianamente largas y poco pobladas y pudiendo desprenderse y quedarse trucas. (Fotografías 11, 12 y 13). Los síntomas descritos se parecen a los encontrados con la deficiencia de Zn en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014).





Fotografía 11. Plantas de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin Mn.



Fotografías 12. Parte apical en estado avanzado de deficiencia de planta de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin Mn.



Fotografías 13. Aspecto de raíces de plantas de *M. dubia* cultivadas en solución nutritiva sin Mn.

T6.- Solución nutritiva sin molibdeno (Mo).- planta pequeña, con entrenudos cortos y brotes nuevos con clorosis. Hojas viejas con clorosis internerval en un inicio poco notorio, y que se va extendiendo poco a poco hasta mostrarse en toda la planta incluyendo las nervaduras, Manchas de color marrón claro dispersas en el limbo bordes y ápices de las hojas. Raíces poco desarrolladas y mayormente truncas. (Fotografías 14 y 15).

Los síntomas descritos se parecen a los encontrados con la deficiencia de Zn en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014).





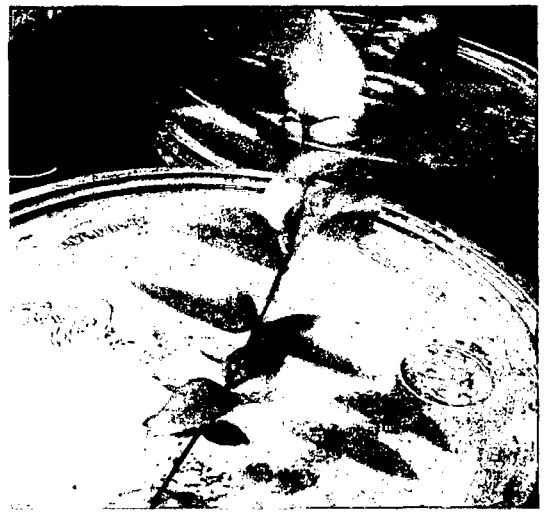
Fotografías 14. Plantas de *M. dubia* cultivadas en solución nutritiva sin Mo en su estado avanzado.



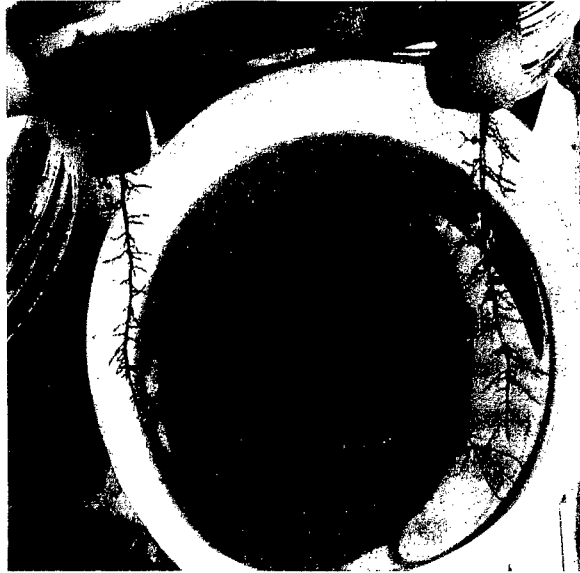
Fotografía 15. Raíces de plantas de *M. dubia* cultivadas en solución nutritiva sin Mo.

T7.- Solución nutritiva sin Boro (-B).- Primero aparece clorosis en las hojas más jóvenes que se va intensificando, luego va avanzando hacia las hojas más viejas, el ápice terminal de la hoja tiene forma agudo, Hojas de brotes nuevos y ápice del tallo se tuercen y necrosan. Cuando el síntoma está avanzado las hojas jóvenes son achaparradas. Tallos de color marrón oscuro, pocos desarrollados con entrenudos cortos, raíz principal y secundarias cortas y poco pobladas (Fotografías 16 y 17).

Los síntomas descritos fueron se parecen a los encontrados con la deficiencia de Zn en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014).



Fotografía 16. Plantas de *M. dubia* cultivadas en solución nutritiva sin B.



Fotografías 17. Raíces de planta de *M. dubia* cultivada en solución nutritiva sin B.

T8.- Sin solución nutritiva (Agua destilada).- Al comienzo los plantones de camu camu no presentan síntomas de deficiencias a medida que transcurre el tiempo en medios de cultivo, las hojas más jóvenes se vuelven de color verde claro con nervaduras verde oscuro en algunas de las hojas, presentan hojas pequeñas a medianas; necrosis en los borde y ápice; a medida que transcurre el tiempo suelen a caerse, tallo con entrenudos cortos y delgados, en cambio las raíces se mostraban largas y abundante incluso mayor que las del T9 con tratamiento con agua de caño, presencia de pelos absorbente, raíz secundarias corta y pobladas y muerte de asfixia. (Ver Fotografías 18 y 19).

Los síntomas descritos fueron no se parecen a los encontrados en agua destilada en plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) por Vargas (2014) donde el elemento Fe fue al parecer el más necesario, por lo que se deduce que las prioridades para el camu camu en sus exigencias fue diferente en su etapa inicial de crecimiento.

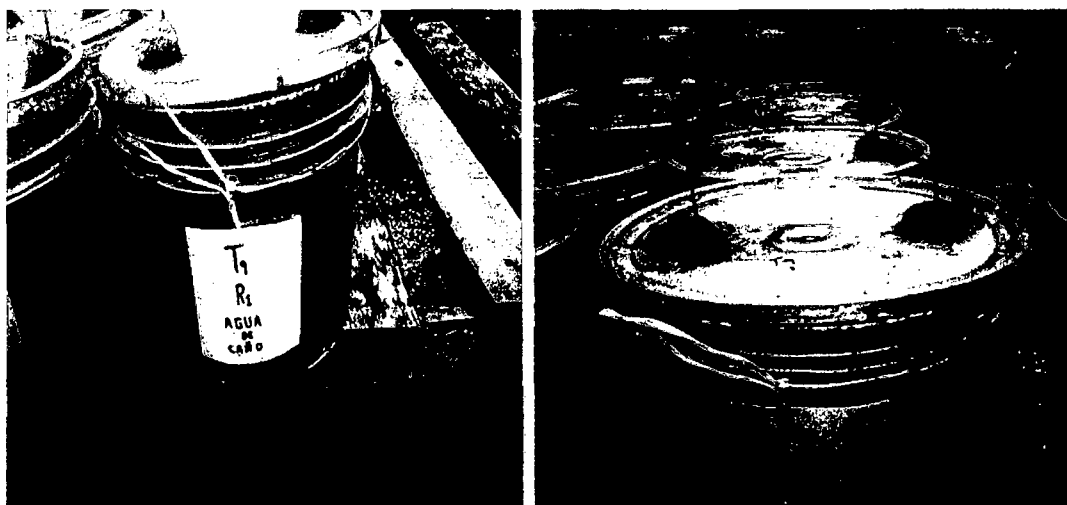


Fotografías 18. Planta de *M. dubia* cultivada en agua destilada.



Fotografías 19. Raíz y aspecto de la hoja de planta de *M. dubia* cultivada en agua destilada.

T9.- Sin solución nutritiva (Agua de caño).- las hojas al principio no presenta síntomas de deficiencias, a medida que transcurre el tiempo de permanencia en los medios de cultivo, aparece una clorosis que empezó en hojas más viejas, hojas más jóvenes se vuelven de color verde claro, hojas pequeñas a medianas; así mismo disminuyó la formación de hojas nuevas, tallo principal sin ramificación, o ramas con escaso desarrollo, entrenudos cortos y delgados, con menor número de entrenudos que en la solución completa y demás tratamientos; raíces largas y pobladas más que el tratamiento T9, presencia de raíces muertas por asfixia, raíz secundaria cortas y medianamente poblada (Fotografías 20 y 21).



Fotografías 20. Planta de *M. dubia* cultivada en agua de caño.



Fotografías 21. Raíces y aspecto de la hoja de plantas de *M. dubia* cultivadas en agua de caño.

5.5. Elementos menores (Hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno y boro).

5.5.1. Aspectos Generales en Cuanto a los Síntomas.

Según la clasificación que organiza los elementos macronutrientes y micronutrientes de Glass citado por Barceló (2001), el Zn y Mn pertenecen al grupo II como activadores enzimáticos; el Fe, Cu y Mo son elementos que catalizan reacciones redox pertenecen al grupo III; mientras que al B lo considera como elemento de función incierta.

En la solución nutritiva completa, no se observaron síntomas visibles de deficiencia.

El elemento más necesario resultó ser el 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, el boro es relativamente poco móvil en el interior de las plantas. 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.
- 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.
- Interviene en la división celular y en la actividad de los tejidos meristemáticos radicales. El 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 meristemas.
- 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 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 la 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 calcio que precipitan sobre las membranas celulares, se reduzcan la permeabilidad con descensos del nivel transpiratorio y de la tasa de absorción de agua del suelo por las raíces.
- El boro desempeña un papel esencial en el transporte de azúcares, en la síntesis de sacarosa, en el metabolismo de ácidos nucleicos, en la biosíntesis de carbohidratos, en la fotosíntesis, en el metabolismo proteico, en la síntesis y estabilidad de las paredes y membranas celulares, etc.

Según la FAR (Fundation For Agronomic Research) Citado por Díaz (2007), señala que la **deficiencia de Boro** 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.

Según Salisbury y Ross (2000), 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. Por otro lado según la clave de diagnosis de nutrientes en las plantas (Pérez, 1998) las hojas más jóvenes de las plantas y las yemas terminales se ven afectados, síntomas generalmente localizados, hojas retorcidas, que presentan clorosis y luego necrosis principalmente en la base de la lámina, hay gran brotación de yemas laterales. En el presente experimento solo se observó clorosis con nevaduras de color verde y necrosis en los bordes de las hojas, en cuanto a las raíces se observó poco pobladas y gruesas.

Según Antonio y Alarcón. La deficiencia de B provoca un oscurecimiento de los tejidos debido a una acumulación de compuestos fenólicos. En esta situación se ve impedida la oxidación de compuestos polifenólicos que conduce a la síntesis de lignina, por lo que las paredes celulares quedan debilitadas. La acumulación de compuestos fenólicos produce necrosis del tejido.

Tallos rajados, acorchados o huecos, son síntomas macroscópicos evidentes de una alteración de la síntesis de paredes celulares ocasionada por deficiencia de boro. A nivel microscópico se observan paredes celulares de mayor diámetro y con mayor cantidad de material parenquimatoso, existe una mayor concentración de sustancias pécticas y acumulación de calosa que bloquea el transporte vía floema.

Las hojas jóvenes de la yema terminal toman un color verde claro en la base, con descomposición final en esa zona, por lo que en su crecimiento posterior las hojas están retorcidas; por último, tallo empieza a morir a partir de la yema terminal.

El Boro se acusa en tejidos de crecimiento y provoca un crecimiento lento.

Falta de desarrollo debidos a la depresión del punto de crecimiento, una clorosis de las hojas jóvenes, o a veces su enrojecimiento, y frecuentemente una alteración de los frutos, con necrosis interna.

El **Molibdeno (Mo)** en cuanto al orden de deficiencias ocupó el segundo lugar (ver cuadro 18 y 19). Según Sívori (1980), este elemento Molibdeno 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 NO_3 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 NH_3 . 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.

El Mo favorece el metabolismo del hierro y reduce los daños provocados por posibles excesos de cobre, boro, níquel, cobalto, manganeso y zinc.

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 (Barceló 2001).

A menudo se desarrolla una clorosis entre las nervaduras, primero en las hojas más viejas y después, de forma progresiva, en las más jóvenes (semejante a la deficiencia en nitrógeno). A veces, las hojas se ahuecan y aparecen quemaduras en sus bordes.

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.

Por otro lado según la clave de diagnóstico de deficiencias de nutrientes en las plantas, las hojas más viejas de la planta son las más afectadas; efectos Hojas con manchas amarillas con bordes delimitados entre las nervaduras que luego se necrosan; marchitamiento y necrosis de bordes de la lámina que luego se encartucha. De estos síntomas característicos fue lo que se observó en las plantas cultivadas sin Mo coincide solamente las de manchas amarillas internervales o clorosis internerval que va de las hojas más viejas a las más jóvenes, llegando a manifestarse en toda la planta, y luego pequeñas manchas de color marrón dispersas en las hojas más jóvenes.

Siguiendo el orden de las deficiencias el **Hierro (Fe)** ocupó el tercer lugar. Según Barceló (2000) El Fe forman parte de diversos cromoproteídos, intervienen en las reacciones fundamentales de óxido – reducción: la hemoglobina, los citocromos, el fermento de la respiración, las catalasas y peroxidasas, son cromoproteídos con Fe en su grupo prostético. El hierro tiene como función principal activar las enzimas a fin de formar la protoclorofila.

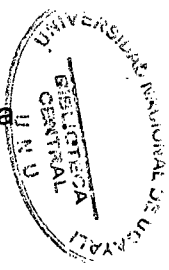
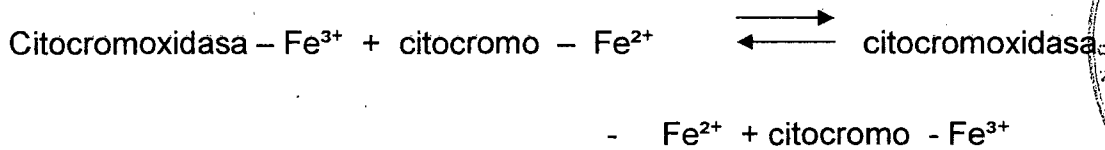
Las plantas usan diversos mecanismos para absorber el hierro. Uno de ellos es el mecanismo de quelación - la planta excreta compuestos llamadas sideróforos, que forman un complejo con el hierro y aumentan su solubilidad. Este mecanismo también implica bacterias.

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



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 peroxidasa, 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. 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.

Según Salisbury et al (2000), la **Deficiencia de Fe** es la más difícil diagnosticar, 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 jóvenes y la formación de raíces cortas y muy

ramificadas y que la deficiencia de hierro se parece a la del magnesio, pero la del hierro aparece en hojas más jóvenes con venas principales generalmente verdes, tallos cortos y finos. Sin embargo los resultados de este experimento indican que la deficiencia se parece más a la del nitrógeno con clorosis generalizada, con nervaduras ligeramente verdes, sin llegar al blanqueo de las hojas jóvenes en el tiempo que duró en el experimento.

La clorosis férrica se manifiesta primero en las hojas jóvenes. Éstas, se ven amarillas menos los nervios que permanecen verdes. Más tarde, quedaran casi totalmente amarillas. También en las hojas viejas aparecen síntomas de amarilleo. Después las hojas se arrugan y caen.

Tomate: hojas terminales, comienza la clorosis en los márgenes y se extiende por toda la hoja, al principio las nervaduras secundarias permanecen verdes dando una apariencia de tejido amarillo, las hojas se vuelven de forma eventual completamente amarillo pálido, no hay necrosis. Avance, los síntomas empiezan por las hojas terminales y progresan hacia abajo a las hojas más viejas. Crecimiento se para, tallo alargados, hojas más pequeñas de lo normal. Flores, abortan.

Siguiendo el orden de prioridades en sus requerimientos nutricionales de la planta de camu camu el **Zinc (Zn)** ocupa el cuarto lugar (ver cuadro 19). Según Sívori (1980), este elemento es requerido por las plantas en cantidades relativamente pequeñas. El Zinc (Zn) como activador de enzimas que juegan en la planta importantísimos papeles Fisiológicos tales como:

- Anhidrasa carbónica, que cataliza la descomposición del CO_2 .
- Trifosfato-deshidrogenasa, precursora de la fosforilación del aldehído fosfoglicérico con producción de ácido fosfoglicérico, fundamental en la glicólisis y en los procesos de respiración y fermentación;
- Nitrato-reductasa, necesaria para la reducción de NO_3 en la formación de compuestos proteicos.

- Aldolasas, que desdoblan el éster difosfórico de la fructuosa con producción de aldehído fosfoglicérico;
- 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 meristemáticos 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.

Según Boris Ramírez, el zinc estimula diversas actividades enzimáticas, intervienen en el metabolismo del nitrógeno y en la formación de pigmentos favorables y del ácido ascórbico. Por otro lado según la clave de **diagnosis de deficiencias** de nutrientes en las plantas, las hojas más viejas de la planta son las más afectadas; Se presenta manchas internervales de verde pálido, amarillas o a veces blancas en las hojas, ápices y bordes, manteniéndose verde las nervaduras de las hojas, junto con una franja paralela a ellas, presentando un reticulado característico, pequeñas e irregulares áreas necróticas entre las nervaduras; hojas pequeñas y encurvadas. Raíces Se presenta pocos crecimientos radiculares, poco poblados y cortos. Estos síntomas característicos fue lo que se observó en las plantas cultivadas sin Zn.

Por otro lado la deficiencia del Zinc en la planta, Acorta el crecimiento y desarrollo, haciendo que los entrenudos sean más cortos. Un alto contenido de fósforo en la planta reduce la translación del Zinc. Se presenta poco crecimiento radicular. La movilidad del zinc dentro de la planta es muy baja.

Según Devlin Robert M. 1980. La deficiencia en tomate: hojas viejas y terminales; más pequeñas de lo normal. Pequeña clorosis; aunque irregular desarrollo de un moteado pardo acorchado, especialmente en pequeños peciolo de las hojitas y en los nervios a las zonas entre las nervaduras de éstas. Peciolo rizado hacia abajo, hojas completamente enrolladas. Efectos severos, necrosis rápida, marchitez de la totalidad del follaje.

Pepino: Hojas, moteado entre las nervaduras; los síntomas progresan desde las hojas más viejas a las más jóvenes; no aparece ninguna necrosis. Internodos en el extremo de la planta, paran su crecimiento; al producir un acercamiento de las hojas superiores dan una apariencia de arbusto.

De acuerdo al orden **el Manganeso (Mn)** ocupó el quinto lugar (ver cuadro 19), que según Sivori (1980), este elemento Manganeso aunque muchas de las funciones 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 óxido – 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, amino (-NH₂). Es en esta última fase de la reducción donde se ha comprobado la necesidad de Mn²⁺ para la actuación de la hidroxilaminoreductasa. 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.

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

Según la clave de **diagnóstico de deficiencias** de nutrientes, las hojas más jóvenes de las plantas y las yemas terminales se hallan afectadas; síntomas generalmente localizados; clorosis internerval características, con nervios principales cloróticos mientras que pequeñas áreas circundantes se mantienen verdes. Pequeñas manchas cloróticas esparcidas por toda la hoja. Raíces truncas poco pobladas. De estos síntomas se evidencian los de clorosis internervales pero no coincide con lo observado en cuanto a nervios principales que para el caso de la bolaina se mantiene de color verde al igual que las nervaduras secundarias y las bandas circundantes, también se observó manchas necróticas esparcidas por la hoja así como bordes necróticos.

- En tomate y remolacha causa la aparición de color verde pálido ó amarillo y rojo entre las venas.
- los síntomas iniciales del manganeso son a menudo una clorosis de la zona entre las nervaduras de las hojas, tanto jóvenes como viejas, según la especie. Con posterioridad pueden aparecer lesiones necróticas y caída de las propias hojas. Desorganización del cloroplasto.
- La carencia de manganeso ofrece síntomas parecidos a los del hierro: hojas jóvenes amarillas entre los nervios que permanecen verdes. Se puede diferenciar porque en este caso aparece una aureola verde alrededor de los nervios. Con carencias muy fuertes también amarillearán dichos nervios.

Finalizando el orden de prioridades de los micronutrientes estudiados en plantas de camu camu, **el cobre (Cu)** ocupó el sexto lugar (ver cuadro 19), que según Sívori (1980), Cobre 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. Se combinan con otras enzimas: ureasa, tirosinasa y oxidasa del ácido ascórbico.

En estas combinaciones, el cobre se encuentra en forma de quelato. Combinado de esta manera interviene en importantes procesos de óxido – reducción: respiración, oxidación de la materia orgánica.

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

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. En cuanto la **carencia** de cobre es la más difícil de diagnosticar.

Esta deficiencia es rara de forma natural. Las hojas más jóvenes se vuelven comúnmente verde oscuro a verde azuladas, frecuentemente aparece un moteado necrótico 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, aunque en los cítricos, se manifiesta por manchas y resquebrajado de corteza de frutos.

Según la clave de diagnosis de **deficiencias** de Cu en las plantas, las hojas más Jóvenes de la planta y las yemas terminales son las más afectadas; efectos: la yema terminal, por lo general permanece viva, clorosis parcial o generalizadas en las hojas, nervaduras verdes o cloróticas con zonas necróticas o sin ellas; ápice de las hojas blanqueadas de modo permanente (blanqueo apical) pero el resto adquiere una coloración oscura; exudaciones gomosas, enrollamiento típico de ramas y hojas; clorosis poco aparente; puede haber muerte de la yema terminal.

Amarillamiento generalizado de las hojas incluyendo nervaduras y aparición de manchas dispersas de color marrón, blanqueamiento de las hojas más jóvenes, bordes necróticos y abarquillamiento de hojas. Poco raíces, medianamente poblada y medianamente larga.

Cuanto las plantas de camu camu son cultivadas **en agua destilada y agua de caño** sin adicionar nutrientes, presentaron casi los mismos síntomas de deficiencia de nitrógeno caracterizado por una clorosis generalizada que empezó en hojas más viejas, hubo disminución del tamaño de las hojas, del crecimiento de parte aérea, del crecimiento del diámetro, así mismo disminuyó la formación de hojas nuevas, en cambio las raíces se mostraban largas incluso mayor que las del T1 con tratamiento completo, pero poco abundantes. El pH fue de 6.3% y la conductividad eléctrica 4.23% (ver cuadros 26 y 22).

Según Pérez (1988), cultivando plantas de bolaina (*G. crinita*) en agua de caño y agua destilada los síntomas fueron: Hojas apicales cloróticas, pequeñas; entrenudos cortos, raíces largas y escasamente pobladas. Menor desarrollo de los tallos de color marrón púrpura sin embargo por el color de las hojas los síntomas se parecieron a la deficiencia de nitrógeno.

IV. CONCLUSIONES

En cuanto al efecto de la carencia de micro elementos (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B) en el crecimiento plantones y síntomas de deficiencia del camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Vaugh), bajo condiciones de Pucallpa se llegó a las siguientes conclusiones:

- En todos las variables de crecimiento estudiados se encontraron diferencias entre los tratamientos y se observó que los efectos de la ausencia de un micro elemento esencial en una solución nutritiva es diferente a otro elemento esencial e inferior en cuanto a una solución completa de Hoagland y Arnon y superior a las plantas cultivadas solamente en agua destilada y de caño.
- Siguiendo el orden de efectos negativos, la falta de Boro ocupó el primer lugar, siguiendo el orden los síntomas de deficiencia el Mo, Fe, Zn, Mn, Cu, este último afectó menos en el crecimiento de las plantas con relación al testigo cultivados con solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.
- La solución completa de Hoagland y Arnon se mostraron superior a todos los demás tratamiento, resultando un mejor incremento de longitud de la parte aérea, diámetro de tallo, número de hojas, mientras en longitud de raíz resultó un desarrollo moderado.
- Siguiendo el orden de prioridad de estos elementos esenciales en la planta, el Cu es el segundo elemento que alcanzó un desarrollo adecuado en comparación de los demás elementos esenciales, en los siguientes incrementos: parte aérea, diámetro de tallo, número de hojas; mientras en longitud de raíz resultando un desarrollo moderado.
- Los elementos más necesarios para el crecimiento de los plantones de camu camu fueron B, Mo, Fe, Zn, Mn, Cu.

V. RECOMENDACIONES

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

1. La metodología utilizada sirve para determinar síntomas de deficiencia de micro nutrientes y sus efectos en el crecimiento del "camu camu", sin embargo se recomienda darle un tiempo adicional de tres meses más para que las observaciones muestren una mayor respuesta de los síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento, bajo las condiciones del estudio.
2. Estudiar los efectos de síntomas de deficiencia y toxicidad de todos y cada uno de los elementos esenciales en el camu camu y la presencia de otros factores como edad de la planta, temperatura, luminosidad, humedad del ambiente, manejo de solución nutritiva, entre otros y su relación con la calidad del producto.
3. Realizar experimentos en plantación definitiva, para contrastar los resultados obtenidos durante el crecimiento inicial de los tres primeros meses de estudio.
4. Estudiar los efectos de la planta que causarían más adelante después que el experimento haya culminado, observar que cambios fisiológicos que determinaría la planta.
5. Seguir estudiando los efectos de la carencia de micronutrientes en el cultivo de camu camu, haciendo énfasis en diferentes niveles de Boro, Molibdeno, Hierro, en soluciones nutritivas, pues estos micronutrientes son los únicos elementos que fueron los más necesarios o carentes para el crecimiento de plántones de camu camu.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ABEL, R. 2013 Datos meteorológicos durante el ensayo (Enero – Abril 2013). Estación Meteorológica de la UNU. Pucallpa, Diciembre 2013.
- ARELLANO, PEDRO. 1994. Director del Área Docente. Instituto Nacional de Medicina Tradicional Ministerio de Salud. Lima, Perú.
- ASHER C. J. Y EDWARDS, D.G. 1983. Modern solution cultura techniques. Pág. 94-119 en A. Lauchli y R. L. Bielecki (eds.), Enciclopedia of Plant Physiology. New Series, Vol. 15B. Inorganic Plant Nutrition. Springer-verlag, Berlin.
- BARCELÓ C. J., NICOLÁS R. G., SABATER G. B., SÁNCHEZ T. R. 2001. Fisiología Vegetal. Edic. Pirámide. Madrid. (Grupo Anaya), S. A.). Pp 126 – 137.
- BORIS R.
http://www.valagro.com/uploads/s5/RQ/s5RQz64Cm9FOmObtJaz2Dw/Los_microelementos-en-la-nutricion-vegetal.pdf.
- CALDERÓN F. S. 1997. 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.).
- COCHRANE, T. T. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. p. 23-44. Ing. J.M. Toledo. Ed. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales- RIEPT. CIAT. Cali, Colombia. Cali, Colombia, CIAT. p 23-24.
- DEVLIN ROBERT M. 1980. Fisiología vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. Casanova, 220. Barcelona 11. Pp. 304-311.
- DIAZ, Z. E. 1997. El suelo como componente básico de los sistemas de producción: características, limitaciones y potencialidades. Curso –

- Taller investigación en sistemas integrados de producción. 10 – 14 de junio de 1996. Pucallpa, Perú. 128p.
- DÍAZ, Z. E. 2007. Manual de fertilidad de suelos. Universidad Nacional de Ucayali. Pp 10 – 45. FAR (Fundation for Agronomic Research).
- DOSTERT, N. 2009. Datos Botánicos de Camu camu. Nota técnica. PBD. Suiza – SECO.145p.
- DOURO JEANNI, M. 1990. *Amazonia À Que hacer?* Centro de Estudios Teológicos de la Amazonía, Iquitos, Perú. 444 p.
- FURLANI, P. R. 1998. Soluciones Nutritivas para el cultivo Hidropónico. Composición Química y Manejo. Instituto Agronómico de Campañas. Sao Paulo, Brasil. 15p.
- GALUCIO, P. 2002. Producción de mudas de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) por estacas utilizando ramas provenientes de diferentes tipos y posiciones de la planta. Nota Técnica INPA. Brasil.
- GLASS, A. D. M. 1989. Plant Nutrition, An introduction to current concep, Jones an Bartlett Publishers.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON D. I. 1950. The wáter cultura method of growing plant without soil. California Agriculture Experiment Station. Circular 347.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON D. I. 1972. Preparación de Solución Nutritiva Stock. Pp 12 – 15.
- HUTERWAL, G.O. 1986. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra. Editorial Albatros. Buenos Aires. IIAP, 2003, Propuesta de Zonificación Ecológica

- Económica de la Cuenca del Río Aguaytia, Programa de Ordenamiento Ambiental. Pucallpa-Iquitos-Perú. 125 pp.
- ITE. Instituto de Ecología Terrestre de Escocia. Invernadero en miniatura Camu camu. 140p.
- IIAP. 2001. Sistema de Producción de Camu Camu en Restinga. Programa de ecosistemas terrestres. Proyecto Bioexport - camu camu. 141p.
- IIAP. 2003. Plan de mejoramiento genético de camu camu arbustivo *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh. RPSP/PAJPH.
- IIAP. 2004. Plan de mejoramiento genético de camu camu. Iquitos, Perú. 52p.
- IIAP. 2006. Cuarto año de Caracterización Morfológica de 315 plantas de camu camu arbustivo *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh, establecidas en suelos inundables – Pacacocha – INIEA / IIAP. Informe Técnico Anual 2006. Pucallpa. Perú. 19p.
- IMÁN. S. 2000. Cultivo de camu camu *Myrciaria dubia* HBK en la región Loreto. INIA, Serie Manual 01-00. 32 pp.
- LÓPEZ, A. 2000. Dinámica poblacional y caracterización biofísica de camu camu árbol (*Myrciaria* spp.) en Ucayali. IIAP-PET. Informe 2000.
- LOPEZ, A. y OLIVA, C. 2005. Manual técnico del Cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) injerto en suelos Aluviales. Pucallpa, Perú. 34p.
- MENDOZA, A. ANGUIZ, R. 2001. El camu camu, *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh: Situación actual y perspectiva de mejoramiento genético. UNALM/IIAP. 18p.

- OLIVA, 2007. Propagación de estacilla de las ramas fruteras de planta madres de 10 años de edad. Pp 1-60.
- PÉREZ LEAL, FERNANDO. 1988. Cultivo de planta con soluciones nutritivas. Universidad Nacional de Ucayali. Pp 1-50.
- PÉREZ LEAL, FERNANDO. 1998. Hidroponía. Cultivo de Planas con soluciones nutritivas. Universidad Nacional de Ucayali. 116p.
- PÉREZ LEAL, FERNANDO. 1998. Guía de prácticas de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional de Ucayali. 1998. Pp 20-62.
- POLO, O. A. C.; ROJAS, G. G. 2011. Variación meteorológica de Pucallpa período 2011. Boletín Meteorológico local. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. Trabajo no publicado.
- RESH, H. M. 1992. Cultivos Hidropónicos 3ª. Ed. Edit. Mundi Prensa Madrid, España. Pp 251.
- RESH, H. M. 1989. Hydroponic Food Production. Woodridg Press, Santa Bárbara. Calif.
- RIVA, R. & GONZÁLES, I. 1997, Tecnología del Cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) en la Amazonía Peruana. Informe técnico. INIA-CTARU. Pucallpa. 45p.
- RUTTER, A. RICHARD. 1990. Catálogo de plantas útiles de la amazonía peruana. Ministerio de Educación-Instituto Lingüístico de Verano. Yarinacocha, Pucallpa, Perú. 1990.
- SALISBURY F.B. & ROSS C. 1993. Plant physiology. California. USA. Wadworth Publishing Company Inc.

- SALISBURY, FRANK. B. & ROSS, W. CLEON. 2000. Fisiología Vegetal I. Células: agua, soluciones y superficies. Paraninfo, Thonson Learning. Capítulo 6 Madrid, España. Pp. 187-193.
- SIVORI, E.M.; MONTALDI, E.R. CASO, O.H. 1980. Fisiología Vegetal, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- VARGAS BARBARAN, JORGE, 2013. Efectos de la carencia de microelementos en el crecimiento inicial y síntomas de deficiencia en el cultivo de la bolaina blanca. 60 Pp.
- VÁSQUEZ, A. 2000. El camu camu: cultivo, manejo e investigaciones. 218p.
- WIKIPEDIA. 2012. La enciclopedia libre. *Myrciaria dubia*. Real Jardín Botánico de Kew: World Checklist of Selected Plant Families. Consultado el 29 de abril de 2010.
- WILD, A.; JOJES, L. P.; MACDUFF, J. H. 1987. Uptake of mineral nutrients and crop growth: The use of flowing nutrient solutions. *Advances in Agronomy* 41:171-219.

VII. ANEXOS

Cuadro N°16. Cronograma de Actividades.

Actividades	Enero				Febrero				Marzo			
	Semana		Semana		Semana		Semana		Semana		Semana	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Obtención del material vegetal	X											
Preparación de la solución Stock	X	X		X		X		X		X		X
Preparación de las plántulas	X											
Repique de las plantas de Camu camu	X											
Cambio de solución nutritiva		X		X		X		X		X		X
Control de plagas y enfermedades				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluaciones		X		X		X		X		X		X
Sustentación de la tesis												X



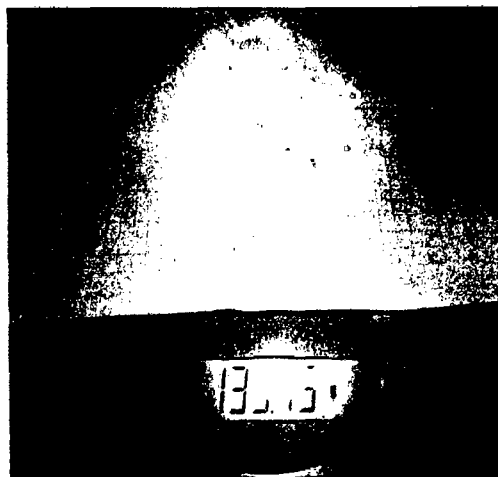
Fotografía 22. Almacigo de Camu camu (*M. dubia*) Plantas almacigadas en sustrato arena de rio, en edad 2 meses antes de ser repicadas en solución nutritiva.



Fotografía N°23. Conservación de las plantas durante los dos meses antes de la repicada en los diferentes tratamientos.



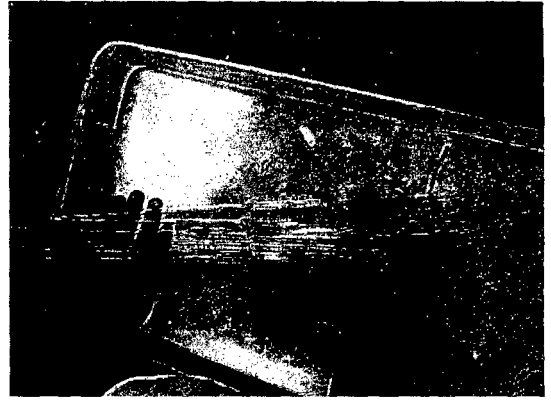
Fotografía N° 24. Recortes de las esponjas sintéticas para la instalación que va en el cuello de la plantas de (*M. dubia*).



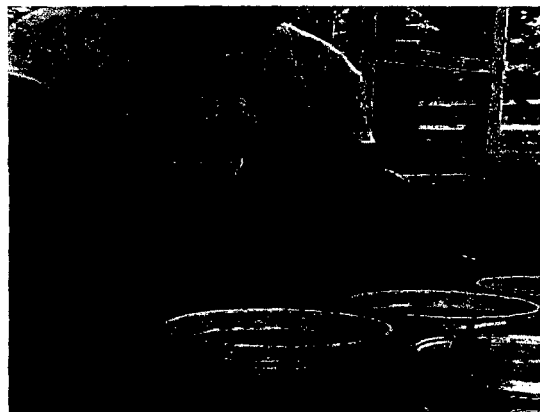
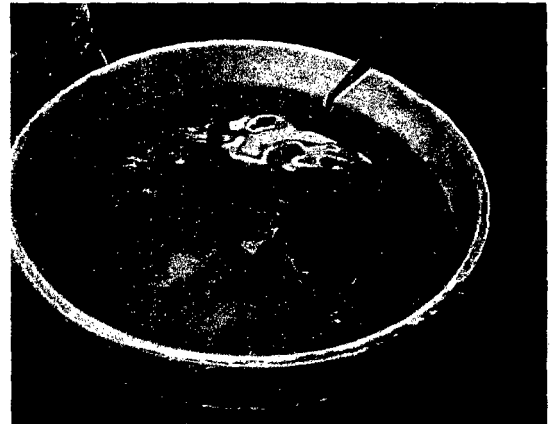
Fotografías 25. Peso de las sales según la fórmula que nos indica las soluciones stock Componentes de Solución Nutritiva de Hoagland.



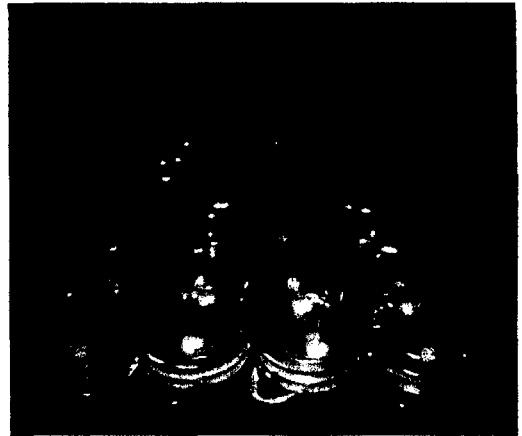
Fotografías 26. Soluciones Stock Componentes de Solución Nutritiva de Hoagland y Solución de Micronutrientes (I) preparados.



Fotografía 27. Limpieza de los materiales un día antes de ser utilizados la solución nutritiva de Hoagland.



Fotografía N° 28. Cantidad de solución nutritiva de Hoagland en mililitros aplicando a los diferentes tratamientos a través de una pipeta.



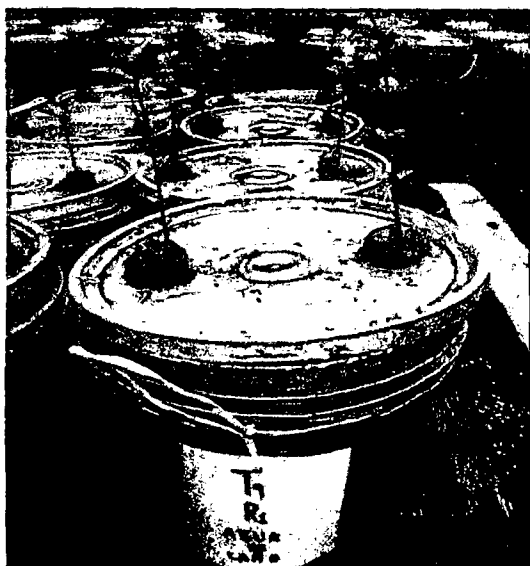
Fotografías 29. Instalación de los baldes en diversas soluciones nutritivas de *M. dubia*.



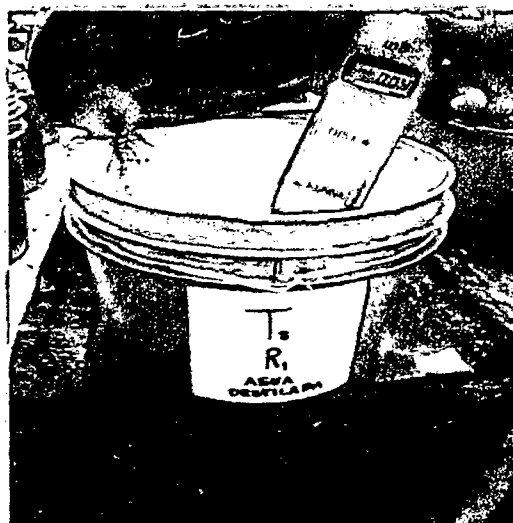
Fotografías 30. Plantas de *M. dubia* cultivadas en diferentes soluciones nutritivas distribuidas al azar.



Fotografías 31. Plantas de *M. dubia* en diversas soluciones nutritivas donde se aprecia los tratamientos entre T1 (una solución completa de Hoagland y Arnon), T2 sin Hierro, T3 sin Cu, T4 Sin Zn, T6 Sin Mo, T7 Sin B, T8 Agua destilada.



Fotografía 32. Plantas de *M. dubia* cultivadas en agua de caño (T9) y agua destilada (T8).



Fotografías 33. Evaluación de Conductibilidad Eléctrica (Conductímetro) que es la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica.

TRATAMIENTOS

T1 - Solución nutritiva completa

T2 - Solución nutritiva sin Hierro

T3 - Solución nutritiva sin Cobre

T4 - Solución nutritiva sin Zinc

T5 - Solución nutritiva sin Manganeso

T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno

T7 - Solución nutritiva sin Boro

T8 - Agua destilada.

T9 - Agua de caño.



Fotografías 34. Tesista: Abel Ramírez Tello y asesor de la tesis Dr. Fernando Pérez Leal.



Fotografías 35. Evaluando las Variables importante como longitud de parte aérea, longitud de raíz, diámetro de tallo y numero de hojas de la planta de *M. dubia*.

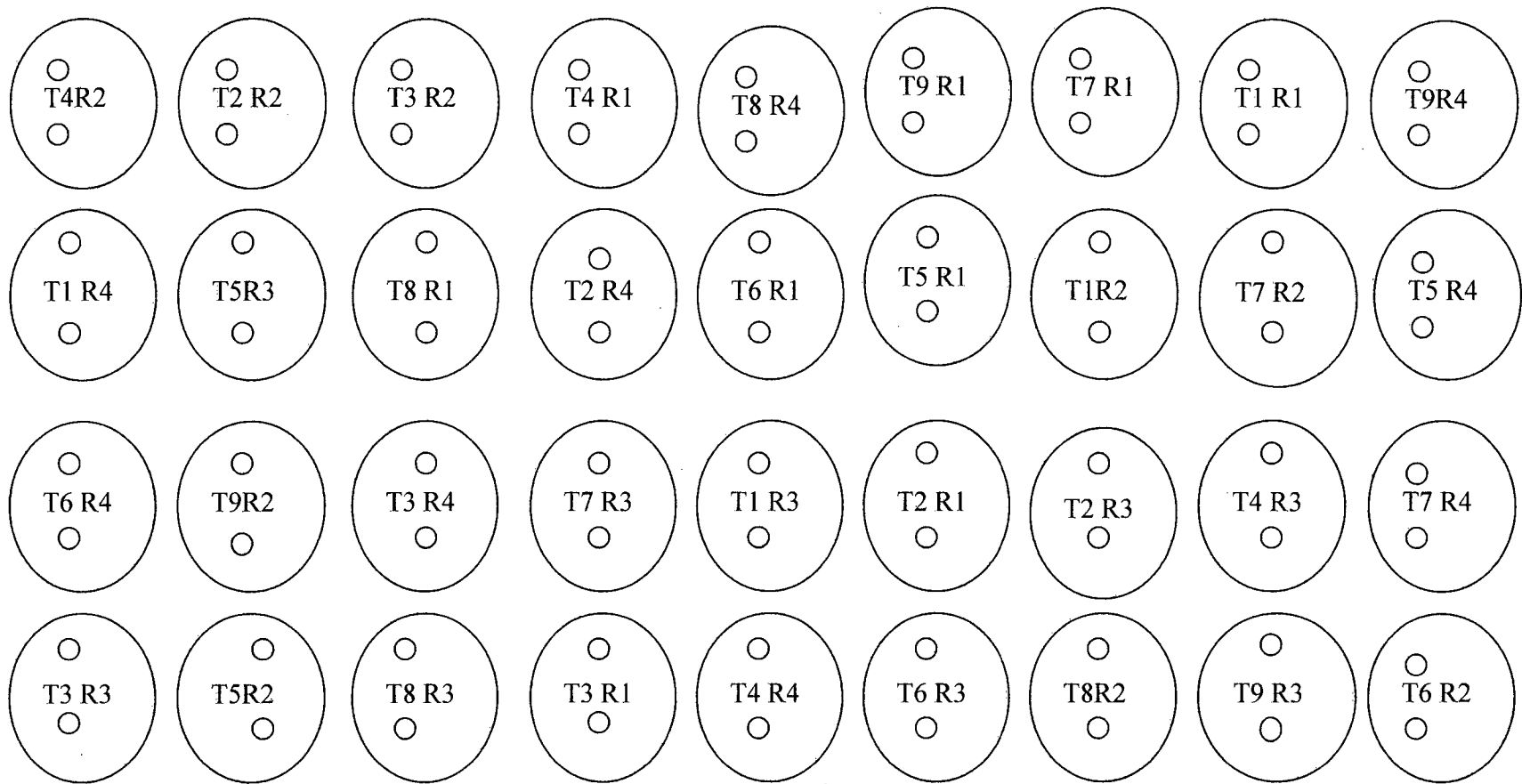


Figura 5. Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones (ejemplo de disposición de los baldes)

1. Longitud de la parte aérea

Cuadro 17. Crecimiento promedio de longitud de la parte aérea en cm de *M. dubia* con nueve tratamientos, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.

T1	T3	T4	T7	T2	T5	T6	T8	T9
3,43	2,68	2,50	2,48	2,18	2,00	1,93	1,70	1,38
A	A	A						
	AB	AB	B	B	B	B		
		ABC	BC	BC	BC	BC	C	
				BCD	BCD	BCD	CD	D

T1 - Solución nutritiva completa

T2 - Solución nutritiva sin Hierro

T3 - Solución nutritiva sin Cobre

T4 - Solución nutritiva sin Zinc

T5 - Solución nutritiva sin Manganeso

T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno

T7 - Solución nutritiva sin Boro

T8 - Agua destilada

T9 - Agua de caño

2. Longitud de la raíz.

Cuadro 18. Crecimiento promedio de longitud de la raíz en cm de *M. dubia* con nueve tratamientos, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.

T8	T9	T3	T1	T5	T7	T4	T6	T2
7,50	6,88	6,25	6,00	6,00	6,00	5,88	5,31	5,25
A	A	A	A	A	A	A	A	
	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	B

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeso
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño

3. Diámetro del tallo.

Cuadro 19. Crecimiento promedio del diámetro del tallo en mm de *M. dubia* con nueve tratamientos, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.

T1	T3	T5	T2	T6	T4	T7	T8	T9
1,78	1,00	0,88	0,80	0,80	0,80	0,50	0,50	0,40
A								
	B							
		C	C	C	C			
						D	D	D

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeso
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño.

4. Número de hojas

Cuadro 20. Número de hojas promedio por planta de *M. dubia* con nueve tratamientos, y sus niveles alcanzados según la prueba de Tukey.

T1	T5	T3	T4	T2	T6	T7	T8	T9
4,75	3,68	3,20	3,05	3,00	3,00	3,00	2,95	2,80
A								
	B	B	B	B	B	B	B	
		BC	BC	BC	BC	BC	BC	C

T1 - Solución nutritiva completa

T2 - Solución nutritiva sin Hierro

T3 - Solución nutritiva sin Cobre

T4 - Solución nutritiva sin Zinc

T5 - Solución nutritiva sin Manganeso

T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno

T7 - Solución nutritiva sin Boro

T8 - Agua destilada.

T9 - Agua de caño.

5. Conductividad Eléctrica de entrada

Cuadro 21. ANVA de la conductividad eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	99,64	12,45	9,91	0,000	*
Error	27	33,94	1,26			
Total	35	133,58				

S = 0,005693 R-cuad. = 99,98% R-cuad. (ajustado) = 99,98%; CV = 0,81%

Cuadro 22. Promedio de la conductividad Eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.

T2	T4	T6	T1	T7	T5	T3	T9	T8
0,958	0,940	0,925	0,920	0,920	0,915	0,910	0,060	0,040
A								
	B							
		C	C	C	C			
			CD	CD	CD	D		
							E	
								F

T1 - Solución nutritiva completa

T2 - Solución nutritiva sin Hierro

T3 - Solución nutritiva sin Cobre

T4 - Solución nutritiva sin Zinc

T5 - Solución nutritiva sin Manganeso

T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno

T7 - Solución nutritiva sin Boro

T8 - Agua destilada.

T9 - Agua de caño.

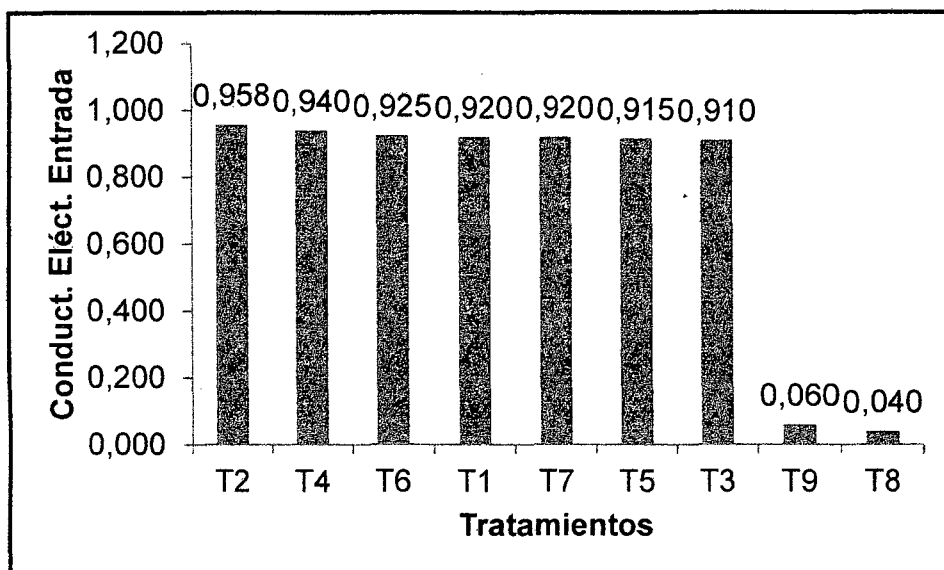


Figura 6. Promedio de la conductividad eléctrica de entrada de las soluciones nutritivas.

6. Conductividad Eléctrica de salida

Cuadro 23. ANVA de la conductividad eléctrica de salida de las soluciones nutritivas.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	0,8098556	0,10122319	1093,30	0,000	*
Error	27	0,0025000	0,0000926			
Total	35	0,8123556				

S = 0,009623 R-cuad. = 99,69% R-cuad.(ajustado) = 99,60%; CV = 3.42%

Cuadro 24. Promedio de la conductividad Eléctrica de salida de las soluciones

T5	T7	T2	T3	T6	T4	T1	T8	T9
0,433	0,410	0,353	0,335	0,335	0,325	0,323	0,006	0,005
A	A							
		B	B	B				
			BC	BC	C	C		
							D	D

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeseo
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño.

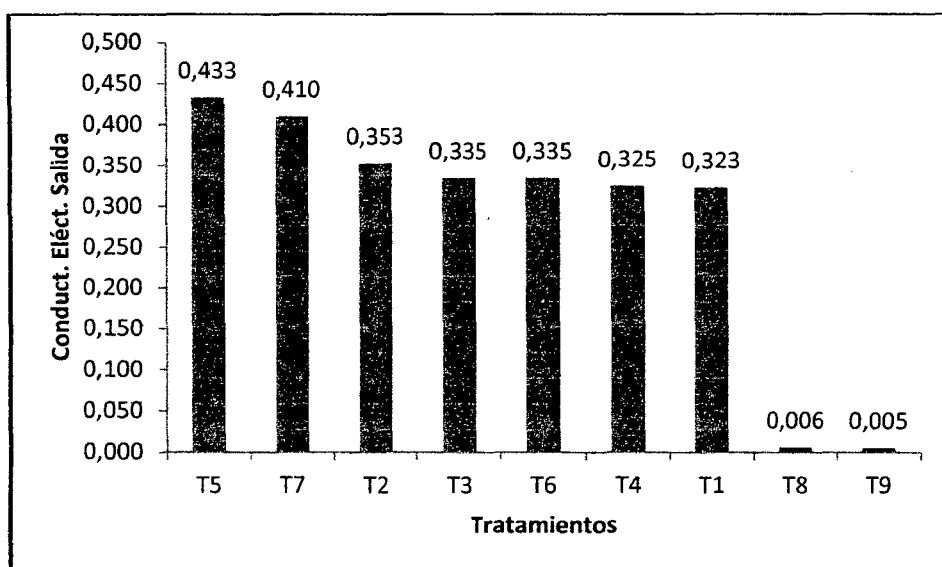


Figura 7. Promedio de la conductividad eléctrica de salida de las soluciones nutritivas.

7. Potencial de iones Hidrógeno (pH) de entrada

Cuadro 25. ANVA del pH de entrada de las soluciones nutritivas.

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	0,53991	0,06749	43,86	0,000	*
Error	27	0,04155	0,00154			
Total	35	0,58146				

S = 0,03923 R-cuad. = 92,85% R-cuad.(ajustado) = 90,74%; CV = 0,6%

Cuadro 26. Promedio del pH de entrada de las soluciones nutritivas.

T4	T7	T5	T3	T6	T1	T2	T8	T9
6,29	6,22	6,21	6,19	6,19	6,15	6,10	6,00	5,87
A	A							
	AB	B						
			C	C	C			
						D	D	D

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeso
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño.

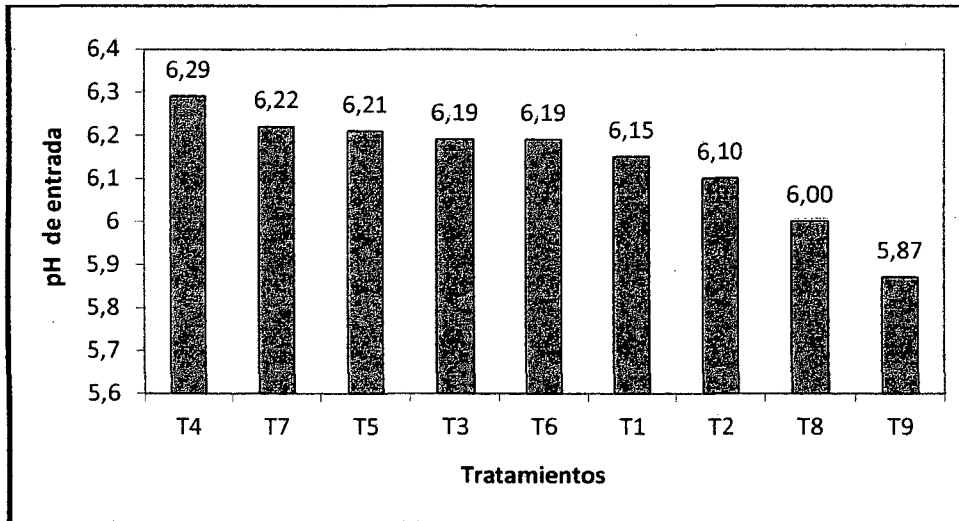


Figura 8. Promedio del pH de entrada de las soluciones nutritivas.

8. Potencial de hidrógeno (pH) de salida

Cuadro 27. ANVA del pH de salida de las soluciones nutritivas

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	8	22,2781	2,7848	28,48	0,000	*
Error	27	2,6402	0,0978			
Total	35	24,9183				

S = 0,3127 R-cuad. = 89,40% R-cuad. (ajustado) = 86,27%; CV = 5,7%

Cuadro 28. Promedio del pH de salida de las soluciones nutritivas

T9	T3	T8	T6	T5	T1	T4	T2	T7
6,91	6,57	6,00	5,54	5,20	4,86	4,80	4,80	4,66
A	A							
	AB	B						
		BC	C					
			CD	D				
				DE	E	E	E	E

- T1 - Solución nutritiva completa
- T2 - Solución nutritiva sin Hierro
- T3 - Solución nutritiva sin Cobre
- T4 - Solución nutritiva sin Zinc
- T5 - Solución nutritiva sin Manganeso
- T6 - Solución nutritiva sin Molibdeno
- T7 - Solución nutritiva sin Boro
- T8 - Agua destilada.
- T9 - Agua de caño.

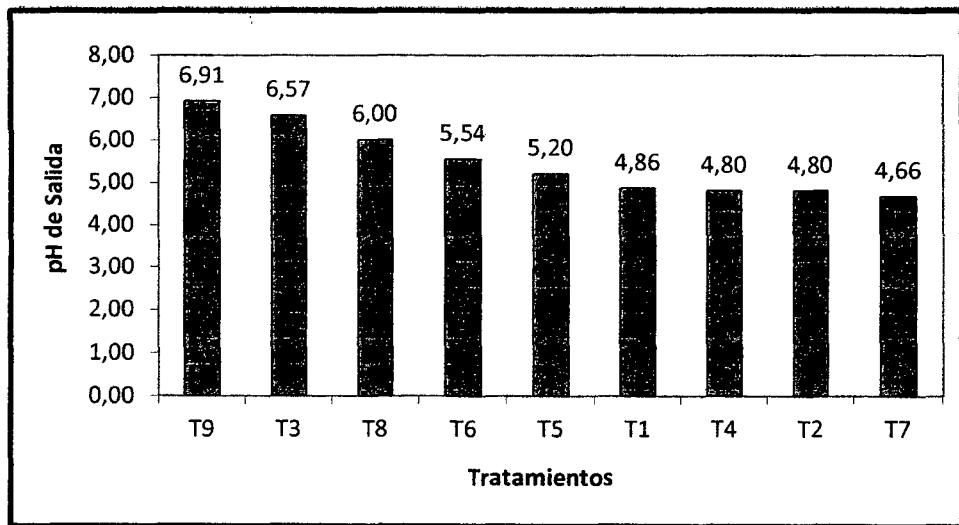


Figura 9. Promedio del pH de salida de las soluciones nutritivas.