

**Comparación de sustratos para la siembra de  
piñón (*Jatropha curcas*) en etapa de vivero,  
finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras**

**Erson Noel Funez Oseguera**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre; 2009

ZAMORANO CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Comparación de sustratos para la siembra de  
piñón (*Jatropha curcas*) en etapa de vivero,  
finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras**

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

Presentado por

**Erson Noel Funez Oseguera**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre; 2009

# **Comparación de sustratos para la siembra de piñón (*Jatropha curcas*) en etapa de vivero, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras**

Presentado por:

Erson Noel Funez Oseguera

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.  
Asesora principal

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Director de Carrera  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Jeffery Pack, D.P.M.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Juan Carlos Quezada, Ing.  
Asesor

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador Área de  
Fitotecnia

---

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

## RESUMEN

Funez, Erson. 2009. Comparación de sustratos para la siembra de piñón (*Jatropha curca*) en etapa de vivero, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Se evaluaron varios sustratos preparados con mezclas de los subproductos de una plantación de piñón para el desarrollo de las plantas de piñón en vivero. El estudio se realizó en dos etapas: compostaje de los materiales e implementación como sustrato. Se probaron mezclas de: pulpa o mesocarpio del fruto de piñón (P), ramas de plantas de Piñón (R), cascarilla o testa de la semilla de piñón (C) y pedazos de madera (M) de árboles nativos de la zona. Se compararon nueve tratamientos: mezclas de PRCM, RCM, PRM, PRC, PCM, PM, R, todos con relación C/N=30, suelo y turba acondicionada. Se evaluaron sembrando plantas en las que se midió el porcentaje de germinación y mortalidad, altura, diámetro del tallo, número de hojas, peso fresco y seco de la planta; área, volumen, largo, peso fresco y seco de la raíz. La germinación se evaluó a los 7, 9, 11 y 14 días después de la siembra y la mortalidad a los 15 días. El desarrollo de la planta se determinó a los 14, 21 y 28 días después de siembra. El desarrollo radicular, peso fresco y seco se midió en el laboratorio a 30 días. El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA). La mezcla que brindó las mejores condiciones como sustrato para todas las variables, excepto el desarrollo de la raíz, fue el formado por ramas-cascarilla-madera (RCM), cuyas proporciones fueron 71.52, 19.8 y 8.68%, respectivamente basado en el peso seco de los materiales. La alta salinidad en el resto de las mezclas que estaba por encima de 1500 mg/L y que no fueron lavadas, presentaron mayor mortalidad y menor desarrollo de las plantas.

**Palabras clave:** biodiesel, compost, salinidad, turba.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES .....	15
6. LITERATURA CITADA .....	16
7. ANEXOS.....	17

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1. Características de los materiales para elaboración sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. ....	4
2. Cantidad de materiales (kilogramo de peso fresco por pila) usados para formar cada sustrato .....	7
3. Características químicas de los materiales para elaboración sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. ....	8
4. Contenido de sales solubles de los materiales para elaboración de sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. ....	9
5. Capacidad de saturación de los sustratos evaluados en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. ....	10
6. Porcentaje de germinación de plantas de <i>Jatropha</i> en diferentes sustratos en vivero de la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	10
7. Porcentaje de mortalidad de plantas de <i>Jatropha</i> en vivero y C.E. del sustrato a la siembra en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. ....	11
8. Altura, diámetro del tallo y número de hojas de las plantas de <i>Jatropha</i> en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	12
9. Peso fresco (g/planta) de las plantas de <i>Jatropha</i> 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	12
10. Peso seco (g/planta) de las plantas de <i>Jatropha</i> 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	13
11. Desarrollo radicular de las plantas de <i>Jatropha</i> 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.....	13

### Anexo

1. Diseño de las pilas de 1 m <sup>3</sup> .....	4
2. Picado de las ramas .....	4

## 1. INTRODUCCIÓN

El piñón es una planta oleaginosa de porte arbustivo originaria de México y Centroamérica, que se desarrolla bien en la mayoría de países tropicales. Pertenece a la familia Euphorbiaceae, género *Jatropha* y especie *curcas*. Los parientes más cercanos al piñón son la higuera (*Ricinus communis*), la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el árbol de hule (*Hevea brasiliensis*) (Bártoli 2008).

Es un arbusto grande que alcanza de 2 a 3 m de altura y en condiciones especiales puede llegar hasta los 8 m. Su tallo no es de crecimiento uniforme, puede llegar a tener un diámetro de aproximadamente 20 cm, se divide desde la base en ramas largas y presenta cicatrices por la caída de las hojas durante la época seca (Bártoli 2008).

La semilla, cuando está seca, mide aproximadamente 1.5 a 2.0 cm de largo, de 1.0 a 1.3 cm de diámetro y pesa de 0.551 a 0.797 g. La cáscara puede representar entre 34 y 45% del fruto, la almendra entre 55 y 66% y en ésta hay 6% de agua, 37.5% de aceite, 50% de azúcar, almidón, albuminoides y minerales, 3% de cenizas y 3.5% de nitrógeno (Bártoli 2008). Bajo condiciones ideales, la semilla de *Jatropha curcas* germina entre 4 y 10 días. La tasa de germinación de una semilla sana se espera que sea de un 95% (Green Africa Foundation s.f.).

El piñón responde bien a suelos profundos, bien estructurados (Franco Arenoso a Franco Arcilloso) para que el sistema radicular se desarrolle de la mejor manera. El pH recomendado es entre 6 y 8. Se recomienda evitar suelos muy arcillosos (más del 40%), superficiales (menos de 20 cm), poco aireados y con mal drenaje. El cultivo puede desarrollarse normalmente en suelos áridos semiáridos, es susceptible a inundaciones y resistente a sequía (Bártoli 2008).

Utilizar sustrato para la germinación en condiciones de invernadero es lo más común en la actualidad, pero a la vez aumenta los costos. Sin embargo, el uso de sustrato asegura la calidad de las plántulas y minimiza las pérdidas. Los medios más usados para la propagación son: suelo, vermiculita, turba, musgo esfagnífero, piedra pómez, compost, perlita, colcho de pino, carbón de casulla de arroz, estiércol de ganado y la mezcla de los anteriores (Palacios 2008).

La utilización de compost como medio de crecimiento de las plantas es una alternativa factible ya que resulta de la descomposición de materiales que aportan gran cantidad de nutrientes, aireación que permite un adecuado desarrollo radicular (Reinoso y Ruiz 2008).

Además, producir compost disminuye los costos por compra, de otros materiales para la siembra.

La empresa AGROIPSA (Agroindustria de Piñón S.A.) ubicada en Choluteca, Honduras, se dedica a la producción de aceite de piñón y al mismo tiempo realiza investigaciones en este rubro. Para la siembra de las plantas en vivero utiliza turba rubia marca Stender (15-22 kg) mezclada con 125 mL de lombrico N (fertilizante líquido de N), 125 mL de lombrico P, 125 mL de lombrico K y cal en las bolsas que tienen una dimensión de 15 × 10 cm.

Esto representa el 75% del total de los costos de producción de cada bolsa preparada para la siembra, por lo que se busca desarrollar un sustrato sustituto de la turba con los subproductos de la cosecha de piñón y residuos (ramas) de las plantas. Estos materiales fueron probados como sustrato sin resultados positivos, por lo que se procedió a transformarlos por compostaje para obtener una mezcla adecuada para el desarrollo de la planta

El objetivo general de la investigación fue determinar el sustrato ideal para el desarrollo de plantas de piñón en etapa de vivero, a partir de materiales disponibles en la zona (madera, pulpa, cascarilla y residuos de piñón).

Como objetivos específicos se tuvieron: determinar las proporciones adecuadas de las materias primas para elaboración del sustrato; determinar las condiciones que se deben controlar durante el proceso de compostaje (humedad, temperatura).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 UBICACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en la Finca Santa Lucía, ubicada 12 km al oeste de Choluteca, Honduras, a una altura promedio de 21 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 1700 mm y 29 °C, respectivamente. La producción de sustratos se realizó en una galera de la finca y la prueba de germinación y crecimiento se realizó en el área de vivero.

### **2.2 MATERIALES**

Los materiales que se utilizaron en el estudio fueron sub-productos de la cosecha de piñón (cascarilla, pulpa, ramas) y pequeños pedazos de madera de arbustos [(júcaro (*Crescentia alata*), tigüilote (*Cordia dentata*), nacascolo (*Caesalpinia coriaria*) y guácimo (*Guazuma ulmifolia*)] obtenidos al realizar la limpieza de las áreas de siembra en las fincas de Agroipsa. Las ramas y la madera fueron procesadas con una picadora, dejando como producto pedazos de aproximadamente 4 cm de largo por 2 cm de ancho (Anexo 1). Las semillas de piñón y vivero con el sistema de producción de plantas fueron proporcionadas por Agroipsa.

### **2.3 METODOLOGÍA**

#### **2.3.1 Proceso de compostaje**

Para la preparación de los sustratos se utilizó como materia prima pulpa de piñón, cascarilla de piñón y madera (júcaro (*C. alata*), tigüilote (*C. dentata*), nacascolo (*C. coriaria*) y guácimo (*G. ulmifolia*). Se realizaron mezclas con los materiales los cuales fueron sometidos a un proceso de compostaje antes de ser probados como sustrato. El material fue secado naturalmente antes de compostarlo, dejándolo por algunos días bajo sombra.

Se utilizaron los datos de la finca para conocer la disponibilidad de los materiales a compostar. Estos materiales se analizaron en el laboratorio de suelos de la EAP (Escuela Agrícola Panamericana), se determinó la relación C/N, el contenido de humedad y la densidad aparente, que se utilizó luego para calcular el volumen de la pila (Cuadro 1).

Con esta información se hizo una mezcla de materiales que permitió obtener una relación C/N de 30:1, determinada como la mejor para el proceso de compostaje (Reinoso y Ruiz 2008).

Cuadro 1. Características de los materiales para elaboración sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Materiales	Humedad %	C/N	Densidad aparente (g/L)
Pulpa de piñón	7.55	41.3	87
Cascarilla de piñón	5.54	24.5	257
Ramas de piñón	75.32	36.1	234
Madera <sup>∞</sup>	7.39	93.7	128

∞= jícaro, tigüilote, nacascolo y guácimo

Para determinar las proporciones adecuadas y obtener una relación C/N = 30 se hicieron mezclas en diferentes proporciones. Con base en la densidad aparente y el porcentaje de humedad se calculó el peso seco y multiplicado por la concentración de C y N de cada material se obtuvo el C y N total de cada uno.

$$C_{\text{total}}/\text{material} = \text{Peso seco del material} \times \% \text{ de C del material} \quad [ 1 ]$$

El Carbono total de la mezcla se obtuvo por sumatoria de Carbono aportado por cada material.

$$C_{\text{total}} = \sum C_{\text{total}} \text{ mat1} + C_{\text{total}} \text{ mat2} \dots C_{\text{total}} \text{ mat4}. \quad [ 2 ]$$

El mismo cálculo se usó para el nitrógeno.

La relación C/N se calculó como  $C_{\text{total}}/N_{\text{total}}$  aportado por la mezcla de materiales. A las mezclas cuyas relaciones C/N resultaron mayores de 30, se les agregó urea (Cuadro 2).

### Formación de las pilas

Las pilas midieron 1 m<sup>3</sup> (1 × 1 × 1) y estaban formadas por la mezcla de materiales que se iba a compostar. Estaban hechas con cuatro esquinas de tablas de madera y rodeadas por sarán de 1.27 cm para evitar que el material se regara (Anexo 2).

### **Medición de temperatura**

La temperatura se tomó diariamente (entre las 8 y 9 am) con un termómetro de suelos en el centro de la cama ya que fue ahí donde se alcanzó la mayor temperatura.

### **Volteo de las pilas**

El volteo del compost se realizó en función de la temperatura que alcanzaba la pila, procurando que no sobrepasara los 60 °C o un máximo de dos semanas, con el objetivo de airear, acelerar la transformación y uniformizar las materias primas. El volteo se hizo con palas tirando la pila hacia un lado a modo de mezclarlo por completo. Los volteos se realizaron hasta los 60 días cuando la mayoría de los materiales se observaban degradados y la temperatura no pasó de 48 °C.

### **Control de humedad**

Para controlar la humedad durante el compostaje se utilizó una prueba aproximada de campo para determinar la humedad. Para esto, se tomó un puñado de material y se apretó entre las manos. Si escurría agua, tenía demasiada agua; si no salía agua, pero al soltar el material la mano quedaba húmeda y sucia, la cantidad de agua era ideal; si la mano no quedaba ni húmeda ni sucia, la mezcla se consideraba seca y se regó con una manguera.

### **Colado del compost**

Luego del proceso de compostaje de 60 días, se seleccionaron partículas finas, ideales para un sustrato, los cuales se obtuvieron colando cada pila en un sarán de 0.64 cm.

#### **2.3.2 Prueba de los compost como sustrato**

##### **Desinfección del sustrato**

La desinfección de cada sustrato se realizó mediante solarización. Los materiales se esparcieron en el interior del invernadero y se dejaron una semana a temperatura ambiente de 38 a 40 °C. Posteriormente, se aplicaron: Busan<sup>®</sup> (fungicida, nematicida y bactericida; Benzotiazol) y Bravo<sup>®</sup> (fungicida; clorotalonil). La aplicación del Busan<sup>®</sup> se hizo dos días antes de la siembra con regadera de 10 L y 10 ml/L de Busan<sup>®</sup>. Bravo<sup>®</sup> se aplicó un día antes de la siembra con regadera de 10 L y 60 g/L de Bravo<sup>®</sup>.

## **Análisis químico de sustrato y suelo**

En cada sustrato se hizo el análisis químico posterior al compostaje determinando: N, P, K, Ca, Mg, Na solubles en el extracto de saturación por el método Pasta Saturada y expresado en miligramo por litro de solución, para determinar su disponibilidad para la planta; El pH se midió con un potenciómetro y la C.E. con un conductímetro. El Na soluble se expresó como RAS (Relación de Absorción de Sodio) =  $[Na^+] / \{([Ca^{+2}] + [Mg^{+2}])/2\}^{1/2}$ . En el suelo se extrajeron los nutrientes por el método Mehlich 3 y se determinaron por absorción atómica K, Ca, Mg y por colorimetría P. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley & Black (Arévalo y Gauggel 2008).

## **Lavado de sustrato**

Los sustratos mostraron alta C.E. y contenido de minerales. Se lavaron cuatro tratamientos al azar con diferente C.E. antes de la siembra, los tratamientos restantes no se lavaron. Los tratamientos lavados fueron el compost resultante de las mezclas rama-cascarilla-madera (RCM), pulpa-rama-madera (PRM), pulpa-madera (PM) y ramas (R). Se lavaron colocando las bolsas llenas con estos sustratos abajo del aguilón de riego del vivero por 10 minutos, luego se dejaron escurrir 5 minutos y se repitió el procedimiento cuatro veces.

## **Siembra**

Se sembró una semilla por bolsa (15 × 10 cm) y se colocaron en mesas dentro del vivero donde estuvieron 30 días. Durante este tiempo se regaron las plantas una vez por día (entre 9-11 am) y se verificó, mediante observación, que no hubiera plagas ni enfermedades.

## **2.4 VARIABLES MEDIDAS**

### **2.4.1 En Vivero**

En esta etapa se determinó el porcentaje de germinación (plantas germinadas/ plantas sembradas), a los 7, 9, 11 y 14 DDS (Días Después de Siembra). El porcentaje de mortalidad que se determinó como (plantas muertas/ plantas germinadas), se tomó semanalmente y acumulado durante dos semanas. Además, se midió la altura, el diámetro del tallo en la base y el número de hojas de las plantas a los 14, 21, y 28 DDS.

A los 30 días se seleccionaron ocho plantas de cada tratamiento para medir el peso fresco de las hojas, peciolos, tallos, y raíces así como también el peso seco de las mismas después de secarlas 24 horas en un horno a una temperatura de 80 °C.

Las raíces de las plantas fueron analizadas en un scanner WilRhizo especial para determinar su longitud (cm), diámetro promedio (mm), área superficial (cm<sup>2</sup>) y volumen (cm<sup>3</sup>).

## 2.5 TRATAMIENTOS

Los tratamientos se realizaron con materiales mezclados en una proporción adecuada para obtener una relación C: N de 30:1. Se hicieron nueve tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, y por cada repetición se sembraron 25 plantas que formaban la unidad experimental, lo que hizo un total de 900 plantas. Siete de los tratamientos fueron mezclas de materiales (Cuadro 2), los otros dos fueron suelo y turba.

Cuadro 2. Cantidad de materiales (kilogramo de peso fresco por pila) usados para formar cada sustrato.

Tratamiento	Pulpa	Cascarilla	Madera	Ramas	Suelo	Turba	Urea
PRCM	35	26	12	94	0	0	0.7
RCM	0	64	28	117	0	0	0.2
PRM	44	0	28	59	0	0	1.1
PRC	44	64	0	59	0	0	0.0
PCM	31	129	17	0	0	0	0.0
PM	44	0	0	117	0	0	0.7
R	0	0	0	248	0	0	0.6

P= pulpa de piñón, R= rama de piñón, C= cascarilla de piñón, M= madera de árboles de la zona

## 2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental fue bloques completos al azar (BCA). Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con el programa Statistic-Analysis-System, (SAS<sup>®</sup>). El nivel de significancia fue  $P < 0.05$  y se hizo una separación de medias usando la prueba Duncan.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 DESCRIPCIÓN QUÍMICA DE SUSTRATOS Y SUELO

Todos los tratamientos presentaron pH alcalinos, el más alto fue el tratamiento pulpa-madera con un pH de 9.14 y el más bajo pulpa-cascarilla-madera con 8.26 (Cuadro 3). La turba es una excepción en este caso ya que se prepara con soluciones de N, P, K y Ca hasta alcanzar un pH neutro, mientras que el suelo presentó pH de 6.06; en este caso la turba fue analizada antes de prepararla. La salinidad de los sustratos supera los rangos establecidos ya que las concentraciones altas de elementos eleva los valores de la C.E. (Conductividad Eléctrica) los cuales deberían estar entre 1.56 - 2.3 dS/m (Rhue y Kidder s.f.).

Después del lavado de los tratamientos rama-cascarilla-madera, pulpa-rama-madera, pulpa-madera y ramas hubo una reducción en la C.E., aunque permaneció sobre el rango óptimo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características químicas de los materiales para elaboración sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Sustrato	pH	C.E. (dS/m)	
		Antes de lavado	Después de lavado
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	8.74	17.3	nl
Rama-Cascarilla-Madera	8.59	10.6	5.94
Pulpa-Rama-Madera	8.81	16.4	10.53
Pulpa-Rama-Cascarilla	8.69	19.3	nl
Pulpa-Cascarilla-Madera	8.26	11.6	nl
Pulpa-Madera	9.14	27.0	13.41
Rama	8.7	19.3	5.75
Suelo	6.06	na	na
Turba	3.95	0.3	nl

nl = no se hizo lavado, na = no analizado

La concentración de sales solubles de los sustratos está por encima del rango óptimo de 1000-1500 mg/L (Rhue y Kidder s.f.), con excepción de la turba cuyo valor es 222 ppm (Cuadro 4). El sodio evaluado como RAS (relación de absorción de Sodio) en la solución es muy alto, con valores entre 27 y 98, excepto en la turba que fue de 2.2 siendo el valor óptimo <13. La alta concentración de sodio se encontró también en el suelo, es por eso que los materiales provenientes de las plantas tenían concentraciones de sodio por encima del rango ideal.

Cuadro 4. Contenido de sales solubles de los materiales para elaboración de sustratos en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Sustrato	Sales							
	solubles	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	K	Ca	Mg	Na	RAS*
(mg/L) soluble en agua								
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	11101	139	64	5125	303	270	713	42
Rama-Cascarilla-Madera	6784	30	21	2225	120	135	600	53
Pulpa-Rama-Madera	10484	327	56	4775	320	218	538	32
Pulpa-Rama-Cascarilla	12334	141	59	6200	245	283	550	34
Pulpa-Cascarilla-Madera	7400	74	68	3400	168	173	350	27
Pulpa-Madera	17268	603	56	8500	358	443	988	49
Rama	12334	339	33	3825	225	288	1575	98
Turba	222	14	2	4	4.4	0.9	7	2.2

\*RAS= relación de absorción de Sodio

El pH del suelo es de 6.06 y está dentro del rango óptimo. El contenido de la materia orgánica es alto (4.08%), el de P y Mg bajo (8 y 40 mg/kg respectivamente), el de Ca medio (450 mg/kg), K y Na alto (80 y 153 mg/kg respectivamente), siendo un suelo sódico de textura arenosa franca. Los porcentajes de saturación de base para K, Ca y Mg son de 5.8, 6.5 y 9% respectivamente. El PSI (porcentaje de sodio intercambiable) es de 18 y la CIC (capacidad de intercambio catiónico) de 3.45 cmol/kg.

### 3.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE SUSTRATOS

El porcentaje de humedad a saturación de los diferentes sustratos varió entre 140% para pulpa-cascarilla-madera y 360% para turba (Cuadro 5). Estos valores fueron considerados al momento de realizar el riego en el vivero. La turba rubia por tener alto contenido de M.O. tiene alta retención de agua, porosidad y mejor drenaje. Los medios de cultivos que provienen de materiales orgánicos poseen alta cantidad de M.O. por lo que brindan condiciones similares a la turba. Sin embargo hay que considerar parámetros como tamaño y proporción de partículas, densidad aparente, porosidad, agua disponible, agua de reserva y contenido de aire (FAO 2002).

Cuadro 5. Capacidad de saturación de los sustratos evaluados en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.

Sustrato	Peso (g)	Agua (ml)	% saturación
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	25	45	180
Rama-Cascarilla-Madera	25	42	168
Pulpa-Rama-Madera	20	38	190
Pulpa-Rama-Cascarilla	25	36	144
Pulpa-Cascarilla-Madera	25	35	140
Pulpa-Madera	20	41	205
Rama	22	49	223
Turba	15	54	360

### 3.3 GERMINACIÓN Y MORTALIDAD

La germinación obtenida a los 7, 9, 11 y 14 DDS (Días Después de Siembra) muestra que el mejor tratamiento fue pulpa-cascarilla-madera consistentemente a lo largo del ensayo con 50% de germinación a 14 DDS, siendo el valor de germinación más bajo el de la turba con 14% (Cuadro 6).

Todos los tratamientos fueron mejores que la Turba a lo largo del ensayo, esto se atribuye a que el estímulo causado por la salinidad en el resto de los tratamientos causó una mayor germinación. La germinación de las semillas de piñón bajo condiciones adecuadas de humedad se da 10 días después de la siembra y los niveles altos de viabilidad o bajos de germinación indican que después de la cosecha se da primero una inactividad de la semilla (Hernandez 2007).

Cuadro 6. Porcentaje de germinación de plantas de *Jatropha* en diferentes sustratos en vivero de la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	Días después de siembra			
	7	9	11	14
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	25 <sup>a-c</sup>	33 <sup>ab</sup>	36 <sup>a-c</sup>	36 <sup>ab</sup>
Rama-Cascarilla-Madera	29 <sup>ab</sup>	32 <sup>ab</sup>	38 <sup>a-c</sup>	38 <sup>ab</sup>
Pulpa-Rama-Madera	21 <sup>a-c</sup>	23 <sup>bc</sup>	28 <sup>b-d</sup>	28 <sup>bc</sup>
Pulpa-Rama-Cascarilla	22 <sup>a-c</sup>	32 <sup>ab</sup>	44 <sup>ab</sup>	44 <sup>ab</sup>
Pulpa-Cascarilla-Madera	34 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>
Pulpa-Madera	21 <sup>a-c</sup>	24 <sup>a-c</sup>	28 <sup>b-d</sup>	28 <sup>cb</sup>
Rama	18 <sup>bc</sup>	21 <sup>bc</sup>	26 <sup>cd</sup>	28 <sup>cb</sup>
Suelo	28 <sup>ab</sup>	26 <sup>a-c</sup>	26 <sup>cd</sup>	26 <sup>cb</sup>
Turba	13 <sup>c</sup>	13 <sup>c</sup>	13 <sup>d</sup>	14 <sup>c</sup>

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

La mortalidad de las plantas germinadas fue mayor en los sustratos que no fueron lavados (pulpa-rama-cascarilla-madera, pulpa-cascarilla-madera, pulpa-rama-cascarilla) y tenían mayor C.E (Cuadro 7) y fue menor en los sustratos pulpa-madera y rama con C.E. de 13.4 y 5.8 dS/m respectivamente. Esto indica que el sustrato debe lavarse previo a la siembra.

Cuadro 7. Porcentaje de mortalidad de plantas de *Jatropha* en vivero y C.E. del sustrato a la siembra en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	Días después de siembra		C.E. (dS/m)	Lavado antes de siembra
	11	15		
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	75 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	17.3	no
Rama-Cascarilla-Madera	12 <sup>bc</sup>	12 <sup>b</sup>	5.9	sí
Pulpa-Rama-Madera	11 <sup>bc</sup>	11 <sup>b</sup>	10.5	sí
Pulpa-Rama-Cascarilla	78 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	19.3	no
Pulpa-Cascarilla-Madera	97 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	11.6	no
Pulpa-Madera	5 <sup>c</sup>	5 <sup>b</sup>	13.4	sí
Rama	0 <sup>c</sup>	5 <sup>b</sup>	5.8	sí
Suelo	3 <sup>c</sup>	21 <sup>b</sup>	&	no
Turba	42 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>	0.3	no

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

&= no se hizo

### 3.4 VARIABLES AGRONÓMICAS

Las plantas alcanzan una altura entre 13.8 y 17.1 cm a los 28 DDS. Los sustratos pulpa-rama-cascarilla-madera y pulpa-rama-cascarilla tienen los valores significativamente más bajos que los demás tratamientos (Cuadro 8).

El diámetro del tallo fue similar en todos los tratamientos a los 14 DDS, a los 21 y 28 días es sustrato rama-cascarilla-madera tuvo un mayor diámetro ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 8).

El número de hojas a los 28 DDS fue similar con todos los sustratos, excepto el sustrato ramas que tuvo el número mas bajo (2.0 hojas/planta) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Altura, diámetro del tallo y número de hojas de las plantas de *Jatropha* en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	Días después de siembra								
	Altura (cm)			Diámetro tallo (cm)			Número de hojas/planta		
	14	21	28	14	21	28	14	21	28
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	6.3 <sup>b</sup>	8.3 <sup>c</sup>	9.5 <sup>b</sup>	0.5	0.5 <sup>bc</sup>	0.5 <sup>c-e</sup>	1.7 <sup>bc</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>
Rama-Cascarilla-Madera	15.8 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	0.6	0.7 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>a</sup>
Pulpa-Rama-Madera	12.2 <sup>ab</sup>	14.2 <sup>ab</sup>	16.4 <sup>a</sup>	0.4	0.4 <sup>c</sup>	0.5 <sup>cd</sup>	2.0 <sup>a</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>a</sup>
Pulpa-Rama-Cascarilla	6.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>c</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.3	0.4 <sup>c</sup>	0.4 <sup>e</sup>	1.6 <sup>c</sup>	1.9 <sup>bc</sup>	2.3 <sup>ab</sup>
Pulpa-Cascarilla-Madera	5.6 <sup>b</sup>	&	&	0.4	&	&	1.8 <sup>ab</sup>	&	&
Pulpa-Madera	12.4 <sup>ab</sup>	14.4 <sup>ab</sup>	15.9 <sup>a</sup>	0.4	0.6 <sup>a-c</sup>	0.6 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>ab</sup>	2.1 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>ab</sup>
Rama	10.5 <sup>ab</sup>	15.2 <sup>ab</sup>	16.6 <sup>a</sup>	0.4	0.6 <sup>ab</sup>	0.7 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>bc</sup>	2.0 <sup>b</sup>
Suelo	12.0 <sup>ab</sup>	12.8 <sup>b</sup>	13.8 <sup>a</sup>	0.4	0.4 <sup>c</sup>	0.5 <sup>de</sup>	2.0 <sup>a</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>ab</sup>
Turba	11.5 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>ab</sup>	15.9 <sup>a</sup>	0.4	0.4 <sup>c</sup>	0.5 <sup>c-e</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

& = plantas muertas

El peso fresco de hojas, peciolo, raíz y total fue mayor en el sustrato rama-cascarilla-madera y similar al obtenido en el sustrato turba que tuvo el mayor peso fresco de las hojas. El sustrato con menor peso fresco de órganos y total de la planta fue la pulpa-cascarilla-madera (Cuadro 9).

Cuadro 9. Peso fresco (g/planta) de las plantas de *Jatropha* 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	Hojas	Tallo	Peciolo	Raíz	Total
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	1.9 <sup>bc</sup>	2.8 <sup>ef</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.7 <sup>bc</sup>	6.3 <sup>de</sup>
Rama-Cascarilla-Madera	4.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>
Pulpa-Rama-Madera	3.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b-d</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.1 <sup>ab</sup>	11.4 <sup>b</sup>
Pulpa-Rama-Cascarilla	1.6 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>d-f</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.6 <sup>c</sup>	6.1 <sup>de</sup>
Pulpa-Cascarilla-Madera	1.2 <sup>c</sup>	2.1 <sup>f</sup>	0.5 <sup>b</sup>	0.4 <sup>c</sup>	4.1 <sup>e</sup>
Pulpa-Madera	2.1 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a-c</sup>	0.8 <sup>b</sup>	1.4 <sup>a</sup>	10.5 <sup>bc</sup>
Rama	1.9 <sup>bc</sup>	6.6 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>b</sup>	1.1 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>bc</sup>
Suelo	2.5 <sup>b</sup>	3.9 <sup>de</sup>	0.7 <sup>b</sup>	0.8 <sup>bc</sup>	8.0 <sup>cd</sup>
Turba	4.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>cd</sup>	1.9 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	12.4 <sup>ab</sup>

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El mayor peso seco de las hojas fue similar con los sustratos rama-cascarilla-madera, pulpa-rama-madera y turba (0.58-0.59 g); el peso seco del tallo fue mayor en los sustratos rama-cascarilla-madera, pulpa-madera y rama (0.70-0.89 g). El mayor peso seco de peciolo, raíz y total fue en el sustrato rama-cascarilla-madera. El menor peso seco por órganos y total de la planta se obtuvo en el sustrato pulpa-cascarilla-madera (Cuadro 10).

Cuadro 10. Peso seco (g/planta) de las plantas de *Jatropha* 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	hojas	tallo	peciolo	raíz	total
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	0.31 <sup>bc</sup>	0.21 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.06 <sup>cd</sup>	0.65 <sup>cd</sup>
Rama-Cascarilla-Madera	0.64 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
Pulpa-Rama-Madera	0.58 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	1.28 <sup>ab</sup>
Pulpa-Rama-Cascarilla	0.25 <sup>bc</sup>	0.35 <sup>bc</sup>	0.04 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>cd</sup>	0.72 <sup>cd</sup>
Pulpa-Cascarilla-Madera	0.17 <sup>c</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.04 <sup>c</sup>	0.05 <sup>d</sup>	0.41 <sup>d</sup>
Pulpa-Madera	0.37 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.07 <sup>bc</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>ab</sup>
Rama	0.35 <sup>b</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.06 <sup>bc</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	1.44 <sup>a</sup>
Suelo	0.40 <sup>b</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.06 <sup>bc</sup>	0.12 <sup>bc</sup>	0.98 <sup>bc</sup>
Turba	0.69 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>a</sup>

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

La longitud y área superficial de raíz fue mayor en la turba seguida por rama-cascarilla-madera que tuvo el mayor volumen de raíz. El sustrato que mostró el desarrollo radicular más bajo fue pulpa-cascarilla-madera, que tiene el valor más alto de C.E. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Desarrollo radicular de las plantas de *Jatropha* 30 días después de siembra en vivero en la Finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras.\*

Sustrato	Longitud (cm)	Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Pulpa-Rama-Cascarilla-Madera	121.94 <sup>c-e</sup>	37.62 <sup>cd</sup>	0.98 <sup>cd</sup>	0.94 <sup>cd</sup>
Rama-Cascarilla-Madera	200.93 <sup>ab</sup>	75.54 <sup>a</sup>	1.19 <sup>ab</sup>	2.27 <sup>a</sup>
Pulpa-Rama-Madera	152.28 <sup>b-d</sup>	53.70 <sup>bc</sup>	1.12 <sup>b</sup>	1.52 <sup>bc</sup>
Pulpa-Rama-Cascarilla	114.96 <sup>de</sup>	40.32 <sup>cd</sup>	1.08 <sup>bc</sup>	1.14 <sup>cd</sup>
Pulpa-Cascarilla-Madera	101.50 <sup>e</sup>	27.92 <sup>d</sup>	0.87 <sup>d</sup>	0.61 <sup>d</sup>
Pulpa-Madera	168.12 <sup>bc</sup>	66.87 <sup>ab</sup>	1.27 <sup>a</sup>	2.12 <sup>ab</sup>
Rama	144.53 <sup>c-e</sup>	53.04 <sup>bc</sup>	1.17 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>bc</sup>
Suelo	196.78 <sup>ab</sup>	68.25 <sup>ab</sup>	1.11 <sup>bc</sup>	1.89 <sup>ab</sup>
Turba	224.95 <sup>a</sup>	79.25 <sup>a</sup>	1.12 <sup>b</sup>	2.24 <sup>a</sup>

\*Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

## 4. CONCLUSIONES

- La mezcla que brindó las mejores condiciones como sustrato para el desarrollo de las plantas fue el formado por ramas-cascarilla-madera, con 71.52, 19.8 y 8.68%, respectivamente basado en el peso fresco de los materiales.
- Para tener una relación C/N=30 en las mezclas pulpa-rama-cascarilla-madera, rama-cascarilla-madera, pulpa-rama-madera, pulpa-madera y rama fue necesario agregar urea.
- La salinidad del sustrato estimuló la germinación de las semillas, aumentó la mortalidad de las plantas y limitó su desarrollo, siendo 13.41 dS/m el valor máximo de C.E. que soportan las plantas y 5.94 dS/m el valor óptimo para desarrollo de plantas en vivero.
- No se pudo separar el efecto de sales ni de sodio en los sustratos para la producción de plantas en vivero, pero se estableció que soportan niveles más altos de los normales que son: <13 mg/L de sodio y entre 1000-1500 mg/L de sales solubles.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Hacer un lavado más intenso a todos los sustratos monitoreando que la C.E. baje a 13.41 dS/m o menos.
- Hacer mezclas de rama-cascarilla-madera en diferentes proporciones para determinar la cantidad ideal de cada material.
- Usar lotes de semillas con mayor porcentaje de germinación.
- Evaluar el efecto de sales y de sodio por separado en la germinación y desarrollo de las plantas en vivero.
- Usar el sustrato que dio mejores resultados, pero monitorear la calidad de las materias primas y del compost antes y después del lavado.

## 6. LITERATURA CITADA

Arévalo G. y Gauggel C. 2008. Manual de laboratorio de suelos. 71 p.

Bártoli J. 2008. Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. La Lima, Cortés, Honduras. 34 p.

FAO. 2002. El cultivo protegido en clima Mediterráneo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 27 p.

Green Africa Fundation. S.F. *Jatropha curcas*. Farmer's Guideline. Nairobi, Kenya. 5 p.

Hernandez J. 2007. Determinaciones de las relaciones entre la coloración, maduración del fruto, tamaño de la semilla y el poder germinativo de las semillas de piñón. Proyecto especial de graduación. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 72 p.

Palacios A. 2008. Efecto del tipo de sustrato, posición y longitud de la estaca en el desarrollo vegetativo del piñón (*Jatropha curcas*). Proyecto especial de graduación. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 87 p.

Reinoso A. y Ruiz P. 2008. Determinación de la mejor cantidad de agua y relaciones carbono: nitrógeno para el establecimiento de una compostera. Proyecto especial de graduación. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p.

Rhue R. y Kidder G. SF. Procedures used the IFAS extensión soil testing laboratory and interpretaion of results. Florida. 33 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Picado de las ramas



Anexo 2. Diseño de las pilas de 1 m<sup>3</sup>

