

**Efecto de N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> sobre el  
desarrollo vegetativo en el primer año de  
*Jatropha curcas* L. var. Cabo Verde,  
Zamorano, Honduras**

**Marta Beatriz Segura Escobar**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efecto de N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> sobre el  
desarrollo vegetativo en el primer año de  
*Jatropha curcas* L. var. Cabo Verde,  
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera Agrónoma en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Marta Beatriz Segura Escobar**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

**Efecto de N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> sobre el desarrollo vegetativo en el primer año de *Jatropha curcas* L. Var. Cabo Verde, Zamorano, Honduras**

Presentado por

Marta Beatriz Segura Escobar

Aprobado:

---

Nils Berger, Dr. Sc. Agr.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph. D.  
Director  
Carrera Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Josué Nahún Leiva, MDCM.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador Área Fitotecnia

## RESUMEN

Segura MB. 2010. Efecto de N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> sobre el desarrollo vegetativo en el primer año de *Jatropha curcas* L. var. Cabo Verde, Zamorano, Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería Agronómica, EAP, Zamorano. Honduras. 23 p.

El piñón es originario de Mesoamérica. Es una planta oleaginosa, tóxica, y una fuente efectiva de energía renovable. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de una fertilización con N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> en el desarrollo vegetativo del piñón durante el primer año productivo desde mayo 2009 a julio 2010. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con 16 tratamientos, cuatro repeticiones y 20 plantas por parcela, en un espaciamiento de 3 × 3 metros entre plantas. Se evaluó cada tres meses el diámetro del tallo, la altura del tallo principal y el número de ramas. Los tratamientos fueron combinaciones de tres dosis de nitrógeno (0, 80 y 180 kg/ha) y dos dosis de fósforo (0, 30 kg/ha), potasio (0, 100 kg/ha) y Mycoral<sup>®</sup> (0, 38.4 kg/ha) para inocular con micorrizas. El testigo tuvo mayor altura y contenido de materia fresca, pero con un 95% de humedad, indica que acumula agua y no forma lignina importante para el contenido de materia seca. En diámetro, el mejor tratamiento fue N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>M<sub>38.4</sub> con 37.5 mm. El número de ramas presentó diferencia a los 12 meses siendo mejor N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>M<sub>38.4</sub> con cinco ramas/plantas. En materia seca y absorción de fósforo y potasio no hubo diferencias significativas. Con respecto a las relaciones de los elementos N/P y K/P favorecieron al tratamiento N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>M<sub>38.4</sub> que indica que hubo absorción de fósforo ayudado por las micorrizas. El potasio sólo mostró diferencia en el aprovechamiento de fertilizante que fue el tratamiento N<sub>80</sub>K<sub>100</sub>M<sub>38.4</sub> con 10.3%. Siendo así los tratamientos N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>M<sub>38.4</sub> y N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>M<sub>38.4</sub> los que tuvieron el mejor comportamiento. Se recomienda la incorporación de nitrógeno y fósforo en las dosis usadas y disminuir la dosis de potasio durante el primer año del cultivo así como realizar incrementos graduales de las aplicaciones de N, P y K, según el crecimiento del cultivo y aplicar micorrizas solamente si se fertiliza el cultivo.

**Palabras clave:** Aprovechamiento de nutrientes, desarrollo vegetativo, materia seca, micorrizas piñón,

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>22</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Requerimientos ambientales para el establecimiento del cultivo de <i>Jatropha curcas</i> . .....	1
2. Tratamientos usados en <i>Jatropha curcas</i> durante el experimento entre el 8 de Mayo de 2009 y 17 de Julio de 2010 en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.....	6
3. Altura de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.....	8
4. Diámetro del tallo principal de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras. ....	9
5. Número de ramas de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.....	10
6. Materia fresca, seca y % de humedad de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.....	11
7. Absorción de nutrientes de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras. ....	13
8. Aprovechamiento de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.....	14
9. Producción de fruto inmaduro de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras. ....	15
10. Variables medidas con Mycoral y sin Mycoral. ....	16
11. Análisis de infección de micorrizas en raíces y conteo de esporas de micorrizas nativas de las plantas de <i>Jatropha curcas</i> , durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.....	16
Figura	Página
1. Precipitación promedio mensual de Mayo 2009 a Julio 2010 en el Valle de Yeguaré, EAP Zamorano, Honduras.....	1
2. Diseño experimental, distribución de parcelas y detalle de siembra para la evaluación de fertilización en el cultivo <i>Jatropha curcas</i> , finca Zavala de la EAP, Valle de Yeguaré, Honduras, 2010. ....	4

Anexo	Página
1. Análisis de suelo de Zavala, EAP Zamorano, Honduras.....	22
2. Plántulas de <i>Jatropha curcas</i> en vivero. A la izquierda sin aplicación de Mycoral® a la derecha plántulas con Mycoral® .....	22
3. Aplicación de Mycoral® en cultivo de piñón, Zavala, EAP Zamorano, Honduras ....	22
4. Plántulas de <i>Jatropha curcas</i> , derecha con micorrizas e izquierda sin micorrizas en vivero de la EAP Zamorano, Honduras.....	22
5. Toma del cultivo de <i>Jatropha curcas</i> en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.....	23
6. Fruto de <i>Jatropha curcas</i> cosechado para la investigación en Zavala, EAP Zamorano, Honduras. ....	23
7. Conteo de esporas de micorrizas nativas en suelo de la finca Zavala, EAP Zamorano, Honduras. ....	23
8. Pesado de material vegetal de <i>Jatropha curcas</i> en campo en Zavala, EAP Zamorano, Honduras. ....	23
9. Tratamiento con mejores resultados N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38,4</sub> en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.....	23
10. Raíces de tratamiento P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> sin micorrizas en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El piñón (*Jatropha curcas* L.) es una especie de la familia Euphorbiaceae, categorizado como una planta aceitera. Es originaria de Mesoamérica y se adapta a climas secos de 200 a 1800 mm de precipitación anual y una temperatura entre 18 a 35°C, lo que significa para el trópico y subtropical una altura de 0 a 1500 msnm. Se adapta a suelos con baja fertilidad y de textura franco arenoso a arenoso, con pH desde 5 a 8 (Cuadro1) (Bártoli 2008, De la Vega 2007).

Por su buen desempeño en la producción de aceite vegetal, *Jatropha curcas* promete ser una buena fuente de energía renovable y de contribución al desarrollo económico, social y ambiental y ha sido de alta importancia para los agricultores desde los últimos años (AEA 2007). Se estudia su adaptación en el trópico seco referido así a la zona central y sur de Honduras (Bártoli 2008).

El piñón es una planta perenne de hábito arbustivo y caducifolio, de crecimiento rápido, cuya altura puede alcanzar de 2 a 8 metros. La planta consta de cinco raíces una central y cuatro secundarias o terciarias. El tallo toma divisiones largas desde la base y las hojas alcanzan de 7 a 16 cm de largo. El ciclo de producción puede alcanzar de 45 a 50 años (Bártoli 2008).

Cuadro 1. Requerimientos ambientales para el establecimiento del cultivo de *Jatropha curcas*.

Parámetros	Características	Fuente
Altitud	0-1,000 msnm	De la Vega (2007)
	1,500 msnm	Bártoli (2008)
Precipitación	200-1,800 mm	De la Vega (2007), Bártoli (2008), Openshaw (2000)
Temperatura	20°C a 28°C	De la Vega (2007)
	18°C - 35°C	Bártoli (2008)
Tipo de suelo	Arenoso, bien drenado y aireado pH 5-7, profundidad mínima 0.50 m. Franco arenoso, franco arcilloso pH 6-8	De la Vega (2007), Bártoli (2008)
Fertilidad de suelo	Media - baja	De la Vega (2007)
Irrigación	1500 mm-1200 mm	De la Vega (2007)

Para lograr mayor rendimiento en la producción de piñón es importante aplicar las dosis adecuadas de nitrógeno, fósforo y potasio, dependiendo del análisis de suelo (Bauer 1993).

La palabra micorriza viene del griego mykes=hongo y rhiza=raíz, y significa hongo de la raíz. Existen dos tipos de micorriza la buena y la mala. Esta diferencia se da por el porcentaje de simbiosis que tienen con las plantas, es decir la buena micorriza necesita solo el 10% de los carbohidratos elaborados por las plantas y ofrece en remuneración en absorción de agua, de macro y micro elementos. La mala micorriza absorbe del 30% - 40% de los carbohidratos de la planta (Raddatz 2007 b). Micorrizas seleccionadas como el producto Mycoral<sup>®</sup>, que está compuesto de un sustrato a base de suelo y arena de textura franca, con tres especies de micorrizas que son muy eficaces en la formación de esporas, hifas y raicillas, causan un buen crecimiento y desarrollo de las plantas y les permiten un mejor desempeño frente a las malezas por una mejor competencia por agua y nutrientes.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las dosis de nutrientes N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> sobre el cultivo de *Jatropha curcas* L. var Cabo Verde a las condiciones de clima y suelo del Valle de Yeguaré (Zamorano), Honduras. Además de determinar el efecto de las combinaciones de fertilizantes y el efecto de Mycoral<sup>®</sup>, sobre el cultivo durante el primer año.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN.**

El estudio se realizó del 8 de mayo de 2009 al 14 de julio de 2010, en la finca Zavala, ubicada a 2 km de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano a 13°59'17.37 latitud norte y 86°59'17.09 longitud oeste, a una altura de 776 msnm, con una precipitación media anual de 1090 mm distribuidos en seis meses de mayo a octubre de lluvia y una temperatura media anual de 24° C.

### **2.2. SIEMBRA Y TRASPLANTE.**

Se prepararon plántulas de *Jatropha* en el vivero de frutales de la EAP Zamorano. Se sembraron las semillas el 8 de mayo de 2009. Se utilizaron 1,800 semillas de piñón variedad Cabo verde, colocadas en un semillero con medio de arena de 1 m × 10 m el cual no tuvo ningún tratamiento anticipado. La germinación se observó al día 7 y luego de 15 días de germinadas se trasplantaron a bolsas con un sustrato de arena y suelo de relación 1:2 y se dejaron 40 días posteriormente. Al trasplante a bolsa se realizó la infección con Mycoral® a razón de 60 g/planta en los respectivos tratamientos.

El área a utilizar por el experimento fue preparada con un subsolador y rastra para romper el pie de arado y profundizar el área radicular. Fueron trasplantadas a campo 1,280 plantas el 22 de junio de 2009 donde permanecieron hasta el 17 de julio de 2010 fecha de la última extracción. Las plantas se colocaron en hoyos de 30 cm de profundidad y 15 cm de diámetro.

### **2.3. RIEGO.**

No se aplicó riego, las necesidades hídricas del cultivo de 200-1800 mm (De la Vega 2007, Bartoli 2008, Openshaw 2000) en los meses de Mayo a Octubre para el año 2009 y de Mayo a Julio 2010 se cubrieron con la lluvia (1509 mm) (Figura 1).

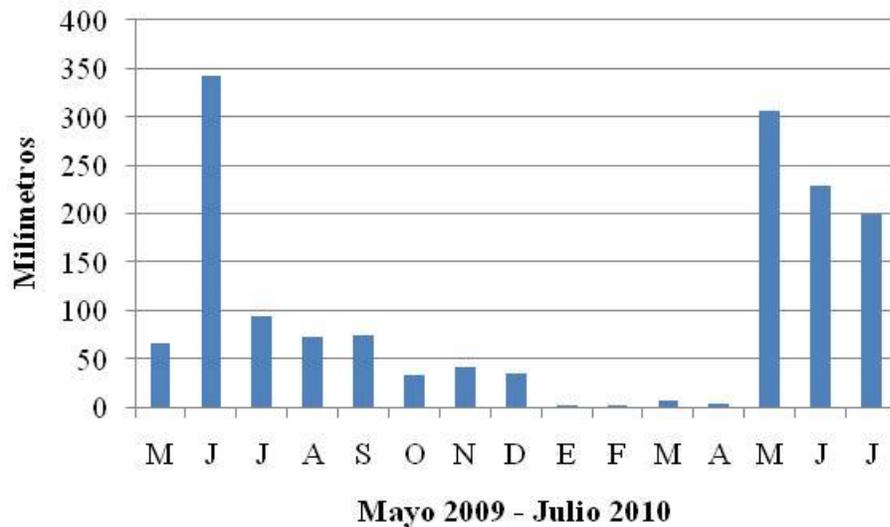


Figura 1. Registro de la precipitación promedio mensual de mayo 2009 a julio 2010 en el Valle de Yeguaré, EAP Zamorano, Honduras.

#### 2.4. FERTILIZANTES Y APLICACIONES.

El nitrógeno se aplicó de forma bimensual con un total de seis aplicaciones a razón de 27 y 60 g/planta. El fósforo y potasio se aplicó una sola vez a la siembra (182 y 181 g/planta) respectivamente. Las fuentes de nutrientes fueron: Urea<sup>1</sup> 46% de N, Roca Fosfórica<sup>2</sup> 34% de P y KCl<sup>1</sup> 60% de K<sub>2</sub>O.

#### 2.5. CÁLCULO DE APROVECHAMIENTO DE FERTILIZANTES.

Para determinar el aprovechamiento del fertilizante aplicado en la planta, se aplicó la fórmula desarrollada por Berger (2004):

$$\text{Índice de Aprovechamiento \%} = (\text{absorción de tratamientos} - \text{absorción de testigo}) / \text{cantidad aplicada (g/planta)} \times 100 \quad [1]$$

Los valores negativos resultantes de la ecuación indican que no hubo aprovechamiento de los fertilizantes aplicados a la planta.

<sup>1</sup>FERTICA. Fertilizantes de Centroamérica, Honduras. S.A de C.V. Teg: (504) 221-2322, San Pedro Sula: (504) 556-7531, Comayagua: (504) 772-10050.

<sup>2</sup>DISAGRO. Fertilizantes del Norte. Borde derecho, Río Blanco. San Pedro Sula, Honduras, C.A. Tel: (504) 551-3070/71 Fax: 551-8606.

## 2.6. VARIABLES.

Las variables medidas para la evaluación del efecto de los tratamientos fueron: la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de ramas, la materia seca, la biomasa, la producción de frutos y la concentración de nutrientes acumulados.

La altura de las plantas se midió desde el suelo hasta el ápice del tallo principal siendo este el más alto. El diámetro del tallo se midió con un pie de rey a 5 cm del suelo. Se contó el número de ramas de cada planta, a partir del tallo principal. La toma de datos se realizó cada 3 meses.

El muestreo para el análisis de nutrientes se realizó extrayendo dos plantas completas de cada parcela, que estuvieran dentro del promedio de altura, haciendo un total de 128 plantas. Se realizó un lavado de las plantas incluidas la raíz, con agua potable y agua destilada, luego se fraccionaron las plantas en raíz, hojas y tallos y se colocaron en bolsas individuales. Se secaron en un horno marca KOCH<sup>3</sup> a 55°C durante 5 días.

Las muestras secas fueron molidas con un molino eléctrico marca Thomas-Wiley<sup>4</sup>. En el laboratorio de suelos analizó la muestra compuesta por proporciones iguales de cada órgano: raíz, hojas y tallos, por medio del método de digestión húmeda y determinación por espectrofotometría de P y K, y de N por el método de Microkjeldhal y de titulación con NaOH (Arévalo y Gauggel 2009).

La infección de esporas de micorrizas nativas y de Mycoral<sup>®5</sup> en raíces de *Jatropha* se determinó por medio del método de tinción de raíces (Jarstfer 1970) en el Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol de la EAP, Zamorano. El análisis se realizó en los tratamientos sin fertilizante con y sin micorrizas. Para verificar si hubo influencia de micorrizas nativas, se tomó una muestra de suelo a 100 metros del área de investigación, en ella se determinó el contenido de esporas.

## 2.7. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

La investigación consistió de 16 tratamientos de dosis combinadas de N, P, K y Mycoral<sup>®</sup> con 0, 80, 180 kg/ha de N; 0, 30 kg/ha de P; 0, 100 kg/ha de K y 0, 38.4 kg/ha de Mycoral<sup>®</sup> para la infección con micorrizas que contiene tres cepas combinadas de *Glomus* sp. (M7), *Acaulosphora* sp. (M8), *Entrophosphora* sp. (SE3) producidas en 2008 y 2009 (Cuadro 2). Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, con 16 tratamientos, cuatro repeticiones y 64 unidades experimentales y 20 plantas/unidad experimental a un espaciamiento de 3 × 3 m (Figura 1). Para la comparación del efecto de micorrizas se utilizó una comparación de medias con la prueba “T” a P<0.05. El área que se utilizó fue de 1.24 ha, con las dimensiones de 51 m de ancho por 243 m de largo (Figura 2).

<sup>3</sup>Thoma-Wiley. Laboratory Mill. Arthur Thomas Company. Philadelphia, United State.

<sup>4</sup>KOCH supplies. Kansas City. United State.

<sup>5</sup>Programa de biotecnología aplicada-Mycoral. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana (E. A. P) Zamorano, Honduras. Tel: (504) 776-6140 al 50. Ext.: 2316, 2327. E-mail: [laboratoriosuelos@zamorano.edu](mailto:laboratoriosuelos@zamorano.edu)

Cuadro 2. Tratamientos usados en *Jatropha curcas* durante el experimento entre el 8 de Mayo de 2009 y 17 de Julio de 2010 en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.

Número de tratamiento	Nombre	kg/ha			
		Nitrógeno (N)	Fósforo(P)	Potasio (K)	Mycoral® (M)
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> M <sub>38.4</sub>	0	0	0	38.4
2	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	80	30	100	38.4
3	N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	180	30	100	38.4
4	N <sub>80</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	80	0	100	38.4
5	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	80	30	0	38.4
6	N <sub>180</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	180	0	100	38.4
7	N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	180	30	0	38.4
8	P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	0	30	100	38.4
9	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	80	30	100	0
10	N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	180	30	100	0
11	N <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	80	0	100	0
12	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub>	80	30	0	0
13	N <sub>180</sub> K <sub>100</sub>	180	0	100	0
14	N <sub>180</sub> P <sub>30</sub>	180	30	0	0
15	P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	0	30	100	0
16	TESTIGO	0	0	0	0

N= Nitrógeno, aplicación dividida en 6 meses, P= Fósforo, K= K<sup>+</sup> (potasio), M= Mycoral

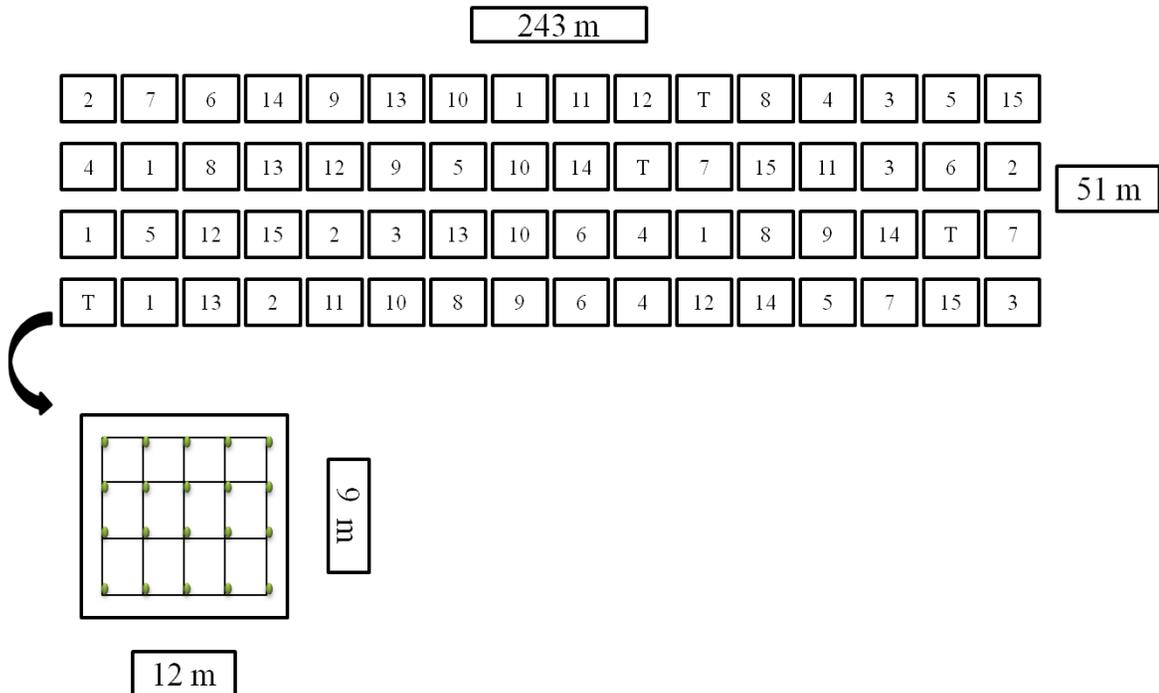


Figura 2. Diseño experimental, distribución de parcelas y detalle de siembra para la evaluación de fertilización en el cultivo *Jatropha curcas*, finca Zavala de la EAP, Valle de Yeguaré, Honduras, 2010.

## **2.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANDEVA) y una separación de medias con el test de Duncan, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Se utilizó como herramienta el programa SPSS Statistics 17.0 (Statistical Package for Social Science).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. DESARROLLO VEGETATIVO.

La altura de las plantas de *Jatropha* a los 12 meses, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, siendo los mejores N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>M<sub>38.4</sub> y el Testigo con 80.7 y 84.8 cm, respectivamente y con un comportamiento parecido a lo largo de los 12 meses. La menor altura la mostró N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>K<sub>100</sub> con 54.5 cm promedio final y que mantuvo durante los 12 meses. Los tratamientos con micorrizas mostraron resultados mayores a los que no tienen el hongo (Cuadro 3). En otros estudios se encontró un incremento del 23% en la altura de las plantas con dosis de 60 kg/ha de N y 30 kg/ha de P utilizadas como dosis más altas (Jongschaap *et al.* 2007), similares a los encontrados en esta investigación, ya que a los dos meses el tratamiento con la dosis de 80 kg/ha de N obtuvo un 28% de incremento en comparación con el testigo. Otro estudio con dosis de 160 kg/ha de N, incrementó el desarrollo del cultivo del piñón (Banegas Cruz 2009).

Cuadro 3. Altura (cm) de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento (kg/ha)	2 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> M <sub>38.4</sub>	10.6 ab	24.6 abc	35.9 bcde	38.3 abc	66.9 abcd
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	10.8 ab	28.5 a	47.3 a	54.7 a	69.5 abc
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	10.1 b	23.9 abc	38.2 abc	48.0 ab	80.7 ab
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	13.1 a	23.1 abcd	32.9 bcdef	39.3 abcde	59.1 bcd
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	9.1 b	14.0 d	22.4 def	28.3 cde	42.8 d
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	8.5 b	17.3 cde	33.9 abcdef	41.6 abc	58.9 bcd
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	8.7 b	19.3 bcde	37.7 adc	49.8 ab	70.5 abc
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	9.1 b	19.5 bcde	27.5 cdef	31.7 cde	53.2 cd
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub>	11.1 ab	24.5 abc	36.4 abcd	42.4 abc	71.4 abc
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub>	11.4 ab	25.6 ab	42.6 ab	47.9 ab	70.8 abc
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	10.9 ab	19.7 bcde	35.5 abcde	38.7 bcde	61.2 abcd
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub>	9.3 b	14.5 d	21.1 f	24.4 e	61.4 abcd
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	10.6 ab	20.2 bcde	30.7 bcdef	34.7 bcde	50.8 cd
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	8.9 b	15.5 de	22.0 ef	26.3 de	54.5 cd
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	9.3 b	20.9 abcd	29.1 bcdef	36.0 bcde	57.9 bcd
TESTIGO	8.7 b	26.9 ab	38.5 abc	42.6 abc	84.8 a
Probabilidad (P<0.05)	*	*	*	*	*

\*Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan, P<0.05

El diámetro del tallo a través del tiempo fue mayor a los dos meses en el tratamiento  $N_{180}P_{30}M_{38.4}$  en un 26%, a los seis meses los tratamientos  $N_{80}P_{30}M_{38.4}$  y  $N_{180}P_{30}$  en un 21% y 12% respectivamente mayor que el Testigo. Todos difieren ( $P<0.05$ ) del tratamiento  $N_{180}K_{100}M_{38.4}$  (21.3 mm) que presentó menor diámetro (Cuadro 4). Los tratamientos restantes no difieren entre si ( $P>0.05$ ) y concuerda con los resultados que la aplicación de dosis de nitrógeno (60 kg/ha) y fósforo (30 kg/ha) que tuvieron un efecto sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo en un 23% del cultivo (Patolia 2007) y con aplicaciones de 160 kg/ha de N donde alcanzó a un año un diámetro de 3.8 cm (Banegas Cruz 2009).

Cuadro 4. Diámetro (mm) del tallo principal de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento (kg/ha)	2 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
$N_0P_0K_0M_{38.4}$	10.0 ab	17.6 a	25.0 ab	29.0 abcd	29.7 abcd
$N_{80}P_{30}M_{38.4}$	9.5 abcde	16.6 ab	28.6 a	32.8 abc	35.4 a
$N_{180}P_{30}M_{38.4}$	10.7 a	16.5 ab	23.9 abc	31.1 abc	37.5 a
$N_{80}K_{100}M_{38.4}$	8.8 bcdef	13.3 bcd	20.6 bcdef	28.3 abcd	26.8 abcde
$N_{180}K_{100}M_{38.4}$	7.9 fg	11.7 cd	16.9 def	20.7 def	21.3 d
$N_{80}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	8.3 defg	13.8 abc	24.2 abc	29.1 abcd	31.8 ab
$N_{180}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	8.4 cdefg	14.5 abc	21.1 bcde	29.5 abc	30.8 abcd
$P_{30}K_{100}M_{38.4}$	8.4 defg	12.8 bcd	18.2 cdef	22.7 cdef	29.8 abcd
$N_{80}P_{30}$	9.7 abc	14.3 abc	21.1 bcde	30.3 abcd	31.1 abc
$N_{180}P_{30}$	8.8 bcdef	14.3 abc	26.4 a	32.6 abc	33.6 a
$N_{80}K_{100}$	7.8 fg	15.6 abc	21.6 bcd	27.9 abcd	30.6 abc
$N_{180}K_{100}$	8.2 efg	10.0 d	15.0 ef	16.2 f	26.6 cd
$N_{80}P_{30}K_{100}$	8.9 bcdef	14.3 abc	20.9 bcde	26.4 bcde	30.0 abcd
$N_{180}P_{30}K_{100}$	7.2 g	11.4 cd	14.6 f	19.3 ef	26.9 bcd
$P_{30}K_{100}$	9.8 abc	13.9 abc	21.4 bcde	28.4 abcd	28.6 abcd
TESTIGO	8.5 abcdefg	17.4 a	23.6 abc	28.8 abcd	36.4 a
Probabilidad ( $P<0.05$ )	*	*	*	*	*

\* Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan,  $P<0.05$ .

En número de ramas el tratamiento  $N_{180}P_{30}M_{38.4}$  fue el mayor ( $P<0.05$ ) que los demás tratamientos (5.9 ramas/planta) a los 12 meses con 41% por encima del testigo (Cuadro 5). Al segundo mes el mejor de los tratamientos fue el testigo con 1.04 ramas/planta. La baja ramificación durante los primeros 6 meses fue debido a efectos bióticos y abióticos al momento de la siembra, durante la cual algunas plantas quedaron sin hojas por el manejo

en el traslado y la falta de riego en los primeros días. En estas condiciones las plantas botaron las hojas para no deshidratarse y no hubo brotes hasta las primeras lluvias no irregulares a los dos meses. A los tres meses el tratamiento N<sub>180</sub>P<sub>30</sub> mostró una mejor ramificación que el testigo en un 17% y a los 9 meses el tratamiento N<sub>180</sub>K<sub>100</sub> fue mayor en un 20%.

Cuadro 5. Número de ramas de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento (kg/ha)	2 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.2 ab	1.3	1.6 ab	3.5 b
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.2 ab	1.4	1.9 ab	3.7 ab
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.1 ab	1.2	2.3 a	5.9 a
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.2 ab	1.3	1.9 ab	5.3 ab
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.0 b	1.1	1.3 b	3.2 b
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.1 ab	1.3	1.9 ab	3.7 ab
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.0 b	1.4	1.8 ab	4.8 ab
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	1.00 b	1.1 b	1.2	1.6 ab	3.9 ab
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub>	1.00 b	1.2 ab	1.2	1.7 ab	4.2 ab
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub>	1.00 b	1.4 a	1.4	1.8 ab	3.7 ab
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	1.00 b	1.1 ab	1.2	2.4 a	4.1 ab
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub>	1.00 b	1.1 ab	1.2	1.5 ab	4.5 ab
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	1.00 b	1.2 ab	1.4	1.9 ab	4.0 ab
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	1.00 b	1.1 ab	1.3	2.3 a	3.9 ab
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	1.00 b	1.0 b	1.2	1.5 ab	3.7 ab
TESTIGO	1.04 a	1.2 ab	1.3	2.0 ab	4.2 ab
Probabilidad (P<0.05)	*	*	ns	*	*

ns = no significativo, \* Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan, P<0.05.

### 3.2. BIOMASA

El tratamiento con mayor producción de materia fresca total (MFT) fue el testigo con 4,397 kg/ha, pero con un 95% de humedad, lo que indica una acumulación de agua en el tejido. Los tratamientos que mostraron diferencia significativa en MFT con el testigo fueron N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>, P<sub>30</sub>K<sub>100</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>K<sub>100</sub>, N<sub>180</sub>K<sub>100</sub>, N<sub>180</sub>P<sub>30</sub>K<sub>100</sub> y N<sub>180</sub>K<sub>100</sub>M<sub>38.4</sub> con 886.8, 59.0, 86.6, 874.8, 650.2 y 630.5 kg/ha, respectivamente lo que indica que acumulan menos agua. Los demás tratamientos no tuvieron diferencia significativa entre si (Cuadro 6).

El contenido de materia seca del tallo y hojas fue mayor en  $N_{180}P_{30}M_{38.4}$  en 95% más que el testigo, los demás tratamientos no presentaron diferencia significativa entre si (Cuadro 6). La cantidad de materia seca concentrada en la raíz y total de la planta no mostró diferencias significativas. Los tratamientos que muestran cifras altas en contenido de materia seca de tallo y hojas y bajo en materia seca de raíz, es posible que utilizaron su energía en la producción de biomasa superficial y se vieron disminuidos en la producción de raíz y viceversa (Marschner 1995). Dosis altas de nitrógeno causan un mayor rendimiento en el cultivo de piñón en cuanto a biomasa (Coronado y Dávila 2005).

Cuadro 6. Materia fresca, seca y porcentaje de humedad de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento kg/ha	Materia fresca kg/ha	Materia seca raíz kg/ha	Materia seca tallo y hoja kg/ha	Materia seca total kg/ha	% Humedad
$N_0P_0K_0M_{38.4}$	1304.3 ab	49.4	119.2 ab	168.6	87.1
$N_{80}P_{30}M_{38.4}$	1639.3 ab	59.7	220.5 ab	280.3	82.9
$N_{180}P_{30}M_{38.4}$	2100.3 ab	72.7	263.3 a	336.1	84.0
$N_{80}K_{100}M_{38.4}$	886.6 b	20.3	98.1 ab	118.3	86.7
$N_{180}K_{100}M_{38.4}$	630.5 b	23.1	75.3 ab	98.3	84.4
$N_{80}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	1580.2 ab	59.4	184.9 ab	244.4	84.5
$N_{180}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	1209.8 ab	36.9	163.6 ab	200.5	83.4
$P_{30}K_{100}M_{38.4}$	1327.9 ab	23.3	90.6 ab	113.8	91.4
$N_{80}P_{30}$	886.8 b	30.8	128.3 ab	159.2	82.0
$N_{180}P_{30}$	1367.4 ab	37.2	177.5 ab	214.7	84.3
$N_{80}K_{100}$	1146.7 ab	26.4	124.9 ab	151.4	86.8
$N_{180}K_{100}$	874.8 b	23.1	109.2 ab	129.4	85.2
$N_{80}P_{30}K_{100}$	677.7 b	19.2	69.9 ab	89.2	86.8
$N_{180}P_{30}K_{100}$	650.2 b	16.9	64.4 b	81.4	87.5
$P_{30}K_{100}$	859.0 b	30.0	91.9 ab	121.9	85.8
TESTIGO	4397.7 a	68.1	134.7 ab	202.8	95.4
Probabilidad (P<0.05)	*	ns	*	ns	

ns= no significativo. \* Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan, P<0.05.

### 3.3. ABSORCIÓN, RELACIONES Y APROVECHAMIENTO DE NUTRIENTES.

#### 3.3.1 Absorción de nutrientes.

La mayor absorción de nitrógeno la tuvo el tratamiento  $N_{180}P_{30}M_{38.4}$  con 6.3 kg/ha de N. Los tratamientos con diferencias significativas respecto el mejor fueron  $N_0P_0K_0M_{38.4}$ , testigo,  $P_{30}K_{100}$ ,  $N_{80}P_{30}K_{100}$ ,  $N_{80}K_{100}M_{38.4}$ ,  $P_{30}K_{100}M_{38.4}$ ,  $N_{180}P_{30}K_{100}$  con 1.5, 2.1, 1.9, 1.2, 2.2, 1.4 y 1.8 kg/ha de N absorbido, respectivamente (Cuadro 7). En comparación entre los tratamientos con ( $N_{180}P_{30}M_{38.4}$ ) y sin ( $N_{180}P_{30}$ ) micorrizas 6.3 y 4.2 kg/ha respectivamente, sin diferencia significativa e indica que las micorrizas tiene un efecto positivo en la absorción de nitrógeno.

El nitrógeno permite un mayor vigor vegetativo, aumento de la velocidad de crecimiento, aumento de volumen y peso, color verde intenso y mayor cantidad de hojas (Suppo 2005). Finalmente el tratamiento que presentó mayor absorción de nitrógeno ( $N_{80}P_{30}M_{38.4}$ ) también presenta mayor cantidad de materia seca, mayor diámetro del tallo y altura.

En la absorción de fósforo no hubo diferencia significativa, aunque el tratamiento con mayor absorción fue  $N_{180}P_{30}M_{38.4}$  con 0.6 kg/ha, lo que concuerda con una investigación de 30 kg/ha de fósforo ayudan en el crecimiento del piñón y que dosis mayores a 70 kg/ha afectan en el crecimiento y desarrollo de *Jatropha* (Ribeiro *et al.* 2010 a). El tratamiento sin micorrizas ( $N_{180}P_{30}$ ) con 0.4 kg/ha de P indica un ligero efecto en su absorción de P.

La absorción de fósforo ayuda en fotosíntesis, crecimiento radicular, división de los meristemos, acelera la floración y fructificación y síntesis de azúcares, proteínas y grasas (Suppo 2005). Es posible observar que la combinación con nitrógeno, fósforo y micorrizas le ayuda a la planta a tener un mejor desempeño en su crecimiento (Guerrero 1996). Las micorrizas también ayudan a una mejor absorción de fósforo por la poca movilidad del elemento y de otros nutrientes y logra mayor crecimiento radicular (Raddatz 2007 a).

En la absorción de potasio no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 7). Sin embargo, aplicaciones altas de potasio (100 kg/ha) pueden generar reducciones hasta del 20.48% de producción. Esto coinciden con los obtenidos en esta investigación ya que los tratamientos que se comportaron siempre con menores rendimientos que el testigo tuvieron aplicaciones de 100 kg/ha de K. El efecto negativo presentado en la plantación con la absorción de potasio, fue debido a que el suelo tenía cantidades altas de este elemento, esto coincide con los datos obtenidos en una investigación en suelos con alto K (Ribeiro *et al.* 2010 b).

#### 3.3.2. Relaciones de nutrientes.

El tratamiento sin nutrientes y micorrizas ( $N_0P_0K_0M_{38.4}$ ) difirió significativamente de los demás siendo menor la relación de N/P lo que indicó que absorbió más fósforo con micorrizas. En los tratamientos  $N_{80}P_{30}K_{100}$  con y sin Mycoral la relación K/P

fue mayor y diferente de los demás, lo que indica que absorbió más potasio y que las micorrizas no influyen en la absorción de K cuando es altamente disponible en el suelo, así como lo menciona Ribeiro (2010 b) en su investigación.

En la relación K/N se observa influencia del Mycoral en la absorción de K cuando no hay fertilización, ya que el tratamiento  $N_0P_0K_0M_{38.4}$  mostró mayor absorción de K que el resto; estadísticamente es similar a los tratamientos donde se aplicó alto potasio con y sin micorrizas  $N_{80}P_{30}K_{100}$ . Las micorrizas además de permitir mayor absorción de fósforo también contribuyen a la absorción de otros elementos menos móviles en el suelo como el potasio (Sieverding 1991).

Cuadro 7. Absorción de nutrientes de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento	Absorción (kg/ha)			Relaciones		
	N	P	K	N/P	K/N	K/P
$N_0P_0K_0M_{38.4}$	1.5 b	0.4	3.7	3.5 a	2.8 a	9.6 a
$N_{80}P_{30}M_{38.4}$	3.9 ab	0.4	4.5	9.4 cd	1.1 c	10.4 a
$N_{180}P_{30}M_{38.4}$	6.3 a	0.6	6.2	11.2 d	1.1 c	12.1 ab
$N_{80}K_{100}M_{38.4}$	2.2 b	0.2	3.6	10.5 cd	1.7 abc	17.8 ab
$N_{180}K_{100}M_{38.4}$	3.3 ab	0.3	5.2	11.9 d	1.4 bc	15.5 ab
$N_{80}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	3.0 ab	0.4	6.7	8.5 bcd	2.5 ab	19.7 b
$N_{180}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	4.1 ab	0.4	5.9	10.2 cd	1.5 bc	15.1 ab
$P_{30}K_{100}M_{38.4}$	1.4 b	0.2	2.9	6.6 abc	2.9 a	16.5 ab
$N_{80}P_{30}$	2.7 ab	0.4	2.8	9.7 cd	1.1 c	10.8 a
$N_{180}P_{30}$	4.2 ab	0.4	3.9	11.6 d	0.9 c	10.2 a
$N_{80}K_{100}$	2.4 ab	0.2	3.8	9.9 cd	1.8 abc	15.3 ab
$N_{180}K_{100}$	2.6 ab	0.2	3.6	11.9 d	1.3 bc	15.3 ab
$N_{80}P_{30}K_{100}$	1.2 b	0.1	2.6	8.5 bcd	2.4 ab	19.6 b
$N_{180}P_{30}K_{100}$	1.8 b	0.2	2.6	10.8 cd	1.5 bc	16.6 ab
$P_{30}K_{100}$	1.9 b	0.3	3.5	8.4 bcd	2.1 abc	16.7 ab
TESTIGO	2.1 b	0.4	4.4	4.6 ab	2.4 ab	10.3 a
Probabilidad (P<0.05)	*	ns	ns	*	*	*

ns = no significativo, \*Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan, P<0.05.

### 3.3.3. Aprovechamiento de nutrientes.

El índice de aprovechamiento de N osciló entre 1.1 y 7.6% en todos los tratamientos sin diferencia significativa. El fósforo se aprovechó mejor en los tratamientos  $N_{80}K_{100}M_{38.4}$  y  $N_{80}P_{30}K_{100}$ , lo que significa que la adición de potasio mejora el aprovechamiento de fósforo. En el caso del tratamiento  $N_{80}K_{100}M_{38.4}$ , el fósforo lo extrajo del suelo, lo que

muestra eficiencia de las micorrizas. El tratamiento P<sub>30</sub>K<sub>100</sub> sin nitrógeno no aprovecho el fósforo aplicado.

Cuadro 8. Aprovechamiento de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento kg/ha	Indice de aprovechamiento %		
	N	P	K
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> M <sub>38.4</sub>	0.0	0.0	0.0
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	6.9 ab	0.4 abcd	0.1 b
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> M <sub>38.4</sub>	6.9 ab	0.7 abc	1.2 b
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	2.5 ab	0.8 ab	10.3 a
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	3.3 ab	0.6 abcd	7.1 abc
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	3.7 ab	0.6 abcd	9.2 ab
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	3.2 ab	0.3 bcd	4.6 abc
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub> M <sub>38.4</sub>	0.0	0.1 bcd	0.8 b
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub>	2.3 ab	0.5 abcd	0.6 b
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub>	7.6 a	0.3 bcd	0.1 b
N <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	5.7 ab	0.0	9.7 a
N <sub>180</sub> K <sub>100</sub>	1.3 ab	0.0	1.7 bc
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	3.8 ab	1.0 a	7.7 abc
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	1.1 ab	0.4 abcd	4.2 abc
P <sub>30</sub> K <sub>100</sub>	0.0	0.1 cd	0.9 b
TESTIGO	0.0	0.0	0.0
Probabilidad (P<0.05)	*	*	*

\* Letras diferentes en misma columna muestra diferencia significativa con Duncan, P<0.05.

La fertilización es indispensable en los primeros meses del cultivo de *Jatropha* ya que permite más desarrollo y crecimiento, aunque en el experimento fue posible observar que dosis bajas, graduales y en combinación con micorrizas le favorecen en el primer año. La eficiencia en absorción de nutrientes es baja entre 6.9 y 1.1% en N, 1.0 y 0% de P y 10.3 y 0% de K y depende del nivel en el suelo y la aplicación. La planta por si sola es eficiente en la absorción de nutrientes y mostró su adaptación a suelos poco fértiles (Jongschaap *et al.* 2007). La fertilización y el uso de micorrizas lograron duplicar los rendimientos, es por eso que en el desarrollo del cultivo y en la producción de frutos Openshaw (2000) recomienda una fertilización.

### 3.4. FLORACIÓN Y FRUTOS.

La floración ocurrió a los seis meses antes que los demás tratamientos para los tratamientos  $N_{80}P_{30}M_{38.4}$ ,  $N_{180}P_{30}$ , pero no llegó a término con la fructificación ya que hubo aborto parcial de las flores debido a la falta de agua.

En la fructificación no se realizó análisis estadístico porque los datos fueron escasos y los datos que se muestran como producción única fueron obtenidos del promedio de 20 plantas. Los tratamientos con  $N_{80}P_{30}M_{38.4}$  con y sin micorrizas el tratamiento  $N_{80}P_{30}M_{38.4}$  tuvo el mayor peso de frutos inmaduros cosechados (39.42 kg/ha) a los 12 meses. En la evaluación de dos variedades Cabo Verde e Hindú en La Vega Zamorano hubo diferencias entre ambas variedades la variedad Cabo Verde con y sin micorrizas tuvo una producción de 117.3 y 101.9 kg/ha ( $P>0.05$ ), respectivamente y siendo la mejor con micorrizas; la variedad Hindú con micorrizas (28.4 kg/ha) y sin micorrizas (31 kg/ha) (Berger 2009)<sup>6</sup>, resultado parecido en la investigación de Zavala.

Cuadro 9. Producción de fruto inmaduro de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento	Producción de fruto inmaduro (kg/ha)	# Parcelas
$N_0P_0K_0M_{38.4}$	25.88	1
$N_{80}P_{30}M_{38.4}$	39.42	2
$N_{180}P_{30}M_{38.4}$	25.62	2
$N_{80}K_{100}M_{38.4}$	3.47	1
$N_{180}K_{100}M_{38.4}$	0.00	0
$N_{80}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	27.09	2
$N_{180}P_{30}K_{100}M_{38.4}$	0.00	0
$P_{30}K_{100}M_{38.4}$	0.00	0
$N_{80}P_{30}$	26.55	2
$N_{180}P_{30}$	27.44	1
$N_{80}K_{100}$	0.00	0
$N_{180}K_{100}$	10.38	1
$N_{80}P_{30}K_{100}$	0.00	0
$N_{180}P_{30}K_{100}$	0.00	0
$P_{30}K_{100}$	0.00	0
Testigo	0.00	0

\*Producción de uno de los bloques, no hubo más repeticiones.  $N_{80}$ = 80 kg/ha;  $N_{180}$ = 180 kg/ha;  $P_{30}$ = 30 kg/ha;  $K_{100}$ = 100 kg/ha;  $M_{38.4}$ = 38.4 Mycoral<sup>®</sup> kg/ha.

<sup>6</sup> Berger N. 2010. Producción de *Jatropha curcas* en Zavala, Zamorano, Honduras. Comunicación personal.

### 3.5. MICORRIZAS.

La aplicación de micorrizas tuvo un efecto en la absorción de K y en el número de ramas ( $P<0.05$ ), en la materia seca total y materia seca del tallo ( $P<0.1$ ). En las demás variables medidas no hubo diferencia (Cuadro 10). Sin embargo, el resultado comparativo de porcentaje de infección de micorrizas en raíces de los tratamientos sin fertilizante con y sin Mycoral<sup>®</sup> ( $N_0P_0K_0M_{38.4}$  y  $N_0P_0K_0$ ) favorecieron a las plantas con Mycoral<sup>®</sup> (52.8%) (Cuadro 9) y 28% a las que no tenían. Esto indica que las micorrizas seleccionadas causan más selección que las micorrizas nativas. No se puede determinar el efecto de la micorriza nativa, pero se puede atribuir a ellas el alto contenido de humedad como materia fresca en el testigo.

Cuadro 10. Variables medidas con Mycoral y sin Mycoral.

Variables	Con Mycoral		Sin Mycoral	
Altura	62.7	ns	64.1	ns
Diámetro	30.4	ns	30.4	ns
Ramas	4.3	*	4.0	*
M. fresco	1334.9	ns	974.6	ns
Materia seca tallo y hoja	151.9	α	112.6	α
Materia seca raíz	43.1	ns	31.4	ns
Materia seca total	195.0	α	143.7	α
% N	4.0	ns	3.6	ns
% P	0.5	ns	0.5	ns
% K	4.8	*	3.6	*
N/P	8.9	ns	10.1	ns
K/N	1.9	ns	1.6	ns
K/P	14.6	ns	14.9	ns
Abs. N	3.2	ns	2.4	ns

ns = no significancia entre los tratamientos. \* Probabilidad ( $P<0.05$ ). α Probabilidad ( $P<0.1$ )

Cuadro 11. Análisis de infección de micorrizas en raíces y conteo de esporas de micorrizas nativas de las plantas de *Jatropha curcas*, durante el primer año de cultivo en Zavala, EAP Zamorano Honduras.

Tratamiento	% Infección de raíces	Esporas/g de suelo
$N_0P_0K_0M_{38.4}$	52.9	
$N_0P_0K_0$	28.6	
Esporas nativas de suelo		6

## 4. CONCLUSIONES

- Los tratamientos con los mejores resultados con respecto al desarrollo vegetativo y contenido de materia seca en el primer año del cultivo fueron aquellos con aplicaciones de N (80 y 180 kg/ha), P (30 kg/ha) y Mycoral<sup>®</sup> 38.4 kg/ha.
- Los tratamientos con aplicaciones de 180 kg de N y 100 kg de K combinadas con P<sub>30</sub>, mostraron una respuesta inferior con respecto al testigo en todas las variables.
- No aplicar fertilizantes ni micorrizas genera mayor materia fresca y altura, pero el contenido de materia seca es bajo y acumula 95% humedad.
- La aplicación de nitrógeno es determinante para el desarrollo vegetativo del cultivo de *Jatropha* durante el primer año de producción. No hubo respuesta a la aplicación de K y en algunos casos fue negativo, debido al alto contenido de K en el suelo para este experimento.
- La micorriza seleccionada Mycoral<sup>®</sup> facilita la absorción de P cuando el K es altamente disponible en el suelo, la micorriza no actúa para su absorción, pero si no hay fertilización la micorriza facilita a absorción de K del suelo.
- Aplicar dosis altas de nitrógeno y potasio generan un estrés en la planta, produciendo un bajo desempeño agronómico durante su crecimiento, tomando en cuenta el alto contenido inicial de potasio en el suelo en el local del estudio. Sin embargo, la disponibilidad de K mejora el aprovechamiento de P.
- La producción se adelanta con la aplicación de N y P combinados y es similar con solo aplicación de Mycoral<sup>®</sup>.

## 5. RECOMENDACIONES

- Aplicar Mycoral<sup>®</sup> en *Jatropha curcas* si no se fertiliza.
- Aplicar N y P en dosis mínimas de 80 kg/ha y 30 kg/ha, respectivamente, en el cultivo de *Jatropha*.
- Analizar el suelo para determinar la disponibilidad de K y ajustar la fertilización; ya que solo se debe aplicar si los niveles de K son bajos.
- Colocar sistema de riego para obtener mejores resultados durante el ciclo del cultivo.
- Para determinar el efecto del K, debe realizarse el experimento en suelos o sustratos con nivel bajo en este elemento con relación a las bases.
- Realizar la investigación para el segundo año de producción del cultivo y observar los niveles de absorción y aprovechamiento para determinar si el Mycoral<sup>®</sup> tiene un mejor efecto a segundo año, tomando en cuenta los micronutrientes y realizando un análisis financiero de la rentabilidad de cada tratamiento.
- En futuros experimentos es importante considerar el ajuste de pH a 6.5.

## 6. LITERATURA CITADA

AEA (Alianza en Energía y Ambiente con Centro América) 2007. *Jatropha curcas* L. su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética. Octagon S.A Biocombustibles. Finlandia y Centro América. p 1.

Arévalo, G.; Gauggel, C. 2009. Manual de laboratorio de la clase de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. 78 p.

Banegas Cruz, C. 2009. Influencia de la fertilización con N, P y K en el establecimiento en campo de *Jatropha curcas* L. en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 27 p.

Bártoli, A. 2008. Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), La Lima Cortés, Honduras. 7 p.

Bauer, H. 1993. Fertilización en el cultivo de Tempate. Informe sobre el Primer Ciclo de Producción de Tempate. UNAN, León, Nicaragua.

Berger, N. 2004. Agronomische Optimierung des Anbaus Von Curauá (*Ananas lucidus* Miller) in der östlichen Amazonas Region von Brasilien. Tropical Agriculture Vol. 15, p 24.

Coronado, I., Dávila, M. 1995. Influencia del nitrógeno, fósforo y potasio sobre los rendimientos del cultivo de tempate. León, Nicaragua. p 57.

De la Vega, J. 2007. *Jatropha*, Senior consultant, México. (En línea) Consultado el 20 de agosto 2010. Disponible en [www.guepirtesnational.orgl\\_file/m7/jatrophaPDF.Eng.pdf](http://www.guepirtesnational.orgl_file/m7/jatrophaPDF.Eng.pdf).

Fuentes, J. 1994. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. p 253.

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. p 54.

Heller, J. 1996. Física del fruto de la *Jatropha*. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italia. (en línea) Consultada 5 de Octubre 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/boletines/bc-inf-03-07.pdf> 23 p.

Jarstfer, A. G. 1970. Método para tinción de raíces. University of Florida, Soil Science Department, 2171 Mccarty Hall, Gainesville, FL 32611-0151 USA.

Jongshaap, R., Corré, W., Bindraban, P., y Brandenbugr, W. 2007. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Plant Research International B.V Wageningen, Stichting Het Groene Woudt, Laren. Report p 17, 158.

Laboratorio Central. 2006. Fertilizantes y soluciones concentradas. *Equipo del Proyecto Fertilizar INTA Pergamino*, Red Agrícola. (en línea). Consultado 10 de mayo 2009. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizantes%20y%20Soluciones%20Concentradas.asp>.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition, University of Hohenheim, Alemania. p 9-15.

Openchaw, K. 2000. Biomass and Bioenergy: A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled Promise. USA. Alternative Energy Development Inc. Silver Spring, MD. p 6.

Patolia, J., Ghosh, A., Chikara, J., Chaudhary, D., Parmar, D. and Bhuva, H. 2007. Response of *Jatropha curcas* grown on wasteland to N and P fertilization. J.S, Central Salt & Marine Chemicas Research Institute. Gujarat- India. p 4, 7.

Raddatz, E. 2007 a. La Dinámica de poblaciones con referencia a las micorrizas. Cali, Colombia. p 1. (PDF)

Raddatz, E. 2007 b. La simbiosis de la planta con micorriza es un principio fundamental de toda la vida vegetal. Cali, Colombia. p 2, 5 (PDF).

Rabuffetti, A., Zamalvide J. SF. Respuesta Vegetal al Suministro de Nutrientes Evaluación de la Fertilidad del Suelo. (en línea) Consultada 10 de mayo 2009. Disponible en: [http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/respuesta\\_fert\\_impr.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/respuesta_fert_impr.pdf).

Ribeiro, J., Nóbrega, J., Rebequi, A., Nóbrega, J., Azevedo, C., Alves, G. 2010 a. Adubação fosfatada no crescimento inicial do pinhão-manso. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa. Brasil. 5 p.

Ribeiro, J., Nóbrega, J., Rebequi, A., Nóbrega, J., Leite, P., Azevedo, C. 2010 b. Adubação potássica no crescimento inicial do pinhão-manso. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa. Brasil. 6 p.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation Federal Republic of Germany. p 60-68.

Suppo, F. 2005. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. México, Distrito Federal. p 29, 56, 71-72, 78.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de Zavala, EAP Zamorano, Honduras.

Lugar	pH	%	%	mg/Kg (Extractable)								
	(H <sub>2</sub> O)	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Zavala	5.50	2.16	0.11	13	170	960	100	155	1.5	142	87	0.7
Rango Medio		2.00	0.20	13					1.70	56	28	1.7
		4.00	0.50	30					3.4	112	112	3.4



Anexo 2. Plántulas de *Jatropha curcas* en vivero. A la izquierda sin aplicación de Mycoral® a la derecha plántulas con Mycoral®.



Anexo 3. Aplicación de Mycorral® en cultivo de piñón, Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 4. Plántulas de *Jatropha curcas*, derecha con micorrizas e izquierda sin micorrizas en vivero de la EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 5. Toma del cultivo de *Jatropha curcas* en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 6. Fruto de *Jatropha curcas* cosechado para la investigación en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 7. Conteo de esporas de micorrizas nativas en suelo de la finca Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 8. Pesado de material vegetal de *Jatropha curcas* en campo en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 9. Tratamiento con mejores resultados  $N_{80}P_{30}M_{38.4}$  en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.



Anexo 10. Raíces de tratamiento  $P_{30}K_{100}$  sin micorrizas en Zavala, EAP Zamorano, Honduras.