

**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.**

Cristhian Eleazar Banegas Cruz

Zamorano, Honduras

Diciembre; 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**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.**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Ciencia y Producción Agropecuaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Cristhian Eleazar Banegas Cruz

Zamorano, Honduras

Diciembre; 2009

Influencia de la fertilización con N, P y K en el establecimiento de *Jatropha curcas* L. en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Presentado por:

Cristhian Eleazar Banegas Cruz

Aprobado:

Nils Berger, Dr. Sci. Agr.
Asesor principal

Miguel Vélez, Dr. Sci. Agr.
Director
Carrera de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Gloria Arévalo, M. Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D
Decano Académico

Josue Leiva, Ing. Agrónomo
Asesor

Juan Carlos Quezada, Ing. Agroindustrial
Asesor

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

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador Área Temática Fitotecnia

RESUMEN

Banegas, C. 2009. Influencia de la fertilización con N, P y K en el establecimiento de *Jatropha curcas* L. en finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto nutricional de N, P y K en parámetros agronómicos y productivos en el cultivo de piñón. El experimento se realizó entre Enero 2009 y Julio de 2009. Se usó un diseño de Bloques Completamente al Azar con 7 tratamientos, 3 repeticiones y 18 plantas por repetición en camas espaciadas a 3.5 metros y 1.6 metros entre plantas. Las variables medidas fueron: altura y diámetro de tallo, número de ramas y producción de semilla hasta los 42 días de producción. Los tratamientos fueron dosis variables de NPK (kg/ha): 80-40-20, 160-80-40, 80-0-20, 80-40-0, 160-0-40, 160-80-0 y 0-0-0 (testigo). El tratamiento 160-80-40 dio mejor resultado en altura y diámetro de tallo, número de ramas y producción. Se concluyó que en altura y diámetro de tallo y número de ramas, el nitrógeno es determinante y el fósforo favorece la absorción de nitrógeno. No se pudo determinar los efectos de fósforo y potasio por que había suficiencia de estos elementos en el suelo previo al experimento. Se sugiere incrementar gradualmente las dosis de fertilizante a medida que aumenta la biomasa.

Palabras claves: altura y diámetro de tallo, número de ramas, producción, piñón.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. BIBLIOGRAFÍA	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadro

1. Tratamientos utilizados en el experimento con <i>Jatropha curcas</i> L., Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	5
2. Propiedades químicas de la mezcla del primer y segundo horizonte del suelo del lote San José II, finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras, 2009.....	7
3. Aumento de altura y diámetro de tallo y número de ramas en un periodo de 23 semanas en plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.	8
4. Aumento de altura (cm) de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras.....	9
5. Aumento de diámetro (cm) de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	10
6. Número de ramas entre mediciones consecutivas de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.	10
7. Concentración foliar de nitrógeno (%) en plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	11
8. Concentración foliar de fosforo (%) en plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	11
9. Concentración de potasio (%) en plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.	12
10. Producción de semillas por tratamiento de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	13

Figura

1. Precipitación mensual (mm) de Octubre 2008 a Septiembre 2009 en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.	4
2. Tanque de almacenamiento y mezcla de fertilizantes.	5
3. Aumento en altura de plantas de <i>Jatropha curcas</i> en relación a la precipitación en el periodo del experimento. Lote San José II, finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras.....	9

1. INTRODUCCIÓN

El piñón (*Jatropha curcas* L. Euphorbiaceae) es una especie nativa de América Central, cultivada desde tiempos precolombinos. Actualmente se distribuye desde México hasta Argentina y en las Antillas (CATIE 2007).

El piñón es resistente a la sequía, puede soportar precipitaciones anuales promedio de apenas 300 mm y temperaturas que sobrepasan los 32 °C. Las semillas contienen 30 a 35% de aceite y tiene un alto potencial de rendimiento de más de 2 t/ha/año. El piñón, por definición, es un árbol pequeño o arbusto que puede alcanzar una altura de 5 m. La planta muestra un crecimiento articulado, con una discontinuidad morfológica en cada incremento. La latencia es inducida por las fluctuaciones en las precipitaciones y la temperatura. Las ramas contienen látex. Normalmente, se forman cinco raíces, una central y cuatro periféricas (Kobilke 1989).

El piñón tiene de 5 a 7 hojas lobuladas con una longitud y anchura de 6 a 15 cm, que se disponen de forma alterna. Las inflorescencias se forman en las ramas terminales y son complejas. Botánicamente, puede ser descrito como una cima. La planta es monoica y las flores son unisexuales; raras veces se producen flores hermafroditas (Dehgan y Webster 1979).

El piñón ha ganado el interés de varias agencias de desarrollo por su uso como aceite combustible para substituir productos a base de petróleo (diesel, kerosene), puesto a los daños al ambiente que causa este último y su inminente desaparición (Bartoli 2008). Sus propiedades fisiológicas la adaptan a condiciones áridas y semiáridas en las cuales no se puede sembrar palmas (*Elaeis guineensis*) para la producción de aceite (Gexsi 2008). La limitante de este cultivo es que las semillas y su macerado son tóxicas y por lo tanto sólo puede ser utilizado como abono ecológico (Heller 1996).

El piñón tiene vida útil de 40-50 años y necesita 5 años para estabilizarse por lo tanto no se pueden extrapolar los datos de fertilización en un sólo ciclo. Las aplicaciones son importantes durante los primeros cinco periodos de producción, esperando el quinto ciclo para hacer una evaluación económica y definir la cantidad optima de fertilizante que necesita cada ciclo en el cultivo de piñón (Coronado y Dávila 1995).

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y forma parte de todas las células vivientes. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila, por lo cual tiene un papel en el proceso de fotosíntesis, es un componente de las vitaminas y sistema de energía de las plantas. La mayoría de los cultivos agronómicos absorben gran parte del nitrógeno en la forma de nitrato (Raven *et al.*, 1992).

El fósforo estimula la pronta formación de sus raíces y su crecimiento, acelera la maduración, estimula la lozanía y ayuda a la formación de las semillas. El fosforo es absorbido en mayor proporción como ión orto fosfato primario. El potasio aumenta el tamaño de granos y semillas, es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceite (Molieri 1979).

El objetivo general de este estudio fue evaluar el efecto nutricional de N, P y K en parámetros agronómicos y productivos de *J. curcas* en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. Los objetivos específicos fueron la evaluación de parámetros productivos y agronómicos en ausencia de P y K; del efecto de diferentes cantidades de N, P y K para aproximar los requerimientos nutricionales del piñón, y evaluar el efecto de dosis diferentes de N, P y K en la producción de semillas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó entre el 7 de Enero y el 24 de Julio de 2009 en la finca Santa Lucía de la empresa Agroindustrias de Piñón S.A., situada a 12 km al oeste de la ciudad de Choluteca, Honduras. La finca se encuentra a 20-28 msnm, la precipitación promedio es de 2700 mm anuales, con seis meses de ausencia de lluvias, la temperatura promedio anual es de 29 °C. Durante la duración del experimento la precipitación sumó 1050 mm (Figura 1).

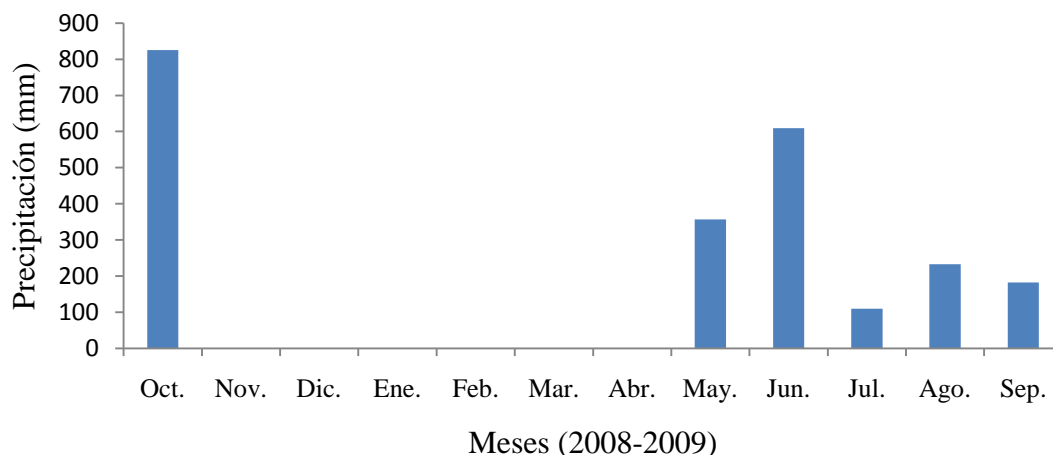


Figura 1. Precipitación mensual (mm) de Octubre 2008 a Septiembre 2009 en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Para el experimento se utilizaron 1786 plantas de *Jatropha curcas* variedad Cabo Verde con una edad de 85 días después de haber germinado, las cuales estuvieron 40 días en invernadero y 45 días en campo previo al ensayo sembradas en camas espaciadas a 3.5 metros y a 1.6 metros entre plantas.

2.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados fueron dosis en kg/ha/año de N: 80 y 160 kg, P: 40 y 80 kg, K: 20 y 40 kg y combinaciones (Cuadro 2). Como fuente de nutrientes se usó urea (46%N), MAP (12%N, 61%P) y Nitrato de Potasio (13%, 46%K).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento con *Jatropha curcas* L., Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Tratamientos	kg/ha		
	N	P	K
N160-P80-K40	160	80	40
N160-P80-K0	160	80	0
N160-P0-K40	160	0	40
N80-P40-K20	80	40	20
N80-P40-K0	80	40	0
N80-P0-K20	80	0	20
N0-P0-K0	0	0	0

2.3 APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE

La aplicación de los tratamientos se hizo a través de riego por goteo haciendo uso de un tanque con capacidad de 400 litros (Figura 2). Se aplicaron dos horas de riego en el área experimental previo a las aplicaciones de fertilizantes. Se hicieron tres aplicaciones de fertilizantes en las semanas 7, 15 y 22 después de trasplante con 1/3 de la dosis en cada una.



Figura 2. Tanque de almacenamiento y mezcla de fertilizantes.

2.4 RIEGO

El riego fue controlado por dos válvulas tipo mariposa, la primera estaba ubicada en la salida del pozo de alimentación de agua (San José II) y la segunda estaba ubicada en el área experimental, la cual controlaba el riego de las 21 camas. Al momento de la aplicación del fertilizante sólo se habilitó las tres camas correspondientes al tratamiento a aplicar. Con un manómetro de aceite se determinó la presión de entrada en las cintas de goteo por cama, la cual fue de 10 PSI generando un caudal promedio por gotero de 12 mL/min/gotero.

El área del experimento estuvo sujeta a las mismas condiciones de riego por goteo que tiene toda la finca, las cuales fueron: tiempo de riego 2.5 horas, 333 goteros por cama, frecuencia de riego de 7.2 días aplicando una lámina de agua de 2.3 mm.

2.5 VARIABLES DETERMINADAS

La altura fue medida desde el nivel del suelo hasta el punto de crecimiento del tallo principal. El diámetro del tallo fue medido con un pie de rey a 4 cm del suelo, ambos así como el número de ramas fueron evaluados cada 21 días entre la semana 18 y 30 después de trasplante. La cosecha se realizó cada 21 días.

En el análisis foliar se determinaron: fósforo y potasio extraídos por digestión húmeda y determinado fósforo por colorimetría y potasio por absorción atómica. El nitrógeno fue determinado por Kjeldahl (Arévalo y Gauggel 2008).

El primer análisis foliar se realizó en la semana siete después de trasplante en una muestra mixta general (aprox. diez hojas por cama) de las plantas correspondientes al ensayo. Para el segundo y tercer análisis foliar se recolectó una muestra mixta de hojas intermedias (aprox. dos por planta) en cinco plantas por cama en tres camas por tratamiento. Los muestreos se realizaron en las semanas 15 y 22 después de trasplante.

En el lote del ensayo y previo a su establecimiento, se realizó una calicata donde se tomaron muestras de suelo del primer y segundo horizonte que se mezclaron para determinar: pH, contenido de materia orgánica (Walkley & Black), nitrógeno (5% de la materia orgánica), fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio (Mehlich 3), determinado por colorimetría (P) y absorción atómica (K, Ca y Mg), capacidad de intercambio catiónico efectiva (por sumatoria de bases y acidez intercambiable), saturación de bases que consiste en sumatoria de bases dividido la capacidad de intercambio catiónico expresado en porcentaje (Arevalo y Gauggel 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades químicas de la mezcla del primer y segundo horizonte del suelo del lote San José II, finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras, 2009.

PH	%						mg/kg(extractable)					cmol/kg					%				
	MO	N	Ac	L	Ar	T	P	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	CICe	SB	SK	Sca	SMg	PSI
6.12	2.38	0.12	78	16	6	AF	26	76	500	50	137.5	0.19	2.5	0.42	0.6	4	100	5	67	11	16
	M	M					M											M	B	A	

Símbolos: CICe: Capacidad de intercambio catiónica efectiva, CICAr: Capacidad de intercambio catiónico de la arcilla, SB: Saturación de bases, SK:

Saturación de potasio, Sca: Saturación de calcio, SMg: Saturación de magnesio, PSI: Saturación de sodio, AF: Arenoso Franco, M: Medio.

B: Bajo, A: Alto, Ac: Arcilla, L: Limo, Ar: Arena.

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con siete tratamientos, tres repeticiones y 18 plantas por repetición como unidad experimental. El área experimental consistió en 21 camas de 100 metros de largo cada una, con tres camas por tratamiento, siendo cada cama una repetición.

2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANDEVA), con un nivel de significancia de $P < 0.05$ y comparación de medias Duncan, utilizando el Modelo Lineal General (GLM), se utilizó como herramienta el programa SAS (Statistical Analysis System, 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DESARROLLO VEGETATIVO

La altura y el diámetro fueron mayores ($P < 0.05$) los tratamientos con 160 kg de N (N160-P80-K40, N160-P0-K40 y N160-P80-K0) que el testigo. Los tratamientos con 80 kg de N (N80-P40-K20, N80-P0-K20 y N80-P40-K0) no se diferenciaron del testigo ($P > 0.05$). Con N160-P80-K40 se obtuvo resultados superiores ($P < 0.05$) a todos los tratamientos que contienen 80 Kg de nitrógeno y al testigo en altura, diámetro y número de ramas (Cuadro 3). No hubo una clara tendencia a lo largo del periodo de observación (30 semanas), pero en la semana 7, 16 y 22 hubo un incremento mayor en ganancia de altura (Cuadro 4), los cuales concuerdan con las fechas de aplicación del fertilizante, siendo en la semana 26 aun mayor el incremento en altura debido a las primeras lluvias en este periodo (Figura 3), estos factores se reconocen que favorecen el desarrollo del piñón (Openshaw 2000). Coronado y Dávila (1995) y Taiz y Zeiger (2004) encontraron igualmente que las mayores dosis de nitrógeno causan un mayor rendimiento en el cultivo de Piñón. Severino *et al.* (2004) afirman que el fósforo y potasio son los elementos determinantes en el desarrollo vegetativo de higuera (*Ricinus comunis* L.), otra Euphorbiacea usada para la producción de aceite. Los tratamientos de 80 kg de N no difieren ($P > 0.05$) del testigo, y no se diferenciaron de los tratamientos con 160 kg de N sin P o sin K tanto en ganancia de altura (Cuadro 4) como en diámetro (Cuadro 5). El número de ramas fue mayor con el tratamiento N160-P80-K40 ($P > 0.05$) al testigo; los demás tratamientos fueron similares ($P > 0.05$) a éste (Cuadro 6).

Cuadro 3. Aumento de altura y diámetro de tallo y número de ramas en un periodo de 23 semanas en plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.*

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	# de ramas
N160-P80-K40	97.4 ^a	3.8 ^a	27 ^a
N160-P80-K0	95.7 ^{ab}	3.6 ^{ab}	22 ^{ab}
N160-P0-K40	92.8 ^{ab}	3.3 ^{ab}	22 ^{ab}
N80-P40-K20	79.4 ^{bc}	3.2 ^{bc}	21 ^{ab}
N80-P40-K0	78.9 ^{bc}	3.2 ^{bc}	20 ^{ab}
N80-P0-K20	74.7 ^{bc}	3.0 ^{bc}	20 ^{ab}
N0-P0-K0	63.5 ^c	2.8 ^c	17 ^b

*Valores en la misma columna con distinta letra difieren estadísticamente entre sí ($P < 0.05$)

Cuadro 4. Aumento de altura (cm) de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras.*

Tratamiento	Semanas después de siembra								Total
	(7-9)	(10-12)	(13-15)	(16-18)	(19-21)	(22-24)	(25-27)	(28-30)	
N160-P80-K40	7.9 ^a	7.9 ^{ab}	12.0 ^a	13.1 ^{ab}	9.0 ^a	16.5 ^{ab}	21.4 ^a	9.6 ^{ab}	97.4 ^a
N160-P80-K0	7.6 ^{ab}	9.1 ^a	10.5 ^{ab}	14.3 ^a	9.3 ^a	15.3 ^{abc}	20.3 ^a	9.3 ^{ab}	95.7 ^{ab}
N160-P0-K40	6.3 ^{abc}	6.5 ^{ab}	9.4 ^{ab}	14.5 ^a	9.2 ^a	17.8 ^a	18.8 ^a	10.3 ^a	92.8 ^{ab}
N80-P40-K20	5.0 ^{bc}	5.4 ^b	9.7 ^{ab}	11.0 ^{ab}	7.8 ^{ab}	12.7 ^{bc}	19.4 ^a	8.4 ^{ab}	79.4 ^{bc}
N80-P40-K0	4.8 ^c	5.9 ^b	8.1 ^b	10.1 ^{bc}	7.1 ^{ab}	13.9 ^{abc}	18.1 ^a	10.8 ^a	78.9 ^{bc}
N80-P0-K20	6.8 ^{abc}	6.7 ^{ab}	9.1 ^{ab}	7.8 ^c	6.0 ^b	12.8 ^{bc}	17.3 ^a	8.3 ^{ab}	74.7 ^{bc}
N0-P0-K0	5.1 ^{bc}	6.3 ^{ab}	9.5 ^{ab}	10.4 ^{bc}	7.2 ^{ab}	12.4 ^c	6.2 ^b	6.3 ^c	63.5 ^c

*Valores en la misma columna con distinta letra difieren estadísticamente entre sí (P< 0.05)

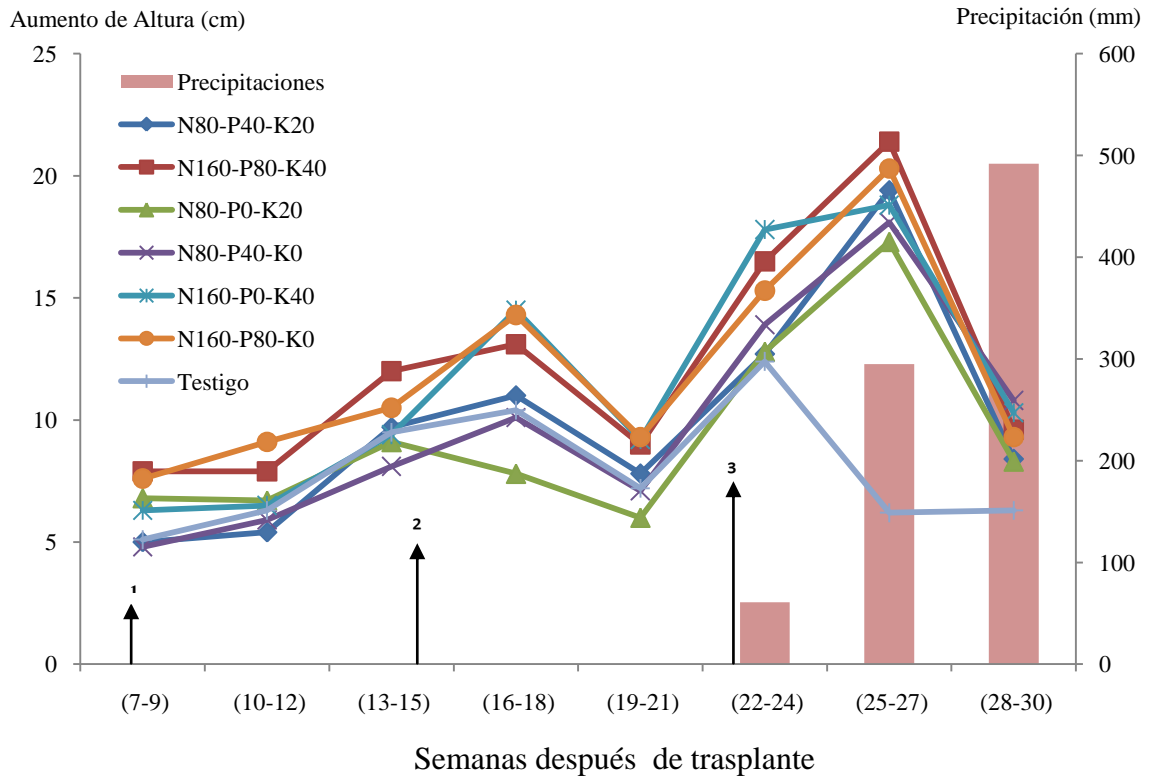


Figura 3. Aumento en altura de plantas de *Jatropha curcas* en relación a la precipitación en el periodo del experimento. Lote San José II, finca Santa Lucia, Choluteca, Honduras.

¹= Primera aplicación de fertilizante, ²= Segunda aplicación de fertilizante, ³= Tercera aplicación de fertilizante.

Cuadro 5. Aumento de diámetro (cm) de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.*

Tratamiento	Semanas después de trasplante								Total
	(7-9)	(10-12)	(13-15)	(16-18)	(19-21)	(22-24)	(25-27)	(28-30)	
N160-P80-K40	0.5 ^a	0.3 ^{ab}	0.5 ^a	0.5 ^{bc}	0.1 ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.7 ^a	3.8 ^a
N160-P80-K0	0.4 ^b	0.4 ^a	0.4 ^{ab}	0.6 ^{ab}	0.1 ^a	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	0.6 ^{abc}	3.6 ^{ab}
N160-P0-K40	0.3 ^b	0.2 ^b	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	0.1 ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.5 ^c	3.3 ^{ab}
N80-P40-K20	0.2 ^b	0.3 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{bc}	0.1 ^a	0.5 ^{ab}	0.6 ^a	0.6 ^{abc}	3.2 ^{bc}
N80-P40-K0	0.2 ^b	0.3 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{bc}	0.1 ^a	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	0.7 ^{ab}	3.2 ^{bc}
N80-P0-K20	0.2 ^b	0.3 ^b	0.4 ^{ab}	0.4 ^c	0.1 ^a	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	0.5 ^{bc}	3.0 ^{bc}
N0-P0-K0	0.3 ^b	0.3 ^{ab}	0.3 ^b	0.4 ^c	0.1 ^a	0.3 ^b	0.5 ^a	0.5 ^{abc}	2.8 ^c

*Valores en la misma columna con distinta letra difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Cuadro 6. Número de ramas entre mediciones consecutivas de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.*

Tratamiento	Semanas después de trasplante					Total
	18	21	24	27	30	
N160-P80-K40	5 ^a	5 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	27 ^a
N160-P80-K0	4 ^a	4 ^a	4 ^{ab}	5 ^{ab}	5 ^a	22 ^{ab}
N160-P0-K40	4 ^a	4 ^a	5 ^{ab}	5 ^{ab}	5 ^a	22 ^{ab}
N80-P40-K20	3 ^a	4 ^a	5 ^{ab}	5 ^{ab}	5 ^a	21 ^{ab}
N80-P40-K0	4 ^a	4 ^a	4 ^{ab}	4 ^{ab}	4 ^a	20 ^{ab}
N80-P0-K20	3 ^a	3 ^a	4 ^{ab}	4 ^{ab}	5 ^a	20 ^{ab}
N0-P0-K0	3 ^a	3 ^a	4 ^b	4 ^b	4 ^a	17 ^b

*Valores en la misma columna con distinta letra difieren estadísticamente entre sí (P< 0.05).

3.2 CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES

El análisis de nutrientes en las hojas mostró cambios principalmente en la concentración de nitrógeno. Se observa un aumento de la concentración foliar entre las semanas 7 y 20 y luego una reducción entre la semana 20 y 30. El tratamiento N160-P80-K40 presenta la concentración más baja con respecto a los demás tratamientos, y fue con el tratamiento que más biomasa generó entre la semana 22 y 27 (Cuadro 4); lo que sugiere un mayor uso de nitrógeno y por lo tanto un agotamiento de este nutriente. Como el nitrógeno es importante para estimular el crecimiento vegetativo (Pantoja 2008), los resultados sugieren que la forma de aplicación de fertilizante en este experimento fue inadecuada y debería haber sido incrementada sucesivamente y no dividida en tres proporciones iguales.

Cuadro 7. Concentración foliar de nitrógeno (%) en plantas de *Jatropha curcas* L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Semanas después de trasplante		
	7	20	30
N160-P80-K40	1.98	4.63	2.17
N160-P80-K0	1.98	4.60	2.71
N160-P0-K40	1.98	4.38	3.09
N80-P40-K20	1.98	4.20	2.56
N80-P40-K0	1.98	4.42	2.76
N80-P0-K20	1.98	3.80	2.46
N0-P0-K0	1.98	3.87	2.52

La concentración de fósforo fue relativamente constante durante el periodo de observación (cuadro 8). Cabe resaltar que el fósforo es esencial en el crecimiento radicular (Pantoja 2008), aspecto que no fue evaluado en este trabajo, y es vital en las primeras etapas de desarrollo de las plantas (CEA 1992). A altas concentraciones de fosforo tienen importancia en la absorción de otros nutrientes y a su vez mayores concentraciones de nitrógeno hace que se absorba mejor el fosforo (Maschner 1995), lo que explica que la interacción de nutrientes es mejor que uno solo, y porqué el tratamiento N160-P80-K40 presentó los mejores resultados. Se observó una concentración de 26 mg de P /kg en el suelo (cuadro 1), valor que está dentro del rango 13-30 mg/kg (Landon 1991). En los tratamientos que no aplicaron fósforo, en el análisis foliar presentó concentraciones similares o más bajas que el testigo. Se sugiere que 0.23-0.28% es el límite de concentración de fósforo en las hojas en la semana 20 después de trasplante.

Cuadro 8. Concentración foliar de fosforo (%) en plantas de *Jatropha curcas* L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Semanas después de trasplante		
	7	20	30
N160-P80-K40	0.16	0.26	0.24
N160-P80-K0	0.16	0.27	0.23
N160-P0-K40	0.16	0.22	0.23
N80-P40-K20	0.16	0.23	0.21
N80-P40-K0	0.16	0.28	0.26
N80-P0-K20	0.16	0.20	0.20
N0-P0-K0	0.16	0.22	0.24

La concentración foliar de potasio tuvo un efecto similar al del fósforo. Hubo un incremento en la concentración de K (%) en las hojas entre el primer análisis foliar (semana 7) y el segundo (semana 20), y se mantuvo relativamente constante hasta finalizar la toma de datos en la semana 30 (cuadro 9), aunque el tratamiento N160-P80-K40 muestra concentraciones bajas, que sugiere que mayor uso de potasio.

Cuadro 9. Concentración de potasio (%) en plantas de *Jatropha curcas* L. Lote San José II, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Semanas después de trasplante		
	7	20	30
N160-P80-K40	0.33	1.13	0.85
N160-P80-K0	0.33	1.12	1.03
N160-P0-K40	0.33	0.85	1.25
N80-P40-K20	0.33	1.03	1.12
N80-P40-K0	0.33	1.25	1.25
N80-P0-K20	0.33	1.25	1.19
N0-P0-K0	0.33	1.19	1.13

3.3 PRODUCCIÓN

La producción en este ensayo comenzó en la semana 25, aproximadamente 4 semanas después de las primeras lluvias (Figura 3), que según Openshaw (2000), concuerda con el tiempo de maduración de los frutos de piñón, después de la floración inducida por la lluvia. Benavides y Garcia (1998) indican que la floración y fructificación es influenciada por una condición de fertilidad del suelo y precipitaciones, explicando los mejores resultados productivos en el tratamiento N160-P80-K40. Los tratamientos con 160 Kg de N obtuvieron las mayores producciones de semillas de piñón/ha (Cuadro 10). Openshaw (2000) demuestra que las semillas son relativamente ricas en nitrógeno, lo cual implica que el piñón requiere del suministro de este elemento sea del suelo o de fertilizantes para obtener una producción de semilla adecuada. Las mayores dosis de nitrógeno aplicadas en higuera, desarrollan considerablemente mejor las partes femeninas y masculinas de la planta (Severino *et al.* 2004), y al igual que en piñón, si no se aplica nitrógeno las flores podrían abortar, lo cual disminuiría la producción de semillas (Heller 1996). Adicionalmente se observó que el tratamiento N80-P40-K20 obtuvo producciones similares a los tratamientos que contienen 160 kg de nitrógeno. El testigo y los tratamientos N80-P40-K0 y N80-P0-K20 mostraron las menores producciones hasta terminar el experimento, lo que se puede explicar con el menor desarrollo vegetativo que estos tuvieron.

Cuadro 10. Producción de semillas por tratamiento de plantas de piñón variedad Cabo Verde. Lote San José II, Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Semanas después de trasplante		Total
	(25-27)	(28-30)	
	kg/ha	kg/ha	
N160-P80-K40	3.16	12.12	15.28
N160-P80-K0	0.43	9.8	10.23
N160-P0-K40	4.34	9.43	13.77
N80-P40-K20	0.7	9.11	9.81
N80-P40-K0	1.35	2.76	4.11
N80-P0-K20	0.36	2.11	2.47
N0-P0-K0	1.13	5.53	6.66

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento N160-P80-K40 dio mejor resultado en altura de la planta, diámetro, número de ramas y producción.
- El nitrógeno es determinante para altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas.
- No se pudo determinar el efecto de fósforo y potasio separadamente por el buen nivel en el suelo, pero se determinó que las dosis más altas en conjunto con el nitrógeno dieron los mejores resultados en todas las variables.
- La dosis de fertilizante debe incrementarse gradualmente a medida que incrementa la biomasa.
- La concentración foliar de N y K más baja coincide con la mayor actividad de la planta, lo que indica que la planta de piñón los está usando con mayor intensidad.
- Concentraciones foliares altas de nitrógeno en la semana 20 y concentraciones bajas en la semana 30 muestran alta absorción de nitrógeno e indican alto uso entre estas dos épocas.

5. RECOMENDACIONES

- Aplicar dosis de 160-80-40 NPK kg/ha en la primeras 23 semanas de cultivo.
- Probar dosis más altas.
- Estudiar la relación entre elementos.
- Darle continuidad al ensayo para respaldar la información obtenida en el presente estudio, ya que el cultivo sólo fue sujeto a monitoreo los ocho meses iniciales de su ciclo.
- Utilizar otras fuentes de fertilizantes y determinar el grado de absorción que el cultivo logra.
- Las aplicaciones de fertilizante deben aumentar gradualmente según el aumento en biomasa.
- Incrementar las dosis de fertilizantes en el periodo de lluvias.
- La frecuencia de riego debe ser diaria en la época seca y en mayor cantidad a la aplicada en este estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, G.; Gauggel, C. 2008. Manual de laboratorio de la clase de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. 71 p.
- Bartoli, J. 2008. Manual para el cultivo de piñón en Honduras. La Lima, Cortés, Honduras. Folleto 34 p.
- Benavides, M.; Garcia, M. 1998. Fenología de floración de *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). Trabajo de diploma para optar al título de licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de León, Nicaragua. 57 p.
- CATIE. 2007. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Árboles de Centroamérica, (*Jatropha curcas*), (En línea). San José, CR. Consultado 20 Nov. 2008. Disponible en http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_Anexos/jatropha_curcas.pdf_de_piñón.
- CEA. 1992. Manual de fertilidad de los suelos. Centro Experimental de Algodón (CEA). Comisión Nacional del Algodón, reporte técnico. 64 p.
- Chapman, H.; Pratt, P. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas, S. A. 45-55 p.
- Cooke, G. 1982. Fertilizing for maximum yield. Mac millan Publishing Co., Inc. New York. 111-161 p.
- Coronado, I.; Dávila, M. 1995. Influencia del nitrógeno, fósforo y potasio sobre los rendimientos del cultivo de tempate. León, Nicaragua. 57p.
- Davis, J.; Kay, D.; Clark, V. 1983. Plants tolerant of arid, or semi-arid, conditions with non-food constituents of potential use. Report of the Tropical Products Institute. 64 p.
- De la Vega, J. 2007. Agro-Proyectos y Agro-Energía, *Jatropha Curcas* L. (En línea). MX D.F. Consultado 15 de Nov. 2008. Disponible en <http://www.gestiopolis.com/otro/biocombustibles-en-america-latina-como-fuente-de-desarrollo.htm>
- Dehgan, B.; Webster G. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). University of California Publications in Botany, Vol. 74. 55 p.

Gexsi. 2008. Global market study on *Jatropha*. Final report. Prepared for the World Wide Fund for Nature (WWF). London/Berlin, 8 de mayo 2008. 187 p.

Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 121 p.

Jongschaap, R.; Corre W; Bindraban P; Brandenburg, W. 2007. Plant Research International. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. London, G 150. 66 p.

Kobilke, H. 1989. Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.). Diploma thesis. University Hohenheim, Stuttgart. Germany. 45 p.

Landon, J. 1991. Booker tropical soil manual: A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Longman Sci. and Tech. Publ., Harlow, UK. 287 p.

Marshner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. London. 889 p.

Molieri, E. 1979. Importancia de la evaluación de fertilidad de los suelos en sistemas de cultivos, Nicaragua (inédito).

Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and energy. Alternative Energy Development Inc., Silver Spring, MD, USA. 42 p.

Pantoja, J. 2007. N, P y K aplicaciones agrícolas. Documento en power point. University of Arkansas.

Raven P. Evert R. Eichhorn. 1992. Biología de las plantas, 2da. Ed. Editorial Reverte, S.A., España. 85 p.

S.A.S. 2007. S.A.S. User`s guide: Statistics. S.A.S. Inst. Inc. Cary, NC. USA.

Sancho, H. 1995. Curvas de extracción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización (en línea). Consultado el 21 de enero de 2009. Disponible en: <http://www.ipni.net/curvasdeabsorciondenutrientes/.pdf>

Severino, L.; Almeida, C.; Barbosa, G.; Tarcísio, M.; de Almeida, W.; de Castro, D.; Cardoso, D.; de Macedo, E. 2004. Adubação química da mamoneira com NPK, cálcio, magnésio e micronutrientes em Quixeramobim, CE. I Congresso Brasileiro de Mamona. Energia e Sustentabilidade. 23 a 26 de novembro de 2004 – Campina Grande – PB. 9 p.

Stretz, H. 2008. Fertirrigación Arequipa, Marzo 2008 concepto de fertirrigación (en línea) consultado el 20 de Julio de 2009. Disponible en:
<http://www.scribd.com/doc/7272792/Fertirriego-Ing>.

Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. Fisiología vegetal. 3. ed. Porto Alegre, Artmed. 719 p.