

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agronómica



Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo

**Efecto de la fertilización orgánica y mineral en el cultivo de la
Moringa (*Moringa oleifera* Lam)**

Diplomante: Frandy Luis Ramírez Martínez

Tutor: MSc. Arnaldo Dávila Cruz

Consultante : MSc. Reinaldo Quiñones Ramos

Santa Clara, 2016

Pensamiento



“Están las condiciones creadas para que el país comience a producir masivamente Moringa y Morera, que son además fuentes inagotables de carne, huevo y leche, fibras de seda que se hilan artesanalmente y son capaces de suministrar trabajo a la sombra y bien remunerado, con independencia de edad o sexo.”

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria



Este trabajo lo dedico a las personas más importantes de mi vida que me lo han dado todo para poder cumplir este sueño, mis padres.

Agradecimientos



A mis padres, que con su amor y dedicación se entregaron por completo a mis estudios, apoyándome en todo momento.

A mis hermanos que siempre han estado a mi lado.

A mi novia por su vital apoyo incondicional para culminar mis estudios.

A mis amigos personales que siempre creyeron en mí y me apoyaron en los buenos y malos momentos.

A mis tutores MSc. Arnaldo Dávila Cruz y MSc. Reinaldo Quiñones Ramos por su ayuda incondicional para la realización de este trabajo.

A todos mis familiares por su ayuda

A mis compañeros de aula, por acompañarme en todo este tiempo

A los técnicos del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

A todos los profesores que contribuyeron con mi formación profesional.

A la Revolución cubana, por brindarme la posibilidad de formarme como profesional.

Al resto de las personas que de una forma u otra me apoyaron en los estudios y contribuyeron a la realización de este trabajo.

A todos, muchas gracias

Resumen



La investigación se realizó en la Finca “Día y Noche” del municipio Santa Clara, con el objetivo de evaluar el efecto del compost de residuos de paja de arroz solo y combinado con zeolita como alternativa de fertilización orgánica y mineral en *M. oleifera* Lam en un suelo Pardo mullido medianamente lavado. Se evaluó el efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores físicos y químicos del suelo y algunos indicadores productivos del cultivo como: número de plantas por tratamiento, altura de la planta, peso fresco y seco de la muestra, longitud de la raíz, diámetro del tallo. Se determinaron las correlaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo y algunos indicadores productivos. La accesión utilizada fue la *Criolla* y se evaluó a los 90 días de establecida. El diseño empleado fue de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas a una distancia de siembra de 30 x 30 cm. Los tratamientos realizados fueron: Control, N-P-K (6-10-30:1,12tha⁻¹), 10tha⁻¹Compost+Zeolita(3:1), 10tha⁻¹Zeolita y 10tha⁻¹ de Compost. Se establecieron las correlaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo y algunos indicadores productivos. Para el procesamiento estadístico se empleó el paquete *STATGRAPHICS CENTURION*, Versión 15.2, realizándose análisis de varianza de clasificación simple con prueba de comparación de medias de Duncan. El tratamiento de 10tha⁻¹compost + zeolita mejoró significativamente el estado estructural del suelo. La materia orgánica no sufrió cambios significativos en su categoría. La altura de plantas y longitud de raíz mostraron correlaciones altamente significativas con las características físicas y químicas del suelo.

Índice



1-Introducción.....	1
2-Revisión Bibliográfica.....	3
2.1 Breve reseña histórica de la agricultura orgánica.	3
2.2. El compost.	4
2.3 Estiércol ovino.....	5
2.4 Los Minerales Naturales.....	6
2.4.1. La Zeolita	6
2.5 Los suelos Pardos mullidos medianamente lavados.....	8
2.6. <i>M. oleifera</i> Lam.	9
2.6.1 Origen, importancia y distribución de <i>M. oleifera</i> Lam	9
2.6.2 <i>M. oleifera</i> y su uso como biomasa forrajera	10
2.6.3 Clasificación Taxonómica	11
2.6.4 Siembra y manejo de <i>M. oleifera</i>	11
2.6.5. Ecología de <i>M. oleifera</i>	12
3-Materiales y Métodos	13
3.1 Análisis físicos y químicos del suelo:	14
3.1.1 Coeficiente de permeabilidad:.....	14
3.1.2 Agregados Estables (AE):.....	14
3.1.3 pH (H ₂ O) y pH (KCl)	14
3.1.4 P ₂ O ₅	14
3.1.5 Materia Orgánica (MO):	15
3.2 Indicadores agroproductivos evaluados en el cultivo para determinar el efecto de la fertilización organo-mineral.	15
3.2.2 Número de plantas /tratamientos	15
3.2.3 Peso fresco y Peso seco de la muestra.....	15
3.2.4 Tamaño de la raíz (cm)	16
3.2.5 Diámetro del tallo (cm).....	16

3.2.6 Número de ramas por planta	16
3.3 Procesamiento estadístico.	16
4-Resultados y Discusión.....	1
4.1 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores físicos y químicos del suelo a los 90 días de establecido el cultivo.	1
4.2 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores productivos de <i>M.oleifera</i> . a los 90 días de establecido el cultivo.	3
4.2.1 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el número de plantas.	3
4.2.2. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la Altura de la planta (cm).	3
4.2.3. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el diámetro del tallo.	4
4.2.4 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la longitud de la raíz (cm) y número de ramas por plantas.	5
4.3.1. Correlaciones entre las propiedades físicas del suelo y algunos indicadores productivos.....	6
4.3.2 Correlaciones entre las propiedades químicas del suelo y algunos indicadores productivos.	7
4.4 Valoración Económica Ambiental.....	9
4.4.1 Ambiental.....	9
4.4.2 Económico.	9
Conclusiones.....	27
Recomendaciones.....	28
Bibliografía	
Anexos	

Introducción



1-Introducción

La fertilización orgánica y mineral es una de las principales formas de incrementar la fertilidad del suelo, aumentar la capacidad de retención de agua y la actividad microbiológica del mismo (López-Gálvez y Naredo, 1996), además contribuye a reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación (Tejada *et al.*, 2005).

Los abonos orgánicos combinados con minerales naturales se convierten en una alternativa para el mejoramiento ecológico de nuestros suelos partiendo del uso de enmiendas de fácil obtención. El impacto de los abonos orgánicos y minerales en ambientes degradados de suelos ácidos compactados, de mal drenaje y excesiva humedad, o con bajo contenido de materia orgánica, no solo es notable por el efecto sobre el suelo sino también en el rendimiento agrícola (Cairo, 2008). Los suelos Pardos mullidos carbonatados (Hernández *et al.*, 1999), se encuentran bien extendidos en el territorio nacional ocupando un alto porcentaje de los suelos agrícolas. En ellos se observan también los procesos degradativos que continúan ocurriendo en los suelos cubanos, de los cuales el 76,8 % lo constituyen suelos de poca a muy poca productividad, que impiden, entre otros factores limitantes, que los cultivos puedan alcanzar los rendimientos potenciales (MINAGRI, 2010). La producción de forrajes con alta productividad de biomasa por unidad de superficie y adecuada calidad para el consumo animal es esencial para lograr la sostenibilidad de la ganadería. Actualmente en nuestro país existe limitada utilización de forrajes de calidad en la alimentación de las diferentes categorías porcinas, en toda la cadena productiva, incluso en los extremos (dietas con muy bajos o muy altos niveles de fibra) (Marrero *et al.*, 2009), a pesar de que existe gran variedad de forrajes proteicos, entre ellos *Tithonia diversifolia*, y *M.oleifera*. Estudios recientes destacan a *M.oleifera* como planta forrajera, por sus características nutricionales y sus altos rendimientos de producción de biomasa fresca (Lok y Suárez, 2014). Esta planta puede ser cultivada como abono verde para el consumo humano o para el ganado. Reyes (2004) refiere que esta especie aporta gran cantidad de nutrientes pero, consecuentemente, sus extracciones al suelo también son elevadas, requiere de suelos franco-arcillosos, no tolera suelos arcillosos o vertisoles, ni suelos con mal drenaje. Autores como Crespo *et al.* (2006) y Quintanilla (2012) han evaluado el comportamiento de este cultivo en suelos Pardos mullidos medianamente lavados, demostrando que aún son insuficientes las estrategias de fertilización en el cultivo. En las condiciones

edafoclimáticas de Cuba no se han informado estudios que indiquen el comportamiento de *M. oleifera* Lam por sus aportes o por sus extracciones, ni por su respuesta a diferentes tipos de fertilizaciones ya sea orgánica o mineral.

Por todo lo antes expuesto nos trazamos el siguiente problema científico y la hipótesis:

Problema Científico:

Actualmente no existe una estrategia de fertilización orgánica y mineral para el cultivo de *M.oleifera* Lam en condiciones de campo, lo que limita la producción de biomasa forrajera en el cultivo.

Hipótesis:

El empleo de una adecuada fertilización orgánica y mineral en el cultivo de la moringa en condiciones de campo contribuirá a potenciar la obtención de mejores rendimientos en la producción de biomasa forrajera.

Objetivo General:

Evaluar el efecto del compost de residuos de paja de arroz solo y combinado con zeolita como una nueva alternativa de fertilización orgánica y mineral en el cultivo de moringa bajo condiciones de campo a los 90 días de establecido .

Objetivos específicos:

- 1-Evaluar el efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.
- 2-Evaluar el efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores productivos de *M. oleifera* Lam.
- 3- Determinar la correlación entre las propiedades físicas y químicas del suelo y algunos indicadores productivos de *M. oleifera* Lam.

Revisión Bibliográfica



2-Revisión Bibliográfica

2.1 Breve reseña histórica de la agricultura orgánica.

Han sido varias las definiciones dadas al término “agricultura orgánica”. Rodríguez (2003) señala: “*Existen fuertes evidencias para decir que la agricultura orgánica es sustentabilidad llevada a la práctica*”. Además es un sistema integral en el que la explotación agrícola es vista como un organismo y se desarrolla en base a diversas ideologías, modos de pensar y motivaciones de política agraria, la cual renuncia consecuentemente al objetivo de lograr rendimientos máximos en el suelo, pues le interesa en primer lugar el rendimiento global de la explotación, rendimiento adaptado a las condiciones del lugar del emplazamiento.

Los criterios para una agricultura orgánica pueden ser resumidos en una palabra, *permanencia*, lo que significa la adopción de técnicas que mantengan la fertilidad del suelo indefinidamente, que no contaminen el medio ambiente y que estimulen la energía vital (actividad biológica) en el suelo a través de los ciclos de la cadena alimenticia envuelta en el sistema (Balfour, 1988).

La producción orgánica analiza la importancia del uso racional de los recursos naturales renovables como forma de obtener no solo buenos rendimientos sino también una mejor calidad del producto, logrando una producción sostenida en el largo plazo y con un alto valor biológico para la salud humana (Obertic *et al.*, 1998).

Los abonos orgánicos incrementan las formas orgánicas e inorgánicas de los nutrientes asimilables de los suelos. Reveendran (1994), Groot y Houba (1995) y Gómez y Labrada (1998) señalan que la concentración de nutrientes en los abonos orgánicos influye en el contenido de nutrientes asimilables del suelo. También los abonos orgánicos influyen favorablemente en las propiedades físicas de los suelos tales como formación de agregados y retención de humedad (Zhang, 1994).

Las estadísticas sobre agricultura orgánica, labranza cero y agricultura de conservación muestran cada vez más grupos de agricultores que están organizando, gestionando apoyo en incentiva a los gobiernos y están manteniendo y recuperando gradualmente el recurso suelo (Astier, 2002). En este sentido la agricultura orgánica ofrece un instrumento de aprovechamiento para los residuos orgánicos en la agricultura lo cual es una gran necesidad, si se quiere lograr un adecuado equilibrio biológico en el suelo y además garantizar cosechas rentables sin la utilización de fertilizantes químicos de costos tan elevados en el mercado mundial (Bello, 2003).

Larson *et al.* (1992) refieren una relación lineal entre la tasa de aplicación de materia orgánica en el suelo y el tipo de residuo incorporado. Por otra parte Kielland (1994) reporta la influencia de este abono en el incremento de la actividad biológica de los suelos.

La oferta de fertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes no puede cumplir con la demanda, porque el reciclaje de desechos orgánicos es limitado y con frecuencia los abonos verdes compiten con los cultivos, generalmente la mejor opción técnica y financiera es usar fertilizantes orgánicos e inorgánicos juntos (Peñaloza *et al.*, 2000).

En la actualidad escasean las materias primas para la producción de fertilizantes y los precios se incrementan por lo que obtener una alta eficiencia se hace cada vez más necesario, especialmente en las condiciones naturales del trópico, abundantes lluvias, y características de los suelos donde aumentan las pérdidas de fertilizantes por diferentes vías, causando pobre utilización de los mismos (Cabrera y Bouza, 1999; Colás, 2007).

2.2. El compost.

Mayea (1994) refiere que el compostaje desde hace varios siglos se utiliza en Asia y que fue introducido en Europa por Sir Arthur Howard, quien en 1930 presentó un sistema al que denominó INDORE por ser en esa localidad de la India donde efectuó sus estudios en la materia orgánica. Mayea (1991) demostró que el compost incrementa de manera sobresaliente la población microbiana del suelo, destacándose la presencia de *Azotobacter* y *Trichoderma* en la rizosfera, y que el empleo del inóculo microbiano en el proceso de composteo provoca un aumento de la población microbiana.

Los compost son productos obtenidos mediante un proceso de transformación biológica aerobia de materias orgánicas de diversa procedencia. Es de particular interés para las fincas que puedan disponer de deyecciones zootécnicas y materiales lignocelulósicos de desecho (pajas, tallos, residuos culturales diversos) que son mezclados con las deyecciones, directamente o previo tratamiento. A esta gran variabilidad de las materias originales se añaden las del sistema de compostaje, en relación con las condiciones físicas y los tiempos de maduración (Álvarez, 2005).

Algunos beneficios del compost como fertilizante orgánico (Jaramillo, 2002).

- ❖ El material producido por este método es económico.
- ❖ El material transformado adquiere una relación C/N tal que es capaz de aportar buena cantidad de humus al suelo.

- ❖ El abono es balanceado desde el punto de vista nutricional.
- ❖ El material producido es biológicamente estable.
- ❖ Estimula la diversidad y actividad microbiana en el suelo.
- ❖ Mejora la estructura del suelo.
- ❖ Incrementa la estabilidad de los agregados.
- ❖ Mejora la porosidad total para la penetración de agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.
- ❖ La actividad de los microorganismos presentes en el compost reduce la de los microorganismos patógenos a las plantas, como los nematodos.
- ❖ Contiene muchos macro y micronutrientes, esenciales para el crecimiento de las plantas.
- ❖ Provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica, que se encuentra solo en el suelo y es responsable de su fertilidad natural (Red de Acción Alternativa al Uso de Agroquímicos, 2005).

Cairo *et al.* (1995) señalan que las aplicaciones de compost solo o combinado con zeolita aumenta la estructura, permeabilidad, el porcentaje de agregados estables y el límite inferior de plasticidad.

Mayea (1991) refiere que el compost incrementa de manera sobresaliente la población microbiana del suelo y la presencia de *Azotobacter* en la rizosfera. El producto obtenido es un abono orgánico de alta calidad que en dosis relativamente pequeñas (6-7 t/ha) produce efectos positivos. Tiene además de esa ventaja, la de controlar por antagonismo a otros microorganismos patógenos de las plantas (Bernadac *et al.*, 2013).

2.3 Estiércol ovino

Sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riqueza más elevada en nitrógeno y potasio (Tabla 1).

Tabla 1: Contenido de elementos nutritivos del estiércol ovino

Contenido de elementos nutritivos (%)						
Estiércol de ovino	Materia seca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
	35	14	5	12	3	0,9

El efecto sobre la estructura del suelo es mediano. La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo y el 15% el tercero. Es un producto muy apreciado en hortofruticultura con buenas respuestas agronómicas y sin apenas problemas de gestión. La forma de uso es como enmienda orgánica (Carrasco *et al.*, 2015).

2.4 Los Minerales Naturales

2.4.1. La Zeolita

La zeolita fue descubierta en 1756 por Freiherr Axel Frederick Cronstedt, un mineralogista sueco. Proviene su denominación del griego zéo (para hervir) y lithos (la piedra) que se traduce en “piedras que hierven”, una alusión a la característica peculiar de burbujear cuando se sumerge en agua. Desde entonces, aproximadamente 50 tipos de zeolita natural están reconocidas en el planeta.

La zeolita es el material de origen inorgánico más utilizado como sustrato en Cuba, son aluminosilicatos hidratados generalmente sódicos, su estructura es cristalina semejante a un panal que permite la entrada de iones potasio (K) y amonio (NH_4) y actúa como fertilizante de lenta liberación. Su aplicación sobre el suelo incrementa la retención de NH_4 y de agua, lo que favorece la actividad biológica, como fertilizante de liberación lenta disminuye las pérdidas de nutrientes propios del suelo (Potes, 2000).

Torre (2000) refiere que la zeolita combinada con estiércol incrementa la efectividad del abono orgánico. Grande *et al.* (1995) describen una experiencia en la que estudian como la zeolita disminuye las pérdidas de nutrientes a través de una zona no saturada, comprobando sus resultados.

Este mineral por sus características físico-químicas constituye un recurso importante de gran aplicación en la agricultura, por su contribución en la disminución de las pérdidas de nitrógeno en más de un 30%, sin afectar los rendimientos y la calidad del cultivo, así como la reducción de la contaminación ambiental (Vázquez, 2007).

Cairo (1992) señala que la zeolita se emplea como acondicionadora del suelo y mejora sus propiedades, así como los rendimientos de las cosechas, además brinda la posibilidad de evitar el fraccionamiento del fertilizante, lo cual disminuye los costos,

mejora la fertilidad del suelo, preserva la humedad, evita enfermedades en las raíces de los cultivos y mejora el laboreo de los suelos.

Machado *et al.* (1989) señalan que la aplicación de zeolita logra contrarrestar la disminución del pH provocado por la aplicación de aguas residuales y mejora los contenidos de fósforo y potasio asimilable.

Después de aplicada la zeolita libera los nutrientes según los requerimientos de las plantas y reduce las pérdidas por volatilización, además su utilización ofrece ventajas en el mejoramiento de los suelos de baja fertilidad que requieren el empleo de grandes cantidades de fertilizantes para lograr rendimientos aceptables. En países como Japón emplean este mineral para contrarrestar la baja fertilidad de sus suelos (Hernández, 1990).

Según Páez *et al.* (2006) los beneficios de la zeolita en los suelos son los siguientes:

- ❖ Mejora sus propiedades físicas (estructura, retención de humedad, aireación, porosidad, densidad, ascensión capilar, etc.).
- ❖ Mejora sus propiedades químicas (pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes) aumentando su capacidad de intercambio catiónico.
- ❖ Facilita una mayor estabilidad de los contenidos de materia orgánica del suelo y no permite pérdidas de materia orgánica por mineralización.
- ❖ Aumenta la retención de nutrientes, lo que permite reducir hasta un 50% la aplicación de los fertilizantes minerales que se aplican tradicionalmente.
- ❖ Aumenta la retención de humedad, permitiendo reducir las dosis de riego.
- ❖ La aplicación de zeolita en el suelo reduce significativamente la cantidad de agua y el costo en fertilizantes mediante la retención de nutrientes en la zona de las raíces.
- ❖ Controla la acidez del suelo, incrementando el pH debido a su capacidad alcalinizadora.
- ❖ Mejora el estado estructural de los suelos.
- ❖ Aumenta el aprovechamiento de los fertilizantes químicos, plaguicidas y otros productos aplicados al suelo, pues los incorpora a su masa porosa y los va liberando poco a poco.
- ❖ La estructura porosa de las zeolitas ayuda a mantener el suelo aireado. Una única aplicación de zeolita ofrece beneficios durante mucho tiempo debido a la estabilidad y la resistencia de esta sustancia.

- ❖ Facilita la solubilización.
- ❖ Incrementa la eficiencia del uso de los fertilizantes químicos y orgánicos minerales, en más del 50%.

Autores como Miranda (2010) y Jiménez (2010) refieren que la zeolita es un mineral que puede ser utilizado como sustrato, capaz de favorecer el desarrollo del sistema radical de la planta.

2.5 Los suelos Pardos mullidos medianamente lavados

Según Hernández *et al.* (1999) este agrupamiento de suelos ocupan el 16% de los suelos agrícolas de Cuba. Tienen perfil ABC (3 horizontes) o A (B) C (2 horizontes A y C, el B no está o muy poco definido, de evolución silícea en un medio rico en carbonato de calcio, donde existe un predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1, principalmente montmorillonita, aunque pueda haber también del tipo 1:1 o de hierro. La materia orgánica generalmente está entre 3-6%, en los suelos erosionados puede ser menor que 3%. La carbonatación y su lavado influyen en la formación y distribución del humus. La materia orgánica se distribuye de forma uniforme, pues llega a alcanzar de 2-2.5% a profundidades de 35 a 40 cm. La relación carbono / nitrógeno es entre 10/1 y 11/1.

Son suelos productivos y se pueden cultivar en grandes cantidades de plantas por ejemplo:

- ❖ Hortalizas (zanahoria, pimiento, tomate, rábano, berenjena, calabaza, col, remolacha, perejil, cebolla, melón, lechuga).
- ❖ Cereales y granos (arroz, maíz, sorgo, maní, frijol, soya, alfalfa)
- ❖ Viandas (papa, malanga, yuca)
- ❖ Frutales (Piña, aguacate, cítricos, café, plátano)
- ❖ Pastos y forrajes (Kudsú, pasto Bermuda)
- ❖ Otros (Tabaco, algodón, caña)

Tipo Pardo

Suelos de perfil ABC o A (B) C formados a partir de diferentes rocas, excepto granitoides (areniscas, pizarras, tobas, lutitas, grabo, dibasas, porfiritas, serpentinitas, etcétera). Presenta un horizonte B silíceo, representativo del agrupamiento.

Subtipo:

Mullido: con horizonte A mullido.

Cálcico: con horizonte cálcico en B o C.

Géneros: Carbonatado: con carbonato de calcio desde el horizonte A.

Tipo pardo con carbonatos

Suelos de perfil ABC o A (B) C, de evolución sialítica en un medio rico en carbonato de calcio, donde existe un predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1, principalmente montmorillonita, aunque pueda haber también del tipo 1:1. Durante la meteorización el hierro libre tiende a acumularse, pero por lo general es cuantitativamente menor que en los suelos sin carbonatos.

Los suelos que se forman en las regiones más lluviosas del país (principalmente en las provincias centrales y occidentales) tienden a ser con carbonatos residuales, mientras que en las regiones más secas (principalmente provincias orientales) presentan perfiles con carbonatos secundarios. La carbonatación y su lavado influyen en la formación y distribución del humus, alcanzando generalmente la materia orgánica entre 3 y 6% (en suelos erosionados puede ser menor que 3%), su distribución es uniforme, pues llega a alcanzar de 2 a 2.5% a profundidades de 35 a 40 cm. La relación C-N es entre 10 y 11 (Hernández *et al.*, 2004).

2.6. M. oleifera Lam.

2.6.1 Origen, importancia y distribución de *M. oleifera* Lam

El Marango o Moringa es un árbol originario del sur del Himalaya, nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra distribuido en gran parte del planeta. En América Central fue introducido en el año 1920 como planta ornamental y para cercas vivas. Se encuentra en áreas hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar. Se puede reproducir por estacas o semillas (Foidl *et al.*, 1999).

Esta planta es conocida en Cuba por tilo americano o blanco y todas sus partes son comestibles. Posee alto contenido de proteínas, de vitaminas A, B, C, minerales, además es una de las especies de mayor contenido de aceite con un 35% (Saiz, 2011).

Según García (2013) se conoce con el nombre común de Marango, pertenece a la familia Moringaceae y su nombre científico es *Moringa oleifera* Lam. Reyes (2016) la identifica como *M. oleifera* Lam. con los siguientes sinónimos (*M. pterygosperma* Gaert., *M. moringa* (L.). Millsp., *M. nuxben* Perr., *Hyperanthera moringa* Willd., y *Guilandina moringa* Lam.).

Garavito (2008) le concede gran importancia a *M. oleifera* en la alimentación animal, ya que por los contenidos de proteína y vitaminas puede ser un suplemento de importancia en la ganadería de leche y de ceba, así como en la dieta de aves, peces y cerdos, siempre que haya un adecuado balance nutricional.

Hourtart (2009) refiere que las semillas de moringa contienen un polielectrólito catiónico que ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de las aguas (elimina la turbidez) al sustituir el sulfato de alúmina u otros floculantes. También es posible extraer de sus semillas un aceite alimentario útil, sobre todo para África, donde muchos países carecen de aceites alimentarios. Constituye una materia prima para la industria cosmética (jabonería y perfumería). Su reforestación masiva contribuye a la preservación del medio ambiente ya que resulta un parafuego eficaz.

La única parte del árbol que no debe ingerirse es la raíz, pues contiene una elevada dosis de un alcaloide que puede ser fatal. Todo lo demás es una excelente alternativa ante los alimentos enlatados, empacados, embotellados y procesados (Nevin, 2009). Las hojas de moringa, incorporadas directamente al suelo previenen del ataque de ciertas hongos fitopatógenos como *Pythium debaryanum*, agente causal del damping off (Gopalan, 1994).

Es una planta de gran plasticidad ecológica, capaz de adaptarse a diversas condiciones de suelo y clima, tiene múltiples usos, por lo que constituye una opción para la alimentación humana y animal. Se puede emplear como cerca viva, cortina rompevientos, depuración de aguas, producción de etanol y goma. Esta especie constituye un recurso vegetal de extraordinaria importancia para el trópico (MINAGRI, 2015).

2.6.2 *M. oleifera* y su uso como biomasa forrajera

Esta planta es resistente a la sequía, aunque tiene tendencia a perder las hojas en período de estrés hídrico. Por su alto contenido de biomasa forrajera constituye un recurso fitogenético de gran importancia en los sistemas de producción, el cual puede ser consumido por diversas especies animales (Jarquín *et al.*, 2003).

Es un cultivo de rápido crecimiento en el establecimiento (2 m a los 8 meses), elevada resistencia a la sequía, favorable respuesta en suelos ácidos y alcalinos (300 g de materia seca/ planta/corte), excelente valor nutritivo (17 % de proteína bruta y 85 % de digestibilidad de la materia seca) y palatabilidad. Proporciona un forraje proteico de alta calidad capaz de suplir las deficiencias nutritivas de nuestros pastos y mejorar el

balance energía- proteína de las dietas para la producción de leche y ceba del ganado, así como aportar otros nutrimentos esenciales para elevar la productividad y salud animal (Sánchez, 2012).

Foidl *et al.* (1999) recomiendan la utilización de moringa como forraje fresco para el ganado, con intervalos de corte entre 35 y 45 días, en función de las condiciones de manejo del cultivo, que puede alcanzar una altura de 1,2-1,5 m. Cuando se inicia la alimentación con moringa es posible que se requiera de un período de adaptación y se ha llegado a ofrecer hasta 27 kg de material fresco/animal/día. Los contenidos de sustancias antinutricionales de la moringa, como los taninos y saponinas, son mínimos y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina.

2.6.3 Clasificación Taxonómica

Reino: Plantae

Orden: Brassicales

Familia: Moringaceae

Género: *Moringa*

Especie: *M. oleifera*

La Comisión Técnica de Fitomed (2010) informa que se conoce además con otros nombres comunes, como tilo blanco, palo jeringa y jazmín francés.

Sinonimia:

Guilandina moringa L.

Hyperanthera moringa (L.) Vahl.

Moringa oleifera (L.) Millsp.

Moringa pterygosperma Gaertn.

Moringa zeylanica Burmann.

2.6.4 Siembra y manejo de *M. oleifera*

Según García (2003) esta especie puede propagarse mediante dos formas: sexual y asexual. La más utilizada para plantaciones es la sexual, especialmente cuando el objetivo es la producción de forraje. La siembra de las semillas se realiza manualmente, a una profundidad de 2 cm, y germinan a los 10 días. Este mismo autor refiere que el número de semillas por kilogramo varía de 4 000 a 4800 y cada árbol puede producir entre 15 000 y 25 000 por año. La dosis a sembrar dependerá de la densidad de plantas deseada y de la germinación de la semilla a utilizar de acuerdo al marco de siembra y el porcentaje de germinación.

El tiempo de germinación oscila entre cinco y siete días después de sembrada. La semilla no requiere tratamientos pregerminativos y presenta altos porcentajes de germinación, mayores de 90 %. Sin embargo, cuando se almacena por más de dos meses disminuye su poder germinativo (Sharma y Rains, 1982).

Se puede reproducir por estacas de 1 a 1,40 m de largo, como en el sur de la India según aunque para ser trasplantado en regiones áridas y semiáridas conviene obtener el árbol por semilla, porque produce raíces más profundas (Ramachandran *et al.*, 1980). Los árboles cultivados para forraje se podan para restringir el desarrollo de la copa y promover el crecimiento de nuevas ramas (Ramachandran *et al.*, 1980). Después de cortados rebrotan vigorosamente y dan de cuatro a ocho renuevos por tocón (Nautiyal y Venhataraman, 1987).

Se puede sembrar por estacas o en las cercas vivas para posteriormente cosechar los rebrotes, los que se deben cortar entre 35 y 45 días, en dependencia del régimen de precipitación y fertilización. La siembra se debe realizar en forma escalonada para disponer en todo momento de forraje fresco (García, 2003).

2.6.5. Ecología de *M. oleifera*

En su hábitat natural esta planta crece hasta los 1 400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes y en suelos aluviales y arenosos (Troup, 1921). Ramachandran *et al.* (1980) señalan que esta planta es muy resistente a la sequía y se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India, Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan tan sólo los 300 mm al año.

La moringa es resistente a la sequía y tolera una precipitación anual de 500 a 1 500 mm, crece en un rango de pH de suelo entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, ya que prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos (Reyes, 2006).

Por otra parte, Croess y Villalobos (2008) señalan que es un género de plantas con numerosas especies distribuidas en zonas áridas y semiáridas de la India, Pakistán y el sur de Himalaya.

En Centroamérica se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38°C. Es resistente al frío por corto tiempo, pero no menos de 2 a 3°C. En las temperaturas menores de 14°C no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente (por estacas) (García, 2003). Se localiza hasta 1 800 metros sobre el nivel del mar. Es una especie adaptada a una gran variedad de suelos.

Falasca y Bernabé (2008) señalan que en su hábitat natural las temperaturas medias anuales presentan grandes fluctuaciones. Durante los meses más fríos soporta entre -1°C y 3°C; mientras que en los meses más cálidos de 38 °C a 48 °C. En sentido general se puede decir que es una especie de gran plasticidad ecológica, ya que se encuentra localizada en diferentes condiciones de suelo, precipitación y temperatura (Troup, 1921).

Materiales y Métodos



3-Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Finca “Día y Noche”, perteneciente a la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “28 de Octubre”, ubicada en el Callejón de Los Patos, en la Carretera a Camajuaní: Km 6 $\frac{1}{2}$, municipio Santa Clara, en el área que ocupa la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, durante el período de enero a abril del 2016. La variedad de moringa utilizada fue la *Criolla*, adquirida del Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, con un índice de germinación del 70%. Para determinar la dosis de semilla a emplear en el experimento se consultaron las recomendaciones agrotécnicas para la producción de *M.oleifera*, morera y thitonia establecida por MINAGRI (2015). Se utilizaron 4 semillas por hoyo, para una distancia de siembra de 30x30cm, señalizada con un marcador de madera calibrado a esa distancia, para una densidad de siembra de 111,000 plantas ha⁻¹, utilizando semillas gámicas.

El suelo donde se desarrolló el experimento fue un Pardo mullido medianamente lavado según la clasificación de Hernández *et al.* (1999). Fue preparado con un laboreo mínimo: rotura, primera grada y surcado, todas las labores se realizaron con tracción animal. No se aplicó riego a pesar de realizarse la siembra del cultivo en un periodo poco lluvioso, además de no realizarse control de plagas del cultivo durante el desarrollo del experimento. El diseño empleado fue de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas, cada bloque con 5 m² y la distancia entre bloques de 2 m. El área se mantuvo libre de malezas. Los tratamientos fueron los siguientes:

1-Control

2-N-P-K (6:10:30; 1.12t/ha)

3-10tha⁻¹Compost+Zeolita

4-10tha⁻¹Zeolita

5-10tha⁻¹Compost

A los 90 días de establecido el cultivo se realizó el muestreo del suelo en los diferentes tratamientos y se seleccionaron las plantas a evaluar por parcela, las que fueron extraídas del suelo para determinar la longitud de raíz. El compost empleado fue elaborado en la propia entidad a partir de residuos de paja de arroz y estiércol ovino según la metodología propuesta por Dávila y Cairo (2007). La combinación de paja de arroz y zeolita se realizó teniendo en cuenta la proporción de 3:1. El mineral natural utilizado fue la zeolita cuyas propiedades se muestran en la tabla 2. La

fertilización se realizó de forma localizada en el fondo del hoyo. No se realizó análisis previo al compost obtenido, solo una valoración cualitativa, partiendo de sus propiedades, como refiere Mayea (1994).

Se utilizó el fertilizante químico N-P-K con la proporción 6-10-30:1,12tha-1 lo que corresponde a las dosis de 367 Kg/ha de nitrógeno, 112Kg/ha de P₂O₅ y 335 Kg/ha de K₂O, según la estrategia de fertilización para esta especie.

3.1 Análisis físicos y químicos del suelo:

Las muestras se secaron al aire y fueron maceradas para su posterior tamizaje con un tamiz 2.0 mm de diámetro, que se utiliza para análisis físicos y de 0.5 mm para químicos. Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en los Laboratorios de Suelos y Biofertilizantes del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP).

3.1.1 Coeficiente de permeabilidad:

Se realizó según el método de Henin *et al.*, (1958) donde se calcula el Log₁₀ del coeficiente 10*K, para cada muestra con la utilización de un infiltrómetro siguiendo la fórmula:

$$\text{Permeabilidad} = \text{Log } 10 K \text{ y } K = (e*V)/(H*S).$$

Dónde: K = coeficiente de percolación, e = altura de la columna de suelo, V = volumen en ml de agua percolada en una hora, H = altura de la columna líquida o lámina de agua, S = área de la sección transversal de la columna de suelo dentro del capilar.

3.1.2 Agregados Estables (AE):

Para determinar los agregados estables se empleó el método de Henin *et al.*, (1958). Este método consiste en añadir 5 g de suelo en un erlenmeyer, añadir 200 ml de agua destilada y dejar en reposo 30 minutos. Luego, se somete la solución al golpeteo (40 golpes) durante 20 segundos y se tamiza en un tamiz de 0,2 mm. Permanecen en el tamiz los agregados estables.

3.1.3 pH (H₂O) y pH (KCl)

Método potenciométrico de Hesse (1971) usando la relación de suelo: solución 1:2.5.

3.1.4 P₂O₅

Método de Oniani. Solución extractiva de ácido sulfúrico (0,1 N). Se determinó el P₂O₅ por el método colorimétrico.

3.1.5 Materia Orgánica (MO):

Método colorimétrico de Walkey y Black, por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.

Todos los análisis químicos se realizaron según la Norma Ramal 279 del MINAGRI (NRAG 279, 1980).

Tabla 2. Composición química del mineral Zeolita empleado en el experimento

Material (%)	SiO ₂	AlO ₃	F ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	K ₂ O
Zeolita	57.06	11.91	4.09	1.33	1.45	9.35	1.89

Zeolita (Granulometría) 3mm

3.2 Indicadores agroproductivos evaluados en el cultivo para determinar el efecto de la fertilización organo-mineral.

Los indicadores agroproductivos se evaluaron a los 90 días de establecido el cultivo, ya que en este período el cultivo está apto para ser utilizado como planta forrajera (MINAGRI, 2015).

Los indicadores que se evaluaron en las plantas fueron: altura (m), número de ramas, número de hojas, diámetro del tallo (mm), número de plantas por metro cuadrado y longitud de la raíz. Para determinar la altura, el número de ramas y hojas y el diámetro del tallo se midieron diez plantas por bloque. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

3.2.1 Altura de las plantas (cm). Para este indicador se midió desde la base del tallo dejando de 2.5 a 3 cm del suelo hasta la yema apical de la planta.

3.2.2 Número de plantas /tratamientos

Para determinar el número de plantas se tomaron dos muestras de 10 plantas en un metro lineal, correspondientes a dos surcos del tratamiento y no se consideró el efecto de borde.

3.2.3 Peso fresco y Peso seco de la muestra

Para la determinación del peso fresco se utilizó una balanza analítica de precisión. Las muestras fueron introducidas en la estufa a una temperatura de 160°C por un espacio de 24 horas para la determinación del peso seco.

3.2.4 Tamaño de la raíz (cm): Se utilizó una cinta métrica .Se midió desde la base del tallo hasta la punta dela raíz principal.

3.2.5 Diámetro del tallo (cm): Para la medición del diámetro del tallo se empleó un pie de rey como instrumento de medición.

3.2.6 Número de ramas por planta

Se tomaron 10 plantas por tratamientos en un metro lineal y se contabilizaron las ramas por plantas desde la parte basal del tallo hasta la apical.

3.3 Procesamiento estadístico.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete estadístico **STATGRAPHICS CENTURION**, Version 15.2 sobre Windows XP. Se aplicó análisis de varianza de clasificación simple con la prueba de comparación de medias de Duncan. Además se realizaron las correlaciones de Pearson.

Resultados y Discusión



4-Resultados y Discusión.

4.1 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores físicos y químicos del suelo a los 90 días de establecido el cultivo.

El compost solo y combinado con zeolita utilizado como tratamiento en este experimento originó cambios sobre el estado estructural del suelo, a pesar de no existir cambios sensibles en el criterio de evaluación de los indicadores evaluados. Se muestra que todos los tratamientos difieren cuando se comparan con el Control y el N-P-K, lográndose los mejores resultados en el tratamiento donde se aplica al suelo la combinación de 10tha^{-1} Compost + Zeolita (tabla 3). Los mecanismos de acción del compost como abono orgánico de alta calidad se traducen también en la disminución del límite superior de plasticidad y aumento del límite inferior de plasticidad, en este sentido los mejores resultados fueron obtenidos en el Índice de Plasticidad que varía de muy plástico a poco plástico lo que demuestra el efecto del compost combinado con zeolita sobre las propiedades físicas del suelo, lo que se traduce en rendimiento productivo en las plantas.

Tabla 3. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores físicos del suelo

Tratamientos	FE (%)	AE (%)	Permeab (log 10k)	LSP (%hbss)	LIP (%hbss)	IP
1-Control	65.14c	47.24 d	1.91 d	57.17 a	33.17 c	24.00 a
2-N-P-K (6:10:30 Kg/ha-1)	60.96d	49.75 c	1.88 d	56.70 a	31.97 c	24.73 a
3- 10tha^{-1} Compost+ Zeolita	71.04a	59.52 a	2.89 a	55.20 b	39.67 a	15.52 c
4- 10tha^{-1} Zeolita	64.17c	56.65 b	2.37 b	52.64 c	35.32 b	17.31 b
5- 10tha^{-1} Compost	69.17b	56.40 b	2.20 c	53.34 c	34.40 b	16.43 bc
EE(±)	0.43	0.58	0.04	0.48	1.18	0.74

(a,b,c,d) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$.

Estos resultados evidencian que el uso del compost de paja de arroz combinado con un mineral natural tiene una acción directa en el mantenimiento y conservación de estos suelos los cuales pueden sufrir cambios en sus propiedades debido a la acción antropogénica, sobre todo en regiones tropicales por el uso intensivo y continuo en la agricultura. Autores como Cairo *et al.* (1995), Lugones *et al.* (1996), Machado *et al.* (1999), Cairo (2000), Vilariño (2000), Torres (2003), Tejada *et al.* (2005), Dávila (2007), Montemurro *et al.* (2010), Baeza *et al.* (2013) y Suárez *et al.* (2014) han realizado trabajos que demuestran la efectividad de las combinaciones de abonos

orgánicos y minerales naturales en los suelos Pardos Mullidos medianamente lavados.

El efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores químicos del suelo a los 90 días de establecido el cultivo se muestra en la Tabla 4. El P_2O_5 y K_2O asimilables en los tratamientos en los cuales se emplea el compost solo y combinado con zeolita alcanzaron valores significativos y superiores al tratamiento control, incrementando los porcentajes en suelo de bajo a mediano. Según Fundora y Yepis (2000) la aplicación de fertilizantes orgánicos solo y combinados incrementan los niveles de fósforo y potasio en el suelo con respecto al testigo sin fertilizar, resultado que coincide con Vázquez *et al.* (1994), Caballero *et al.* (2000) y Urrutia *et al.* (2001).

La materia orgánica presenta diferencias significativas entre los tratamientos pero se puede observar que los mayores aumentos de Materia orgánica se presentan en el tratamiento de 10tha-1Compost + Zeolita con valores superiores al Control, manteniendo la categoría de baja. Moron (1994), Sileshi y Mafongoya (2007) refieren que el fósforo asimilable se concentra fundamentalmente en la materia orgánica, la cual contiene altos niveles de este elemento, el pH en agua y en cloruro de potasio tampoco sufre cambios significativos en cuanto a sus categorías, pero si existen diferencias significativas en los tratamientos en que se emplea compost solo o combinado.

Tabla 4. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores químicos del suelo

Tratamientos	pH		MO (%)	P_2O_5 (mg/100g)	K_2O (mg/100g)
	KCL	H ₂ O			
1-Control	5,6 d	6.20c	2,29 d	4,89b	7.88d
2-N-P-K(6:10:30 Kg/ha-1)	5,62 d	6.13c	2,16 e	11,38a	14.80a
3-10tha-1Compost + Zeolita	6,15 a	7.09a	2,84 a	10,06a	12.77b
4-10tha-1Zeolita	5,95 b	6.85b	2,63 c	5,23b	8.05 c
5-10tha-1Compost	5,87 c	6.94b	2,74 b	9,91a	12.33b
EE(±)	0.02	0.02	0.12	0,44	0.06

(a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$.

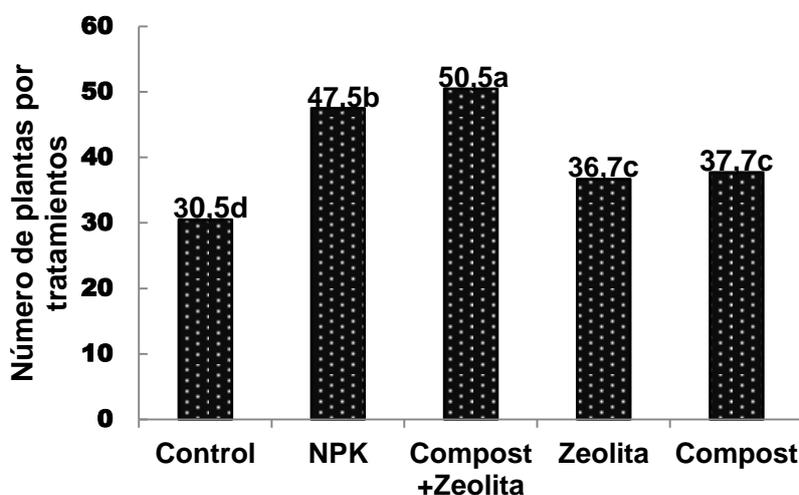
En la evaluación del efecto del compost solo y combinado con zeolita en el suelo, a los 90 días bajo condiciones de altas temperaturas e insuficiente riego, se evidencia su acción sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Cairo (1995), Lugones y

Torres (1997), Machado *et al.* (1997), Rodríguez (2003) y Díaz (2005) realizaron estudios sobre el efecto de los abonos solo y combinados sobre el estado estructural del suelo y demostraron las ventajas de su uso.

4.2 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre algunos indicadores productivos de *M.oleifera*. a los 90 días de establecido el cultivo.

4.2.1 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el número de plantas.

La evaluación del número de plantas por cada tratamiento es uno de los indicadores productivos más importantes en el momento de evaluar índices agroproductivos del cultivo (Figura1). El número de plantas por m² aumentó en valores de hasta 50 plantas en el tratamiento de 10tha-1Compost + Zeolita. Los tratamientos de Zeolita y Compost no muestran diferencias significativas entre ellos, pero sí con respecto al control. Reyes (2004) señala que las altas densidades crean competencia entre las plantas por los nutrientes, la luz y el espacio vital.



(a,b,c,d,) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$

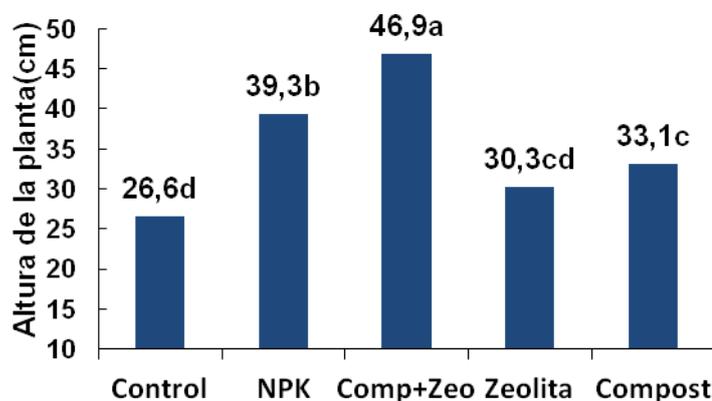
Figura 1. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el número de plantas.

4.2.2. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la Altura de la planta (cm).

Los mejores resultados en el indicador altura de la planta a los 90 días de establecido el cultivo, se alcanzaron en el tratamiento de 10tha-1Compost + Zeolita con

diferencias significativas, cuando se compara con el resto de los tratamientos. Según Sánchez (2012) las plantas de *M. oleifera* en este período pueden alcanzar 5-7 m de altura en dependencia del método de plantación y su fin productivo. Suárez (2014) en estudios realizados en este cultivo con diferentes combinaciones de fertilizantes orgánicos y minerales obtuvo plantas de 1.05 m de altura. Petit *et al.* (2010) al estudiar el comportamiento de moringa, sola o asociada, encontraron resultados similares a los referidos en este trabajo, en lo que respecta a la altura de las plantas. Medina *et al.* (2007) obtuvieron resultados inferiores, a los 60 días establecidos el cultivo en vivero, de 0.55 m de altura y solamente 16 hojas por rama.

Es de destacar la respuesta del cultivo al empleo de fertilizantes químicos los cuales incrementan significativamente el crecimiento del cultivo solo superado por el tratamiento de la combinación 10 tha⁻¹Compost + Zeolita, debido a la influencia que ejerce este tipo de fertilización química en los procesos fisiológicos del cultivo (Garza-Villarreal *et al.*, 2014). Andrade *et al.* (2008) consideran necesario usar la fertilización con N-P-K en los sustratos para aportar nutrientes para el crecimiento de las plantas.



(a,b,c,d,) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$.

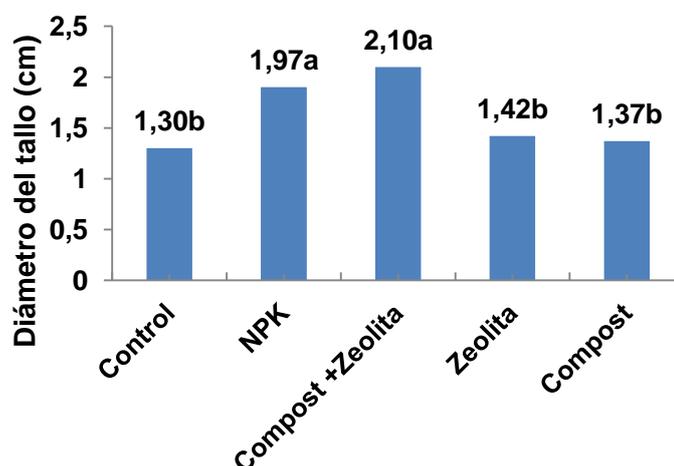
Figura 2. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la altura de la planta.

4.2.3. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el diámetro del tallo.

Al evaluar el efecto del fertilizante organo-mineral sobre el diámetro del tallo se observa que los tratamientos con N-P-K y 10tha⁻¹Compost + Zeolita presentaron

diferencias significativas con relación a los restantes tratamientos (Figura 3). En el experimento el grosor promedio por planta no alcanzó el diámetro medio para esta variedad en este período, (Nautiyal y Venhataraman, 1987; Girón, 1992; Palada y Chang, 2003); en trabajos realizados demostraron que el grosor promedio estaba entre 4 y 16 cm, y que la planta presenta un solo tallo cuando se siembra por semilla botánica.

Lok y Suárez (2014) en experimentos realizados para evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *M. oleifera* y en algunos indicadores del suelo observaron que el diámetro del tallo, en los tratamientos donde utilizaron las combinaciones de fertilizantes orgánicos y minerales alcanzaron los mayores valores, sin diferencias significativas entre ellos.



(a,b) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$.

Figura 3. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre el diámetro del tallo

4.2.4 Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la longitud de la raíz (cm) y número de ramas por plantas.

La aplicación de 10tha^{-1} Compost+ Zeolita muestra resultados significativos cuando realizamos un análisis del indicador productivo tamaño de la raíz. Este resultado evidencia que el cultivo no tolera suelos arcillosos o vertisoles, ni suelos con mal drenaje, su productividad implica una alta extracción de nutrientes del suelo por lo que en su cultivo intensivo debe ser contemplada la fertilización (Vázquez *et al.*, 2014). El número de ramas por plantas varió en los tratamientos entre 5 y 13 ramas por planta.

Estos resultados evidencian el efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre las propiedades físicas del suelo, permitiendo el mejor desarrollo del sistema radical del cultivo. Cairo (2010) y Medina *et al.* (2007) con igual tiempo del cultivo, pero en experimentos con diferentes densidades, obtuvieron entre 10 y 12 ramas por planta. Lok y Suárez en trabajos relacionados con la producción de biomasa forrajera en el cultivo a densidades de 1000 000 plantas ha⁻¹, obtuvieron resultados entre 6 y 7 ramas por plantas.

Tabla 4. Efecto del compost solo y combinado con zeolita sobre la longitud de la raíz (cm) y ramas por planta

Tratamientos	Longitud de la raíz(cm)	Ramas/plantas
1-Control	1.30 b	7.75 c
2-N-P-K (60:90:160 kg/ha-1)	1.97 a	12.5 a
3-10tha ⁻¹ Compost+ Zeolita	2.10 a	13.25 a
4-10tha ⁻¹ Zeolita	1.42 b	9.75 bc
5-10tha ⁻¹ Compost	1.37 b	10.0 b
EE(±)	0.12	0.72

(a,b,c,d,) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan para $p < 0.05$

4.3 Correlaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo y algunos indicadores productivos del cultivo a los 90 días de establecido.

4.3.1. Correlaciones entre las propiedades físicas del suelo y algunos indicadores productivos.

Al realizar un análisis de la correlación entre las propiedades físicas del suelo y algunos indicadores productivos de la planta se comprobó que los indicadores altura de la planta y longitud de raíz mostraron correlaciones altamente significativas con las características físicas del suelo (tabla 5).

En el caso de los indicadores diámetro del tallo y ramas por planta no presentaron correlaciones significativas. Según Cairo (2010) una buena estructura del suelo proporciona una adecuada expresión de los parámetros morfofisiológicos y agroproductivos de la planta. Colás (2007) refiere que los indicadores morfofisiológicos constituyen un elemento importante para evaluar las condiciones de calidad de un suelo, nos sirven para una evaluación integral de la relación suelo-planta.

La condición física de un suelo, determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aereación, capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y retención de nutrientes. Se hace necesario

conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks *et al.*, 2014).

Tabla 5. Correlaciones entre las propiedades físicas del suelo y algunos indicadores productivos de *M. oleifera*

Indicador Productivo	Propiedades Físicas				
	AE	Perm	LSP	LIP	IP
Altura(m)	0.493* 0,027	0.852** 0,000	-0.629** 0,002	0.658** 0,001	-0.912** 0,000
Diámetro del tallo,(cm)	0.203 0,389	0,322 0,165	0,161 0,497	0,386 0,092	-0,041 0,860
Ramas/ plantas	0,316 0,174	0,702 0,092	0,059 0,803	0,340 0,142	-0,247 0,142
Long. de la raíz(cm)	0,936** 0,000	0,873** 0,001	0,642** 0,001	0,565** 0,009	-0,855** 0,000

(*): Correlaciones significativas ($p < 0,05$).

(**): Correlaciones altamente significativas ($p < 0,01$)

4.3.2 Correlaciones entre las propiedades químicas del suelo y algunos indicadores productivos.

La relación de la fertilización de compost solo y combinado con zeolita y algunos indicadores productivos en el cultivo de la moringa se muestran en la tabla 6. La longitud de la raíz, mostró correlación altamente significativa con las características químicas del suelo, los indicadores altura de la planta, diámetro del tallo y ramas por plantas no presentaron correlaciones significativas. Los resultados evidencian la importancia de tener niveles de materia orgánica adecuados en el suelo para incrementar los indicadores productivos en este cultivo. Las características químicas del suelo que cambian por la aplicación de abonos orgánicos y minerales son obviamente el contenido de materia orgánica, derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio catiónico, el pH y las concentraciones de sales. Palada y Chang (2003) sugieren que el cultivo de *M.oleifera* requiere aplicaciones de materia orgánica distribuidos de dos a tres veces al año a razón de 1-2 kg por árbol/año.

Otros autores han realizados estudios sobre la relación de la materia orgánica con algunas indicadores morfológicos y productivos en diferentes cultivos .Colás (2007)

señala que la materia orgánica no manifiesta relaciones significativas con las demás variables. Gattorno (2008) reporta que el pH y la materia orgánica obtienen el mayor % de correlación significativa en relación con el total de las propiedades del suelo. Rodríguez (2010) demuestra que las propiedades químicas resultaron ser las de menor número de correlaciones significativas con el resto de los indicadores productivos.

Tabla 6. Correlación entre las propiedades físicas del suelo y algunos indicadores productivos de *M. oleifera*

Indicador Productivo	Propiedades Químicas			
	pH(H ₂ O)	pH(KCL)	P ₂ O ₅	MO
Altura(m)	0,3380	0,5198*	0,3508	0,3178
	0,1449	0,0188	0,1294	0,1721
Diámetro del tallo,(cm)	0,0896	0,2767	0,0944	0,0437
	0,7073	0,2377	0,6923	0,8548
Ramas/ plantas	0,2609	0,4056	0,2627	0,1944
	0,2665	0,0760	0,2631	0,4115
Long.de la raíz(cm)	0,8565**	0,8575**	0,8736**	0,8395**
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

(*): Correlaciones significativas ($p < 0,05$).

(**): Correlaciones altamente significativas ($p < 0,01$)

Las correlaciones entre los indicadores productivos y las propiedades físicas y químicas del suelo desde el punto de vista estadístico presentan gran significación, ya que se logra conocer si existe correlación de dependencia entre las variables, si una variable esta influenciada por otra u otras variables como es el caso de la altura y la longitud de raíz (Cairo, 2007; Colás, 2007; Acosta, 2010; García 2014).

Las correlaciones presentadas entre los indicadores productivos y las propiedades físicas y químicas del suelo desde el punto de vista práctico demuestran que la altura de la planta y la longitud de la raíz presentan correlaciones altamente significativas, que demuestra la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre estos indicadores morfológicos de la planta. Reyes (2007) refiere que en suelos con valores adecuados de pH y con buenas condiciones estructurales debe haber una respuesta positiva de los indicadores del crecimiento, no así al aumentar la acidez, que disminuye la fertilidad del suelo: menos fósforo y potasio asimilables, más aluminio y menos materia orgánica, lo cual repercute en el crecimiento de la planta.

4.4 Valoración Económica Ambiental

El uso de los fertilizantes organo-minerales en el cultivo de *M. oleifera* contribuye favorablemente a los indicadores productivos del cultivo para la producción de biomasa durante su establecimiento, a pesar de que sus rendimientos e indicadores de crecimiento estuvieron muy por debajo de lo informado para la accesión Criolla bajo las condiciones edafoclimáticas de nuestro país. Esta especie parece provocar disminución de los contenidos de nutrientes del suelo, cuando no se aplican fertilizaciones estratégicas. La aplicación de 10tha-1 de la combinación de compost +zeolita mostró los mejores resultados en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo Pardo Mullido medianamente Lavado en esta etapa de establecido. Estos resultados permiten realizar un análisis económico-ambiental, lo que contribuye con la recuperación del suelo y constituye una práctica en el manejo ecológico del mismo.

4.4.1 Ambiental

Con aplicación de abonos orgánicos se traerían beneficios con respecto a las características químicas y físicas de los suelos, contribuyendo en la asimilación de nutrientes, mejora de estructura y la retención de agua del suelo y soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo (Vicente, 2003).

El aprovechamiento del estiércol ovino, utilizándolo como compost, en el suelo objeto de estudio puede representar una salida económica- ambiental muy favorable.

4.4.2 Económico.

Las alternativas de elaboración del compost, trae muchas ventajas económicas, se puede convertir en un producto de alto valor agregado, un fertilizante natural, abono biológico, o abono organo-mineral, 10tha-1 de Compost + Zeolita equivalen a 145 pesos (MN), donde la Zeolita tiene un valor de 250 pesos (MN) la tonelada.

El uso de la fertilización mineral (N.P.K) representa un gasto de 200-300 CUC por hectárea, lo cual lleva implícito contaminación ambiental y rendimientos no superiores a los obtenidos por esta vía.

La contaminación ambiental, la desertificación, la pérdida de biodiversidad, los cambios climáticos permanecen como evidencia de que el hombre no ha sido conocedor de su naturaleza y se requiere de cambios a corto y mediano plazo.

Conclusiones



Conclusiones

- 1- El tratamiento de 10 t ha^{-1} Compost + Zeolita mejoró significativamente el estado estructural del suelo tanto en las propiedades físicas como químicas.
- 2- La altura de plantas y longitud de raíz mostraron correlaciones altamente significativas con las características físicas del suelo, no ocurriendo así con el diámetro del tallo y ramas por plantas.
- 3- La longitud de la raíz mostró correlaciones altamente significativas con las características químicas del suelo. Los indicadores altura de la planta, diámetro del tallo y ramas por plantas no presentaron correlaciones significativas.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Realizar experimentos con diferentes dosis de compost, combinado con diferentes minerales naturales en otras fenofases y formas de plantación del cultivo.

Bibliografía



Bibliografía

- Aguiar, J. A. 1997.** Aplicación de fuentes minerales y compost en dos suelos de importancia agrícola de la provincia de Villa Clara. Trabajo de diploma. FCA. UCLV.
- Álvarez, P. A. 2005.** Introducción a la Agrosilvicultura. Curso Básico de Capacitación forestal para profesionales del MINAZ. Universidad de Pinar de Río pp.77.
- Arredondo, P. 2002.** Determinación de la Zeolita por medio de la dirección de rayos *InfoAgro*, p.22-28.
- Astier, Marta. 2002.** Hacia la recuperación de la vida en el suelo. *Agroecología* 18 (3): 4-50.
- Balfour, Eve. 1988.** *The living soil. In towards a sustainable agriculture.* Publisher Wirz, Switzerland.
- Cabrera, M. T. 1998.** Estudio de la aplicación de diferentes fuentes minerales y compost en un suelo Ferralítico Rojo. Informe Trabajo Temático Productivo. #119. Sector II Empresa Geominera del Centro, p.46-52
- Cabrera, R. A. y Bouzo, Libia. 1999.** Fundamentos técnico-económicos para el uso de fertilidad y enmiendas en la caña de azúcar. (SERFE). Curso I, INICA. p. 16-22.
- Cairo, P. 2000.** Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña. *Agricultura Orgánica.* p.23-25.
- Cairo, P. 2010.** La fertilidad física del suelo. Conferencia Maestría Agricultura Sostenible.
- Cairo, P.; Machado, J.; Torres, P y Abreu, Inés. 1995.** Utilización del carbonato de calcio como mejorador de las propiedades agrofísicas de los suelos de mal drenaje. Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Libro de resúmenes: p 6-7.
- Colás, Ariany. 2007.** Selección de indicadores de calidad para un suelo Ferralítico rojo compactado. Tesis presentada en opción al Título en Master en en Agricultura Sostenible.
- Crespo, G.J., Rodríguez, I. y Lok, S. 2006.** La fertilidad del suelo y la producción de biomasa. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abonos orgánicos y biogás. Ed. Instituto de Ciencia Animal. p. 223-277.
- Dávila C. A. 2007.** Elaboración de compost con residuos de Centro de Acopio (RCA).UCLV. 43 p.

- Dávila, C.A.** 2014. Efecto de los abonos organo-minerales en tres suelos de importancia económica. Centro Agrícola:
- Díaz, R.** 2005. Producción de compost y su efecto en el crecimiento y desarrollo del híbrido de banano "FHIA-18" Tesis de Diploma.
- Falasca, Silvia & Bernabé, María A.** 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista Virtual de REDESMA*. p.1 [En línea]. <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>. [16 febrero de 2010].
- FAO-OMS.** 2005. Norma alimentaria FAO/OMS. Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas. Reunión 37. [En línea]. http://www.codexalimentarius.net/download/report/641/al28_24s.pdf. (23 febrero de 2013).
- Foidl N., Mayorga L., Vásquez W.** 1997. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Proyecto Biomasa. Managua Nicaragua. (online),
- Foidl, N. et al.** 1999. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal No. 143, p. 341 forestry: Growing conditions and uses. Part i. My forest. 23, 53.
- Gambaudo, S. y Micheluod, H.** 2002. Momento de aplicación de la dolomita para corregir la acidez edáfica Disponible en www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2002/a2002_p157.htm - 22k
- Garavito, U.** 2008. *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. [En línea]. http://www.engormix.com/moringa_oleiferaalimentoecologicosarticulos1891_AGR.htm [18 septiembre de 2010]
- García Roa, M.** 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles. INAFOR. 37 p. [En línea].
- Gattorno, Sirley.** 2008. Evaluación de la fertilidad actual del suelo Ferralítico Rojo bajo.
- Girón L.** 1992. Monografía de *Moringa oleifera*. Monografía preparada para tramitar a
- Gómez, E. y Labrada, E.** 1998. Influencia de cinco tipos de abonos orgánicos en el contenido de N, P; K, asimilables de un Fluvisol típico. *Centro Agrícola* 3: 55-60.

- Grande ,J.A;**Carmona,P.;Gonzalez ,A.;DE LA TORRE,M.L.1995.Aplicacion de zeolita en rocas detríticas para la reducción del tránsito hacia zonas saturadas
- Gregorich, E. G; M. R. Carter; D. A. Angers; C. M. Monreal and B. H. Ellert.** 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian journal of soil science 74: 367-385.
- Groot, J. y Houva, V.**1995. *A comparison different indice for nitrogen mineralization. Biology and fertility soil* 19:1-19, Netherland.
- Hernández, A; Morales, M; Ascanio, M y Morell; F.** 2006. Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. En: VI Congreso Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo (16: 2006mar.8-10: La Habana). Memorias. CD-Rom. Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2006. ISBN 959-7023-35-0.
- Hernández, A; Pérez, J; Bosch, D; Rivero, R; Camacho, E; Ruiz, J.** 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR. p 37-38.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Rivero, L.**1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, 64 pp. ISBN: 959-246-022-1.
- Hernández, L. B.** 1990. Comparación de la zeolita cargada y descargada con la fertilización nitrogenada mineral. Trabajo de Diploma FCA. UCLV. pp. 38
- Hidromórficos de la costa norte de Villa Clara. Tesis presentada en opción al Título
- Houtart, (2009)** Agroenergía Solución para el clima o salida de la crisis para el capital Editorial de ciencias sociales La Habana 2009 pp 166-167.
- <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Agrofor1><http://www.inafor.gob.ni/index.php/publicaciones>
- J. A. Villarreal G., U. Rivera O., R. Foroughbakhch P., M. L. Cárdenas., V.R. Vargas L., A.L. Cortez G.**2014. Evaluación de la Germinación de Tres Ecotipos de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) Bajo Diferentes Sustrato. XI Encuentro de la Mujer en la Ciencia. 14-15 de mayo. En León Guanajuato.
- Jaramillo, D. F.** 2002. Introducción a las ciencias del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 613 pp.
- Jarquín S. J., Jarquín C. M., Reyes N. S.** (2003) Producción de biomasa de Moringa oleífera, bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el

- trópico seco de Nicaragua. Tesis, facultad de ciencia animal, universidad nacional agraria, Nicaragua. 59 p
- Jiménez, E** (2010) Generalidades del cultivo de la M. Oleífera Lam . En: Propagación y mejora de plantas por biotecnología. Pérez, JN. (ed.), p. 13-24.
- Kielland, K. 1994. Amino acid absorption by arctic plants, implications for plants nutrition and nitrate cycling. *Ecology* 75 (8): 2373-2383.
- Kuepper, G.** 2000. *An overview of organic crop production. Fundamentals of Sustainable Agriculture.* <http://www.attra.ncat.org>
- LAF.** 1999. *Avaluació i aprofitament dels residus orgànics d'origen ramader en agricultura. Quadern de Divulgació núm. 5.* Diputació de Lleida.
- López-Gálvez, J. y Naredo, J.M.** 1996. Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. Fundación Argentaria, 294 pp.
- Machado, J y col 1989.** Evaluación del efecto del riego con agua de residuales del CAI Hermanos Ameijeiras sobre algunas características químicas de un suelo pardo sin carbonato.
- Mayea, S.** 1994. Manual práctico de elaboración de compost con inoculo microbiano. Ed. Pueblo y Educación, 30 pp.
- Mayea, S., Acosta Y., Sacerio, K.** 1991. Utilización del compost en el cultivo de la papa. Trabajo de curso. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- Medina, M. G., García, D.E., Clavero, T. e Iglesias, J.M.** 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 25: 83-93
- Miranda, L.** 2010. Conservación y rendimiento de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) producidos en casa de cultivo con zeolita.
- Morales, Mayelin.** 2003. La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo. Tesis de Maestría. FCA. UCLV. 70 pp.
- Morón, A.** 1994. Fósforo: Disponibilidad y dinámica en el suelo. En: Manejo y Fertilidad de suelos. Ed INIA. Montevideo- Uruguay. P-27.
- MORTON, J.F.** 1991. The horseradish tree *Moringa pterygosperma* a boon to arid lands? *Economie Botany (EE.UU.)* (45) 3: 318-333.

- Muñiz, O.** 2001. Los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal. Memorias del II Taller de Suelos. Proyecto Biopreparados. San Antonio de los Baños 5 – 6 de diciembre del 2001.
- Nautiyal B. P., Venhataraman K. G.** 1987. Moringa (drumstick) and ideal tree for social no. 5. In: UNA (ed.), p. 24. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua: ANDI-SAREC.
- NRAG 279,** (1980). Suelos. Análisis químico. 60 p.
- Obertic, A., Quiroga, D. y Premuzic, Z.** 1998. Efecto de la incorporación de un abono orgánico sobre el contenido de vitaminas C e inflorescencia de brocal fresco y procesado XII. Conferencia Científica Internacional sobre agricultura orgánica, Mar del Plata, Argentina. pp 190p.
- Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. Agronomy Journal, 97 (3): 960-967.*
- Padilla, C., Fraga, N. Scull, I. Tuero, R. & Sarduy, L.** 2014. Effect of cut height on indicators of forage production of *Moringa oleifera* vc. *Plain*. Cuban J. Agric. Sci. 48:34
- Páez, O.** 2006. La Zeolita el mineral del universo. Disponible www.eluniverso.com. [Consulta 12 de diciembre 2007].
- Palada M. C., Chang L. C.** 2003. Suggested cultural practices for Moringa. Avrdc, pub #03-545. (online), <http://www.avrdc.org> (accessed on 04/26/2012)
- Peñaloza, E. Martínez, J. Montenegro, A. y Corchera, L.** 2004. Respuesta de dos especies de Lupino a Aluminio fitotóxico Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Disponible en www.scielo.c . [Consulta 16 de junio 2008].
- Petit, J., Casanova, F. & Solorio, F.** 2010. Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje.
- Potes, 2000.** Geocuba , Investigación y consultoría. Calle 4 # 304 esq. A Playa , Ciudad Habana, Cuba .email: claramj@geocuba.cu
- Sánchez, J.** 2012 Estudio del efecto de tres densidades de siembras sobre el rendimiento y valor nutricional de la moringa (*Moringa oleifera*, Lam). Trabajo de Diploma.UCLV.
- R. M. Andrade., H. Ayala, J., T. I. Alía; M. H Rodríguez.; D. C.M. Acosta; M. V. López.** 2008. Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. Rev. Fac. Agron. (Luz) (25): 617-635.

- Raaa (2005).** Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos
- Ramachandran C., Peter K. V., Go-Palakrishnan P. K.** 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*)
- Reglamento Comunitario R (CEE) N° 2092/91**, del consejo de 24 de junio de 1991, sobre producción agrícola ecológica y su Indicación en los productos Agrarios y Alimenticios
- Reveendran, E., Grieve, C. y Manday, I. 1994.** *Effects organic amendments and irrigation water on the physical and chemical properties of two calcareous soil in Bhain environmental.* Monitoring and assesment, 30(2):177-196. Revista Forestal Venezolana 54:161.
- Recomendaciones agro-técnicas para la producción de Moringa Oleifera, Morera y Tithonia.**(2015). *MINISTERIO DE LA AGRICULTURA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE PASTOS Y FORRAJES.*
- Reyes N. S. 2004.** Marango Cultivo y Utilización en la alimentación animal, Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. Serie Técnica Nro 5 2004 pp 6-10.
- Reyes, A.** 2006. Selección de indicadores de calidad de los suelos de Tope de Collantes dedicados a la producción cafetalera. Tesis de Doctorado. INCA 120 pp
- Rodríguez, Alianny. 2010.** Selección de indicadores de la calidad de los suelos
- Rodríguez, D. I. 1999.** Efecto integral de minerales y compost en un suelo oscuro plástico. Trabajo Curso. FCA. UCLV. 36pp
- Rodríguez, Martha. 2003.** Alternativas para el mejoramiento de los suelos ferralíticos rojos con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. 38pp
- Martín, F. Carrasco, I. 2015.** La fertilización mineral en agricultura ecológica
- Singer, M.J. y Ewing, S.** 2000. Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Sileshi, G. & Mafongoya, P.L. 2007.** Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. Biology Fertility Soils 43: 333 sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis Presentada en Opción al título académico de Master en Agricultura Sostenible. Universidad Central de las Villas.

- Suárez, Y. 2014.** Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento.
- Tejada, M., Benitez C and Gonzalez, J.L. 2005.** Effects of Application of Two
- Torres, P. 2003** La caliza fosfatada una alternativa para el mejoramiento de los suelos pesados de la costa norte de Villa Clara. Tesis de Maestría. UCLV. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 85 pp.
- Tonfack L.B., Youmbi E., Amougou A. and Bernadac A. 2013.** Effect of Organic/Inorganic-Cation Balanced Fertilizers on Yield and Temporal Nutrient Allocation of Tomato Fruits under Andosol Soil Conditions in Sub-Saharan Africa. International Journal of Agricultural and Food Research, 2 (2): 27-37.
- Vázquez y Torres, (2006)** Texto Básico de Fisiología Vegetal Editorial Felix Varela "2006 Pp - 315-318.
- Vazquez. I 2007 .** La zeolita el mineral del siglo XX
- Vicente, C. 2003.** Origen de la materia orgánica. Tomado 7 de abril, 2004, de
- Vilariño, Susana. 2000.** Alternativas para el mejoramiento de los suelos Pardos con carbonatos con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. 80 pp
- Yera, Y. 2012.** Evaluación del impacto ambiental de *Bambusa vulgaris* Schrad en un suelo Pardo mullido carbonatado. Tesis de Maestría. FCA. UCLV. 90 pp.
- Zhang, H. 1994.** Organic matter incorporation affects mechanical properties of aggregates. *Soil and Tillage Research* 31: 263-275.

Anexos



Anexos

Tablas de Correlación

(Tamaño de Muestra)

Valor-P

Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05:

	AE	Altura	Diam tallo	IP	LIP	LSP	MO	P2O5	Perm	PF
AE		0,4932	0,2035	-0,9125	0,6580	-0,6299	0,9077	0,9396	0,8525	0,3606
		0,0271	0,3895	0,0000	0,0016	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,1183
Altura			0,7565	-0,3004	0,5191	0,0885	0,3178	0,3508	0,5724	0,8784
			0,0001	0,1981	0,0190	0,7106	0,1721	0,1294	0,0083	0,0000
Diam tallo				-0,0419	0,3860	0,1610	0,0437	0,0944	0,3227	0,6388
				0,8608	0,0927	0,4976	0,8548	0,6923	0,1653	0,0024
IP					-0,6041	0,7428	-0,9757	-0,9557	-0,8060	-0,1765
					0,0048	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,4565
LIP						-0,1210	0,6400	0,5476	0,7289	0,4276
						0,6113	0,0024	0,0125	0,0003	0,0600
LSP							-0,6468	-0,7478	-0,3864	0,1216
							0,0021	0,0002	0,0924	0,6095
MO								0,9391	0,8505	0,1620
								0,0000	0,0000	0,4951
P2O5									0,8229	0,1914
									0,0000	0,4190
Perm										0,4706
										0,0363
PF										
PhH2O										
PhKCL										
	0,0000	0,0188	0,2377	0,0000	0,0013	0,0095	0,0000	0,0000	0,0000	0,1073
Plan Trat	0,4224	0,8786	0,8329	-0,2009	0,3469	0,0616	0,1860	0,2617	0,4528	0,7977
	0,0636	0,0000	0,0000	0,3957	0,1340	0,7964	0,4322	0,2651	0,0450	0,0000
PS	0,3497	0,6950	0,7668	-0,2290	0,1936	-0,0055	0,2321	0,3140	0,3728	0,6030
	0,1307	0,0007	0,0001	0,3315	0,4135	0,9815	0,3248	0,1776	0,1055	0,0049
Raiz Tam	0,9360	0,5480	0,2837	-0,8552	0,5648	-0,6642	0,8395	0,8736	0,7745	0,4573
	0,0000	0,0124	0,2255	0,0000	0,0095	0,0014	0,0000	0,0000	0,0001	0,0426
Ramas plnt	0,3161	0,7816	0,7746	-0,2478	0,3403	0,0059	0,1944	0,2627	0,3867	0,7021
	0,1746	0,0000	0,0001	0,2923	0,1420	0,9803	0,4115	0,2631	0,0921	0,0006

	PhH2O	PhKCL	Plan Trat	PS	Raiz Tam	Ramas plnt
AE	0,9266	0,9249	0,4224	0,3497	0,9360	0,3161

	0,0000	0,0000	0,0636	0,1307	0,0000	0,1746
Altura	0,3380	0,5198	0,8786	0,6950	0,5480	0,7816
	0,1449	0,0188	0,0000	0,0007	0,0124	0,0000
Diam tallo	0,0896	0,2767	0,8329	0,7668	0,2837	0,7746
	0,7073	0,2377	0,0000	0,0001	0,2255	0,0001
IP	-0,9855	-0,9123	-0,2009	-0,2290	-0,8552	-0,2478
	0,0000	0,0000	0,3957	0,3315	0,0000	0,2923
LIP	0,6675	0,6677	0,3469	0,1936	0,5648	0,3403
	0,0013	0,0013	0,1340	0,4135	0,0095	0,1420
LSP	-0,6853	-0,5646	0,0616	-0,0055	-0,6642	0,0059
	0,0009	0,0095	0,7964	0,9815	0,0014	0,9803
MO	0,9735	0,9133	0,1860	0,2321	0,8395	0,1944
	0,0000	0,0000	0,4322	0,3248	0,0000	0,4115
P2O5	0,9361	0,9145	0,2617	0,3140	0,8736	0,2627
	0,0000	0,0000	0,2651	0,1776	0,0000	0,2631
Perm	0,8221	0,9296	0,4528	0,3728	0,7745	0,3867
	0,0000	0,0000	0,0450	0,1055	0,0001	0,0921
PF	0,2051	0,3710	0,7977	0,6030	0,4573	0,7021
	0,3856	0,1073	0,0000	0,0049	0,0426	0,0006
PhH2O		0,9184	0,2320	0,2273	0,8565	0,2609
		0,0000	0,3250	0,3351	0,0000	0,2665
PhKCL			0,4298	0,3683	0,8575	0,4056
			0,0586	0,1100	0,0000	0,0760
Plan Trat				0,8451	0,4912	0,8280
				(20)	(20)	(20)
				0,0000	0,0278	0,0000
PS		(20)	0,8451		0,4512	0,7963
		0,1100	0,0000		0,0458	0,0000
Raiz Tam		0,8575	0,4912	0,4512		0,4332
	0,0000	0,0000	0,0278	0,0458		0,0564
Ramas plnt	0,2609	0,4056	0,8280	0,7963	0,4332	
	0,2665	0,0760	0,0000	0,0000	0,0564	

Anexo 2: Tablas de Categorías de Evaluación.

Para establecer las evaluaciones de dichos análisis se realizaron las clasificaciones establecidas por (Lopez et al. 1981)

Valores de pH(H ₂ O)	Valores de pH(KCl)	Clasificación
< 5.0	< 3.5	Muy ácido
5.0 - 5.5	3.5 - 4.5	Ácido
5.6 - 6.0	4.6 - 5.5	Medianamente ácido
6.1 - 6.5	5.6 - 6.0	Ligeramente ácido
6.6 - 7.5	6.1 - 7.0	Neutro
7.6 - 8.0	7.1 - 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 - 8.5	8.1 - 8.5	Medianamente alcalino
> 8.5	> 8.5	Alcalino

M.O %	
Valores	Clasificación
< 1.5	Muy bajo
1.5-3.0	Bajo
3.1-5.0	Mediano
>5.0	Alto

P ₂ O ₅ mg.g100 ⁻¹	K ₂ O mg.g100 ⁻¹	Clasificación
< 6	< 7	Bajo
6 - 11	7 - 14	Mediano
11 - 15	14 - 20	Alto
>15	> 20	Muy alto

(Fundora y Yepis, 2000)

Para la evaluación de cada una de las propiedades físicas se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Agregados Estables (%)	
>70	Excelente
70 - 55	Bueno
55 - 40	Satisfactorio
40 - 20	Regular
< 20	Malo

Fuente: Laboratorio de suelo (CIAP) UCLV.

Índice de plasticidad (%)	
> 20	Muy plástico
12 – 20	Mediana plasticidad
< 20	Poco plástico

Permeabilidad (log 10 K)		Factor de Estructura (%)	
2.00 – 2.50	Excelente	80 – 100	Excelente
1.50 – 2.00	Adecuada	65 – 80	Bueno
1.00 – 1.50	Regular	55 – 65	Regular
< 1	Mal	< 55	Mal

(Cairo, 2000a)