

# CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS EN SUSTRATOS DE BAGAZO DE HENEQUÉN Y EXCRETA PORCINA Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE PAPAYA

L. Borges-Gómez<sup>1</sup>; M. Soria-Fregoso; N. Ruz-Febles

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. Instituto Tecnológico Agropecuario Núm. 2  
km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul. Conkal, Yucatán. México (<sup>\*</sup>Autor responsable)

## RESUMEN

Comercialmente los sustratos se obtienen de diferentes turbas, musgo y corteza de pino, sin embargo, existen regiones que obtienen sus propios sustratos a partir de diferentes subproductos. El diagnóstico de contenido de minerales en sustratos ha sido difícil y dada la inexistencia de métodos normalizados de análisis, se aplican metodologías como si fueran suelos minerales, dando como resultado datos imprecisos y una mala interpretación de éstos. En la presente investigación se realizó un estudio sobre mezclas de sustratos formados de excreta porcina, bagazo de henequén y suelo, utilizados para propagar semillas y obtener plántulas de papaya. Los objetivos fueron: 1) analizar el contenido de macronutrientes por tres métodos químicos: totales, soluble en agua y extraíble con agentes químicos, con los cuales se obtuvo una relación entre concentración y disponibilidad, y 2) determinar la mejor mezcla de sustratos de bagazo de henequén, excreta porcina y suelo Luvisol Ródico para la propagación de semillas y desarrollo de plántulas de papaya. Los resultados mostraron mejor relación cuando el K se analiza soluble; P y Mg por los tres métodos, y Ca con ningún método mostró una relación positiva. El N total fue utilizado para obtener la relación C:N la cual mostró una relación inversa con la producción de biomasa. Las mejores mezclas para el desarrollo de plántulas de papaya son las que contenían excreta porcina en proporciones del 25 al 100 %.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Carica papaya* L., análisis de minerales, minerales totales, minerales solubles y extraíbles.

## MACRONUTRIENTS CONTENT IN SISAL AND PIG MANURE SUBSTRATES AND THEIR EFFECTS ON DEVELOPMENT OF PAPAYA SEEDLINGS IN NURSERY

## SUMMARY

Substrates used in commercial seedling production are made from peat moss and pine bark; however, in different agricultural regions substrates are obtained from local by-products. Chemical analysis of mineral content and availability in organic substrates has been difficult. There are no standardized methods of analysis and methodologies used in the analysis as mineral soils analysis are used, resulting in imprecise data and erroneous interpretation. In this study, mixtures of three kinds of substrates: hog manure, sisal pulp and soil, were used as substrate to obtain papaya seedlings. The objectives were: to analyze the content of macronutrients using three chemical methods: total contents, water soluble elements, and those extractable by chemical agents; with these a ratio between concentration and availability was obtained and to determine the best mixture of sisal pulp, hog manure and Rodic Luvisol soil for use as substrate for the development of papaya seedlings in nursery. A better relationship resulted when K was analyzed with the soluble method; P and Mg by the three methods, and Ca did not have a positive relationship with any of the methods. Total N results were used to obtain the C:N ratio, which had an inverse relationship with biomass production. The best mixtures for seedling production were all those containing 25 to 100 percent hog manure.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Carica papaya* L., mineral analysis, soluble and extractable minerals, total minerals.

## INTRODUCCIÓN

La riqueza en minerales de residuos orgánicos considerados como “no deseables” son, en los últimos años aprovechados en la agricultura, favoreciendo con su uso

la conservación del ambiente.

La excreta porcina es un subproducto con un gran potencial en la agricultura. En México se producen alrededor

de 80 mil toneladas diarias de este estiércol y por su alto contenido de minerales se considera como un material orgánico con potencial para uso agrícola (Pérez, 1992). El contenido de minerales de la excreta porcina depende de varios factores entre los que se encuentran, la edad del animal, sexo, tipo de granja y el tipo de alimentación del animal (Soria *et al.*, 2000).

Otro subproducto de gran impacto es el bagazo del cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*) conocido como "sisal", el cual es depositado al aire libre por algún tiempo y posteriormente es incorporado al suelo agrícola como un mejorador.

La excreta porcina y el bagazo de henequén, son dos de los sustratos más utilizados en el estado de Yucatán, para la obtención de plántulas y la utilización en macetas para la producción de algunos cultivos hortofrutícolas, principalmente del jitomate, la sandía, el melón, el pepino y las diferentes especies de chiles, entre otros (Soria *et al.*, 2000).

Los sustratos empleados para el crecimiento de plantas suelen tener composiciones muy variables, cuyas características tienden a ser comparadas con las características de un suelo mineral. En la evaluación del contenido y disponibilidad de minerales ha resultado difícil definir el método químico analítico más adecuado, ya que pueden determinarse los contenidos de minerales solubles en agua, los extraíbles o los contenidos totales, entre otros. Cualquiera de estas formas tienen sus ventajas y limitaciones, primero, los minerales solubles en agua son los inmediatamente aprovechados por las plantas, pero del mismo modo, son los más fácilmente lixiviados; segundo, los minerales extraíbles son los determinados por los mismos métodos utilizados en el análisis de suelo, en el cual se usan agentes químicos extractantes y los contenidos se refieren al potencial para suministrar minerales a corto plazo, si bien aun cuando los sustratos están haciendo la función que desempeña el suelo, en la mayoría de los casos estos tienen una composición física y química diferente. Como tercer punto, los contenidos totales se refieren a un potencial a largo plazo, debido a que los minerales forman aún parte de compuestos orgánicos los cuales deben pasar por un proceso de mineralización.

La falta de métodos químicos estandarizados para el análisis de los sustratos, ha llevado a utilizar los métodos analíticos empleados en el análisis de suelos. La ausencia de métodos estándares de análisis sugiere que no se conozca de forma objetiva, la calidad de los sustratos (Ansorena, 1994). Actualmente existen métodos oficiales en diferentes países como Francia (AFNOR), Australia (AS), Gran Bretaña (BS), Alemania (DIN), Noruega (NS), etc. Sin embargo, cada uno utiliza métodos diferentes. De aquí la importancia de que los análisis de los sustratos estén debidamente calibrados, mediante ensayos de campo que

correlacionen los resultados con los del laboratorio. Por consiguiente, los objetivos de la presente investigación fueron: determinar el contenido de N, P, K, Ca y Mg en formas solubles, extraíbles y totales, excepto N analizado únicamente el contenido total, de mezclas de sustratos de bagazo de henequén, excreta porcina y suelo y, relacionarlos con valores obtenidos con la calidad de plántulas de papaya desarrolladas sobre las mezclas y, determinar la mejor mezcla de sustrato para semillas para la obtención de plántulas de papaya en vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en 1998 en el Instituto Tecnológico Agropecuario Núm. 2, ubicado en el km 16.3 de la antigua carretera Mérida-Motul, en el municipio de Conkal en el estado de Yucatán, México. Las coordenadas geográficas del sitio son 21° 08' latitud norte y 89° 35' longitud oeste y con una altura de 8 m sobre el nivel del mar. El clima en el municipio de Conkal, corresponde a Aw<sub>o</sub>, el cual es subhúmedo con lluvias en verano e invierno, la temperatura media es de 26.5 °C, con máximas de 35 °C y mínimas de 17 °C. La precipitación media anual es de 500 a 700 mm.

Se estudiaron 15 tratamientos que resultaron de la mezcla de bagazo de henequén (BH), excreta porcina (C), y suelo Luvisol Ródico (S) en proporciones de 0, 25, 50, 75 y 100 % hechas con base en volumen (Cuadro 1). Las mezclas de sustratos fueron colocadas en bolsas negras de polietileno de 14 x 10 cm. Cada bolsa llevó de 400 a 700 g de la mezcla de sustrato en promedio, dependiendo del tratamiento. Para el establecimiento del experimento se construyó un invernadero de 4 x 6 m con tela antiviral y techo de plástico transparente, con un extractor de ¾ HP.

De los materiales utilizados para conformar las mezclas se analizó el contenido de N total y los contenidos de P, K, Ca, y Mg en forma soluble, extraíble y total. En este experimento los contenidos solubles se determinaron llevando a saturación los sustratos y posteriormente, mediante filtración al vacío se obtuvo un extracto al que se le determinaron los minerales solubles. En la determinación del nivel de fertilidad por este método existen muchas diferencias según sean las relaciones de volúmenes de agua:sustrato utilizadas; las cuales pueden variar de una proporción 1:1, 1:1.5, 1:5, etc., hasta el extracto obtenido de una pasta saturada. La relación a utilizar depende de factores fundamentales; en laboratorios de rutina con un gran número de análisis, resulta más rápido el análisis por el método de suspensión (1:1, 1:5, etc.), mientras que en el análisis de estudios de investigación resulta más conveniente utilizar el extracto de pasta de saturación ya que estima de mejor manera las condiciones nutrimentales del sustrato a capacidad del contenedor (Ansorena, 1994). Los minerales extraíbles fueron analizados con los mismos procedimientos utilizados en el análisis de suelo, para P se

utilizó una solución extractante de bicarbonato de sodio al 0.5 N y pH de 8.5 (Olsen y Dean, 1965); para K el acetato de amonio al 1 N y pH de 7 (Chapman, 1965) y, para Ca y Mg el acetato de sodio al 1 N y pH de 8; por último, los contenidos totales fueron analizados por acenización y digestión ácida (Cottenie, 1994). Las concentraciones de K, Ca y Mg fueron obtenidas por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un equipo modelo GBC 904AA. Las concentraciones de P se obtuvieron en un espectrofotómetro ultravioleta visible en un equipo modelo Espectronic 510 y las concentraciones de N por el método Kjendhal (Cottenie, 1984).

**CUADRO 1. Relación de las proporciones (v:v) de los sustratos utilizados en la obtención de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.).**

Tratamientos	Bagazo de Henequén (BH)	Suelo Luvisol Ródico (S)	Excreta Porcina (C)	Relación BH:S:C
		(%)		
1	100	0	0	1:0:0
2	75	25	0	3:1:0
3	50	50	0	1:1:0
4	25	75	0	1:3:0
5	0	100	0	0:1:0
6	0	75	25	0:3:1
7	0	50	50	0:1:1
8	0	25	75	0:1:3
9	0	0	100	0:0:1
10	25	0	75	1:0:3
11	50	0	50	1:0:1
12	75	0	25	3:0:1
13	50	25	25	2:1:1
14	25	50	25	1:2:1
15	25	25	50	1:1:2

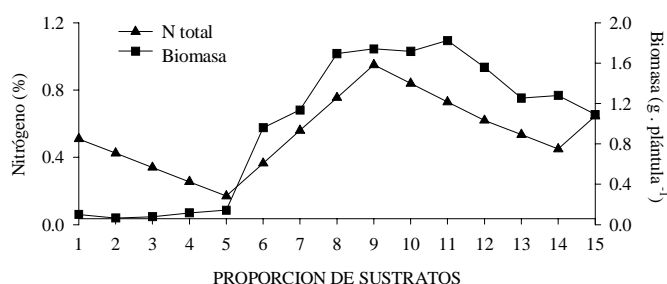
Se utilizaron semillas de papaya cv. Mamey, las cuales fueron sembradas en las mezclas de sustratos y a los 40 días después de la siembra se evaluó la vigorosidad y la producción de biomasa total. Las variables consideradas para determinar el vigor de las plántulas fueron el volumen radical (VR) midiendo el volumen de agua desplazada al introducir la raíz en una probeta, el área foliar (AF) utilizando un integrador de área foliar portátil Marca LI-COR modelo LI-3000A, el diámetro del tallo, midiéndose a un centímetro de la base del tallo y utilizando un vernier digital Absolute Digimatic Marca Mitutoyo Modelo CD-6" C y por último, la altura de la plántula (A) obtenida midiendo con una regla a un centímetro de la base del tallo. La producción de biomasa total fue obtenida mediante el peso de la plántula completa en la que se incluía hojas, tallo y raíz. Para el análisis de tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones ( $n = 15$  plántulas). Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis químico de los sustratos y producción de biomasa

#### Nitrógeno

En el análisis de N total, los mayores contenidos se presentaron en los tratamientos que contenían excreta porcina, cuando el tratamiento estuvo conformado únicamente de este material el contenido de N total fue de 0.95 % y la concentración disminuía al disminuir la proporción de la excreta. Las concentraciones de N en las excretas son altas, sin embargo, su contenido es muy variable ya que depende de la especie animal, el tipo de dieta, y las condiciones de almacenaje de las excretas. Entre las excretas animales de mayor contenido de N se han reportado al Guano (13 %) y la Gallinza (3 %) (Bertsch, 1995). No obstante si se considera que únicamente del 1 al 2 % del N total es el N posiblemente aprovechado por las plantas, correspondiendo este porcentaje al N inorgánico en formas de  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$  puede decirse que es relativamente poco el N disponible para los cultivos (Rodríguez, 1982). Los contenidos de N total en suelo y bagazo de henequén fueron de 0.1 y 0.5 %, respectivamente, por lo que los tratamientos formados de suelo y bagazo de henequén en diferentes proporciones pero en ausencia total de la excreta, presentaron bajos contenidos de N, afectándose el desarrollo y la producción de biomasa de las plántulas ya que entre las funciones principales del N en la planta es el crecimiento vegetativo superficial, esto es, en la producción de biomasa (Figura 1).

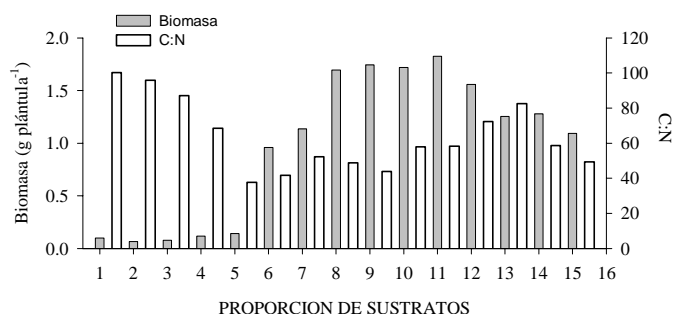


**Figura 1. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de N total en 15 proporciones de sustrato de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:2; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.**

#### Relación C:N.

Tradicionalmente las relaciones C:N se utilizan como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez o grado de descomposición y de su estabilidad. Los daños que aparecen en las plantas cultivadas sobre materiales orgánicos que no han sido totalmente descompuestos, puede ser debido tanto a la inmovilización del N, como a

un bajo contenido de oxígeno en la rizósfera. Esta situación fue provocada por la actividad de los microorganismos que descomponen los materiales orgánicos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares y el consumo de oxígeno por la población microbiana. La razón de C respecto al N en la materia orgánica de un suelo cultivado es en promedio de 10 a 12:1, mientras que en los residuos vegetales y estiércol es variable alcanzando valores de 20 a 30:1 o de hasta 90:1 en ciertos residuos de paja (Buckman y Brady, 1982). En este caso la excreta porcina y el bagazo de henequén se utilizaron totalmente mineralizados y su contenido de N estuvo dado prácticamente por el origen de cada uno de estos. Abad *et al.* (1993), sugiere que una relación C:N entre 20 y 40 son óptimas para el cultivo en sustrato. Las relaciones C:N encontradas fueron de 100.12, 37.64 y 43.84 % para el bagazo de henequén, el suelo y la excreta porcina, respectivamente, mostrándose que los sustratos con mayor contenido de N tuvieron una menor relación C:N. Es importante destacar que las concentraciones de N obtenidas del bagazo y la excreta son altas, sin embargo, dada la naturaleza del bagazo el cual consiste en un material fibroso rico en celulosa y lignina su contenido de C es alto, haciendo que exista una alta relación C:N en las mezclas compuestas con este material, aumentando o disminuyendo esta relación según la proporción de bagazo utilizada en la mezcla. La Figura 2 muestra que la producción de biomasa de plántulas disminuye al aumentar relación C:N, coincidiendo el aumento de la relación C:N cuando en la mezcla del tratamiento se tienen proporciones altas del bagazo de henequén.



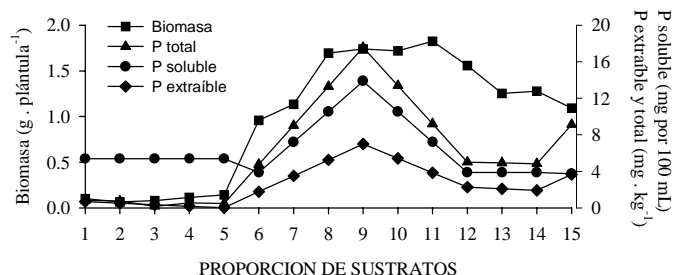
**Figura 2.** Producción de biomasa de plantulas de papaya (*Carica papaya* L.) y la relación C:N en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.

### Análisis de P, K, Ca y Mg

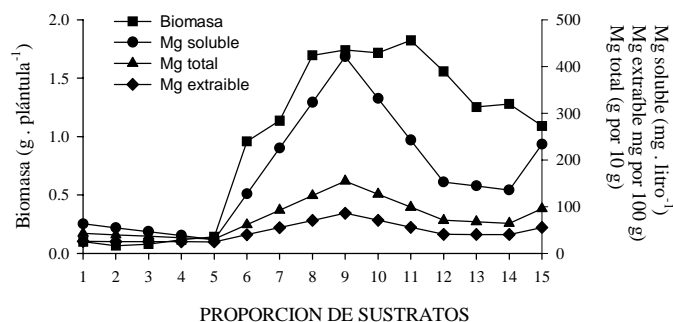
En cuanto al análisis del contenido de P, K, Ca y Mg en las mezclas de sustratos, el P y Mg pueden analizarse utilizando los tres métodos analíticos: totales, solubles en agua y extraíbles con agentes químicos (Figuras 3 y 8, respectivamente) y mostrar una misma tendencia con los resultados observados en el cultivo (esto es, la producción de biomasa se eleva al aumentar la concentración de

minerales y viceversa). Estos resultados permiten elegir entre los tres métodos el más práctico de desarrollar en el laboratorio, o bien aquel en que los resultados son obtenidos con mayor rapidez, siendo en este caso la determinación de los minerales solubles en agua. Otros nutrimentos como el K la misma tendencia se observa únicamente cuando se analiza el contenido soluble en agua (Figura 4) y no con el K obtenido utilizando los agentes químicos extractantes, y el K total (Figura 5), por lo que no se recomiendan estas dos últimas formas de análisis. En el caso del Ca, ningún método analítico utilizado muestra una relación positiva en cuanto al contenido del nutrimento y la producción de biomasa de las plántulas, lo que significa que concentraciones altas de Ca en los sustratos no necesariamente serán adecuados para obtener plántulas vigorosas (Figuras 6 y 7).

No necesariamente el que presenta mayor contenido total de nutrimentos, tiene mayor contenido soluble o extraíble (Cuadro 2), lo que se explica en parte debido a que el contenido total de cualquier mineral en un sustrato no significa que éste sea la suma del análisis de minerales



**Figura 3.** Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de P soluble en agua, extraíble y total en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.



**Figura 8.** Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de Mg total, extraíble y soluble en agua en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.



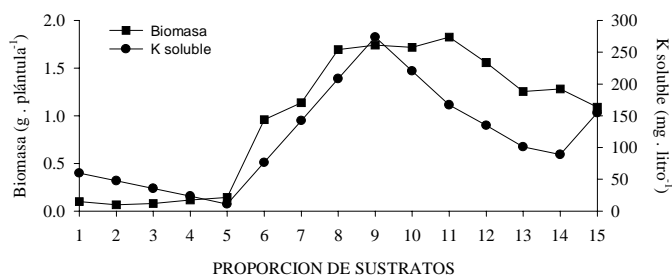


Figura 4. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de K soluble en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.

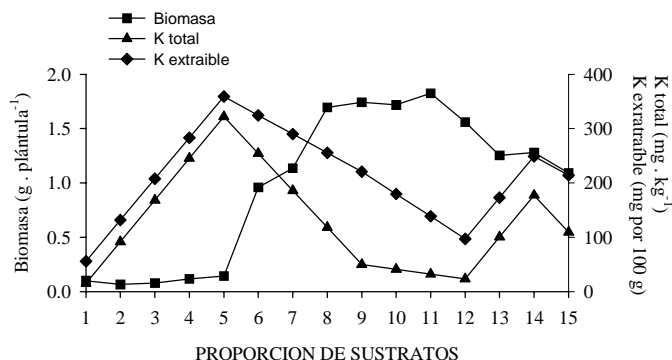


Figura 5. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de K total y extraíble en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.

solubles en agua y extraíbles. El total hace referencia como su nombre lo indica a todo el contenido de minerales presentes en un material, ya sea que se encuentre mineralizado o formando parte aún de complejos orgánicos; el extraíble hace referencia a lo que un agente químico puede disolver o extraer del contenido total pero también puede quedar incluido fracciones solubles, y por último la fracción soluble se refiere a la parte contenida en el total que se solubiliza al entrar en contacto con el agua y que de igual manera quedan incluidas fracciones extraíbles. Los sustratos utilizados en este trabajo mostraron diferentes

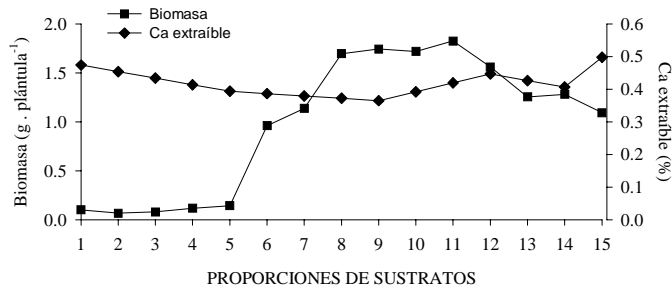


Figura 6. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de Ca extraíble en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.

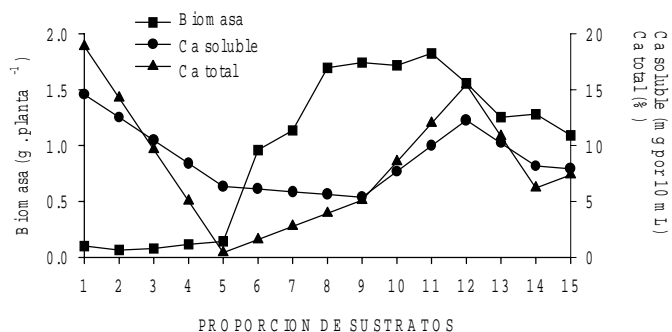


Figura 7. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y contenido de Ca soluble en agua y extraíble en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo luvisol ródico:excreta porcina: 1 = 1:0:0; 2 = 3:1:0; 3 = 1:1:0; 4 = 1:3:0; 5 = 0:1:0; 6 = 0:3:1; 7 = 0:1:1; 8 = 0:1:3; 9 = 0:0:1; 10 = 1:0:3; 11 = 1:0:1; 12 = 3:0:1; 13 = 2:1:1; 14 = 1:2:1; 15 = 1:1:2.

concentraciones de minerales en cualquier forma analítica desarrollada.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los valores de referencia presentados por Abad *et al.* (1993) el análisis del extracto de pasta saturada del bagazo de henequén y excreta porcina, presentó bajo contenido de P para el bagazo de henequén ( $5.4 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ) y alto para la excreta porcina ( $139 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ), siendo óptimo a concentraciones de 6 a  $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ . Para el K los valores óptimos son de 150 a  $249 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ , encontrándose el bagazo de henequén

CUADRO 2. Contenidos totales (T), solubles (S) y extraíbles (E) de elementos mayores de tres sustratos utilizados en la propagación de plántulas de papaya.

Sustrato	Fósforo			Potasio			Calcio			Magnesio		
	T	E	S	T	E	S	T	E	S	T	E	S
Bagazo	846	694	5.4	148	56	60	18.8	0.47	0.15	2,571	429	63
Suelo	488	16	5.4	3,222	359	11	0.42	0.39	0.06	2,459	304	29
Excreta porcina	17,572	7,011	139	501	221	274	5.12	0.36	0.05	8,597	1,548	421

T: total ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ); E: extraíble ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ); S: soluble ( $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ).  
El Ca, tanto T, E y S se expresan en porcentaje (%).

muy por debajo de este ( $60 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ) y la excreta porcina ligeramente superior ( $274 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ). Respecto a los contenidos de Ca y Mg, ambos sustratos presentaron concentraciones superiores a las óptimas, ya que se considera un contenido óptimo de Ca cuando las concentraciones son mayor a  $200 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  y de Mg cuando son mayor de 70, siendo las concentraciones del bagazo de henequén y del estiércol de  $1500$  y  $500 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  para Ca y de 63 y  $421 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  para Mg, respectivamente, encontrándose el Mg del bagazo ligeramente abajo del óptimo.

En la comparación de los métodos analíticos realizado en el presente estudio, el Ca bajo ninguno de los tres métodos mostró una tendencia positiva con la producción de biomasa de la plántula. Las Figuras 6 y 7 muestran que concentraciones elevadas de Ca soluble en agua y extraíble con acetato de amonio igual pueden producir plántulas pequeñas o grandes; por otro lado, las concentraciones de Ca total permanecen constantes sin mostrar ningún efecto sobre la plántula.

### Desarrollo de las plántulas

La mejor mezcla para la obtención de plántulas, se observó en aquellas que contenían excreta porcina. Las mezclas formadas de suelo y bagazo en diferentes proporciones pero en ausencia total de la excreta no favorecieron el desarrollo de éstas. En las variables altura de la planta, área foliar y volumen radical, evaluadas a los 40 días después de la siembra, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre todas aquellas mezclas que contuvieron la excreta porcina en cualquiera

de las proporciones evaluadas, pero si se encontraron diferencias entre las mezclas que no contenían la excreta porcina y las que si contenían (Cuadro 3). El valor más alto en la altura de la planta ( $23.19 \text{ cm}$ ) se obtuvo en la mezcla formada por la excreta porcina y el bagazo de henequén en una proporción 1:1 (mezcla 11); el valor más alto de área foliar ( $280.24 \text{ cm}^2$ ) se obtuvo en la mezcla formada por la excreta porcina y el bagazo de henequén en una proporción 3:1 (mezcla 10); y el valor más alto en volumen radical ( $6.25 \text{ cm}^3$ ) se obtuvieron en las mezclas formadas por la excreta porcina y el bagazo de henequén en proporciones 1:1 (mezcla 11) y 1:3 (mezcla 12). En el diámetro del tallo el valor más alto ( $7.66 \text{ cm}$ ) fue obtenido en plántulas desarrolladas únicamente en la excreta porcina y en ningún caso se reportó diferencias significativas.

La misma respuesta encontrada en las variables fenológicas evaluadas se observó en la producción de biomasa total a los 40 días después de la siembra. De la misma forma se encontró que la mejor respuesta se tuvo en las mezclas que contienen la excreta porcina (Figura 9).

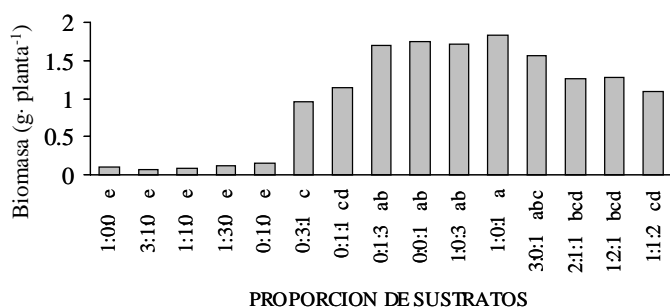
### CONCLUSIONES

De las mezclas de sustratos analizadas para la obtención de plántulas de papaya, los mayores contenidos de N total se encontraron en aquellas mezclas que contenían excreta porcina y, conforme la proporción de la excreta fue menor, disminuyeron los contenidos de N afectándose el desarrollo de las plántulas. Las mezclas compuestas con altas proporciones de bagazo de henequén muestra-

**CUADRO 3. Características de crecimiento evaluados en plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) utilizando diferentes proporciones de sustratos.**

Tratamiento	Proporciones BH:S:C	Altura (cm)	Diámetro del Tallo (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Volumen Radical (cm <sup>3</sup> )
1	1:0:0	7.78 c	2.36 ef	12.42 f	0.81 c
2	3:1:0	5.29 c	2.37 ef	6.93 f	0.63 c
3	1:1:0	6.06 c	2.31 f	7.97 f	0.88 c
4	1:3:0	6.88 c	2.48 ef	11.78 f	0.81 c
5	0:1:0	7.10 c	2.98 ef	14.37 f	1.25 c
6	0:3:1	20.08 ab	3.97 cde	158.76 e	3.75 b
7	0:1:1	16.80 ab	5.45 cde	174.67 e	4.75 ab
8	0:1:3	20.31 ab	6.84 ab	264.72 ab	5.38 ab
9	0:0:1	19.00 ab	7.66 a	268.92 a	4.88 ab
10	1:0:3	20.88 ab	7.01 a	280.24 a	5.13 ab
11	1:0:1	23.19 a	6.97 ab	259.64 abc	6.25 a
12	3:0:1	18.83 ab	4.88 cde	229.01 abcd	6.25 a
13	2:1:1	19.86 ab	5.40 cde	184.88 de	4.19 b
14	1:2:1	20.01 ab	4.40 cde	189.49 cde	4.13 b
15	1:1:2	18.81 ab	5.40 cde	199.07 bcde	4.13 b

<sup>a</sup>Valores de la columna con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .  
BH:S:C; Proporciones de sustratos de bagazo de henequén:suelo Luvisol Ródico:excreta porcina.



**Figura 9. Producción de biomasa de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) en 15 proporciones de sustratos de bagazo de henequén: suelo luvisol ródico: excreta porcina. Mismas letras son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .**

ron una alta relación C:N y una baja producción de biomasa, sin embargo, al ser mezclado en una proporción igual con la excreta porcina se tuvo la mayor producción de biomasa en las plántulas. El análisis de P y Mg puede ser cuantificando los contenidos solubles, extraíbles o totales, ya que la producción de biomasa aumentó cuando aumentaron las concentraciones de estos elementos y viceversa, sin embargo, se recomienda el análisis de P soluble ya que es más fácil y rápido de realizar. La cantidad de K en las mezclas siguió la misma tendencia al analizarse el contenido soluble en agua, por lo que se recomienda utilizar este método analítico. En el caso de la presencia de Ca en los sustratos ningún método utilizado mostró una tendencia

positiva con la producción de biomasa de las plántulas. En cuanto a la obtención de las plántulas de papaya las mejores mezclas son las que contenían la excreta porcina.

## LITERATURA CITADA

- ABAD, M.; MARTÍNEZ P., F.; MARTÍNEZ M., D.; MARTÍNEZ, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. I Jornadas de Sustratos. Actas de Horticultura 11: 141-154.
- ANSORENA M., J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 137-147.
- BERTSCH F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. pp. 147-148.
- BUCKMAN, H.; BRADY, N. 1982. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. UTEHA. D. F., México. pp. 135-163
- COTTENIE, A. 1994. Workshop on Standarization of Analytical Methods for Manure, Soil Plant and Water. Comission European Communities. FAO Soils Bulletin 38/2. pp. 28-33.
- OLSEN, S. R; DEAN, L. A. 1965. Phosphorus, pp. 1035-1049. *In: Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9.* C.A. Black (ed.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- PÉREZ E., R. 1992. Ganadería porcina y medio ambiente. Revista México Ganadero, p. 25.
- RODRÍGUEZ, S. 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. AGT Editores. D. F., México. pp. 53-67
- SORIA F., M.; TÚN S., J.; TREJO R., A.; TERÁN S., R. 2000. Tecnología para la Producción de Hortalizas a Cielo Abierto en la Península de Yucatán. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. SEP, DGETA, SEIT. Yucatán, México. pp. 11-17.