

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE MACRONUTRIENTES Y
MICRONUTRIENTES EN PLANTONES DE PIÑÓN BLANCO
(*Jatropha curcas* L.), EN TARAPOTO - SAN MARTIN”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

OSCAR MANUEL ALFARO CÁRDENAS

Asesor:

Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia

CAJAMARCA - PERÚ

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

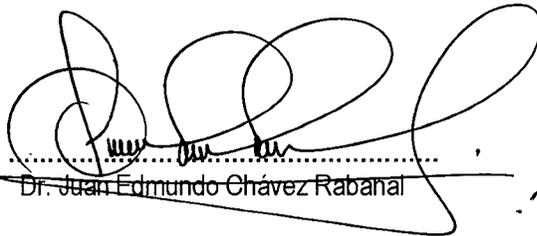
En Cajamarca, a los **catorce** días del mes de **noviembre** del año dos mil trece se reunieron en el Auditorium de la Facultad de Ciencias Agrarias 2C-20, los integrantes del Jurado designado por el Consejo de Facultad, según Resolución N° 196 – 2013 con el objeto de evaluar la sustentación de la Tesis Titulada “**Efecto de la Deficiencia de Macronutrientes y Micronutrientes en Plantones de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.), en Tarapoto – San Martín**” a cargo de la Bachiller en Agronomía: **Oscar Manuel Alfaro Cárdenas** para optar el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las **diecisiete** horas y **quince** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto.

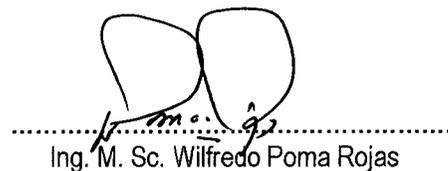
Después de la exposición de la Tesis, formulación de preguntas y la deliberación del Jurado, anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **diecisiete (17)**, por lo tanto, el graduado queda habilitado para que se expida el título profesional correspondiente.

A las **diecinueve** horas y **cinco** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca 14 de Noviembre del 2013


.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal

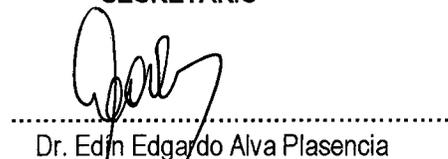
PRESIDENTE


.....
Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas

SECRETARIO


.....
Ing. M.Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez

VOCAL


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad de vivir y haber creado todo lo de mí entorno lo cual constituye el espacio para sumergirnos en el ilimitado mundo del conocimiento y la ciencia.

A mis padres Alberto que en paz descansa y Lidia por su desinteresada protección, preocupación y apoyo de todos los días.

A mis hermanos Charito, Osmel, Héctor, Emelda, Martín, sobrinos y demás familiares por haber estado siempre a mi lado con su apoyo incondicional, siendo parte del camino para ser realidad dicho sueño.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Edin Alva Plasencia por haberme brindado todo su apoyo desinteresado, con su asesoramiento para poder realizar mi investigación para optar el Título de Ingeniero Agrónomo y de más docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de quienes también recibí parte de su apoyo.

Al personal Profesional y técnico del INIA – Tarapoto especialmente al Ing. Ronald Gabriel Echeverría Trujillo, al Ing. Livinston Rengifo Gonzales y a mi amigo Magno Pinedo Grandes por el apoyo brindado en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos de la Universidad quienes estuvieron siempre conmigo con su apoyo, aliento y el buen ánimo contagiante para hacer realidad lo soñado.

EL AUTOR

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO	
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Delimitación del problema.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	4
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Origen y distribución.....	6
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	7
2.2.3. Características de la planta de piñón blanco.....	7
2.2.4. Características edafoclimáticas del cultivo.....	9
2.2.5. Usos y beneficios del cultivo de piñón.....	10
2.2.6. Nutrición mineral de las plantas.....	11
2.2.7. Funciones y síntomas de los elementos minerales.....	11
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	
3.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	17
a) Objetivo general.....	17
b) Objetivos específicos.....	17
3.3. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	17
3.3.1. Definición operacional de las variables.....	17
a) Variable independiente.....	17
b) Variable dependiente.....	17
3.3.2. Unidad de análisis.....	17
3.3.3. Tipo y descripción del diseño de contrastación.....	17

IV.	METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	18
4.1.	Tipo de investigación.....	18
4.2.	Ubicación del trabajo de investigación.....	18
4.3.	Materiales.....	19
4.4.	Metodología.....	19
4.4.1.	Unidad de análisis.....	19
4.4.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de dato....	19
4.4.3.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	20
4.4.4.	Preparación del sustrato.....	20
4.4.5.	Preparación de soluciones.....	20
4.4.6.	Siembra y aplicación de los nutrientes.....	21
4.4.7.	Evaluación de las variables.....	22
	• Altura de planta.....	22
	• Diámetro de tallo.....	23
	• Número de hojas verdaderas.....	23
	• Sintomatología en hojas.....	24
	• Biomasa.....	24
4.4.8.	Diseño experimental.....	25
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
5.1.	Altura de planta.....	26
5.2.	Diámetro de tallo.....	29
5.3.	Número de hojas verdaderas.....	31
5.4.	Biomasa.....	33
5.4.1.	Peso húmedo de biomasa aérea.....	33
5.4.2.	Peso seco de biomasa aérea.....	35
5.4.3.	Peso húmedo de raíz.....	36
5.4.4.	Peso seco de raíz.....	38
5.5.	Color de hojas.....	40
5.6.	Análisis foliar.....	43
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	46
	ANEXO.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

NÚMERO		PÁGINA
1	Síntomas de hojas de Jatropha.....	6
2	Siembras de las plantas.....	22
3	Medición de altura de planta.....	23
4	Medición del diámetro de tallo.....	23
5	Determinación del color de hojas.....	24
6	Determinación de peso de biomasa.....	24
7	Duncan de altura de planta.....	27
8	Duncan de diámetro de tallo.....	30
9	Duncan de numero de hojas.....	32
10	Duncan de peso húmedo de biomasa aérea.....	34
11	Duncan de peso seco de biomasa aérea.....	36
12	Duncan de peso húmedo de raíz.....	38
13	Duncan de peso seco.....	40
14	Distribución de tratamientos en el experimento.....	49
15	Altura de plantas.....	50
16	Plantas con todos los nutrientes.....	50
17	Plantas sin nitrógeno.....	51
18	Plantas sin fósforo.....	51
19	Plantas sin potasio.....	52
20	Plantas sin Mg, S y Me.....	52
21	Plantas sin Me.....	53
22	Planta testigo.....	53

INDICE DE TABLAS

NÚMERO		PÁGINA
1	Datos meteorológicos.....	18
2	Solución de Hoagland modificada.....	20
3	Análisis de nutrientes del sustrato.....	21
4	Cantidad ajustada de nutrientes.....	21
5	Tratamientos en estudio.....	25
6	ANOVA para altura de planta.....	26
7	Duncan para altura de planta.....	29
8	ANOVA para diámetro de tallo.....	29
9	Duncan para diámetro de tallo.....	31
10	ANOVA para el número de hojas.....	32
11	ANOVA para el peso húmedo de biomasa aérea.....	33
12	ANOVA para el peso seco de biomasa aérea.....	35
13	ANOVA para peso húmedo de raíz.....	37
14	ANOVA para peso seco de raíz.....	39
15	Determinación del color de hojas.....	41
16	Análisis foliar.....	43
17	Concentración referencial de nutrientes.....	44

RESUMEN

Las plantas cultivadas bajo cantidades inadecuadas de uno o más de los elementos esenciales muestran por lo general síntomas de deficiencias tales como: crecimiento achaparrado, clorosis, necrosis, formación de antocianina, síntomas en el tallo, así como pobre desarrollo de frutos. Los elementos esenciales son encontrados en la planta en niveles adecuados, deficientes o tóxicos; no obstante para el piñón blanco (*Jatropha curcas L.*) a la actualidad no se conoce localmente una curva de extracción de nutrientes. Por ello en esta investigación se estudia el efecto de la deficiencia de los nutrientes en el cultivo de *Jatropha curcas L.* realizada en Tarapoto – San Martín. Estableciéndose como hipótesis que las deficiencias de los macronutrientes y micronutrientes influyen negativamente en el crecimiento del cultivo de piñón con el objetivo de determinar el efecto de deficiencia de los nutrientes en plantones de piñón blanco. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, donde se sembraron 2 semillas por maceta contenidas con 6 Kg de arena lavada de río en las que se estudiaron 7 tratamientos consistentes cada uno en: todos los nutrientes, sin nitrógeno, sin fósforo, sin potasio, sin Mg, S y microelementos (Me), sin los microelementos (Me) y sin ningún nutriente; cada uno en 5 repeticiones. Se evaluó la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas verdaderas, color de hojas, área foliar, producción de biomasa y disponibilidad de micro y macro nutrientes en las hojas después de 54 días de la aplicación de las soluciones. Se determinó que los síntomas de deficiencia de nutrientes aguda y baja tasa de crecimiento fueron sin nitrógeno, testigo absoluto y sin fósforo ($P < 0.05$), siendo el tratamiento sin microelementos (Me) que menos influyó en las variables, seguido por la falta de potasio y (Mg, S y Me). Por tanto se puede establecer que el efecto de la ausencia de N, P y la de todos los nutrientes limitan en mayor grado, el crecimiento del cultivo, que por los de (Mg, K, S) y de los micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Mo, B).

Palabra clave: Deficiencia de Macronutrientes y Micronutrientes en Plantones de Piñón Blanco.

ABSTRACT

Plants grown under inadequate one or more essential elements of the show usually amounts deficiency symptoms such as stunted growth, chlorosis, necrosis, formation of anthocyanin in the stem symptoms and poor fruit development. The essential elements are found on the ground in suitable, deficient or toxic levels, however for white pinon (*Jatropha curcas L.*) to present no nutrient extraction curve is known locally. Therefore, in this study the effect of nutrient deficiency is studied in growing *Jatropha curcas L.* made in Tarapoto - San Martin. Settling hypothesis that deficiencies of macronutrients and micronutrients adversely affect crop growth pinon in order to determine the effect of deficiency of nutrients in plants of white pinon. All nutrients without nitrogen, without phosphorus, potassium free : design randomized complete block, where 2 seeds per pot contained 6 kg of washed river sand in which 7 treatments each consisting studied was used in were planted without Mg, S and microelements (I), without the microelements (I) without any nutrient, each in 5 repetitions. Plant height, stem diameter, number of true leaves, color of leaves, leaf area, biomass production and availability of micro and macro nutrients in the leaves after 54 days of the implementation of the solutions was evaluated. It was determined that the symptoms of acute nutrient deficiency and low growth rate were without nitrogen, absolute control without phosphorus ($P < 0.05$), with no trace Treatment (I) less influenced variables, followed by lack of potassium and (Mg, S and I). Thus it can be established that the effect of the absence of N, P and all nutrients are limiting greater extent, the growth of the culture, than by those of (Mg, K, S) and micronutrients (Mn, Zn, Cu, Mo, B) .

Keyword: Macronutrients and Micronutrients Deficiency in Seedlings of Pinon Blanco.

ABSTRACT

Plants grown under inadequate one or more essential elements of the show usually amounts deficiency symptoms such as stunted growth, chlorosis, necrosis, formation of anthocyanin in the stem symptoms and poor fruit development. The essential elements are found on the ground in suitable, deficient or toxic levels, however for white pinon (*Jatropha curcas L.*) to present no nutrient extraction curve is known locally. Therefore, in this study the effect of nutrient deficiency is studied in growing *Jatropha curcas L.* made in Tarapoto - San Martin. Settling hypothesis that deficiencies of macronutrients and micronutrients adversely affect crop growth pinon in order to determine the effect of deficiency of nutrients in plants of white pinon. All nutrients without nitrogen, without phosphorus, potassium free : design randomized complete block, where 2 seeds per pot contained 6 kg of washed river sand in which 7 treatments each consisting studied was used in were planted without Mg, S and microelements (I), without the microelements (I) without any nutrient, each in 5 repetitions. Plant height, stem diameter, number of true leaves, color of leaves, leaf area, biomass production and availability of micro and macro nutrients in the leaves after 54 days of the implementation of the solutions was evaluated. It was determined that the symptoms of acute nutrient deficiency and low growth rate were without nitrogen, absolute control without phosphorus ($P < 0.05$), with no trace Treatment (I) less influenced variables, followed by lack of potassium and (Mg, S and I). Thus it can be established that the effect of the absence of N, P and all nutrients are limiting greater extent, the growth of the culture, than by those of (Mg, K, S) and micronutrients (Mn, Zn, Cu, Mo, B).

Keyword: Macronutrients and Micronutrients Deficiency in Seedlings of Pinon Blanco.

INTRODUCCIÓN

El piñón blanco *Jatropha curcas* L. es una Euphorbiaceae que se desarrolla bien en regiones del trópico seco y trópico húmedo (Zamarripa 2088). Con una altura de 2 a 6 metros y su largo periodo productivo con un promedio de 50 años, así mismo la calidad de aceite de sus semillas para la producción de biodiesel es idónea como sustituta de los combustibles si ningún tipo de alteración en los motores existentes (Manco 2009). Considerando este cultivo como todo vegetal; en su biomasa pueden ser encontrados todos los elementos minerales que ocurren en la litosfera los mismos que principalmente son constituyentes de las proteínas y los ácidos nucleicos, envolviendo así aspectos relacionados al funcionamiento de la planta como división celular, fotosíntesis y respiración (Marengo y Fernández 2009). Por lo que no podría completar su ciclo de vida en ausencia de un elemento esencial, ya que para su crecimiento requiere la incorporación de estos elementos en los materiales que constituyen las plantas (Salisbury 1992). Es por ello la necesidad de esta investigación; la misma que es una de las alternativas para permitirnos ajustar las prácticas de fertilización y así alcanzar los rendimientos económicos esperados en el cultivo de piñón blanco en condiciones locales del país; por lo que dicha investigación se realizó en el campo experimental de la Estación Experimental el "PORVENIR" del (INIA) en la región San Martín; lo cual consistió en cultivar las plantas en macetas bajo la técnica del elemento faltante; cuyo objetivo fue determinar el efecto de la deficiencia de los macronutrientes y micronutrientes en plántulas de piñón. Donde el cultivo de piñón estuvo limitado por la ausencia de nutrientes en comparación con las plantas que tuvieron todos los nutrientes, así mismo la manifestación de síntomas de deficiencia en las hojas, se presentó en las plantas cultivadas bajo la ausencia de nutrientes. Por lo que se confirma que el efecto de deficiencias de los macronutrientes N, P y la ausencia de todos los nutrientes minerales tiene morfológicamente una marcada manifestación visible, en comparación con la deficiencia de los demás nutrientes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la región de San Martín; el cultivo de piñón blanco *Jatropha curcas L.* ha demostrado resistencia a las sequías y adaptación a suelos con baja fertilidad. Sin embargo por un lado a la fecha se desconoce el efecto de la de la deficiencia de macronutrientes y micronutrientes en el normal crecimiento y desarrollo de *Jatropha curcas L.* bajo condiciones agroclimáticas del Departamento de San Martín – Perú. Y por otro lado para este cultivo a la actualidad no se ha definido localmente los niveles de nutrición, por lo tanto esta información requiere de estudios específicos para determinar la curva de extracción de nutrientes; puesto que esta planta por su condición de silvestre y perenne, requiere de un proceso de domesticación y de desarrollo de conocimiento que permita la construcción del dominio tecnológico en relación con el manejo agronómico y agroindustrial para determinar su viabilidad técnica y económica.

Es por ello que es necesario realizar la investigación en evaluar el efecto de las deficiencias nutricionales en el normal desarrollo del piñón blanco, para que con esta información obtenida sirva para ajustar las prácticas de fertilización y a si alcanzar los rendimientos económicos del cultivo, esperados por los agricultores de la zona.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de las deficiencias de los macronutrientes y micronutrientes, en plantones de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*)

1.3. Justificación del problema

Esta investigación es una de las alternativas para construir el inicio de los estudios para definir dos aspectos fundamentales para el cultivo de piñón blanco *Jatropha curcas*, tales como: medidas diagnósticas de deficiencias nutricionales, así como la curva de extracción de nutrientes a través de indicadores como el análisis foliar, la coloración de la planta, la expresión de una o más deficiencias nutricionales y para que de esta manera permitamos ajustar las prácticas de fertilización para alcanzar los rendimientos económicos esperados en condiciones locales del país y especialmente en la región San Martín.

1.4. Delimitación de la investigación

La presente investigación comprende el estudio del conocimiento de *Jatropha curcas* L. en función al suministro de macronutrientes y micronutrientes a través de soluciones nutritivas en macetas contenidas con un sustrato de arena lavada de río y de cómo y en cuánto la deficiencia de dichos nutrientes afectarían al cultivo; por lo tanto los demás aspectos agronómicos del cultivo no forman parte de esta investigación.

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

Castaño Y Nury (2011) en una investigación realizada sobre determinación y descripción en primera aproximación de Las deficiencias nutricionales y necesidades de correctivos, en el cultivo de *Jatropha curcas* en suelos ácidos de la Altillanura Colombiana. En el que los fertilizantes utilizados fueron dosis en kg ha^{-1} de urea 260 kg ha^{-1} , de Nitrógeno N: 0.32 g bolsa^{-1} , de Superfosfato triple 181 kg ha^{-1} , de Fósforo P2O5: 0.89 g bolsa^{-1} y de Sulfato de potasio 62 kg ha^{-1} , y de Azufre K2SO4: 0.30 g bolsa^{-1} . Donde mensualmente se midió el largo del tallo (cm) desde la base hasta el meristemo apical del mismo, el número de hojas verdaderas, el largo del peciolo (cm) desde el punto de conexión con el tallo hasta el de la hojas, el área foliar (cm^2) y el diámetro de tallo (cm). Donde menciona los resultados los siguientes:

- El desarrollo de las plantas de *Jatropha curcas* L. estuvo limitado por la ausencia de nutrientes en el suelo proveniente de sabana nativa. La adición de enmiendas, hasta 70% de saturación de bases, aunque minimiza el efecto tóxico del aluminio no añade los elementos que están en deficiencia. En cada nivel de aplicación de enmiendas, las plantas con la aplicación de los nutrientes solos o en combinación, mostró un desarrollo creciente en las variables vegetativas en promedio; siendo evidente el efecto de la dosis de enmienda y el nutriente aplicado en el desarrollo del largo del tallo, el número de hojas verdaderas y el área foliar.
- El efecto de aumentar la saturación de bases y añadir nutrientes, solos o en combinación, fue contundente a partir del primer muestreo (30 días después de la germinación), observándose en todas las variables un efecto positivo de la aplicación de nutrientes, siendo mejor en las plantas que recibieron dosis crecientes de enmiendas y la adición y la interacción de elementos hasta

completar una dosis completa de elementos. Las diferencias en la respuesta se mantuvieron en general hasta los 120 días.

- En relación a los tratamientos con la adición de un único nutriente vs. el testigo de sabana nativa, todos los nutrientes aplicados presentaron mayores crecimientos relativos a través del tiempo, y las diferencias se mantuvieron durante los 120 días de evaluación, y en algunos casos, para la adicción de P y de K, se magnificaron a medida que la dosis de enmienda crecía de la condición de sabana nativa sin enmienda hasta la sabana nativa con enmiendas para lograr el 70 % de saturación de bases.
- En el caso de número de hojas verdaderas, si se obtuvo un efecto acumulativo mucho mayor. Evidentemente es con el parámetro de área foliar que se observa la respuesta de la *Jatropha* a dosis incrementales de enmiendas.

Evidentemente hay una respuesta creciente de planta al incremento en la saturación de bases y en cada nivel la aplicación adicional de nutrientes tiene una respuesta creciente.

Greulach y Adams (1990) mencionan: que en 1861 se introdujo la técnica de cultivar plantas en macetas cubiertas de cera, conteniendo arena bien lavada o cuarzo pulverizado y con el suministro de soluciones de sales minerales carentes de uno solo de los elementos sospechosos de ser esenciales puso en evidencia gradualmente que los elementos esenciales incluían fósforo, potasio, nitrógeno, calcio, hierro, azufre y magnesio. Estos elementos se conocen actualmente como elementos mayores o principales, puesto que las plantas lo utilizan en grandes cantidades.

CORPOICA (2011) reporta síntomas de deficiencia de nutrientes en hojas de *jatropha*. Que sirven como base en el presente trabajo de investigación (Figura 1.)

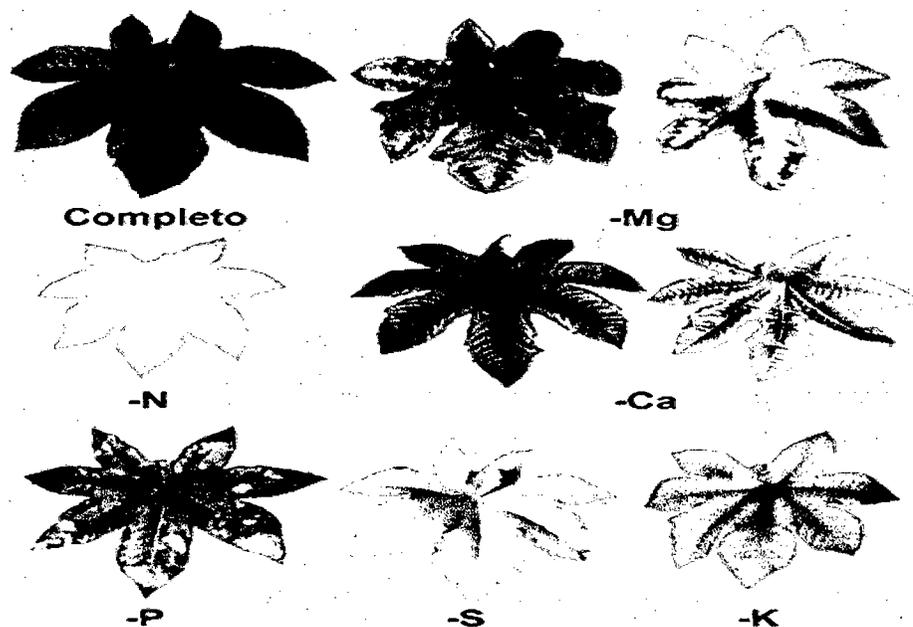


Figura 1. Sintomatología de deficiencias de macronutrientes de *Jatropha*.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen y distribución

Torres (2007) indica que el piñón blanco (*Jatropha curcas* L.), es originario de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales. Se la cultiva en América Central, Sudamérica, sureste de Asia, India y África.

Por otro lado Mostacero y Mejía (1993) mencionan que el piñón blanco es una especie arbustiva cultivada como cerco vivo en los valles de la costa norte del Perú. Los datos de las colecciones de la Universidad Nacional de San Marcos (2008), reportan la existencia de la especie en las regiones de Cajamarca, Lambayeque, Loreto, Piura, San Martín y Tumbes.

2.2.2. Clasificación taxonómica

Torres (2007) clasifica al piñón blanco, de la siguiente manera:

REYNO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Euphorbiales

FAMILIA: Euphorbiaceae

GENERO: *Jatropha*

ESPECIE: *Curcas*

NOMBRE CIENTIFICO: *Jatropha curcas* L.

2.2.3. Características de la planta de piñón blanco

Manco (2012) refiriéndose a la planta de piñón blanco reporta:

- a. **Porte.-** Es un arbusto de 2 a 8 metros de altura
- b. **Corteza.-** De color verde amarillento, delgada y exuda un látex translucido
- c. **Copa.-** Ancha, irregular y tupida.
- d. **Hábito de crecimiento.-** La planta presenta crecimiento simpodial, debido a que la yema terminal se bifurca generando yemas laterales, las cuales pueden ser de dos o más dependiendo del material vegetal que se esté estudiando. Debido a esto las ramas laterales se desarrollan más que el eje principal. El crecimiento puede ser:
 - **Monocasio.-** Se presenta cuando la ramificación es continua y constante por una sola rama lateral, siendo una prolongación del brote madre, desviando el extremo hacia un lado.

- **Dicasio.-** Su ramificación se presenta a partir de 2 ramas laterales del mismo orden, las cuales continúan en crecimiento, siendo opuestas entre sí; en algunos casos las ramas laterales se disponen hacia varias direcciones del espacio.

- e. **Arquitectura de la planta.-** La disposición del crecimiento de la planta es de tipo ortotrópico (vertical) o de tipo plagiotrópico (horizontal) con una mayor disposición de las ramas inclinadas.

- f. **Tallo.-** Los tallos crecen con una discontinuidad morfológica, es cilíndrico, de color verde que produce ramas con savia lechosa o rojiza viscosa. alcanza un grosor de 20 a 25 cm a los 20 años.

- g. **Raíz.-** Cuando la planta proviene de una semilla se forman 5 raíces (1 central y 4 periféricas) a diferencia de cuando la planta es propagada vegetativamente, donde no se forma la raíz.

- h. **Hojas.-** Son simples alternas de forma palmada o acorazonada, con 5 a 7 lóbulos acuminados pocos profundos y grandes, de borde liso. Tienen un ancho de 9 a 15 cm y una longitud de 10 a 15 cm., con peciolo de 5 – 35 cm de largo. El haz es verde, el envés verde claro, glabros o con pubescencia en las nervaduras.

- i. **Flores.-** Es monoica (flores masculinas y femeninas en la misma planta) y sus flores son unisexuales muy raramente son hermafroditas. Las inflorescencias son complejas y se forman en la parte terminal de las ramas, constituyendo la estructura botánicamente.

- j. **Frutos.-** Son cápsulas drupáceas y ovoides que miden de 2.2 a 3.1cm de largo por 2.05 a 2.3 cm de ancho. En su estado inicial son carnosas y cuando se secan son dehiscentes. El fruto es trilocular (lóculos) con una

semilla en cada cavidad, formado por un pericarpio o cáscara dura y leñosa, indehisciente hasta la madurez. inicialmente es de color verde, luego a medida que madura se torna de color amarillo, luego a café y por fin negro cuando alcanza el estado de maduración.

En general, 53 a 62% del peso del fruto son representados por las semillas y 38 a un 47% por la cascara. El peso del fruto varía desde 2.8 hasta 3.8 gramos.

- k. **Semillas.**- Son oblongas a ovoides, de color negruzco. De 1.6 a 2.1cm de largo y de 1.0 a 1.2 cm de ancho, convexa en la parte dorsal y tectiforme en la ventral; presentan líneas claras que se acentúan según los ecotipos. Su peso varia de 0.5 a 0.8g tiene un contenido de aceite que van desde 20.5 a 34.2%. El endospermo es grueso y el embrión presenta 2 cotiledones foliáceos de color blanco crema. La semilla tiene una proporción promedio de 45% de y un 55% de almendras.

2.2.4. Características edafoclimáticas del cultivo

Torres (2007) señala:

a. Temperatura: Es resistente al calor (temperaturas promedio anuales de más 20° C). Tolera periodos cortos de temperaturas bajas hasta leves heladas.

b. Altitud: Crece en elevaciones de 0 a 1500 m.s.n.m. la mejor elevación para la producción intensiva es de 0 a 500 m.s.n.m.

c. Agua: el requerimiento está en un rango de 250 a 2000 mm de precipitación anual y puede resistir largos tiempos de sequía; para una producción intensiva requiere de 800 a 1200 mm. De agua distribuidos durante todo el año.

d. Suelos: en cuanto al requerimiento de suelo. Este cultivo crece en todo tipo de suelo, hasta levemente salino y con las rocas. En suelos

compactos el crecimiento de las raíces es reducido. La planta prefiere suelos arenosos y bien drenados, no tolera el agua estancada. Para la producción intensiva necesita suelos medianamente fértiles

pH: El piñón se desarrolla sin limitaciones severas, en suelos alcalinos y ácidos, de pH. de 5.0 a 7.5 dependiendo del contenido de carbonatos y aluminio para realizar prácticas correctivas y ofrecer condiciones óptimas de desarrollo.

c. Exigencia de nutrientes: El cultivo de piñón no es muy exigente en cuanto a nutrientes ya que crece en suelos de baja fertilidad que son inutilizables para los cultivos de subsistencia, se recomienda elaborar un sustrato con humus de lombriz y perlita extendida para colocar en el hoyo 100 cm. De lombricompost, este nutriente orgánico favorece el enraizamiento crecimiento y fructificación (Torres 2008).

2.2.5. Usos y beneficios del cultivo de piñón blanco

Manco (2012) reporta, el piñón blanco fue utilizado por los indios nativos de Centroamérica y quizás de América del Sur como planta medicinal. En la región San Martín es cultivada ancestralmente como fuente de materia prima en medicina tradicional, combustible para alcuza, lámparas y jabones. Actualmente de la semillas se extrae aceite para derivar combustible para el alumbrado de lámparas, estufas; funcionamiento de motor de combustibles, para la producción de jabón, para la producción de biogás y como planta entera para controlar la erosión del suelo, cobertura, protector de plantas, leña fertilizante. Una desventaja es que se considera una planta toxica para los seres humanos y animales

Uno de los beneficios y ventajas para el cultivo de piñón es su largo periodo productivo de 50 años y una productividad de 2 TMha⁻¹ de aceite en condiciones de la región San Martín. Por otro lado la calidad de aceite de la semillas para la producción de biodiesel que es idóneo como sustituto de los

combustibles si ningún tipo de alteración en los motores existentes; además posee muchas propiedades medicinales para la curación de la tos, dolor de estómago, úlceras, inflamación, paracitos intestinales, golpes cólicos menstruales hemorragia, parto, para controlar la malaria; además la torta de piñón es un excelente alimento para aves de corral, ganado y pescado (Manco 2012)

2.2.6. Nutrición mineral en las plantas.

Nutrición mineral es la parte de la fisiología vegetal que estudia el modo como las plantas absorben, transportan y asimilan los elementos minerales. En el que los macroelementos convencionalmente son aquellos elementos minerales requeridos en altas concentraciones ($\geq \text{gKg}^{-1}$ de MS) los cuales son: N, P, K, Ca, Mg, y S; mientras que los microelementos son considerados aquellos elementos que son requeridos por las plantas en bajas cantidades ($\leq 400 \text{mgKg}^{-1}$ de MS) y son: Fe, Cu, Mn, Zn, Cl, Mo, B, y Ni (Marengo y Fernández 2009).

2.2.7. Funciones y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales en las plantas

Marengo y Fernández (2009) afirman la función que cumplen los siguientes elementos:

Nitrógeno: En las plantas participa en la estructura de las moléculas importantes como las purinas, pirimidinas las cuales se encuentran en los ácidos nucleicos esenciales para la síntesis de proteínas; también se encuentra coenzimos y en las clorofilas participando a si en la fotosíntesis y respiración.

Fosforo: Se encuentra formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos de los coenzimos NAD Y NADP que intervienen en las reacciones de oxidación - reducción donde tienen lugar procesos metabólicos tan importantes como la

fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos. Por otro lado especialmente integrante del ATP. También se encuentra en grandes concentraciones en los tejidos meristemáticos que interviene allí en la síntesis de nucleoproteínas, sediento de un activo crecimiento.

Potasio: Interviene en la abertura estomática, como activador de las enzimas como la piruvato quinasa que intervienen en: la síntesis de proteínas, en las reacciones de la fotosíntesis y respiración, actúa en la mantención del balance de iones durante el transporte de aniones como NO_3^- , SO_4^{2-} , fosfatos y ácidos orgánicos de una parte a otra de la planta.

Calcio: Es parte de la lámina media situada entre paredes de células adyacentes, formando pectato de calcio y actuando como cemento para ligar las paredes celulares, en la división celular (mitosis), también contribuye en las propiedades selectivas de las membranas celulares, activando a las enzimas α -amilasa, fosfolípidos y la arginina quinasa.

Magnesio: Interviene en los procesos de la fotosíntesis y respiración ya que forma parte de la molécula de clorofila y actúa como activador de muchas enzimas que intervienen en el metabolismo glucídico, así como también en las enzimas que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos.

Azufre: Participa en la estructura de las proteínas como parte integrante de aminoácidos sulfurados como: cistina, cisteína y metionina, así como también en la vitaminas sulfuradas como: la biotina y la tiamina así como el coenzima A. y por otro lado el azufre establece puentes que, en la molécula proteica, ayudan a los enlaces peptídicos y a los puentes hidrógenos a estabilizar la estructura de la proteína.

Zinc: Componente de los ribosomas, por tanto esencial en la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetal es parte estructural de varias enzimas como:

la anhidrasa carbónica la misma que cataliza la descomposición del ácido carbónico en anhídrido carbónico y agua, la deshidrogenasa alcohólica, aldolasas e isomerasas.

Cobre: Es esencial en el proceso de fotosíntesis, porque forma parte de la plastocianina, la misma que es transportadora de electrones durante dicho proceso, también es importante por tomar parte del citocromo oxidasa; como activador de las enzimas, como las fenolasas, lactasa y de las oxidadas del ácido ascórbico.

Manganeso: Participa en la transferencia de electrones durante la fotosíntesis, activa algunas enzimas comprometidas en la respiración (la deshidrogenasa málica en el ciclo de Krebs) y en la síntesis de nitrógeno, así como de ácidos grasos y en la oxidación del ácido indolacético; también puede ser substituido por otros cationes divalentes, como el Mg^{++} , Co^{++} , Zn^{++} y Fe^{++}

Boro: Participa en el transporte de azucares vía floema, en la síntesis de ciertos flavonoides de bases de pirimidinas usadas en la síntesis los ácidos nucleicos; el borato forma fuertes ligaciones con átomos de oxígeno con grupos hidroxilo presentes en azucares y polisacáridos.

Cloro: Participa en la transferencia de electrones durante la fotosíntesis y en la osmorregulación .

Molibdeno: Interviene en la fijación del N_2 por formar parte de la enzima nitrogenasa; actúa en la reducción de nitrato en el transporte de electrones reduciendo el nitrato a nitrito; por otro lado forma parte de la xantina deshidrogenasa, la cual actúa en la conversión de la xantina em ácido úrico

Níquel: Es parte fundamental de la enzima ureasa, la cual cataliza la hidrólisis de urea en CO_2 y NH_4^- por lo tanto es esencial en el metabolismo del nitrógeno.

De la misma manera Salisbury (1992) describe los siguientes síntomas de deficiencia:

Por deficiencia de Nitrógeno: Por lo general amarilleamiento (clorosis) de las hojas más maduras, debido a la disminución de clorofila y a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta (las hojas más jóvenes absorben nitrógeno de las hojas más viejas), tallos cortos y delgados.

Por deficiencia de Potasio: El desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de las hojas; debido a la movilidad del potasio estos síntomas se presentan en las hojas más viejas.

Por deficiencia de Calcio: Debido a la inmovilidad del calcio en la planta los síntomas se presentan en las hojas jóvenes de la yema terminal, al principio típicamente curvadas, mueren en las puntas y márgenes, cesa el crecimiento de los órganos, el tallo por último muere en la yema terminal.

Por deficiencia de Magnesio: Puesto que el magnesio forma parte de la molécula de clorofila, el síntoma más conocido de la falta de este elemento en las plantas verdes es la clorosis de las hojas comprendidos entre las nervaduras, estos síntomas se presentan en las hojas más viejas luego se traslada a las hojas más jóvenes debido a la buena movilidad del magnesio en la planta.

Por deficiencia de Azufre: Hojas jóvenes con venas y tejido entre venas de color verde claro o una clorosis.

Por deficiencia de Hierro: Una típica intensa clorosis internervial en las hojas, caracterizada porque la superficie de la hoja presenta normalmente un fino retículo de nervios verdes sobre fondo de parénquima clorótico.

Por deficiencia de Zinc: Por lo general los primeros síntomas corresponden a una clorosis localizada entre las nervaduras de las hojas más viejas que se inicia en los ápices y en los bordes, manifestándose en forma de hojas más pequeñas, denominada en algunos casos como la enfermedad de la “hoja pequeña”.

Por deficiencia de Cobre: Provoca una necrosis del ápice de las hojas jóvenes propagándose a lo largo del margen de la hoja dándole un aspecto seco; en lo frutales se puede reconocer en una enfermedad llamada “exantema” y en un síndrome denominado “enfermedad de los roturos” que pueden presentar los cereales y las plantas leguminosas.

Por deficiencia de Manganeso: Se caracteriza por la aparición en primer lugar de manchas cloróticas y necróticas interneurales en las hojas más jóvenes.

Por deficiencia de Boro: El primer síntoma visible es la muerte del ápice del tallo, las hojas pueden presentar una textura gruesa y cobriza, y algunas veces se abarquillan y se vuelven muy frágiles, en general las flores no llegan a formarse y el crecimiento de la raíz se vuelve lento.

Por deficiencia de Molibdeno: Aparece frecuentemente una clorosis internervial seguida de una necrosis marginal y un incurvamiento de las hojas más viejas luego pasando a las hojas más jóvenes.

Por otro lado Marengo y Fernández (2009) menciona los siguientes síntomas:

Por deficiencia de Fosforo: Muchos de los síntomas pueden ser confundidos con los del nitrógeno que se manifiesta por lo general en las hojas más viejas debido a la movilidad del fosforo: caída prematura de hojas, crecimiento retardado de la planta, las hojas pueden adquirir una coloración característica oscura o azul verdosa, con frecuencia hojas de color rojo o purpura en estados avanzados de crecimiento.

Por deficiencia de Níquel: Se presenta una reducción de crecimiento de la planta, anticipa la senescencia y altera el metabolismo del nitrógeno.

Por deficiencia de Cloro: Las hojas eventualmente adquieren una coloración broceada, las raíces tienen un crecimiento reducido y tornándose gruesas

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las deficiencias de macronutrientes y micronutrientes influyen en el crecimiento del cultivo de piñón blanco.

3.2. OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

a) **Objetivo general**

Determinar los efectos de la deficiencia de macronutrientes y micronutrientes en plantones del cultivo de *Jatropha curcas L.*

b) **Objetivo específico**

Determinar los efectos de la deficiencia de macronutrientes y micronutrientes en: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas verdaderas, cantidad de biomasa aérea, cantidad de biomasa de la raíz y concentración de nutrientes en la hoja.

3.2. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

3.2.1. Definición operacional de las variables

a) **Variable dependiente**

Los macronutrientes, micronutrientes y las variables a ser evaluadas.

3.2.2. **Unidad de análisis:** La planta de piñón.

3.2.3. **Tipo y descripción del diseño de estadístico**

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 5 repeticiones, con un total de 35 unidades experimentales

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA Y MATERIALES

4.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo experimental, ya que consiste en la manipulación de una variable experimental en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de descubrir de qué modo o porque causa se produce dicho acontecimiento en particular.

4.2. Ubicación del trabajo de investigación

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Estación Experimental el "PORVENIR", propiedad del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado a 14 km., de la ciudad de Tarapoto, en el Distrito de Juan Guerra, geográficamente localizado en:

Latitud sur	:	06° 36' 15''
Latitud oeste	:	76° 21' 15''
Altitud	:	330 msnm.
Zona de vida	:	Bosque seco tropical

Tabla 1. Datos meteorológicos del Distrito de Juan Guerra - Tarapoto

Año	Mes	Humedad (%)	Temp. Min (C°)	Temp. Min (C°)	Temp. Max (C°)	Precip. (mm)
2013	Enero	71	21.60	25.80	32.70	108.30
	Febrero	75	22.20	26.30	32.70	64.61
	Marzo	80	22.21	25.80	33.90	65.30
	Abril	75	21.20	26.40	33.30	89.90
	Mayo	77	22.40	25.40	32.25	78.80
Total		378	109.61	129.7	164.85	406.91

Fuente: Estación Meteorológica SENAMHI – Juan Guerra.

4.3. Materiales

❖ De campo

Palana
Carretilla
Arena de río
Macetas
Regla
Vernier
Madera
Cámara fotográfica
Frascos descartables
Malla
Etiquetas
Manguera
Balde
Vaso medidor

❖ Insumos

Semillas de piñón
Fuentes de nutrientes

❖ De gabinete

Estufa
Balanza de precisión
Bolsas de papel

❖ De escritorio

Lápiz
Lapicero
Plumones
Papel bond
Papel milimetrado

4.4. Metodología

4.4.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis son las plantas de piñón blanco sembradas en macetas contenidas con arena lavada de río, bajo el efecto de la deficiencia de nutrientes.

4.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Cada 8 días después de la aplicación de los nutrientes hasta el día 54 después de la aplicación de dichos nutrientes y con la ayuda de una regla y un vernier se tomó: la altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas verdaderas. A los 61 días después de la emergencia se tomó el área foliar, color de las hojas y síntomas visuales de deficiencias con la ayuda de la tabla MUNSELL para el

color de hojas de plantas y la toma del peso de biomasa se realizó con una balanza de precisión.

4.4.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos se analizaron con el análisis de varianza (ANOVA) y con la separación de medias de Duncan a un nivel de significancia de ($P < 0.05$) con la ayuda de sistema de análisis estadístico (SAS).

4.4.4. Preparación del sustrato

El sustrato (arena) luego de traído del río se liberó de piedras, terrones y restos vegetales, luego se depositó en una carretilla a la que se vertía agua de lluvia cosechada y con la ayuda de una palana se removió repetidas veces hasta obtener una agua transparente, luego se aplicó lejía, quedando así el sustrato lavado y desinfectado para proceder al secado. Posteriormente se realizó el análisis nutricional del sustrato antes de la siembra.

4.4.5. Preparación de soluciones

Para la preparación de soluciones, se tomó como modelo base a la solución nutritiva de Hoagland modificada, bastante usada en arena lavada (Tabla 2.)

Tabla 2. Composición ajustada de la solución de Hoagland

Elemento	Concentración
	mgKg ⁻¹ (ppm)
N	3500.00
P	650.00
K	580.00
Ca	520.00
Mg	515.00
Cu	1.00
Zn	5.40
Mn	70.00
B	1.30
S	3.00
Mo	0.5

Fuente: Epstein (1972).

Para evaluar el efecto de deficiencias nutricionales se ajustó la cantidad de cada elemento (nutriente) a las condiciones del sustrato utilizado. Las mezclas de las soluciones se prepararon de acuerdo con las concentraciones de los reactivos, que se disolvieron en un volumen de agua destilada.

Tabla 3. Análisis de nutrientes del sustrato de arena lavada de río.

PH	Cationes cambiabiles							Microelementos				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	AL+ H	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	%	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
7.36	0.015	1.29	23.10	420.00	12.16	0.80	0.00	3.20	<0.4	0.60	0.90	<0.4

Fuente: Laboratorio del INIA Tarapoto

Luego de realizar los cálculos de ajuste, se utilizaron las cantidades pertinentes de cada elemento por tratamiento.

Tabla 4. Cantidad ajustada de nutrientes y cantidad total aplicar por maceta.

Elemento	Cantidad ajustada(ppm)	Cantidad/ maceta (ppm)
N	3500.00	21000.00
P	650.00	3900.00
K	580.00	3480.00
Ca	520.00	3120.00
Mg	515.00	3090.00
Cu	1.00	6.00
Zn	5.40	32.40
Mn	70.00	420.00
B	1.30	7.80
S	3.00	12.00
Mo	0.5	3.00

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. Siembra y aplicación de los nutrientes

Se realizó primeramente un pre germinado por 24 horas de las semillas de *Jtrophia curcas*, luego se sembraron un total de 70 de las semillas en 35 macetas plásticas en un número de 02 semillas por maceta a las que se les colocó arena de río lavada (6Kgmaceta^{-1}) a capacidad de campo regándola

diariamente después de la emergencia y luego se realizó la aplicación de los nutrientes cuando las plantas tenían una altura promedio de 7.5 cm. respectivamente a los siete días de la emergencia de dichas plántulas (Figura 2.)

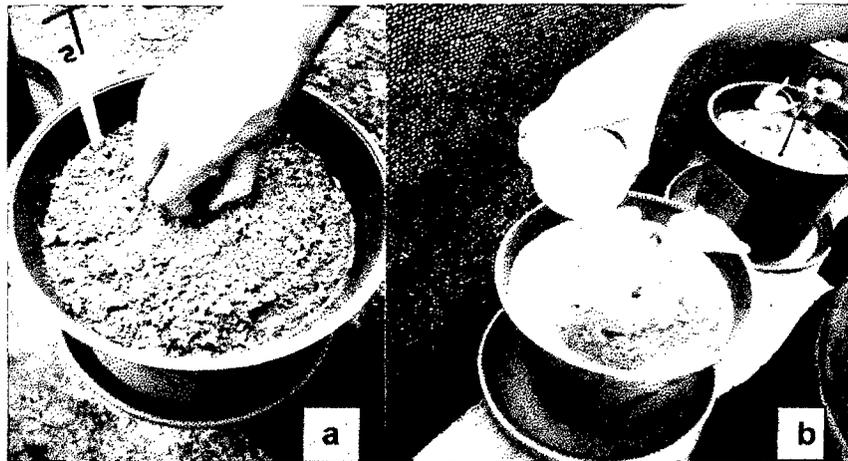


Figura 2. Siembra de las semillas de *Jatropha* (a) y aplicación de los Nutrientes (b).

4.4.7. Evaluación de las variables

- **Altura de planta**

Con la ayuda de una regla se midió cada siete días la altura de la planta (cm) desde la base del tallo al meristemo apical, a partir de los 26 hasta los 61 días después de la emergencia (Figura 3)



Figura 3. Midiendo la altura de planta.

- **Diámetro de tallo**

Una vez por semana utilizando un vernier se midió el diámetro del tallo, desde los 26 hasta los 61 días después de la emergencia total.



Figura 4. Midiendo el diámetro del tallo

- **Número de hojas verdaderas**

Se realizó cada siete días desde el momento de la aparición del primer par de hojas verdaderas hasta los 61 días después de la emergencia. Donde se

contabilizó el número hojas verdaderas incluyendo aquellas hojas que cayeron por senescencia o debido a otra causa.

- **Sintomatología en hojas**

A los 61 días de la emergencia de las plantas se determinó el color de las hojas con la ayuda de una tabla MUNSELL para color de hojas de plantas.



Figura 5. Determinación del color de hojas.

- **Biomasa**

El peso húmedo y seco de la biomasa (raíz, y parte aérea) se determinó al final de la recolección de las muestras (54 días después de la aplicación de los nutrientes y 61 días después de la emergencia). Fueron secados a 75 °C por 48 horas.

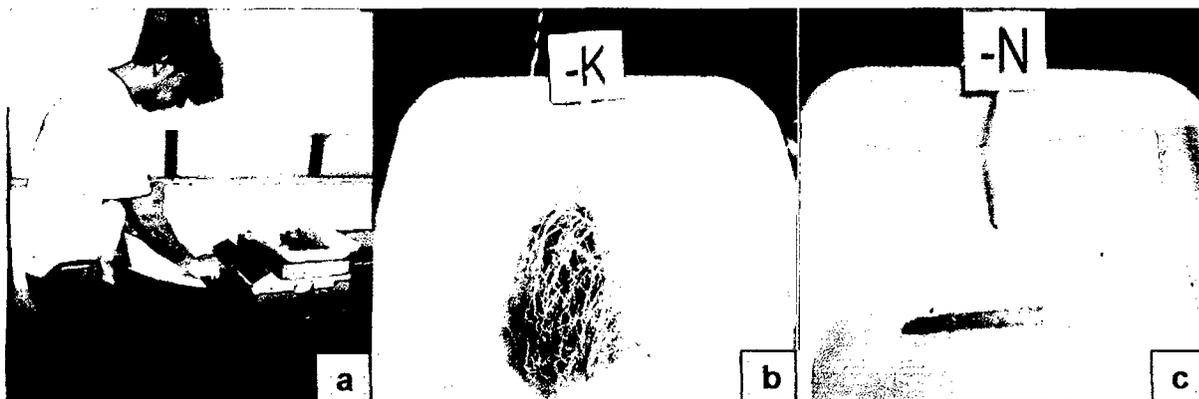


Figura 6. Tomando el peso húmedo de hojas (a); el peso húmedo de raíz

(b) y tomando el peso húmedo de tallo (c)

4.4.8. Diseño experimental

Se utilizó el diseño bloques completamente randomizado, con 7 tratamientos y 5 repeticiones, siendo las unidades experimentales las semillas sembradas en las macetas, debidamente identificadas; utilizándose la técnica del elemento faltante (Tabla 5)

Tabla 5. Tratamientos en estudio

Tratamiento		Descripción
N°	Clave	
1	T1(+T)	todos los nutrientes
2	T2(-N)	todos menos el nitrógeno
3	T3(-P)	todos menos el fósforo
4	T4(-K)	todos menos el potasio
5	T5(-Mg, -S y -Me)	todos menos (Mg, S y micronutrientes)
6	T6(-Me)	todos menos los micronutrientes
7	T7(-T)	sin ningún nutriente (testigo absoluto)

° T1, T2, T3...T7 (tratamientos).

CÁPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la investigación, en tablas y figuras.

5.1. Altura de planta

Tabla 6. Análisis de variancia para altura de planta. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	$\frac{F \text{ tab.}}{0.05}$
Tratamientos	6	188.80	31.47	277.46*	2.51
Bloques	4	0.67	0.17	1.48 NS	2.78
Error	24	2.72	0.11		
Total	34	192.20			
	C.V.	0.03 %			

En la tabla 6, el análisis de variancia para la altura de planta del cultivo de *Jatropha curcas*, nos indica que hubo diferencias reales entre las medias de los tratamientos, más no lo hubo entre los bloques, demostrándonos que las condiciones fueron homogéneas con un C.V.= 0.03 % lo que nos indica hubo una buena toma de datos encontrándose dentro del rango aceptable.

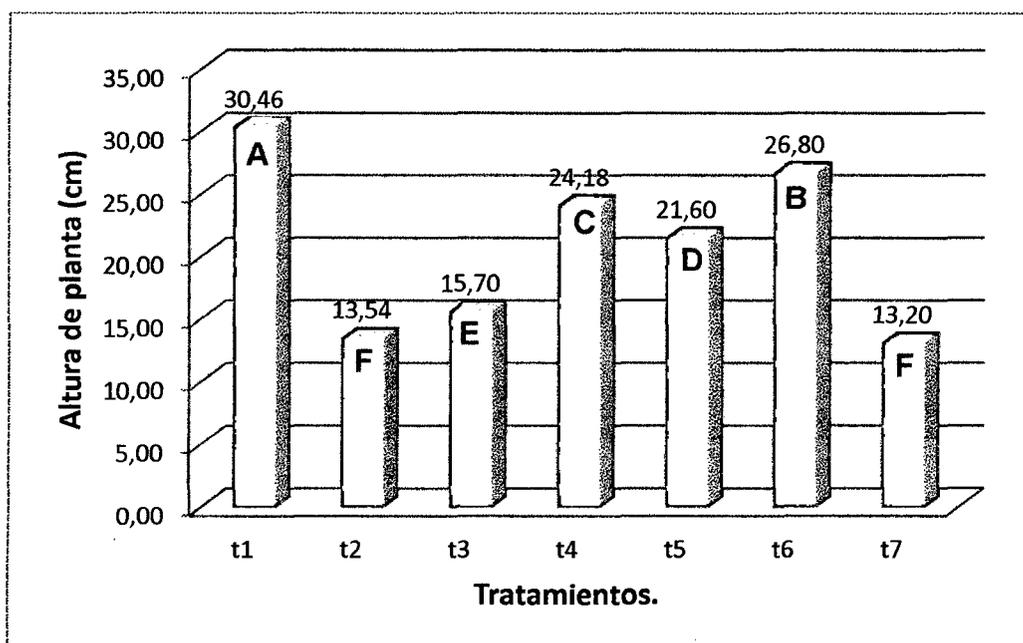


Figura 7. Duncan de altura de planta de *Jatropha curcas* L. a los 61 días de la emergencia, en condiciones de deficiencia de nutrientes.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidades (Figura 7), señala que con el tratamiento (T1) (todos los nutrientes), se obtuvo la mayor altura promedio de planta con 30.46 cm. superando estadísticamente a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6 y T7), siendo el T2 y T7 los que no presentaron diferencias significativas en altura de planta, con la menor altura promedio de 13.54 y 13.20 cm. respectivamente (Figura 15).

Lo que nos indica que la disponibilidad de todos los elementos (+T) no limitó el crecimiento en la altura de planta. Posiblemente a que todos estos elementos cumplieron con su función en la planta y por lo tanto el crecimiento en altura no se vio limitado.

Al respecto Navarro (2003) menciona que la mayoría de los elementos esenciales son activadores enzimáticos para que se lleve a cabo el metabolismo donde ocurre la división celular, determinando el crecimiento de la planta.

Mientras que la deficiencia de uno de los elementos esenciales como: nitrógeno (-N), fósforo (-P) y de todos los elementos (-T) afectaron severamente en la altura de la planta. Ya que la carencia de las proteínas producto del nitrógeno, así como de fósforo en el ácido nucleico y en los fosfolípidos limitan marcadamente la actividad enzimática para el metabolismo celular, por lo que el crecimiento en la altura de planta es severamente reducida.

Tisdale y Nelson (1996) mencionan que las proteínas provenientes del nitrógeno son catalizadoras y directores del metabolismo y por otro lado el fósforo se ha reconocido como constituyente del ácido nucleico fitina y fosfolípidos vitales para la división celular, por lo que un suministro adecuado de fósforo en las primeras etapas de la vida de la planta es importante para evitar el retraso del crecimiento.

Seguidos de la ausencia de potasio (-K), luego de la ausencia de magnesio, azufre y micronutrientes (-Mg, -S y -Me) y micronutrientes (-Me) cuya ausencia tuvo un efecto moderado. Debido a la acción indirecta del potasio así como los microelementos en el metabolismo del nitrógeno, así como la acción del magnesio como coenzima en el metabolismo; de allí la posibilidad que la deficiencia de estos elementos esenciales tienen un efecto moderado en la altura de planta.

Navarro (2003) afirma que una de las funciones del potasio, del boro, del azufre, del manganeso y del zinc, es intervenir en metabolismo del nitrógeno y que una de las funciones del magnesio es actuar como coenzima específico de numerosas enzimas.

Tabla 7. Prueba de Duncan al 5% de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la altura de planta según los días después de la emergencia.

Tratamientos	Días después de la aplicación de los nutrientes					
	26	33	40	47	54	61
T1	15.28 a	20.52 a	23.58 a	27.06 a	29.00 a	30.46 a
T2	9.32 d	10.38 f	10.98 f	12.54 f	13.04 f	13.54 f
T3	9.44 d	12.04 d	13.70 e	14.74 e	15.22 e	15.70 e
T4	10.62 c	14.12 c	17.32 c	20.76 c	22.72 c	24.18 c
T5	9.35 d	11.36 e	14.60 d	17.60 d	20.10 d	21.60 d
T6	13.94 b	16.20 b	19.94 b	23.94 b	25.94 b	26.80 b
T7	9.36 d	10.32 f	10.96 f	12.20 f	12.70 f	13.20 f

*Medidas en la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes.

En la tabla 7, en la prueba de Duncan para la altura de planta según los días después de la emergencia, señala que a los 26 días se presentó la mayor similitud en altura de planta entre la mayoría de los tratamientos, siendo estadísticamente iguales los tratamientos (T2, T3, T5 Y T7) y el tratamiento (+T) (todos los nutrientes) el que supero en altura a los demás tratamientos. De manera similar a partir del día 33 hasta el día 61 después de la emergencia el tratamiento (+T) tuvo la mayor altura de planta que el resto de tratamientos, así mismo no existió diferencias significativas entre los tratamientos (T2 Y T7), siendo estos con los que obtuvo la menor altura de planta.

5.2. Diámetro de tallo

Tabla 8. Análisis de variancia para diámetro de tallo. Datos registrados a los 61 días después de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab. 0.05
Tratamientos	6	1.60	0.27	1017.47*	2.51
Bloques	4	0.00	0.00	0.97 NS	2.78
Error	24	0.01	0.00		
total	34	1.61			
	C.V.	0.01 %			

La tabla 8, el análisis de variancia para el diámetro tallo de plantas de *Jatropha curcas*, indica que hubo significancia entre las medias de los tratamientos, pero mas no entre bloques; con un C.V.= 0.01% lo que nos indica que se encuentra dentro de lo recomendado para trabajos de investigación.

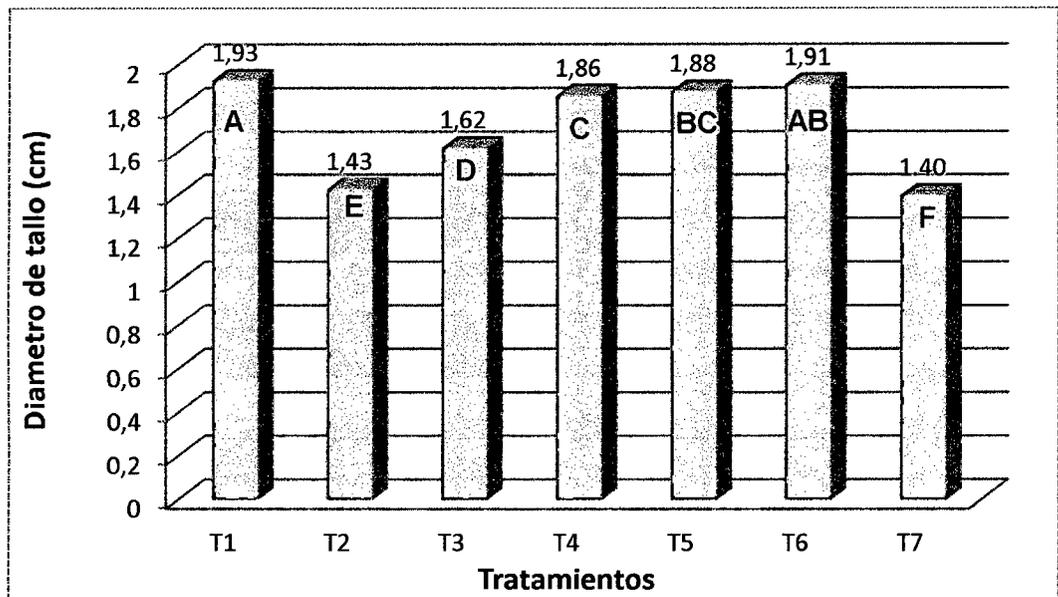


Figura 8. Duncan de diámetro de tallo de plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia, en condiciones de deficiencia de nutrientes.

En la figura 8, la prueba Duncan para el diámetro de tallo señala que el tratamiento T1 supero estadísticamente a los todos los demás tratamientos con un diámetro promedio de 1.93 cm, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (T1, T6); (T6, T5) y (T5, T4), siendo los tratamientos T2 y T7, con los que se obtuvo el menor diámetro promedio de tallo con 1.43 y 1.40 cm respectivamente.

De manera similar que la altura de las plantas, que la ausencia de nitrógeno y fósforo tuvieron un marcado efecto en el diámetro de tallo. Esto debido a la limitada función de estos elementos en el metabolismo celular para el desarrollo del tallo, coincidiendo con Marengo y Fernández (2009) donde mencionan que el nitrógeno y fosforo también se encuentran formando la estructura de los ácidos nucleicos, de los cuales se forman las proteínas, así

como también comportándose como coenzimas, y debido a la ausencia del papel que cumplen en el metabolismo, es severamente limitado la división celular.

Tabla 9. Prueba de Duncan al 5% de probabilidad para el efecto de los tratamientos en el diámetro de tallo, según los días después de la emergencia.

Tratamientos	Días después de la aplicación de los nutrientes					
	26	33	40	47	54	61
T1	0.81 cd	0.95 b	1.33 ab	1.57 a	1.80 a	1.93 a
T2	0.90 a	1.22 a	1.26 d	1.34 e	1.39 e	1.43 e
T3	0.82 cd	1.17 a	1.31 bc	1.41 d	1.51 d	1.62 d
T4	0.85 b	1.03 a	1.31 bc	1.51 bc	1.69 b	1.86 c
T5	0.86 b	1.27 a	1.34 a	1.54 ab	1.71 b	1.88 bc
T6	0.80 d	1.03 ab	1.29 c	1.50 c	1.66 c	1.91 ab
T7	0.84 bc	0.98 b	1.17 e	1.22 f	1.33 f	1.40 f

*Medidas en la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes.

La tabla 9, en la prueba Duncan para el diámetro según los días después de la emergencia, indica que hubo diferencias significativas entre algunos de los tratamientos, mientras que entre los otros tratamientos existió similitud estadística significativa, siendo así que a partir del día 40 hasta el día 61 el tratamiento T1 superó a los otros tratamientos con el mayor promedio de diámetro de tallo y los tratamientos T2 y T7 con los más bajos promedios en diámetro.

5.3. Número de hojas verdaderas

Tabla 10. Análisis de variancia para número de hojas verdaderas. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab. 0.05
Tratamientos	6	360.57	60.10	238.34*	2.51
Bloques	4	0.77	0.19	0.76 NS	2.78
Error	24	6.05	0.25		
total	34	367.39			
	C.V.	0.05 %			

En la tabla 10, el análisis de variancia para el número de hojas verdaderas en plantas de *Jatropha curcas*, nos indica que hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, pero no hubo significancia entre las medias de los bloques con un C.V= 0.05% lo que indica que está dentro del rango aceptable.

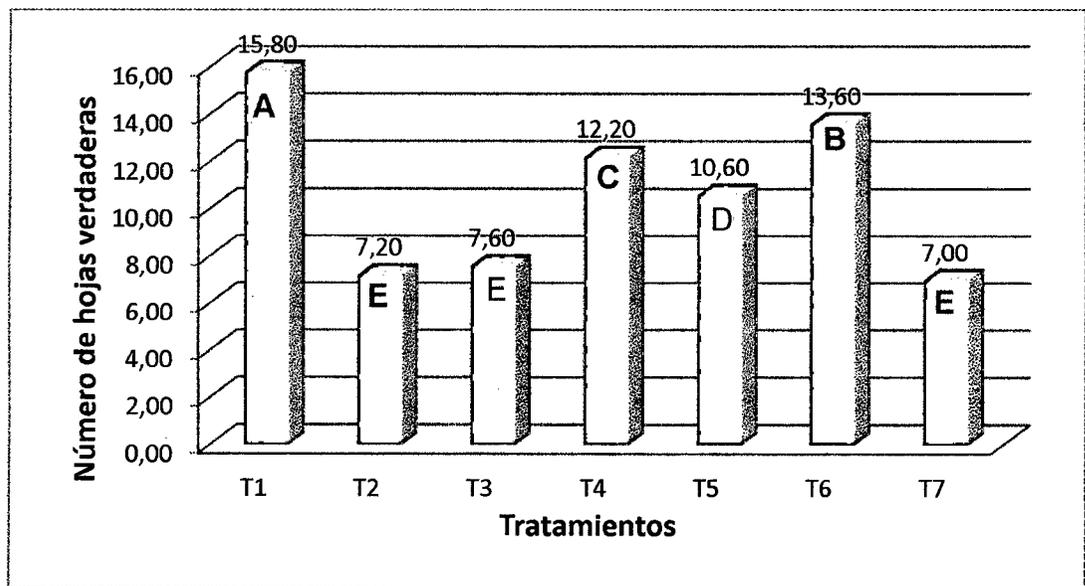


Figura 9. Duncan de número de hojas verdaderas en plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia.

En la prueba de Duncan para el número de hojas verdaderas (Figura 9), señala que con el tratamiento T1, se obtuvo mayor número de hojas verdaderas, superando estadísticamente con un promedio de 15.80 hojas a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6 y T7), y siendo el T2, T3 y T7 los que no presentaron diferencias significativas en el número de hojas verdaderas, con la menor altura promedio de 7.20, 7.60 y 7.00 hojas respectivamente.

Donde nos indica que con todos los nutrientes (+T) se obtuvo la mayor cantidad de hojas. Debido a que cuando existe la disponibilidad de todos los nutrientes, todos estos cumplen con sus funciones y por lo tanto no se vería limitada la producción de hojas.

Pero todo lo contrario sucedió con la ausencia del tratamiento sin nitrógeno (-N), el tratamiento testigo absoluto (-T) y el tratamiento sin fósforo (-P), que por

sus limitadas funciones en la activación enzimática afectaron severamente a la producción del número de hojas verdaderas.

A si como se justica que el limitado suministro de N, P y K disminuye la fotosíntesis, la producción de hojas, el crecimiento (Hossain 2010).

Así mismo Marengo y Fernández (2009), mencionan que la deficiencia de nitrógeno genera una reducida producción de hojas y que la falta de fosforo genera la caída prematura de la hojas en la planta.

5.4. BIOMASA

5.4.1. Peso húmedo de biomasa aérea

Tabla 11. Análisis de variancia para peso húmedo de biomasa aérea. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab. 0.05
Tratamientos	6	26618.91	4436.48	2656.85*	2.51
Bloques	4	17.79	4.45	2.66 NS	2.78
Error	24	40.08	1.67		
total	34	26676.78			
	C.V.	0.02 %			

La tabla 11, el análisis de variancia para el peso húmedo de biomasa aérea de plantas de *Jatropha curcas*, indica que hubo significancia entre las medias de los tratamientos, pero mas no entre bloques; obteniendo un C.V.= 0.02 % por lo que se encuentra dentro de lo recomendado para este tipo de trabajos.

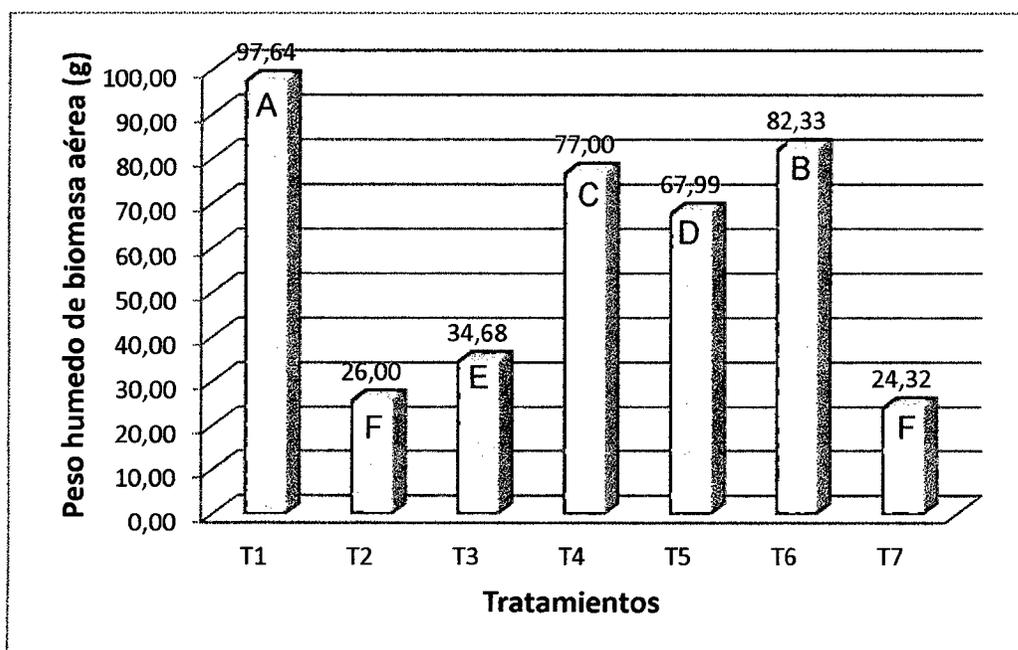


Figura 10. Duncan de peso húmedo de biomasa aérea en plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia

La prueba de Duncan al 5% de probabilidades (Figura 10), nos muestra que el tratamiento (T1) (todos los nutrientes), obtuvo el mayor peso húmedo aéreo promedio con 97.64 g superando estadísticamente a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6 y T7), siendo el T2 y T7 los que no presentaron diferencias significativas, con el menor peso húmedo promedio de 26.00 g y 24.32 g respectivamente.

En todas las plantas hubo un efecto de la aplicación de nutrientes en lo que respecta obtención de biomasa, siendo mayor en las plantas que recibieron todos los nutrientes y menor en las plantas con omisión de N, las que no recibieron P y las que no recibieron ningún nutriente. Puesto que la producción de biomasa quizás dependa en gran parte de la buena actividad fotosintética que realice, de una adecuada división celular, así como de una buena exipación foliar y está a la ves depende de la disponibilidad y la función común y específica que desempeñe cada uno de los elementos esenciales.

Como corrobora Salisbury (1992) que los elementos esenciales principalmente son constituyentes de las proteínas y los ácidos nucleicos, envolviendo así aspectos relacionados al funcionamiento de la planta como división celular, fotosíntesis e respiración.

Por otro lado algunos reportes sugieren que la deficiencia de N afecta con más fuerza el desarrollo de la hoja que la fotosíntesis, y que los efectos de bajo niveles de N, P y K en plantas causan bajas tasas de fotosíntesis, reducida tasa de división celular, disminución de la expansión celular y por lo tanto un lento proceso de expansión de la hoja (Hossain 2010).

5.4.2. Peso seco de biomasa aérea

Tabla 12. Análisis de variancia para peso seco de biomasa aérea. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	<u>F tab.</u> 0.05
Tratamientos	6	997.41	166.23	1858.58*	2.51
Bloques	4	1.69	0.42	4.73*	2.78
Error	24	2.15	0.09		
total	34	1001.25			
	C.V.	0.03 %			

En la tabla 12, el análisis de variancia para el peso seco de biomasa aérea en plantas de piñón blanco nos indica que hubo diferencias significativas entre las medias los bloques y tratamientos, obteniendo un C.V= 0.03% lo que indica que está dentro del rango recomendado

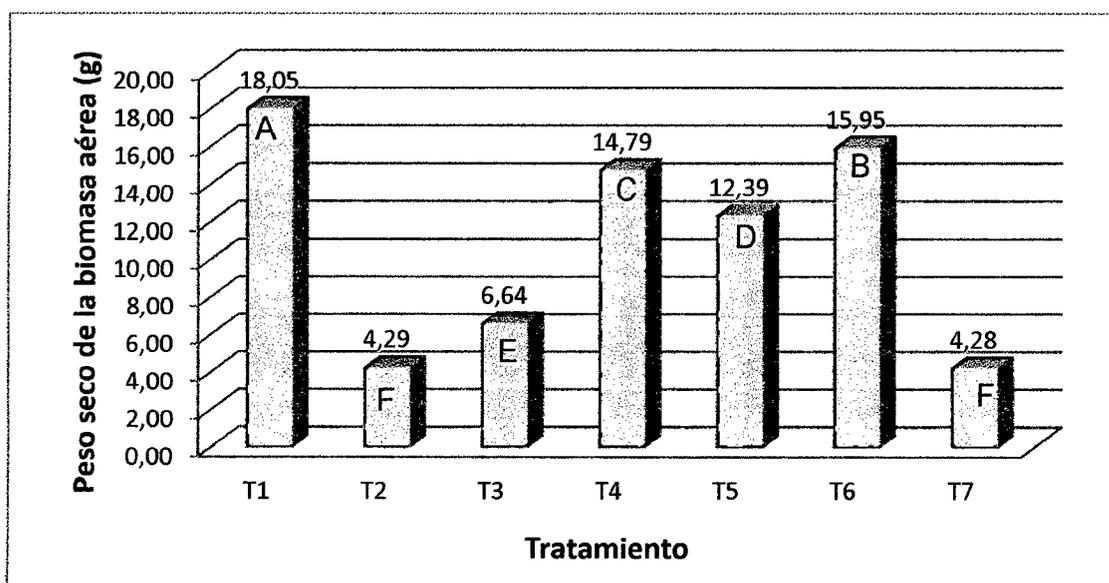


Figura 11. Duncan de peso seco de biomasa aérea en plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia

En la Figura 11, La prueba de Duncan al 5% de probabilidades señala que con el tratamiento (T1), se obtuvo el mayor peso seco de biomasa aérea con un promedio de 18.05 g superando a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6 y T7), siendo el T2 y T7 los que no presentaron diferencias significativas, con el menor peso seco promedio de 4.29 y 4.28 g respectivamente.

De la misma manera la cantidad de biomasa seca es proporcional a la cantidad de biomasa húmeda aérea en función de la disponibilidad de todos los nutrientes o a la ausencia de uno de ellos

5.4.3. Peso húmedo de raíz

Tabla 13. Análisis de variancia para peso húmedo de raíz. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab. 0.05
Tratamientos	6	3354.39	559.07	909.23*	2.51
Bloques	4	2.68	0.67	1.09 NS	2.78
Error	24	14.76	0.61		
total	34	3371.83			
	C.V.	0.04 %			

El análisis de variancia (Tabla 13) para peso húmedo de raíz en el cultivo de piñón blanco nos indica que hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, pero más no lo hubo entre las medias de los bloques, ya que nos demuestra que las condiciones fueron homogéneas con un C.V.= 0.04 % indicándonos que hubo una buena toma de datos.

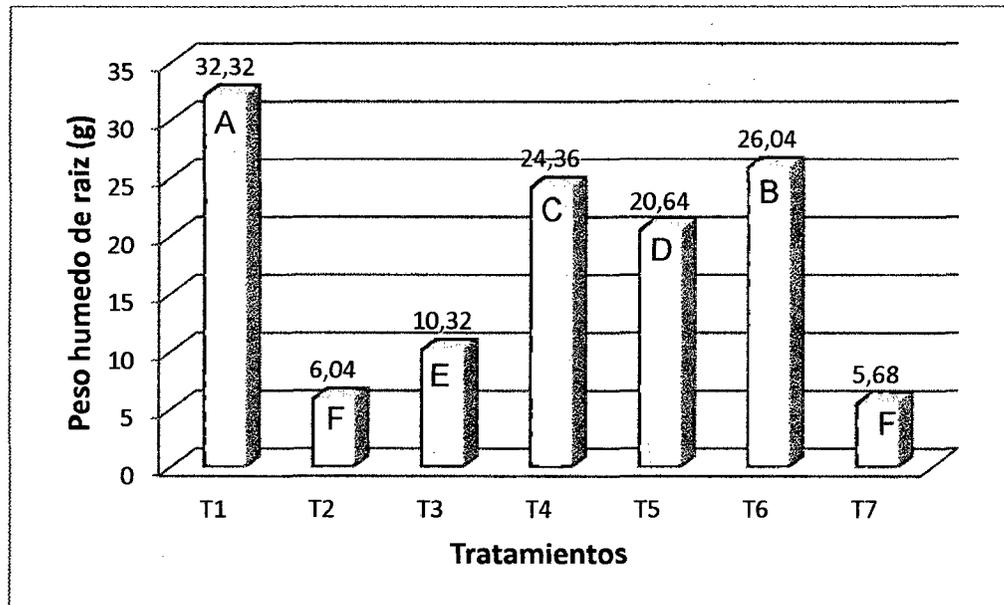


Figura 12. Duncan de peso húmedo de raíz en plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia.

En la prueba de Duncan para el peso húmedo de raíz (Figura 12), nos muestra que el tratamiento T1, superó estadísticamente a los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6 y T7), con un promedio de peso seco de 32.32 g siendo el T2, y T7 los que no mostraron significancia en el peso seco de raíz con el menor promedio de 6.04 y 5.68 g respectivamente.

En el que nos demuestra que con la disponibilidad de todos los nutrientes (T1) se obtuvo el mayor peso de biomasa aérea y que la falta de nitrógeno (-N), potasio (-P) y de todos los nutrientes (-T) afectó severamente al desarrollo radicular, por lo que se obtuvo los más bajos pesos de biomasa húmeda. Ya que con la presencia de todos los nutrientes, así como con la ausencia de uno de ellos o con la ausencia de todos estos elementos, bien tendrán lugar todas

las funciones o algunas de estas serán limitadas en el metabolismo, así como la división celular en el meristemo apical, la duplicación del contenido de ADN donde seguirá la mitosis y citocinesis en el desarrollo de la raíz.

Como lo corrobora Navarro (2003) donde menciona que todos los elementos esenciales cumplen con las funciones de catalizadores en el metabolismo donde tiene lugar la división, la duplicación y como la expansión celular. Y que debido a la deficiencia de uno de los elementos de mayor preferencia por la planta como del nitrógeno (-N) y fósforo (-P) las diferentes funciones para el metabolismo celular serán marcadamente limitadas dando como producto una reducida biomasa en lo que a raíz se refiere.

5.4.4. Peso seco de raíz

Tabla 14. Análisis de variancia para peso seco de raíz. Datos registrados a los 61 días de la emergencia.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab. 0.05
Tratamientos	6	81.33	13.56	720.44*	2.51
Bloques	4	0.03	0.01	0.41 NS	2.78
Error	24	0.45	0.02		
total	34	81.82			
	C.V.	0.04 %			

El análisis de variancia (tabla 14) para el peso seco de raíz en plantas de *Jatropha curcas*, nos demuestra que no existió significancia entre las medias de los bloques, pero si los hubo entre las medias reales de los tratamientos; así mismo con un C.V.= 0.04 % encontrándose dentro de lo recomendado para el presente trabajo de investigación.

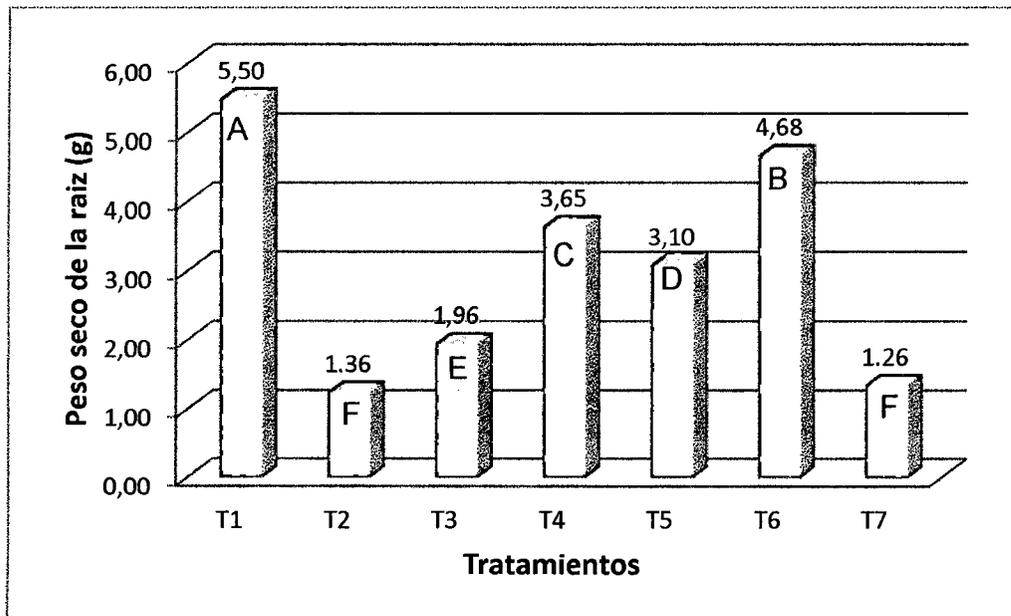


Figura 13. Duncan de peso seco de raíz en plantas de *Jatropha* a los 61 días de la emergencia.

En la figura 13. La prueba Duncan al 5%, indica que los tratamientos el T2 y T7 no presentaron diferencias significativas, con el menor peso húmedo promedio de 1.26 g y 1.36 g respectivamente; siendo el tratamiento T1 con el mayor peso seco promedio de 5.50 g superando estadísticamente a todos los tratamientos.

De forma similar a la biomasa aérea la cantidad de biomasa seca de raíz es proporcional a la cantidad de biomasa húmeda en función de la disponibilidad de todos los nutrientes o a la ausencia de uno de ellos.

5.5. Color de hojas

Tabla 15. Determinación de color de hojas de plantas de *Jatropha curcas*. Cultivadas a 56 días bajo condiciones de deficiencia de nutrientes.

tratamientos	Value/Croma	Interpretación
T1	5GY:4/6	Verde
T2	2.5GY:8/10	Verde amarillo pálido
T3	2.5GY:6/8	Verde oscuro
T4	5GY:5/6	Verde oliva
T5	2.5GY:7/8	Verde amarillo
T6	5GY:4/6	Verde
T7	2.5GY:8/10	Verde amarillo pálido

La tabla 15, nos indica que los síntomas de deficiencia de nutrientes se manifestaron principalmente en el color de las hojas, en el cual se encontraron diferencias cualitativas entre tratamientos. La disposición de todos los elementos (+T), (-K) y (-Me) causaron colores en el rango de 5 GY, mientras que los demás tratamientos causaron colores en el rango de 2.5 GY y considerando la tabla 15. Nos muestra los siguientes síntomas visuales en las hojas:

- a. Para el tratamiento T1 (+T) Ninguno síntoma (Figura 16).
- b. (-N) se presentó un crecimiento muy reducido de la planta, clorosis y amarillamiento generalizado en el follaje y hojas muy pequeñas (Figura 17).
- c. (-P) reducción del tamaño de la planta, amarillamiento, necrosis, color verde oscuro y caída severa de las hojas. (Figura 18)
- d. (-K) Necrosis o quemado en los bordes de las hojas más viejas (Figura 19).
- e. (-Mg, -S y -Me) clorosis entre las nervaduras de las hojas más viejas, similar a las por deficiencia de nitrógeno, pero no generalizado (Figura 20).

- f. (-Me) Clorosis entre la nervaduras y bordes quemados, Necrosis en los bordes de las hojas más viejas (Figura 21).
- g. (-T) Clorosis y amarillamiento generalizado, crecimiento reducido de las (Figura 22).

Coincidiendo con Marengo y Fernández (2009) quienes mencionan los síntomas por deficiencia de:

- **Fosforo:** Muchos de los síntomas pueden ser confundidos con los del nitrógeno que se manifiesta por lo general en las hojas más viejas debido a la movilidad del fosforo: caída prematura de hojas, crecimiento retardado de la planta, las hojas pueden adquirir una coloración característica verde oscura o azul verdosa, con frecuencia hojas de color rojo o púrpura en estados avanzados de crecimiento.

De igual manera como lo corrobora Salisbury (1992) donde indica los síntomas por deficiencia de:

- **Nitrógeno:** Por lo general amarilleamiento (clorosis) de las hojas más maduras, debido a la disminución de clorofila y a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta (las hojas más jóvenes absorben nitrógeno de las hojas más viejas), tallos cortos y delgados
- **Potasio:** El desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de las hojas; debido a la movilidad del potasio estos síntomas se presentan en las hojas más viejas.
- **Calcio:** Debido a la inmovilidad del calcio en la planta los síntomas se presentan en las hojas jóvenes de la yema terminal, al principio típicamente curvadas, mueren en las puntas y márgenes, cesa el

crecimiento de los órganos, el tallo por último muere en la yema terminal.

- **Magnesio:** Puesto que el magnesio forma parte de la molécula de clorofila, el síntoma más conocido de la falta de este elemento en las plantas verdes es la clorosis de las hojas comprendidas entre las nervaduras, estos síntomas se presentan en las hojas más viejas luego se traslada a las hojas más jóvenes debido a la buena movilidad del magnesio en la planta.
- **Zinc:** Por lo general los primeros síntomas corresponden a una clorosis localizada entre las nervaduras de las hojas más viejas que se inicia en los ápices y en los bordes, manifestándose en forma de hojas más pequeñas.

5.6. Análisis foliar

Tabla 16. Análisis de hojas de *Jatropha curcas* L. a los 61 días después de la emergencia.

	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	%	%	%	Ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm
T1	1.76	0.24	0.23	<10	0.43	0.27	<0.01	25.90	4.98	326.00	12.40	<5
T2	0.01	0.21	0.25	<10	0.40	0.13	<0.01	16.30	5.00	117.00	10.00	<5
T3	1.74	<0.01	0.27	<10	0.34	0.17	<0.01	20.60	4.10	212.40	14.30	<5
T4	1.72	0.27	<0.01	<10	0.30	0.24	<0.01	27.90	4.20	338.51	11.00	<5
T5	1.67	0.28	0.20	<10	0.42	<0.01	<0.01	2.10	<0.30	3.20	12.20	<5
T6	1.80	0.26	0.30	<10	0.38	0.25	<0.01	2.20	<0.30	3.50	10.55	<5
T7	0.01	<0.01	<0.01	<10	0.13	<0.01	<0.01	2.50	<0.30	3.70	10.10	<5

Fuente: Laboratorio de análisis de tejidos vegetales del Instituto de Cultivos Tropicales

Tabla 17. Concentración en un nivel de suficiencia de los elementos esenciales en MS de hojas en plantas cultivadas

N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	B
Ppm											
15-50	2-5	10-50	1-5	1-50	1.5-4	-	30-80	6-10	30-150	100-400	10-100

Fuente: Marengo y Fernades (2009).

En la tabla 16, del análisis de hojas del cultivo de *Jatropha curcas*, nos muestra que en general se encontraron concentraciones mayores en aquellas plantas con limitación de algún nutriente en comparación con las plantas con todos los nutrientes (+T). Todo esto quizás debido a que usualmente cuando sólo un elemento limita el crecimiento, los elementos no limitantes se acumulan en altas concentraciones (Smith et al. 1985)

De igual manera la presencia de un elemento dado puede aumentar la absorción de otro y así como la deficiencia de un nutriente puede ocasionar un exceso de otros (Ospina y Ceballos 2002).

Por lo que justifica que las concentraciones foliares de P y K serán mayores en las plantas con deficiencia de N (-N) con respecto al tratamiento todos los nutrientes (+T); la concentración de N fue mayor en el tratamiento sin magnesio, azufre y microelementos (-Mg S Me) y superior al tratamiento (+T). Las concentraciones más bajas de Mg se encontraron en las plantas que crecieron en ausencia de P (-P).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las plantas con todos los nutrientes (tratamiento 1), mostraron un buen crecimiento en comparación con las plantas sin nutriente que presentaron síntomas visibles de desórdenes fisiológicos por carencia de nutrientes .
2. La altura de planta fue mayor con el tratamiento 1 (30.46 cm) seguido del tratamiento 6 (26.80 cm), tratamiento 4 (24.18 cm) y tratamiento 5 (21.60 cm) y limitada severamente con el tratamiento 2, tratamiento 3 y tratamiento 7 con un promedio de 13.54, 15.70 y 13.20 cm de altura respectivamente.
3. El tratamiento 2 tiene un efecto similar al tratamiento 3 y tratamiento 7 en lo que respecta el diámetro de tallo obteniendo el más bajo diámetro promedio con 1.43, 1.62 y 1.40 cm respectivamente; superados por el tratamiento 4 (1.86 cm), tratamiento 5 (1.88 cm), tratamiento 6 (1.96 cm) y el tratamiento 1 con el que se obtuvo el mayor diámetro tallo promedio (1.93 cm).
4. La omisión de los microelementos (Me) en lo que respecta la producción de hojas verdaderas, manifiesta un efecto menos severo similar que con la falta de potasio con 13.60 y 12.20 hojas respectivamente, seguidos por la deficiencia de potasio con 10.60 hojas; en comparación con las plantas en condiciones de deficiencia de N, P y (testigo) con los que se obtuvo una marcada reducción con 7.20, 7.60 y 7.00 hojas respectivamente; mientras que con la presencia de todos los nutrientes (tratamiento 1) se obtiene el mayor número (15.80) hojas verdaderas.
5. En lo que respecta a la producción de biomasa aérea como en la biomasa de raíz, se obtiene mayor cantidad de biomasa con la aplicación de todos los nutrientes, mientras que con la omisión de nitrógeno (-N) y potasio (-P) se produce una reducida cantidad de biomasa en el cultivo.
6. La deficiencia de N se manifestó con mayor claridad, con síntomas en las hojas como clorosis similar a las plantas sin ningún nutriente (testigo)

7. Se recomienda realizar investigaciones con el mayor tiempo de evaluación, ya que la deficiencia de algunos nutrientes se manifiestan durante la floración, formación del fruto y rendimiento del cultivo.
8. Realizar el análisis de nutrientes por separado de raíz, tallo y hojas para obtener las diferencias entre las curvas de extracción de nutrientes.
9. Utilizar en lo posible un sustrato inerte para confirmar con la máxima veracidad, de que tal efecto de deficiencia ha sido influenciado única y exclusivamente por el nutriente que se le designa ausente.

CAPÍTULO VII

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2011. Informe técnico final. Colombia. 99pp.

Greulach, VA. y Adams, JE. 1990. Las plantas. Introducción a la botánica moderna. 2da Ed. México. 664p.

Hossain, D. 2010. "Efectos de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) Crecimiento y Fotosíntesis bajo solución nutritiva", disponible en <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/.../4892>, (Fecha de visita a la página)

Marenco, RA. y Fernandes, N. 2009. Fisiología vegetal. Fotosíntesis, respiración, relaciones hídricas, nutrición miñeral. 3ra. Ed. Brasil. 486p

Manco, E. 2012. Colecta de piñón blanco (*Jathopa curcas* L.) para la implementación de un Banco de Germoplasma en la Región San Martín. 1ra. Ed. Tarapoto – Perú. 54p.

Mostacero, J.; y Mejia, F. 1993. Taxonomía de fanerógamas peruanas. Concytec . 1ra ed. Trujillo - Perú.

Navarro, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2da ed. España. 487 pp.

Nury, CM. 2011. Determinación y descripción en primera aproximación de las deficiencias nutricionales y necesidades de correctivos, en el cultivo de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) en suelos ácidos de la altillanura Colombiana. Tesis B.Sc., Facultad de Agronomía Universidad de los Llanos – Colombia.

Ospina, B; Ceballos, H. 2002. La yuca en el tercer milenio: Suelo y fertilización de la yuca. 1ra ed. Calí, Colombia. 586 p.

Salisbury. 1992. Fisiología de las plantas. 1°Ed. Editorial. España. 975 pp.

Smith, G; Cornforth, I; Henderson, H. 1985. Critical leaf concentrations for deficiencies of nitrogen, potassium, phosphorus, sulphur, and magnesium in perennial ryegrass. *New Phytol.* 409 p.

Tisdale, SL. y Nelson, WL. 1998. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1ra. Ed. México. 760pp.

Torres, C. 2007. "Ficha técnica de la *Jatropha curcas*", disponible en: http://www.faceaucentral.cl/pdf7ft_fatropa.pdf, (Fecha de visita a la página: 04/07/2013).

Torres, C. 2008,"*Jatropja curcas* – desarrollo fisiológico y técnico", disponible en: http://www.engormix.com/jatropha_curcas_desarrollo_fisiologicos_s_articulos_1546_AGR.htm, (Fecha de visita a la página: 13/07/2013)

Zamarripa, A. 2008. "Áreas de potencial productivo de *Jatropha curcas* L., como especie de interés bioenergética en México", disponible en http://www.oleaginosas.org/impr_211.shtml (Fecha de visita a la página: 11/07/2013).

IV. ANEXO

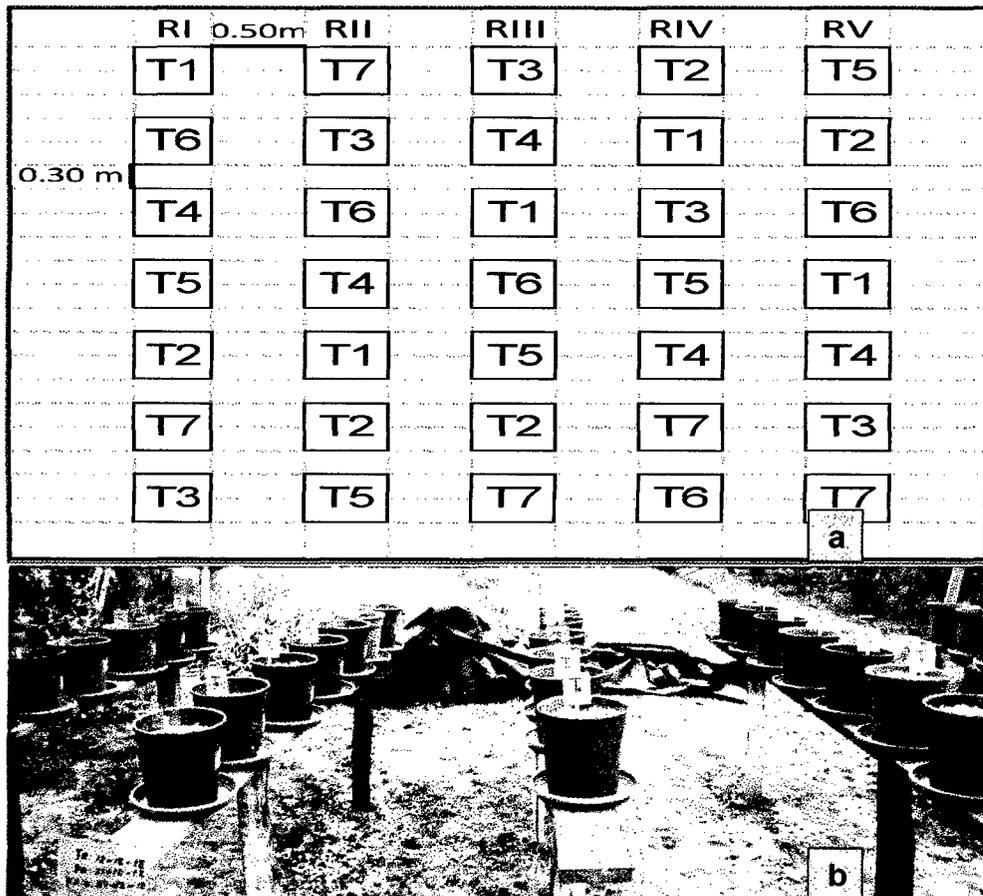


Figura 14. Diseño y ubicación de los tratamientos (a) y la instalación de las macetas según el diseño estadístico (b).

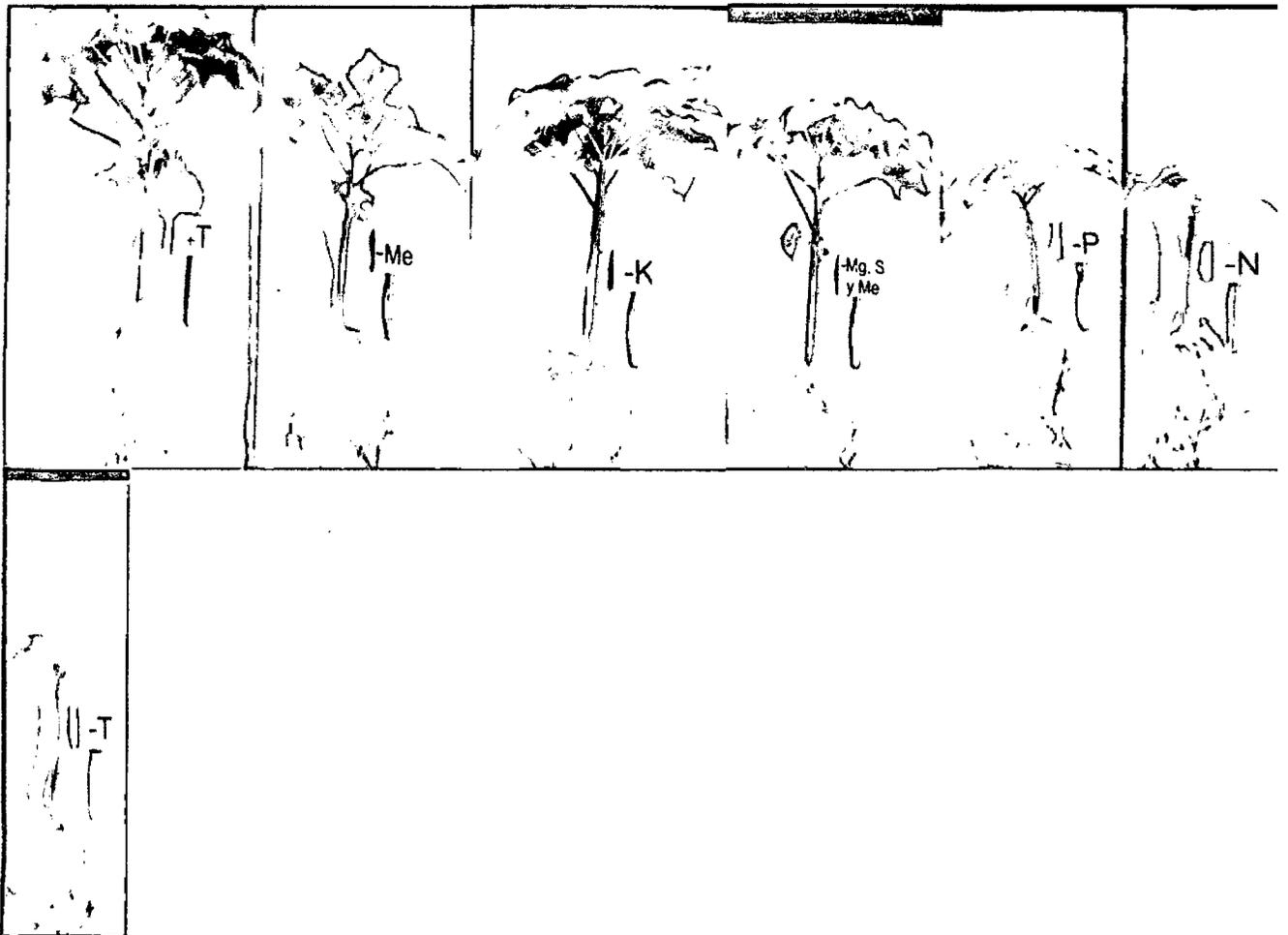


Figura15. Distribución de las pantas según su altura, bajo el efecto de todos los tratamientos



Figura 16. Aspecto de planta de *Jatropha curcas* a 61 días de la emergencia, con aplicación de todos los nutrientes (+T).



Figura 17. Planta de *Jatropha curcas* a 61 días de la emergencia, con síntomas de deficiencia e nitrógeno (-N).



Figura 18. Planta de *Jatropha curcas* a 61 días de, con síntomas de deficiencia de fósforo (-P).

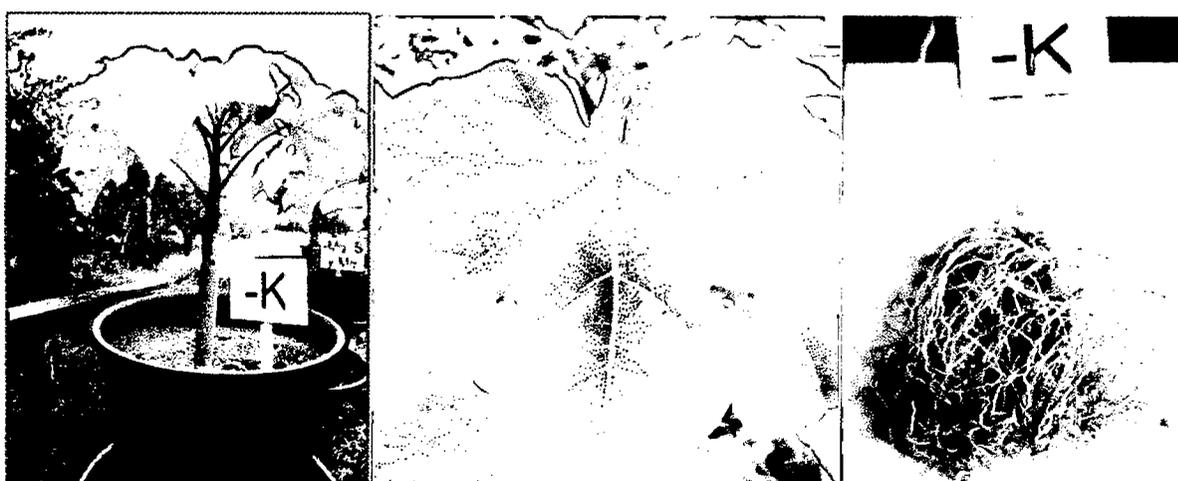


Figura 19. Planta de *Jatropha curcas* a 61 días de la emergencia, con síntomas de deficiencia de potasio (-K).



Figura 20. Aspecto de planta de *Jatropha curcas* a 61 días de la emergencia, sin la disponibilidad de magnesio, azufre y microelementos (- Mg, S y Me).



Figura 21. Planta de *Jatropha curcas* a 61 días después de la emergencia, con síntomas de deficiencia de microelementos (-Me).



Figura 22. Aspecto de una planta de *Jatropha curcas* a 61 días después de la emergencia, sin la aplicación de los nutrientes (-T).