

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias



Tesis en opción al Título Académico de Master en Agricultura
Sostenible

Alternativas para la utilización del estiércol porcino en la agricultura

Autor: Ing. León Boza Ulises Francisco

Tutores: C. Pedro Cairo Cairo

Santa Clara, 2010

Resumen

La producción de carne de cerdo constituye una actividad altamente contaminante del medio ambiente tanto al agua y al suelo como al aire. Existen muy pocas experiencias sobre la utilización del estiércol en la fertilización de los cultivos y el mejoramiento de los suelos. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar y evaluar alternativas de utilización de residuos sólidos porcinos sobre el suelo, el crecimiento y rendimiento de diferentes cultivos. Se utilizó estiércol porcino en la elaboración de compost con diferentes residuos vegetales: plátano, paja de arroz, boniato y frijol. Las variantes fueron las siguientes: Estiércol porcino (50%) + Res. Boniato (50%); Estiércol porcino (50%) + Res. Plátano (50%); Estiércol porcino (50%) + Res. Frijol (50%) + Estiércol porcino (50%) + Res. Arroz (50%); Estiércol porcino (25%) + Res. Boniato (75%); Estiércol porcino (25%) + Res. Plátano (75%); Estiércol porcino (25%) + Res. Frijol (75%); Estiércol porcino (25%) + Res. Arroz (75%). Se realizó la caracterización química y biológica del compost obtenido. Se montaron 2 experimentos con dichos sustratos y se evaluó un área de producción con plátano establecido durante varios años. Los resultados obtenidos indican que se obtiene, a partir del estiércol porcino un compost de alta calidad en períodos entre 60 y 90 días. Los efectos sobre el suelo y los rendimientos son evidentes, inclusive superiores a la fertilización química. Se pudo comprobar que cualquiera de las variantes de compost estudiadas logra efectos en el mejoramiento del suelo a corto plazo. Los resultados ponen de manifiesto las potencialidades desde el punto de vista económico y ambiental.

	<i>Pág</i>
ÍNDICE.	.
Resumen	
I INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA...	4
2.1 La actividad porcina en la agricultura.	4
2.2 La problemática ambiental en las actividades porcinas	5
2.2.1 Impacto Ambiental	6
2.3 Caracterización de las excretas porcinas.	10
2.4 Aplicación del estiércol porcino en la Agricultura.	11
2.4.1 El compost. Ventajas. Efecto sobre el suelo.	13
2.4.2 Lombricultura.	20
2.4.3 El uso de Biodigestores.	22
2.4.4 Los fertilizantes Inorgánicos.	23
2.4.5 La Agricultura Orgánica. Agricultura Sostenible.	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	29
3.1 Descripción General de la de la investigación.	29
3.2 Elaboración de compost utilizando estiércol porcino. Caracterización Química y Microbiológica de los residuos empleados	29
3.3 Experimento 1.	33
3.4 Experimento 2	34
3.5 Experimento 3	36
3.6 Descripción de los Métodos de Análisis	36
3.6.1 Análisis Físicos	36
3.6.2 Análisis Químicos	38
3.7 .Procesamiento Estadístico	39
4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	40
Caracterización química y biológica de las diferentes variantes de compost elaborado a partir de residuos de cosecha y estiércol porcino.	40
4.1 Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades químicas de un suelo ferralítico rojo compactado en condiciones controladas.	43
Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades físicas de un suelo ferralítico rojo compactado	46
4.3 Efecto de las variantes de compost sobre los componentes del crecimiento de una planta indicadora en un suelo ferralítico rojo compactado.	48
4.4 Efecto de las variantes de compost utilizando estiércol porcino, sobre los componentes del crecimiento de una plantación de Sorgo en un suelo fersialítico pardo rojizo típico.	52
4.5	

	Efecto de cuatro variantes de compost utilizando estiércol porcino, sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de Sorgo en un suelo fersialítico pardo rojizo típico.	54
4.6		
4.7	Efecto del compost sobre el suelo y una plantación de plátano.	56
4.8	Valoración del Impacto Económico y Medioambiental	58
5.0	CONCLUSIONES.	61
6.	RECOMENDACIONES.	62
7.	BIBLIOGRAFÍA.	63
8.	ANEXOS.	

INTRODUCCION

Uno de los problemas más graves que enfrenta la humanidad en la actualidad, a nivel mundial, es la conservación del medio ambiente. Entre sus diversos aspectos podemos incluir, reducir a niveles permisibles la degradación y contaminación de los suelos, así como recuperar la fertilidad de los suelos degradados, siendo éstos a su vez objetivos priorizados para el desarrollo de una agricultura sustentable.

En este sentido, el aprovechamiento de los residuos orgánicos ha cobrado gran importancia en los últimos años, haciendo énfasis en la transformación de los residuos potencialmente peligrosos en un recurso agronómico de gran valor, debido a su capacidad de mejorar en cantidad y calidad la materia orgánica (valor como enmienda) y el contenido de nutrientes (valor como fertilizante) de los suelos.

La acumulación de desechos orgánicos producidos por la actividad humana bien sea agrícola, Industrial o domestica causa deterioro del paisaje contaminación del medio ambiente y problemas sanitarios. (Madrid y Castellanos, 2006).

Es conocido que los residuos de origen animal (vacuno, avícola, porcino), generan un problema ambiental. A nivel mundial se reconoce que los problemas más severos que provoca la porcicultura son: (1) Contaminación del agua superficial y subterránea por el nitrógeno y fósforo contenido en las excretas debido al alto porcentaje de las proteínas y micro nutrientes disponibles en los granos y oleaginosas que forman parte de las dietas convencionales de la crianza porcina moderna; (2) Deterioro de la

calidad del aire por la generación de gases tóxicos (CO_2 , NH_3 , CH_4 , H_2S) ; (3) Contaminación por metales pesados (Cu y Zn); (4) Contaminación microbiológica porque las bacterias presentes son microorganismos indicadores de contaminación de patógenos que ocasionan daño a la salud humana (*Escherichia coli*, Coliformes fecales, etc.).

Por otro lado, en Cuba, la producción de cerdos reviste gran importancia dentro de la producción animal. El beneficio social de la explotación del cerdo es enorme, por lo económico de su producción y las grandes posibilidades que brinda a la alimentación humana y a la economía nacional. (Boada, 2005)

En los asentamientos rurales, donde están enclavadas la mayoría de las instalaciones agropecuarias (convenios porcinos) y donde las familias campesinas se caracterizan por la crianza de animales, que generan grandes volúmenes de desechos, es necesario darle un tratamiento o manejo adecuado a los mismos debido a que constituyen un elemento contaminante del agro ecosistema.

En nuestro país, el Ministerio de la Agricultura, viene realizando un gran esfuerzo por desarrollar a niveles sostenibles la crianza porcina con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria en materia de la proteína de origen animal que necesita la población, a la vez que se proyecta por la utilización de todos los residuos orgánicos en función del desarrollo de una agricultura orgánica capaz de mitigar los efectos de las cargas contaminantes que generan las excretas porcinas. Una de las vías más aconsejables para lograr tales propósitos puede ser la realización de compost a partir de la utilización de los residuos de las cosechas en mezclas con el estiércol porcino sólido.

El compostaje, es una técnica practicada desde hace mucho tiempo por los agricultores, como una manera de estabilizar estiércoles y otros residuos orgánicos con la finalidad de utilizarlos como abonos, es un proceso aeróbico de transformación de los residuales sólidos orgánicos, que implica el paso por una etapa termófila y origina al final dióxido de carbono, agua y minerales, como productos de los procesos de degradación, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas, y dispuesta para su empleo en la agricultura (Quiñones, 2008).

Es conocido por todos que la mayoría de los campesinos de nuestro país al recoger la cosecha, queman posteriormente los residuos argumentando que dicha actividad la realizan para “limpiar el campo y poder realizar las labores de preparación de tierras”. Esto trae consigo efectos dañinos al suelo y al medio ambiente, originando la degradación de los suelos por la erosión y emitiendo hacia la atmósfera el dióxido de carbono almacenado por las plantas mediante la fotosíntesis. (Martínez, 2000)

Los residuos de las plantas constituyen una parte muy importante de un suelo productivo, pues sirven como fuente de alimentos energéticos y para el crecimiento de los microorganismos del suelo. Los microorganismos que efectúan la descomposición de la materia orgánica y las sustancias orgánicas formadas en dicho proceso, producen efectos beneficiosos sobre el estado de agregación del suelo. (Bear, 1963).

En los momentos actuales, nuestro país viene dando pasos acelerados hacia el logro de una agricultura sostenible, tratando de no dañar el medio ambiente y buscando la estabilidad de los agro ecosistemas.

Todas las consideraciones anteriores nos conducen a plantearnos la siguiente Hipótesis.

Hipótesis

La aplicación de compost a partir del estiércol porcino sólido en mezclas con residuos de cosecha, puede mejorar la fertilidad y las condiciones estructurales de los suelos y contribuye a reducir la contaminación del medio ambiente

Objetivo General

.

Obtener a partir del estiércol sólido porcino y residuos de cosechas un compost de buena calidad y evaluar su empleo como abono orgánico.

Objetivos específicos

1. Evaluar la factibilidad de obtención de compost a partir de los residuos sólidos porcinos.

2. Determinar el efecto de diferentes variantes de compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.
3. Evaluar el efecto del compost de estiércol porcino sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas bajo diferentes condiciones experimentales.
4. Evaluar la factibilidad económica y ambiental del empleo de compost a partir de estiércol porcino.

2 Revisión Bibliográfica

2.1 La actividad porcina en la agricultura.

La actividad porcina es una de las actividades más antiguas de la producción animal, la cual se ha sostenido hasta nuestros días constituyéndose en la principal fuente de proteína de origen animal en el mundo con una producción que en el año 2000 ascendía al 39% de las carnes para un consumo per cápita de 15.01 kg.

La mayor cantidad de carne que se produce en el mundo es la de porcino con 93.5 millones de toneladas, seguida de la de ave con 68.5 y la de bovino con 59.9; (Ramírez, 2000).

Hacia la Edad Media, el estiércol de los animales domésticos juega un papel preponderante en la economía agraria, en donde la excreta animal era una exigencia para el abonamiento de los cereales, símbolo alimenticio de la Europa Medieval, llegando a adquirir tanta importancia que en muchas partes se encuentran cuidadosos registros de estercoleros y en los cultivos se controlaba muy escrupulosamente el volumen de estiércol necesario.”. (SAC, 2002).

Con el surgimiento del Grupo de Producción Porcina, se inicia el proceso de recuperación de la producción porcina en el país, la incorporación creciente de otras formas de producción campesina en el desarrollo de la cría de cerdos, y el desarrollo creciente del extensionismo en todo el país, mediante los servicios técnicos territoriales porcinos. Existen en Cuba condiciones objetivas para un desarrollo considerable de la porcicultura. (Heredia y Muñiz, 2004).

Según reportes oficiales, en el año 1989 se produjeron 102,3 miles de toneladas de carne de cerdo, que comparado con la producción alcanzada en el 2008, (141.0 miles de t.) se puede apreciar el avance alcanzado. Este incremento esta dado fundamentalmente por el incremento de los convenios porcinos en el sector cooperativo y campesino.

En el municipio de Encrucijada existían en el 2004, 20 convenios porcinos y en el 2009 este número ascendió a 76, la masa porcina se triplicó. Por un lado este aumento trajo aparejado un beneficio económico y social por el aumento en el consumo de proteína de origen animal, pero por otro lado los problemas ambientales aumentaron por el incremento de la carga contaminante generada.

En el año 2008 se comercializaron 14000 cerdos en el municipio. La masa porcina mensual asciende a un promedio de 5500 cerdos que generan un promedio de 12.5 t. de excretas / día. (Estadísticas, Porcino, municipio, 2009).

2.2 Problemática ambiental

Cuando hablamos de crianza porcina enseguida nos viene a la mente los problemas de la contaminación y es que ciertamente la base de todas estas preocupaciones es el convencimiento de que los animales son contaminadores. Un cerdo produce una cantidad de excretas equivalente al de 2.5 personas. (Hoyos, 2006).

La contaminación del agua es causada por la mayoría de las actividades humanas, con los siguientes cambios en la materia orgánica: 1) el número de microorganismos aumenta, 2) el oxígeno disuelto disminuye, 3) la vida de otros organismos (peces, fito y zooplancton) se afecta negativamente.

El crecimiento de la rama porcina debe ir acompañado de acciones que protejan el medio ambiente. En los últimos tiempos el mal manejo de los residuales porcinos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más acuciantes a nivel nacional. Hay centros dedicados a la cría de cerdos que no tienen sistemas de tratamiento, están en mal estado, o su ubicación y diseño no es el más adecuado. (Periódico Granma, 2009).

La cría del ganado porcino, a pesar de ser una actividad importante, desde el punto de vista económico y social, es considerada por los órganos de fiscalización

ambiental, como una actividad de gran potencial contaminador (Perdomo y Lima, 1998).

Hasta la década del 70, los excrementos de cerdos no generaban muchos problemas para los criadores, debido a que la concentración de animales en las propiedades era pequeña. El aumento de la producción, trajo como consecuencia, el aumento de volumen de excrementos producidos por área. Los componentes contaminantes de los excrementos de cerdos aparecen en concentraciones suficientemente altas y pueden constituir un riesgo de desequilibrio biológico, cuando no son manejados adecuadamente. En Brasil son producidos anualmente, de 32 a 51 millones de toneladas de excrementos de cerdos. (Martins, 1996).

El Programa de Medio Ambiente y Desarrollo (2007) contiene los lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente. Sus objetivos y acciones responden al logro de la sostenibilidad. (Programa Provincial Científico Técnico de Medio Ambiente, 2007).

Sin lugar a dudas, uno de los residuos que genera mayor controversia es la excreta porcina debido al volumen generado y a sus características físico-químicas que dificultan su manejo. (Guía Ambiental, 2007).

2.2.1 Impacto ambiental.

Un impacto ambiental es el daño que se puede causar sobre la flora o la fauna, el suelo, el agua, el aire o el clima y sobre el hombre mismo, incluido sus componentes culturales o económicos. (NC 521, 2007). La problemática medioambiental de las explotaciones de porcino se ha generado paralelamente al desarrollo del sector. El gran volumen de residuos producidos es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el sector.

Efecto sobre el agua.

a) Problemática originada por la materia orgánica

En el medio acuático, el oxígeno es un elemento escaso. El vertido de los residuos generados en una granja porcina puede afectar a las masas de agua tanto superficiales como _subterráneas, con incidencias distintas según el componente de las excretas que se considere. (Informe, Charco Hondo, 2008)

Agua superficial:

El vertido directo de la materia orgánica puede llegar a las masas de agua superficiales. Los microorganismos que se encuentran en este medio deben asimilar esta materia orgánica incrementando su biomasa. Este hecho puede alterar el equilibrio de las masas de agua provocando su “eutrofización”, es decir, un desarrollo de la actividad de las plantas acuáticas e incremento de la biomasa, que conlleva una disminución del oxígeno disuelto en el agua. El agua eutrofizada, puede significar un elevado riesgo. El nitrógeno y otras unidades minerales pueden tener también incidencias negativas al alcanzar las aguas superficiales, provocando efectos similares a los descritos para la salud humana y no podrá ser utilizada para sus usos normales. (N.C. 29, 1999)

Agua subterránea:

La materia orgánica es retenida por el suelo y por ello difícilmente puede alcanzar las masas de agua subterráneas. Esta situación es similar para el fósforo, potasio y gérmenes patógenos, que por sus características difícilmente alcanzan profundidades superiores a los dos metros. La profundidad es una variable ecológica que afecta a las bacterias.. Los efectos del nitrógeno son distintos. Este elemento se encuentra en los residuos ganaderos en dos formas fundamentales, amoniacal o forma mineral y en forma orgánica. Una vez incorporado a los suelos se produce en medio aerobio, una mineralización de los compuestos nitrogenados hasta la forma de nitratos, asimilables por los cultivos, previo paso por la forma de nitritos. El nitrógeno es ahora soluble, y como consecuencia es arrastrado por las aguas de precipitación o riego hacia capas más profundas, llegando a alcanzar a las corrientes y masas de aguas subterráneas.

b) Problemática originada por los nutrientes:

En el medio acuático el excedente de nutrientes acelera el proceso natural de eutrofización. En los pantanos, lagunas y zonas costeras el aspecto más visible de este proceso, es el aumento incontrolado de plantas acuáticas. Esta proliferación excesiva de plantas acuáticas produce, en la columna de agua, dos zonas: 1) En la zona fótica hay un excedente de producción de biomasa y una sobresaturación de oxígeno debido a la fotosíntesis realizada por las algas, principalmente en las horas

de luz, mientras que por la noche, debido a la respiración, el consumo de oxígeno y la producción de anhídrido carbónico son considerables. Estas condiciones con sobresaturación de oxígeno, alteraciones de pH en incremento de turbidez limita la presencia de vida acuática y provoca una disminución de la diversidad, desaparición de especies originarias, aparición de algas con capacidad de producir toxinas y mortalidad de organismos. 2) En la zona afótica el consumo de oxígeno es continuo, como también lo es el aporte de materia orgánica de la zona superior y su sedimentación, llegándose a crear condiciones anoxias con la consecuente producción de metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y anhídrido de carbono. (Abeliovich, 1982)

Efecto sobre el suelo.

Los daños originados por el esparcimiento de elevadas cargas orgánicas en este medio sería consecuencia de los productos liberados en su descomposición. Los residuos de porcino, con elevada materia orgánica que se estima entre un 30 a un 50%, contienen compuestos que van a ser susceptibles de oxidación. Inicialmente se oxidarán los componentes carbonados dando lugar a Anhídrido carbónico, hidrógeno y amoníaco y posteriormente los compuestos nitrogenados mediante el proceso de nitrificación, donde el amoníaco pasa a nitritos (NO_2) y finalmente a nitratos (NO_3). Estos procesos se llevarán a cabo por bacterias existentes en el suelo y en el agua. Cuando el vertido de residuos se realiza en forma indiscriminada y continuada, la fracción sólida del estiércol ocasiona en primera instancia una acción mecánica, la cual consiste en una colmatación por taponamiento de los poros del suelo, disminuyendo la capacidad de drenaje del terreno. Posteriormente comienza una acción química en donde se presenta una degradación estructural del suelo, básicamente por acción del sodio (Na); finalmente y como consecuencia de la acumulación progresiva de los residuos, se genera una acción biológica consistente en el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el hombre.

Problemática originada por los nutrientes:

. El nitrógeno (N) aportado a los suelos con el estiércol de cerdo y mediante la fertilización mineral, puede ocasionar efectos tóxicos si su concentración es superior a 4 gr.kg^{-1} . Un enriquecimiento progresivo de nitratos en los suelos produce efectos a largo plazo que afectan la producción y originan problemas fitotóxicos, de infertilidad de suelos y contaminación de aguas freáticas. Los nitratos son bastante móviles en el suelo y sino se absorben por las plantas se lixivian con facilidad, incorporándose al agua del suelo y emigrando a capas profundas, por lo que contaminan las aguas subterráneas. La presencia de nitratos en agua por encima de $50 \text{ mg NO}_3 \text{ lt}^{-1}$. hace que no sea apta para su consumo. (Higiene Pecuaria, 1972). Los fosfatos tienen una reducida movilidad en el suelo y sus pérdidas son casi nulas. Debido a la poca movilidad que tiene este compuesto en el suelo, el paso de fosfatos al agua se debe fundamentalmente a procesos de erosión superficial originados por aguas de escorrentía. El fósforo (P_2O_5) raramente puede llegar a provocar daños en los suelos y cultivos, salvo por efectos de competencia con otros elementos. El potasio (K_2O) no suele ocasionar problemas en los suelos, salvo en caso de estar ocupados por praderas que sean pastadas por ganado bovino; en este caso pueden provocarse daños causados por la competencia entre el potasio y el magnesio, ocasionando un desequilibrio que interfiere en la salud de los bovinos. (Fundora, 2008).

Efecto sobre el aire:

La problemática de compuestos volátiles originados por actividades ganaderas, con relevancia medio ambiental y susceptibles de alterar las características de la atmósfera, se centran principalmente en las emisiones de amoníaco y metano.

- **Amoníaco (NH_3):**

El amoníaco se volatiliza principalmente de la orina después de la descomposición de la urea por la enzima ureasa amonio; la urea es la fuente de aproximadamente el 85% del amoniaco que proviene de los alojamientos de los cerdos. El amoniaco (NH_3) proviene del ión NH_4^+ . Las fuentes más importantes de génesis de esta molécula son las actividades agrarias, correspondiéndoles el 80.6% a residuos ganaderos y el 19.2% restante a los fertilizantes químicos. La tendencia en la producción de amoniaco es, igual que con el metano, exponencial: en Europa

desde 1950 se ha incrementado en un 50% las emisiones. La volatilización sucede cuando la concentración de amoníaco en la superficie es superior a la concentración de amoníaco en el aire. En caso contrario hay deposición. Se combina fácilmente con compuestos ácidos (H_2SO_4 , HCl y HNO_3) presentes en la atmósfera dando lugar a aerosoles amoniacales, forma que le permite recorrer grandes distancias. Las deposiciones de NH_4^+ son transformadas muy rápidamente en NO_3^- por nitrificación, lo cual conlleva la acidificación del suelo (puede bajar hasta un $\text{pH} = 4$). Como consecuencia, muchas especies vegetales, características de ecosistemas frágiles, pueden desaparecer. (Montserrat y col. 1993).

- **Metano (CH_4):**

Se produce principalmente por la descomposición bacteriana de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. De los 500 millones de toneladas anuales liberados actualmente a la atmósfera, el 70% es imputable a la actividad humana y principalmente a la agricultura y a la ganadería

Efecto ecológico: El metano interviene en diversos aspectos y reacciones de gran importancia para la atmósfera: en la troposfera, participa en el calentamiento de la tierra y puede aumentar la concentración de ozono; por el contrario, en la estratosfera contribuye a la destrucción de la capa de ozono.

Tanto el CO_2 como el CH_4 son gases que absorben las radiaciones infrarrojas que proceden de la superficie de la tierra, formando una especie de capa que no permite que el calor se elimine hacia el espacio, dando lugar al conocido efecto invernadero. El metano se oxida en la atmósfera dando lugar a monóxido de carbono (CO) que, mediante nueva oxidación, pasará a dióxido de carbono (CO_2). Por lo tanto, la contribución del metano al efecto invernadero es doble: directamente, por absorber las radiaciones infrarrojas; indirectamente, al transformarse en CO_2 . (Methane to Markets 2006).

- **Dióxido de Carbono (CO_2):**

Es un gas formado por la combustión de materia orgánica. Las principales fuentes antropogénicas de emisión a la atmósfera son la combustión de carburantes fósiles y

los incendios forestales. Su tiempo de permanencia en la atmósfera es de 100 años. La producción de CO₂ en ganadería deriva principalmente, de la respiración animal y de los subproductos de su metabolismo. Su contribución a tal aumento es menospreciable.

2.3 Caracterización de las excretas porcinas.

La porquinaza esta formada por heces fecales y orina, mezcladas con el material utilizado como cama, residuos de alimentos polvo, otros y agua en cantidad variable proveniente de las labores de lavado. Se cuantifica en cantidades de excreta por día y por animal. También se expresa en cantidades por 100 kilos de peso vivo. La orina representa el 45 % de la excreta y los sólidos el 55 %.El contenido de humedad de la excreta esta alrededor del 88 %; el contenido de materia seca es del 12 %. El pH varía entre 6 y 8.

En las excretas, el nitrógeno total kjeldhal, se compone principalmente de nitrógeno orgánico y amoniacal. Del nitrógeno total producido, el 60% esta en forma amoniacal y el 40% en forma orgánica. La gran mayoría del nitrógeno de las heces fecales es orgánico, mientras que la totalidad del de la orina es amoniacal.

El estiércol porcino, tanto sólido como líquido (purines) contiene una cantidad mayor de nutrientes (N, P, K) que el de otros animales de granja, razón por la cual debe ser utilizado en compostaje para mitigar los problemas medioambientales que ocasiona y lograr un reciclaje de dichos nutrientes. (I.T.G. 2007).

Tabla 1. Estiércol Porcino sólido.

	kg t ⁻¹		
	N total	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)
Porcino de cebo cama acumulada	7,2	7,0	10,2
Porcino de cebo cama con limpieza con arrobadera	9,1	10,9	11,2

Fuente ITP 1997

2.4. Aplicación del estiércol porcino en la Agricultura

Como ya hemos planteado anteriormente, la producción de cerdos impacta aire, suelos y agua, con emisiones de nitrógeno, potasio, metales pesados y patógenos; genera malos olores y ruido y su mal manejo estropea el paisaje.

La contaminación implica no solo un deterioro del ambiente, sino también una fuga de energía y nutrientes, lo cual, a la postre, significa un desaprovechamiento de los recursos. (Cervantes y col. 2000; Yescas, 2004).

Todas estas desventajas señaladas se pueden solucionar con un manejo adecuado de las excretas. Los tratamientos pueden ser:

- Instalación de biodigestores para la producción de Biogás.
- Utilización de lagunas anaeróbicas y facultativas.
- Empleo de plantas acuáticas (Algas) en las lagunas de residuales (Lemna sp.)
- Utilización de los residuales sólidos y líquidos en mezclas con residuos de cosecha para la fabricación de compost.
- Vermicompost. Utilización de la lombricultura para estabilizar los residuales.

➤ **Valor agronómico como fertilizante.**

Las excretas de cerdo, en estado sólido o en su estado líquido (purines), constituyen una excelente fuente de nutrientes para el desarrollo de las plantas, en forma de abono orgánico. Son un recurso valioso que debe ser reutilizado en las explotaciones, aplicándolo al suelo durante los períodos de cultivo, con el método que más se adapte a las necesidades del productor, en base a las características de la explotación y a las exigencias ambientales. (Herrera y Peralta, 2005).

Desde tiempos remotos los campesinos relacionan los estiércoles, las hojas podridas e incluso la “basura” de la casa con los abonos orgánicos, esto es correcto, pero subrayando que estos materiales biodegradables deben ser transformados por la acción de los microorganismos y del trabajo humano ya que tienen efecto sobre el suelo, pues mantienen la flora microbiana del suelo, mejoran las propiedades físicas e hídricas del mismo, posibilitan mayor cantidad de nutrientes, incrementan la calidad de las cosechas, elevan y estabilizan la fertilidad de los suelos, aumentan la composición nutricional de los productos agrícolas (ACTAF, 2007), citado por Ribalta, (2008).

Una práctica muy conocida y aplicada en el mundo entero es el uso de estiércol de diversos animales para restituir nutrientes al suelo, tiene la ventaja de que además de restituir los elementos mayores, aporta otros que han sido exportados del campo con las cosechas y enriquece el suelo con materia orgánica tan necesaria para mantener su fertilidad, (Simón y col, 1995).

Burbano (1998) establece que las siguientes propiedades hacen ventajoso el uso de los estiércoles:

1. La rápida mineralización, lo que se traduce en un aporte rápido de nutrientes.
2. Los nutrientes que contiene son disponibles inmediatamente para la planta.
3. Incrementan la actividad microbial en el suelo al ser aplicada (buena fuente de energía).

2.4.1 El Compost.

En el sector rural la problemática del destino de residuos de cosecha (R.C), en el caso de labranzas convencionales o poco conservacionistas, o aquellos producidos por desmalezamientos mecánicos, es un elemento importante a considerar ya que gran parte de ellos no son incorporados para su posterior degradación y mejora de las propiedades del suelo, sino que los mismos probablemente son retirados del lote, y en su mayoría son quemados, produciendo un doble efecto, el de contaminar el medio y el perder la energía posible de obtener a partir de su reutilización. La trascendencia del problema marca la necesidad de encarar acciones de investigación y experimentación, que apoyen la implantación de tecnologías que tiendan a minimizarlo. Por todo lo expuesto, el problema de los residuos comienza en el mismo momento de su generación y continúa hasta el lugar final de depósito.

El compostaje es una alternativa de reutilización. Por ello definimos al compost como "un proceso biológico controlado de conversión y revalorización de sustratos orgánicos (subproductos de la biomasa, desechos orgánicos de origen biológico, etc.) en un producto estabilizado", (Mustin, 1987).

La elaboración de compost (biotierra) es un procedimiento que 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 sobre la materia. (Mayea y Querol, 1995).

El compost aplicado al suelo suministra nutrientes a la vez que es un mejorador de las condiciones físicas y químicas del suelo (Muller, 1965; Peixoto, 1988).

Según INTEC, (2002) la alternativa del compostaje, consiste en un proceso natural que es reforzado y acelerado por la mezcla de desechos orgánicos con otros ingredientes (residuos vegetales, por ejemplo) de una manera predeterminada para un crecimiento microbiano óptimo.

El compost se elabora con desechos que hay que alejar por constituir problemas, ya que en ocasiones hay que sacarlos de los campos después de la cosecha y además pueden convertirse en focos peligrosos que dañan el entorno y la salud vegetal, animal y humana (Cuadros, 1990).

Otra modalidad para el tratamiento de los residuales es la elaboración de compost para fertilizar las plantaciones que se siembran para la alimentación de los cerdos. (ACTAF, 2009)

Según Rodríguez, (2003) la aplicación de materia orgánica al suelo permite reciclar cantidades importantes de nutrientes y produce altos niveles de actividad biológica.

Fabricar y utilizar compost es una ciencia. Hay muchas formas de lograr un compost de forma eficiente, entre ellas por ejemplo se plantea que la elaboración del compost debe iniciarse en los días de luna llena o luna nueva y así se promueve la descomposición de los materiales utilizados. (Funes, 2008).

El compost, además de proveer nutrientes a las plantas, mejora las condiciones físico-químicas y biológicas de los suelos. La aplicación de este fertilizante ayuda al incremento de nitrógeno en los cultivos, en el equilibrio de la mineralización de los compuestos nitrogenados y en la descomposición del material fibroso. (Ramos, y Pérez, 2009).

El compostaje es un proceso biológico aerobio en el que los sólidos orgánicos húmedos son oxidados a formas biológicamente estables como el humus. Para un compostaje adecuado es esencial el mantenimiento de la humedad más favorable para el crecimiento bacteriano. (Eweis y col. 2000; Stegmann y col. 1991).

El compostaje, se puede definir como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permitan el manejo de las variables del proceso, y que tienen como

objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico- químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como compost (Sztern y Pravia, 1999)

La efectividad de la materia orgánica que se aplica al suelo depende del tipo de materia orgánica y del tipo de suelo. Los estiércoles muy bien descompuestos tienen mejor efecto sobre el estado de agregación del suelo, que los menos descompuestos. (Cairo, y Fundora. 2005).

Mayea, (1991), citado por Dávila (2007), planteó que el compost incrementa de manera sobresaliente la población microbiana del suelo, destacándose la presencia de *Azotobacter* en la Rizoflora, y que el empleo del inóculo microbiano en el proceso de composteo provoca un aumento de la población microbiana.

Kolmans y Vázquez, (2001), citado por Tandron, (2005), recuerdan que el compost es el aprovechamiento de desperdicios por micro y macroorganismos, los cuales lo descomponen y degradan transformándolo en sustancias de complejidad variable, el humus. Consiste en mezclar desechos de animales, vegetales, ceniza y elementos minerales proporcionándoles niveles de humedad, aeración y temperatura favorable a la actividad de los mismos y macroorganismos capaces de convertir esos materiales en compuestos orgánicos estabilizados. (Rodríguez, 2003).

Labrador y col. (1993), citado por Dávila (2007), plantean que esta técnica es empleada por los agricultores como un medio de aporte complementario de suplementos orgánicos baratos y fácilmente accesibles para sus tierras. A través de ella todos los productos orgánicos son reciclados y vueltos a introducir como compost en la dinámica del ciclo orgánico en el agro ecosistema, al compostar estos restos se imita el proceso de transformación que ocurre en el suelo de un bosque, la fermentación aerobia de las mezclas de materiales orgánicos en condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrientes, cuentan con la intervención de bacteria, hongos y numerosos insectos.

Según Ramírez, (2009), el composteo consiste en la descomposición aeróbica en rangos de temperatura termofilica (40 a 60°C); los desechos sólidos tienen microorganismos nativos no patógenos que bajo condiciones adecuadas, se

multiplican, crecen y descomponen el material. Para que se pueda llevar a cabo el proceso es necesario una relación C;N de 50:1, un PH entre 5.5 a 8, tener partículas pequeñas y bien mezcladas, además de una humedad de 50 a 60 %.

Cairo y col, (1995) en experimentos bajo condiciones controladas arribaron a la conclusión de que las aplicaciones de compost solo o combinado con zeolita aumentaba significativamente el % de materia orgánica, el fósforo asimilable, el % de agregados estables, la permeabilidad, el factor de estructura y el límite inferior de plasticidad.

El compostaje es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos. Bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros organismos aeróbicos, digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples (Rynk, 1992)

El compostaje es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de los materiales de desecho, que se lleva a cabo bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, originando un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo,(Peña, 2002).

Este abono orgánico se construye con el estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas, desperdicios orgánicos domésticos y papel, (Rynk, 1992)

El compostaje o "composting" es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener compost, abono excelente para la agricultura, (Abad, 2002).

➤ **Ventajas del compost.**

La fertilización orgánica a través del compost es una alternativa válida fundamentalmente para pequeñas extensiones, pero también puede ser realizada a mediana o gran escala. Sin embargo, a medida que se incrementa el volumen de fabricación se hace necesario utilizar mayor cantidad de recursos materiales y financieros, lo cual puede hacer insostenible el proceso. (Van Horn, 1995):

- Reduce el peso y el volumen del material de comienzo a aproximadamente 50%, lo cual facilita el manejo.
- Los altos niveles de actividad microbiana asociados a las elevadas temperaturas en la pila, hacen inviables las semillas de malas hierbas, plantas y animales patógenos y degrada contaminantes que pueden existir en los materiales.
- Favorece la producción de humus, que es el complejo químico y fracción mas estable de la materia orgánica en el suelo.

Según Aborgánicos del Huila (2004), las ventajas de los abonos orgánicos son las siguientes:

- Permanecen en el suelo por largo tiempo.
- Son más estables que los fertilizantes químicos y el suelo se manifiesta fértil por largo tiempo.
- Estimulan el desarrollo de microorganismos benéficos del suelo.
- Mejoran la relación suelo, agua, aire, nutrientes.
- Retienen mayor cantidad de agua en el suelo
- Mejoran las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo,

Los patógenos son organismos que pueden resultar dañinos para los humanos, los animales y las plantas. El incremento de la temperatura alcanzado durante el proceso de composteo, unido a la **competencia** y el antagonismo entre los grupos de microorganismos son elementos que reducen considerablemente el número de agentes patógenos animales y vegetales en el producto final. En la Tabla 2 se recoge la temperatura y el tiempo necesario para la destrucción de algunos patógenos y parásitos presentes en el residuo a compostar:

Tabla 2. Ejemplos del umbral de **muerte de algunos microorganismos que están presentes en el proceso de composteo.**

Organismo	Temperatura y tiempo de exposición .
Salmonella typhosa	Se elimina rápidamente en la pila de compost.son

	suficiente 30 min. 55-60 °C para su eliminación
Salmonella sp.	Se destruye al exponerse una hora a 55 °C o 15-20 min. a 60 °C
Shigella sp.	Se destruye al exponerse una hora a 55 °C
Escherichia coli	La mayoría muere con exposición de 1 hora a 55 °C o 15-20 min. a 60 °C
Taennia saginata	Se elimina en unos pocos minutos a 55 °C
Larvas de trichinella spiralis	Mueren rápidamente a 55 °C e instantáneamente a 60 °C
Micrococcus pyogenes var. Aureus	Muere después de 10 min. de exposición a 50 °C

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

- El material producido por este método es económico.
- La producción puede hacerse en la finca, con lo cual se ahorran costos de transporte.
- El material transformado adquiere una relación C/N tal que es capaz de aportar buena cantidad de humus al suelo.
- El material producido es biológicamente estable.
- Efecto del compost en el suelo**
- Estimula la diversidad y actividad microbiana en el suelo.
- Mejora la estructura del suelo
- Incrementa la estabilidad de los agregados

- Mejora la porosidad total la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces
- Provoca la formación de humus, complejo mas estable de la materia orgánica que se encuentra solo en el suelo y es responsable de su fertilidad natural (Raaa, 2005)

Dentro de los beneficios del compost, podemos señalar los siguientes:

- Acondicionador de suelo. El compost tiene un gran potencial como enmienda orgánica o restituidora de materia orgánica en el suelo.

Disminuye los riesgos de contaminación y olores. El compostaje puede disminuir la contaminación por nitratos y la emisión de olores.

- Además, el estiércol posee una relación C/N superior al compost, por lo que al ser aplicado al suelo este queda inmovilizado y no disponible para el cultivo, a diferencia del compost, que tiene una relación C/N que facilita la disponibilidad del nitrógeno.

La relación C/N es importante porque en un buen número de casos el contenido de humus del suelo depende de ella, pues a medida que se amplía, el grado de lignificación es mayor y a su vez la descomposición se hace más lenta. (Cairo y Fundora. 2005).

En fincas agroecológicas se presentan posibilidades en cuanto a disponibilidad de los materiales para compostar, tanto provenientes de la agricultura (residuos de cosecha y otros) como del componente ganadero (estiércoles) lo cual facilita el acopio de los materiales. (Aleman, 2008).

Los residuos de plantas son la mayor fuente de energía y nutrientes para los microorganismos heterótrofos en los agro ecosistemas, además de aportar materia orgánica al suelo, la cual es un componente importante de la calidad de este que determina muchas características como la mineralización de nutrientes, la estabilidad de los agregados, la captación favorable de agua y las propiedades de retención (Doran y col. 1998).

➤ **Efectos del compost sobre el suelo**

El contenido de materia orgánica en el suelo puede incrementarse a corto plazo en un 25% y más aun a mediano o largo plazo (5 a 8 años).

- Continúa descomponiéndose o mineralizándose cuando se incorpora al suelo.
- Estimula la diversidad y actividad microbial en el suelo.
- Mejora la estructura del suelo; la estabilidad de los agregados se incrementa, se mejora la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.(Cairo y Fundora, 2008).

Provoca la formación de humus, complejo mas estable de la materia orgánica que se encuentra como componente del suelo y es responsable de la fertilidad natural, acumulando y solubilizando nutrientes que libera gradualmente, de acuerdo con los requerimientos de las plantas. (Funes y Monzote., 2005)

2.4.2 Lombricultura.

En la actualidad dos aspectos que han alcanzado categoría de crisis a nivel mundial son el problema de la alimentación humana y la contaminación ambiental.

Nuestro país no está exento de esta situación, por lo que cada día se estimula más por parte del Gobierno la política de reciclar todo tipo de desecho, con el objetivo de descontaminar el medio ambiente y de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, para obtener nuevas fuentes de energía, alimento animal y/o humano. Por ello es de gran importancia estudiar las posibles vías de reciclar los residuales porcinos, los cuales constituyen un contaminante considerado entre los más agresivos, y evidentemente una de las formas de aprovechar los mismos, es mediante la lombricultura.

La lombricultura se define como la técnica para la bioxidación y estabilización de los residuos sólidos orgánicos mediante la acción combinada de las lombrices y los microorganismos. Esta práctica aprovecha las ventajas derivadas de la actividad de ciertas especies de lombrices, las cuales aceleran la descomposición y humificación de la materia orgánica, ya sea de modo directo mediante la alimentación y el desplazamiento a través de galerías, o indirecto por el estímulo de la actividad microbiana. (Calero y Martínez, 2001).Con la aplicación de la lombricultura se logra:

- Humus de lombriz: un fertilizante orgánico de excelente calidad para el mejoramiento de los suelos y la nutrición de las plantas.
- Un control efectivo y económico de los contaminantes sólidos.

La materia orgánica biodegradable constituye el alimento de la lombriz y a la vez el sustrato donde va a desarrollar su ciclo de vida. (Ramón y col, 1987).

Las fuentes principales de materia orgánica, denominadas convencionales por su amplio uso, son los estiércoles vacuno, porcino, ovino, equino y de conejo. Estos pueden utilizarse solos. Los residuos de cosechas, desechos sólidos urbanos, restos de madera, cartón gallinaza y otros, constituyen fuentes secundarias y se utilizan para mezclas con los primeros (Calero y Martínez, 2001).

La excreta porcina es biotransformada por la acción de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* en humus con un alto por ciento de recuperación de la materia seca, obteniéndose menor biomasa en el proceso al ser comparada con la excreta vacuna.

-El residual líquido porcino puede ser empleado en el riego de los sustratos para la cría de *Eisenia foetida* al igual que el agua potable.

-La utilización de excreta porcina mezclada con residuos de la industria azucarera (bagacillo o cachaza) en el proceso de biotransformación a partir de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*, produce concentraciones de humus similares a la excreta porcina y una concentración de biomasa de lombriz similar a la excreta vacuna. (García y col. 2009) Emplear efluente de biodigestores mejora el crecimiento de las lombrices de tierra pero no la cantidad de composta producida ni la eficiencia de transformación. (Méndez y col. 2005).

Según Dávila (2007), la aplicación del humus de lombriz mejora la estructura del suelo ya que favorece la formación de agregados estables y aumentan:

La eficacia de las labores del terreno evitando su erosión.

La porosidad del suelo favoreciendo la permeabilidad del agua y aireación.

La capacidad de retención de agua del suelo, por lo que disminuye el consumo de agua de riego.

_Los niveles de materia orgánica total y humificada del suelo, incrementando su capacidad de intercambio cationico y suministrando a las plantas sustancias fitohormonales (auxinas, giberelinas, citoquinonas).

La cantidad y diversidad de hongos, actinomicetos y bacterias del suelo, favoreciendo la formación de micorrizas arbusculares.

Las actividades de diferentes enzimas del suelo que favorecerán la disponibilidad de los nutrientes asimilables para los cultivos vegetales.

El pH de suelos ácidos, evitando la absorción de elementos contaminantes por las plantas.

La resistencia de las plantas a las plagas, inhibiendo el desarrollo de bacterias y hongos fitopatógenos (González y Morejón, 2002).

Las lombrices de tierra proveen abono orgánico y proteína animal cuando se utilizan para descomponer desechos orgánicos industriales, todos residuales, basura y desechos agropecuarios, como el estiércol animal. (León y col., 1992)

La utilización de las lombrices para la transformación de los residuos orgánicos de origen vegetal y animal enriquecen sucesivamente los valores nutritivos de las sustancias, que al ser aplicada al suelo en forma de humus, es una realidad que pone de manifiesto la posibilidad de sustituir parcialmente los fertilizantes minerales, Cabrera, (1988).

En algunos países la fertilidad del suelo se mide de acuerdo a la cantidad de lombrices que habiten en estos. El humus de lombriz es un material rico en calcio, nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio. Además contiene buenas cantidades de auxinas y hormonas vegetales que actúan sobre la germinación y el crecimiento de las plantas.

2.4.3 El uso de Biodigestores.

Otra forma de mejorar la calidad de la materia orgánica es la fermentación anaeróbica por medio de biodigestores. La digestión anaeróbica se propone como una alternativa para convertir la materia orgánica de los desechos porcinos en biogás, un combustible natural actualmente explotado en diferentes sectores a nivel mundial. (Guardado, 2010). Los nutrientes (N y P), que también son muy abundantes en las aguas residuales porcinas, pueden ser recuperados en forma de Estruvita

($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), un mineral con excelentes propiedades fertilizantes. (Doyle y Parsons, 2002).

. Los cambios químicos que provocan en el suelo la materia orgánica en general y el bioabono en particular, son:

1. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
 2. Causa un efecto tampón (buffer) en el pH del suelo.
 3. Aporta macro nutrientes para el consumo de las plantas.
 4. En suelos arenosos, favorece la adherencia de partículas, lo que origina una estructura granular que facilita la labranza, la aireación y el movimiento del agua.
- 2 En suelos muy pesados se mezcla con las arcillas para producir suelos bien aireados.
3. Disminuye la pérdida de suelos por erosión.

El bioabono puede usarse como sustituto total de los fertilizantes químicos o como complemento de éstos. (Guardado, 2003).

2.4.4 Los fertilizantes Inorgánicos

En la actualidad escasea la materia prima para la producción de fertilizantes y los precios se incrementan, por lo que obtener una alta eficiencia se hace cada vez mas necesario especialmente en las condiciones naturales del trópico, abundantes lluvias, y características de los suelos donde aumentan las perdidas de fertilizantes por diferentes vías, causando pobre utilización de los mismos (Cabrera y Bouzza, 1999; Colás, 2007)

Una de las causas que origina la degradación de los suelos, entre otras, es el empleo excesivo de fertilizantes inorgánicos en áreas de cultivo intensivo, provocando afectaciones a los cultivos por exceso de sales y también al estado estructural del suelo, así como también puede ocurrir la contaminación del manto freático, con efectos dañinos para la salud humana y animal y también a los cultivos por la aplicación del riego con agua contaminada por las sales.

Se ha comprobado que el uso excesivo de fertilizantes químicos puede provocar graves problemas en el medio ambiente (Addiscott, 1990). En el suelo las aplicaciones de fertilizantes provocan modificaciones en el pH, en la estructura y por tanto, en su ecosistema (Vilariño, 1996). Por todo esto es que se recurre a otros materiales orgánicos y minerales para fertilizar los suelos agrícolas sin agredir al medio.

Cuando se utilizan sistemas de tratamientos en los suelos, ya sean químicos o mecánicos, con el fin sólo de producir y elevar los rendimientos de las cosechas, se producen cambios sustanciales en las condiciones de vida de la microflora edáfica, con destrucción de las asociaciones microbianas y cambios de su actividad funcional y bioquímica. El fenómeno que resulta de estas alteraciones ecológicas, es la degradación paulatina de la fertilidad de los suelos debido fundamentalmente a la pérdida de la materia orgánica (en cantidad y calidad), la obtención de productos cada vez con menor calidad para su consumo y la contaminación del ambiente. (Martinez, 2003).

Entre las acciones que deben ser consideradas para evitar el proceso de degradación de los suelos y la pérdida de calidad de la materia orgánica en éstos, tiene una importancia capital la aplicación de abonos orgánicos, especialmente los que tienen una estructura química y composición microbiológica estabilizada, ya que evitan el deterioro del equilibrio microbiano y facilitan un suministro “programado de los nutrientes”, a la par que garantizan la incorporación de sustancias húmicas al sistema coloidal del suelo (captura de carbono). (Gandarilla y Col., 1995).

Morales, (2003) considera que la fertilidad del suelo es entendida en su expresión mas amplia como la transformación de la materia orgánica en humus, el cual al unirse a la arcilla forma el complejo arcillo-humico, asegurando a su vez la formación de agregados estables en el suelo, una bioestructura favorable a la retención y circulación del agua y por tanto la penetración de las raíces de la plantas en el suelo.

.La sustitución de fertilizantes minerales por abonos orgánicos permite aumentos productivos sostenibles económicamente, reducen la contaminación del suelo y del

manto freático y favorecen las condiciones para el desarrollo de la biota del suelo y sus propiedades hidrofísicas y químicas. (Pérez y Hernández 2007)

2.4.5. La Agricultura Orgánica vs. Agricultura Sostenible.

La capacidad productiva de los suelos disminuye, por verse afectado los niveles de materia orgánica, con la consiguiente pérdida de estructura del horizonte superior, menor disponibilidad de nutrientes y el notable aumento de los volúmenes de escurrimiento superficial del agua de lluvia. La materia orgánica mejora la estabilidad estructural aumentando la capacidad de cambio de cationes, la capacidad de retención de agua, favoreciendo su circulación y la del aire, y permitiendo la fijación de nutrientes por las plantas, lo cual influye directamente en un aumento en la producción y calidad de la misma. (García y col., 1992).

La Agricultura Orgánica es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola. Esta promueve el uso de los fertilizantes orgánicos por los beneficios que reportan a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (ACTAF, 2008).

Han sido varias las definiciones dadas al termino “agricultura orgánica”, Bernward, (1997), citado por (Rodríguez, 2003) plantea “Existen fuertes evidencias para decir que agricultura orgánica es sustentabilidad llevada a la practica”.además es un sistema integral en el que la explotación agrícola es visto 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 abonos orgánicos incrementan las formas orgánicas e inorgánicas de los nutrientes asimilables de los suelos. Raveendran y col, (1994), Groot y Houba, (1995) y Gómez y Labrada, (1998), encontraron que la concentración de nutrientes en los abonos orgánicos influye en el contenido de nutrientes asimilables del suelo.

La importancia fundamental de su necesidad en las tierras obedece a que los abonos orgánicos son fuente de vida bacteriana del suelo sin la cual no se puede dar la nutrición de las plantas. Para aprovechar la aplicación de los minerales contenidos en los fertilizantes, las plantas requieren que se los den "listos" para asimilarlos y esto solo es posible con la intervención de los millones de microorganismos contenidos en los abonos orgánicos que transforman los minerales en elementos "comestibles" para las plantas, de ahí la importancia de utilizarlos conjuntamente. Dicho de manera concreta, sin abonos orgánicos no hay proceso alimenticio aunque se apliquen fertilizantes, y lo que es peor aún, si no son aprovechados los minerales adicionados de los fertilizantes éstos se convierten en sales insolubles y lejos de ayudar al desarrollo de las plantas las deprime, abate y mata. Los abonos (de origen orgánico) actúan aumentando las condiciones nutritivas de la tierra pero también mejoran su condición física (estructura) y aportan materia orgánica, bacterias beneficiosas y (en ocasiones) hormonas y por supuesto también fertilizan. Los abonos actúan más lentamente que los fertilizantes pero su efecto es más duradero y pueden aplicarse mas frecuentemente pues no tienen secuelas perjudiciales, Los abonos también calientan la tierra; en tierras donde no hay presencia orgánica suficiente, estas son frías y las plantas crecen poco y mal; por el contrario, en tierras porosas por la aplicación constante de abonos orgánicos, se tornan calientes y favorecen el desarrollo de las raíces, principal vía de nutrición de plantas y pastos. (Abonos Orgánicos, 2010).

También, los abonos orgánicos afectan favorablemente en las propiedades físicas de los suelos tales como formación de agregados y retención de humedad (Zhang, 1994).

Las plantas fertilizadas con fuentes orgánicas son menos atacadas por insectos plagas al tener un balance más adecuado de nutrientes. Según Alemán (2008), lo planteado fue descubierto por el científico francés Francis Chaboussou, quien demostró la dependencia entre la calidad nutricional de las plantas y la aparición de plagas.

Debemos entender que la vida es algo mas que sustancias químicas, solo cuando un suelo esta balanceado puede crecer una planta sana y transmitirse sustancias y energía como alimento. Por ello debe referirse al abonado del suelo y no a la fertilización del cultivo. (Antunes, 1999).

Las estadísticas sobre agricultura orgánica, labranza cero y agricultura de conservación, muestran cada vez mas 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).

Los agricultores orgánicos evitan o restringen en gran medida los fertilizantes y pesticidas químicos sintéticos, así como los reguladores del crecimiento y los suplementos al forraje del ganado (Geier, 1998).

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 a largo plazo y con un alto valor biológico para la salud humana (Oberti y col., 1998).

Según Cabrera, (2009) La agricultura orgánica se inserta dentro del término de agricultura ecológica y agricultura sustentable. La agricultura ecológica sienta sus bases en un manejo sostenible y sustentable, mediante las experiencias que posee el campesinado de nuestro país. La aplicación de técnicas de laboreo mínimo, la introducción de biofertilizantes, el uso de biorreguladores para el control de plagas, la

aplicación de compost, entre otras técnicas que son poco agresivas al medio ambiente y que contribuyen a minimizar el efecto del cambio climático.(Altieri, 1996).

La sostenibilidad se refiere a la capacidad de un agroecosistema para mantener la producción durante todo el tiempo frente a las adversidades ecológicas y a las presiones económicas de un largo plazo (Altieri, 1996 a), considera que la agricultura sostenible facilita una mayor eficiencia y estabilidad en la producción, que se logra mediante el uso de prácticas agroecológicas de manejo tales como; el uso de la cubierta vegetal, como medida efectiva de conservación de suelo y la humedad; la incorporación regular de materia orgánica a partir de los residuos del mismo cultivo o de aplicaciones de compost que estimulan la actividad de la biota edáfica; la potenciación del reciclado de nutrientes a través de rotaciones de cultivo, sistemas de mezcla cultivo-ganado, entre otras actividades.

La agricultura sostenible y el encarecimiento de los fertilizantes minerales, han propiciado un gran empleo de los abonos orgánicos en la agricultura, lo cual se debe a sus grandes posibilidades como mejoradores de las propiedades físico-químicas del suelo, así como portadores de macro y micro elementos esenciales. (Pérez, 1997).

En Cuba, desde el mismo triunfo de la Revolución, la protección de los recursos naturales ha sido tema de permanente preocupación por parte del Gobierno, realizándose una encomiable labor de educación a los productores y dirigentes del sector agrario. Como resultado de esta labor, se han introducido de manera acelerada diferentes métodos para la producción de abonos orgánicos, fundamentalmente mediante las técnicas de compostaje y la lombricultura, la primera conocida y aplicada en Cuba desde épocas remotas y la segunda introducida desde Europa en la década de los ochenta del siglo pasado.(Martinez, 2007)

La agricultura moderna se enfoca hacia la sostenibilidad de los sistemas de cultivos agrícolas, donde no se degrada el medio ambiente y por lo tanto se mantenga la fertilidad del suelo. En nuestro país, para alcanzar un sistema sostenible de producción, la estrategia de sustitución de insumos necesita evolucionar hacia un enfoque de sistema de producción agroecológica. Solamente haciendo cambios de

mayor alcance hacia sistemas agrícolas regenerativos que sustituyan a aquellos basados en insumos, aunque estos insumos sean biológicos u orgánicos, será posible incrementar la sostenibilidad a largo plazo. (Funes, 2006).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción General de la Investigación.

El montaje de la investigación comenzó el día 12 de Marzo del 2009 en la Finca del productor porcino Ernesto Morales Pérez perteneciente al Municipio de Encrucijada. En varias fincas colindantes se recolectaron residuos de cosecha de Arroz (la planta sin las espigas), Plátano (hojas y pseudo tallos), Frijoles (la planta con algunas vainas secas) y Boniato (esquejes y hojas verdes y secas) y se utilizaron distintas proporciones de los mismos en mezclas con residuos sólidos porcinos también recolectados de varios convenios porcinos del municipio. Se montaron 4 variantes de compost con 2 tratamientos cada uno. Posteriormente se aplicaron los compost obtenidos en dos experimentos, los cuales se describen mas adelante.

3.2 Elaboración de un compost utilizando estiércol porcino. Caracterización química y microbiológica de los residuos.

El mismo consistió en comprobar la factibilidad de utilización de las excretas porcinas en la elaboración de compost y sus posibles beneficios en la agricultura y el medioambiente. Primeramente se procedió a entongar los diferentes residuos en pilas a una distancia de 5 metros entre ellas en el lugar seleccionado y se mezclaron en las siguientes proporciones;

- Estiércol porcino (50%) + Res. Boniato (50%).**
- Estiércol porcino (50%) + Res. Plátano (50%).**
- Estiércol porcino (50%) + Res. Fríjol (50%).**
- Estiércol porcino (50%) + Res. Arroz (50%).**
- Estiércol porcino (25%) + Res. Boniato (75%).**
- Estiércol porcino (25%) + Res. Plátano (75%).**

- Estiércol porcino (25%) + Res. Fríjol (75%).
- Estiércol porcino (25%) + Res. Arroz (75%).

Las pilas de compost elaboradas fueron de 1.2m. de ancho por 1.5m. de largo y 1m. de altura.

Los residuos de cosecha se trocearon con machete para facilitar la descomposición y tenían el siguiente por ciento de humedad

- Res. Boniato 67% de humedad
- Res. Plátano 72% “ “
- Res. Fríjol 12 % “ “
- Res. Arroz 12% “ “

Para elaborar las pilas se siguió el método por capas y sobre cada capa de restos se añadió el estiércol, mojando cada capa.

Durante el composteado se determinó el inicio del aumento de la temperatura, el inicio de la fase termofílica y la duración del composteado.

Las pilas se volteaban entre 5 y 7 días y se mojaban hasta alcanzar un 60% de humedad, la cual se mantuvo permanente aplicando el riego a las mismas de forma manual.

No se presentaron lluvias en todo el período, el cual transcurrió muy seco con temperaturas altas, por lo que hubo de mantener un chequeo constante de la humedad.

Según Monzote y col. (1999), en estudios realizados con compost estáticos “es significativo que sin voltearlos, en solo 2-4 meses fue posible contar con el abono listo para aplicar con buena calidad, destacándose los que se realizaron en meses de altas temperaturas y precipitaciones, lo que al parecer influyó determinantemente en el proceso de compostado.(ACTAF, 2008).

Como criterio de haber alcanzado la etapa de madurez se utilizó la no elevación de la temperatura después del último viraje, el color la textura y el olor del

compost. Se realizaron los análisis químicos en el Laboratorio de Suelos de la Delegación de la Agricultura en la provincia de Villa Clara.

Las características químicas de los residuos empleados aparecen continuación:

Tabla 3. Caracterización química de los residuos empleados.

Residuo	N	P	K	MO.	C	C/N	PH
Boniato	2.24	0.17	1.11	89.05	51.65	23 : 1	--
Plátano	1.10	0.17	1.32	87.25	50.60	46 : 1	--
Fríjol	1.10	0.16	1.82	86.06	49.92	45 : 1	--
Arroz	0.72	0.16	0.36	77.15	44.75	62 : 1	--
Estiércol	2.05	3.51	0.56	76.93	44.62	21.76	7.0

Para el nitrógeno se utilizó la técnica del reactivo de Nessler.

Para el fósforo: método colorimétrico con metavanadato de amonio.

Para el potasio: método fotométrico de llama.

Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de la Provincia de Villa Clara.

La caracterización microbiológica se realizó en el Laboratorio del IBP.

Tabla 4 Caracterización microbiológica de los residuos (U F C / g)

Tratamiento	Hongos	Bacterias	Actinomicetos	Hongos Celulolíticos
Boniato	3.4×10^9	2.0×10^{12}	2.5×10^4	1.2×10^7
Fríjol	1.2×10^9	2.3×10^{13}	1.4×10^4	1.7×10^7
Arroz	6.0×10^8	5.9×10^6	5.4×10^5	2.0×10^8
Plátano	4.5×10^8	1.8×10^{10}	2.6×10^5	1.3×10^5
Estiércol Porcino	1.0×10^9	2.2×10^{10}	1.1×10^4	2.0×10^5

La descomposición transcurrió lentamente sin cambios muy rápidos de temperatura hasta las 6 semanas. Posteriormente ocurre un proceso mas acelerado con ataque de los microorganismos. La temperatura bajo estas condiciones no sobrepasa los 35-45 °C.

En la etapa final, 70 a 90 días, interviene en el proceso numerosas cantidades de macroorganismos, la pila toma un color y olor característico lo cual es indicativo de que el compost esta concluido.

Rivero y Martínez, (2001) al estudiar el efecto de la incorporación de compost sobre la calidad de la materia orgánica del suelo en condiciones del trópico demostraron que mayoritariamente en los países tropicales se elabora compost de forma natural o en montones que es sistema abierto, donde se colocan los residuos orgánicos en pilas de tamaño variables las cuales son volteadas periódicamente o bien permanecen estáticas en cuyo caso habrá que colocarle respiraderos.

En algunos lugares el proceso se realiza en sistemas cerrados, mediante el uso de reactores y digestores horizontales y verticales, que permiten realizar el proceso de compostaje en un periodo tiempo menor aunque con un costo económico muy elevado

Mayea, (1994) obtuvo resultados muy favorables al crear una metodología de elaboración de compost para materiales con una menor relación C/N planteando que las pilas elaboradas pasan por tres fases fundamentales, la Mesofilica, Termofilica, de Maduración, y Enfriamiento. La metodología propuesta difiere de la elaboración clásica planteada en Cuba

Las diferentes variantes de Compost obtenidas fueron caracterizadas desde el punto de vista Químico y Biológico.

Las características químicas incluyeron Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Materia Orgánica (MO) y Relación Carbono Nitrógeno (C/N).

La caracterización biológica se estableció mediante el conteo de macroorganismos como:

Ciempies (*Sporobolus grandis*), Mil pies (*Julus*), Arañas (*Euripelma spinicrus*), Hormigas brava (*Solenopsi geminata*), Lombrices (*Lumbricus terrestre*), gusanos de manteca (larvas de coleópteros).

Se realizó la determinación del % de humedad.

3.3 Experimento 1

Efecto de las diferentes variantes de composteo utilizando residuos sólidos porcinos en un suelo ferralítico rojo compactado, en condiciones controladas.

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. El Montaje del mismo se realizó en macetas de 1 kg El suelo utilizado procedía de la Estación Experimental de Remedios.

En este estudio el suelo fue tomado a una profundidad de 0-20 cm., secado al aire y tamizado (con tamiz de 4 mm). Posteriormente en cada una de las macetas se puso 1 kg de este suelo,

En cada bolsa se sembraron 8 semillas de maíz (*Zea maíz L.*), como planta indicadora y luego de la germinación se redujo a cuatro, el número de plantas. Las mismas se mantuvieron por 30 días, Durante el desarrollo del experimento, el suelo se mantuvo al 80% de su capacidad de campo correspondiente. Luego de extraídas las plantas, el suelo de las bolsas se secó al aire libre, una parte de este fue tamizado (tamiz de 0.5 mm) para realizar los análisis químicos y el resto por un tamiz de 2 mm para realizar los análisis físicos. Los experimentos realizados fueron con un diseño experimental completamente aleatorio.

Se analizaron los siguientes componentes del rendimiento:

- **Peso fresco del follaje de la planta.**
- **Peso fresco de la raíz de la planta**
- **Peso seco del follaje de la planta.**
- **Peso seco de la raíz de la planta**
- **Altura de la planta.**

Peso fresco (g): (raíz y hojas por separado), se pesaron recién cosechada en una balanza técnica.

Peso seco (g): (raíz y hojas por separado), las muestras fueron puestas en la estufa a 65⁰ C durante 48 horas y luego fueron pesadas en una balanza técnica.

Altura (cm): se midió la altura de las plantas con una cinta métrica.

3.4. Experimento 2

Efecto de diferentes variantes de composteo utilizando excretas porcinas en el cultivo de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Lugar: **Finca del productor porcino Ernesto Morales Pérez.**

Tipo de suelo: Fersialítico pardo rojizo típico sobre caliza suave, medianamente ondulado.

Tratamientos:

1. **Testigo**
2. **Aplicación de Urea (100 kg ha⁻¹) fraccionado.**
3. **Compost residuos de cosecha boniato (50%) + estiércol porcino (50%).**
4. **Compost residuos de cosecha plátano (50%) + estiércol porcino (50%)**
5. **Compost residuos de cosecha fríjol (50%) + estiércol porcino (50%)**
- 6 **Compost residuos de cosecha arroz (50%) + estiércol porcino (50%)**

La dosis aplicada fue de 4 t ha⁻¹ de compost.

Diseño estadístico:

Bloque con 6 tratamientos y 3 réplicas en parcelas de 4 surcos y 5 m de largo. La aplicación del compost se efectuó en el fondo del surco en el momento de la siembra la cual se realizó el día 15/7/09. La siembra se realizó a chorrillo con un consumo de semilla de 16 kg ha⁻¹. Las labores de surque y tape se realizaron con bueyes.

La variedad sembrada fue CIAP 132 R de color rojo

Riego: **Se efectuó un riego por aniego dos días antes de la siembra y posterior a la siembra a razón de 340 m³ ha⁻¹.**

Cultivos: **Se realizó un cultivo con bueyes a los 35 días.**

Limpias manuales: **Solamente se realizó una labor de desyerbe manual a finales del ciclo del cultivo con el objetivo de eliminar las arvenses que sobresalían por encima del cultivo (Amaranthus sp. Y sorghun halepense).**

Cosecha: **Se realizó el 7/ 10 / 09 manual, y la trilla fue mecanizada.**

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Componentes del crecimiento:

Altura de la planta

Número de hojas

Área foliar

Componentes del rendimiento:

Largo de la panícula

Ancho de la panícula

Peso total de la panícula

Peso de granos / panícula

3.5 Experimento 3

Efecto del compost sobre el suelo y el desarrollo de una plantación permanente de plátano.

Área de estudio 1.

Sección del platanal sin abono.

Esta área se empleó como testigo para referenciar o comparar los efectos del compost sobre la otra sección del campo de plátano.

Área de estudio 2.

Sección del platanal con efecto del compost de residuos porcinos en mezclas con residuos de plátano.

Área de estudio 3.

Sección del platanal con efecto del compost de residuos porcinos en mezclas con residuos de boniato.

Se estudió el efecto del compost elaborado sobre el suelo in situ para lo cual se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-40 cm. Para evaluar humedad, densidad aparente, porosidad total.

3.6 Descripción de los métodos de análisis

3.6.1 Análisis Físicos

Coeficiente de Permeabilidad (Log k):

Este indicador nos brinda una información de interés sobre el estado físico del suelo, la cual puede servir para el diagnóstico del manejo ecológico del mismo y está muy relacionado con el carácter del complejo absorbente. Se determinó según el método de Henin y col. (1958) citado por Cairo y Fundora, (1994) donde se calcula el Log 10 del coeficiente K para cada muestra con la utilización de un infiltrómetro según la fórmula:

$$K = \frac{e \cdot V}{H \cdot S}, \text{ donde:}$$

K = Coeficiente de permeabilidad o percolación

e = Altura de la columna de suelo (mm).

V = Volumen en (mm³) del 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 (mm²).

Factor de estructura (FE): **Caracteriza la cantidad de arcilla que actúa como cementante en la formación del suelo. Si todas las arcillas contenidas intervienen en la formación de la estructura del mismo, el factor es equivalente al 100 % y la estabilidad es buena; si interviene la mitad el factor será de 50 %. Se halla mediante la determinación de la arcilla sin dispersar (b) y la arcilla previamente dispersada, según el análisis mecánico(a). De acuerdo con Vageler y Alten, (1931).**

$$F E = a - b \times 100/a$$

Agregados Estables al Agua (AE): **Este método consiste en echar 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 pasa por un tamiz con diámetro de 0.2 mm. Lo que queda en el tamiz son los agregados estables (Método de Henin y col. (1958), citado por Cairo, (2000).**

Límite Superior de Plasticidad (LSP): Este indicador se determinó por el método del Cono de Balancín de Basilier. Este método consiste en determinar la humedad de una pasta de suelo – agua cuando el cono de Balancín penetra en ella 1cm en 5 seg.

Límite Inferior de Plasticidad (LIP): se determinó por el método de los rollitos de Atterberg. Este método consiste en determinar la humedad de un rollito de pasta suelo – agua de 3 mm cuando este se divide en roturas irregulares.

Ambos límites se expresan en % de humedad en base a suelo seco (% hbss).

Índice de plasticidad (IP): se determina por la diferencia numérica entre los límites superior e inferior. No tiene unidad de medida.

3.6.2 Análisis químicos

pH en H₂O y en KCl: **Para hacer este análisis se utilizó el método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2,5 según Hesse (1971).**

P_2O_5 y K_2O asimilables: **Según método de Oniani, utilizando una solución extractiva de H_2SO_4 de 0,1N. El fósforo se determinó por colorimetría y el potasio por fotometría de llama.**

Materia Orgánica: **se determinó por colorimetría según Walkley y Black. (1999). por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.**

Los análisis químicos se realizaron según NRAG279, (1980).

Densidad Aparente (d_a): (Experimento 3)

Método de los cilindros.

$D_a = P_s / V_s$ expresada en g/cm^3 ,

Donde:

P_s = Peso del suelo y V_s = Volumen de suelo.

$V_s = \pi r^2 h$, donde $r = 3.5$ cm, $h = 6.0$ cm y por tanto $V_s = 244$ cm^3 .

Porosidad total: (Experimento 3)

$P_t = (1 - (d_a/P_e))^* 100$ expresada en % Vol.,

Donde:

P_t = Porosidad Total y P_e = Peso Específico.

Capacidad de Campo: (Experimento 3)

Método de Campo: Zona de inundación (% hbss).

Se evaluó mediante fotos el efecto colateral del compost sobre una plantación establecida de plátano colindante con las pilas composteadas.

3.7 Procesamiento estadístico.

A partir de los análisis realizados a los experimentos, se construyó una base de datos fundamental para establecer las relaciones entre las propiedades.

Se utilizó el paquete de programas profesional STATGRAPHICS Plus Versión 5.0 y sobre Windows XP. Inicialmente se realizó un análisis de componentes principales y una prueba de igualdad de medias de grupo mediante un análisis discriminante para definir las variables que dentro de cada categoría contribuyeron a la diferenciación

de los tratamientos. Posteriormente se aplicaron Análisis de Varianza de Clasificación Simple para las variables que diferenciaban los tratamientos, previa comprobación de los supuestos de base, complementándose con una comparación de medias mediante la prueba de Tuckey.

4. Resultados y Discusión

4.1 Caracterización química y biológica de las diferentes variantes de compost elaborado a partir de Residuos de cosecha y estiércol porcino.

En la Tabla 5 se muestran los principales resultados obtenidos en cuanto a cantidad de macroorganismos observados, las unidades formadoras de colonias de microorganismos, así como los porcentajes de nutrientes. Estos resultados concuerdan con la literatura consultada. Alvarado, (2008) señala que las bacterias son los degradadores primarios mas abundantes encontrados en los compuestos orgánicos naturales. También se aprecian altas densidades de estos microorganismos en los materiales compostados.

Reyes, (2006), citado por Dávila,(2008), plantea que los residuos a compostar van a formar un micro hábitat con características muy diferentes del entorno, lo que propicia la aparición de organismos especialmente adaptados a esas condiciones, que se clasifican en consumidores primarios, consumidores secundarios y consumidores terciarios.

Las características químicas, físicas y biológicas dependen de la naturaleza de los residuos que se utilicen en su obtención o preparación y del proceso tecnológico empleado. Díaz, (2005) realizó una Investigación detallada en la elaboración de compost con diferentes residuos demostrando la efectividad del empleo de fuentes enriquecidas en nitrógeno y carga microbiana.

Los resultados expuestos concuerdan con lo planteado por Igarza y col. (2010): Los principales grupos de microorganismos que participan en el proceso de compostaje son los hongos, las bacterias y los actinomicetos. Estos, al tener diferencias nutricionales y metabólicas, son capaces de descomponer los

compuestos químicos simples y complejos que están en la fracción orgánica de los **residuos sólidos** agrícolas y urbanos como son **lípidos**, **proteínas**, aminoácidos, lignina y **celulosa**.

La caracterización biológica de las variantes de compost, a través del conteo de macroorganismos, concuerda con los resultados de la caracterización química. Las variantes R. de Boniato, frijol, Arroz y plátano, enriquecidas con nitrógeno y fósforo y una elevada carga microbiana, por el origen de los residuos, manifestaron alta presencia de macroorganismos (552, 720, 890 y 640 por kg), respectivamente, en las cuales se observó una población significativa de lombrices.

Las lombrices son formadoras de humus a partir del proceso de ingestión y digestión de la materia orgánica. El humus de lombriz, además de aportar nutrientes, ejerce un efecto muy favorable en las propiedades del suelo. Según Rivero (1999), ello se debe a su elevado contenido de microorganismos y a la presencia de sustancias húmicas, cuyos grupos funcionales interactúan con los minerales del suelo formando complejos estables.

El humus de lombriz posee propiedades nematicidas y antiparasitarias. (Angarita y Romero, 2002). Algunos microorganismos perjudiciales a la salud animal y humana, quedan reducidos hasta en un 99% cuando los residuos orgánicos son digeridos por la lombriz (Aranda, 1992). La lombriz ingiere los restos orgánicos previamente fermentados, que luego de atravesar su intestino son defecados como humus. (Serra, 2009)

Las sustancias húmicas del humus de lombriz poseen masas molares y grados de polimerización y condensación relativamente bajos, con predominio de OH-fenólicos sobre los -COOH (carboxilos). Estas características determinan su elevada capacidad de intercambio catiónico y la formación de complejos y quelatos con los minerales del suelo. Esto explica sus potencialidades para recuperar suelos degradados y su efectividad para incrementar la productividad de los cultivos. (Gomero y Velásquez, 2002).

El compost es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). (ECOSUR, 2010).

En el suelo hay de forma natural una infinidad de organismos vivos que efectúan un «laboreo» continuado: las raíces al explorar en busca de agua y nutrientes; las lombrices, [insectos](#) y [roedores](#), con sus galerías; otros organismos con sus exudaciones y residuos que ayudan a unir las partículas de [arcilla](#) y humus. (CAAE, 2009)

Según Antón (1992), citado por Mayea (1995), la composición química de un compost promedio se sitúa en N, 0.5; P, 0.3; K, 0.2. Todas las variantes de compost obtenidas superaron ampliamente estos valores.

La composición química de las variantes de compost obtenidas se asemeja más a los resultados obtenidos por Funes y Monzote (2001) en los análisis realizados a 18 compost en el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, los cuales se muestran a continuación: N, 1.77; P, 0.65; K, 1.30.

A nuestro juicio, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio están influenciados por la composición del estiércol porcino que a su vez es función del tipo de alimento consumido por los cerdos, en este caso, granos proteicos (soya) y pescado ensilado en mieles entre otros, los cuales aportan una gran cantidad de estos nutrientes. (Hoyos, 2009).

De manera general la caracterización química y biológica demuestra la factibilidad de la utilización de las diferentes alternativas en el composteo de los residuos de cosecha mezclados con estiércol porcino, lo cual puede representar una importante contribución al medio ambiente y a la recuperación de los suelos.

Tabla 5. Caracterización Biológica y Química de las variantes de Compost con estiércol porcino y diferentes residuos de cosecha.

	Materiales Compostados			
Microorganismos	(U. F. C.) R. Boniato	(U. F. C.) R. Fríjol	(U. F. C.) R. Arroz	(U. F. C.) R. Plátano
Hongos	1.4 x 10⁷	8.8 x 10⁶	7.9 x 10⁶	8.5 x 10⁶
Bacterias	1.3 x 10⁹	6.3 x 10⁸	1.3 x 10⁹	7.8 x 10⁸
Actinomicetos	4.1 x 10⁶	6.0 x 10⁶	2.0 x 10⁶	6.7 x 10⁶
Hongos Celulolíticos	3.0 x 10⁵	2.1 x 10⁵	1.7 x 10⁵	2.2 x 10⁵
Macroorganismos	U/kg	U/kg	U/kg	U/kg
Lombrices	200	200	300	250
Ciempiés	-	30	-	60
Arañas	-	20	30	-
Cucarachas	100	150	100	100
Cochinillas	50	100	100	-
Grillos	100	20	15	40
Tijeretas	-	-	100	40
Hormigas	> 100	> 200	> 200	> 100
Larvas Coleópteros	2	-	45	50
Total	552	720	890	640
Químicas	%	%	%	%
N	1.76	1.66	1.17	1.19
P	2.59	3.01	2.29	2.48
K	0.48	0.45	0.43	0.45

U.F.C.: Unidades Formadoras de Colonias.

_4.2 Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades químicas de un suelo Ferralítico Rojo compactado en condiciones controladas.

En la Tabla 6 se pone de manifiesto el efecto positivo sobre la fertilidad del suelo de las variantes de compost de residuo porcino. El pH cambia de la categoría de ligeramente ácido a neutro en todas las variantes analizadas en relación con el testigo y NPK. (López y col., 1981). Estos efectos están asociados al origen de los sustratos, donde predomina el estiércol porcino con pH neutro. (Ver Tabla 3).

Situación similar ocurre con el fósforo, donde se aprecian diferencias significativas en todas las variantes de composteo con relación al testigo, lo cual demuestra que una de las ventajas del compost de residuos de cosecha y estiércol porcino es el aporte de nutrientes al suelo y también se favorece la capacidad de retención de agua con el aumento de la materia orgánica, mejora la condición estructural del suelo y aumenta la resistencia a la erosión y la degradación del mismo.

El porcentaje de materia orgánica, manifiesta aumentos significativos con relación al testigo en todas las variantes de composteo, lo cual puede estar relacionado con los aportes de biomasa al suelo.

La materia orgánica, según Jaramillo (2002), en sus diferentes formas tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo, entre las que se relacionan con la evolución del mismo pueden destacarse: color, retención de humedad, buena estructura, mejora la capacidad de intercambio catiónico, el pH se hace menos ácido, aumenta la disolución de minerales, formación de compuestos órgano-minerales y aumenta la cantidad de microorganismos.

La efectividad de la materia orgánica que se aplica al suelo depende del tipo de materia orgánica y del tipo de suelo. Los estiércoles muy bien descompuestos tienen mejor efecto sobre el estado de agregación del suelo, que los menos descompuestos. (Cairo y Fundora, 2005).

Se demuestra que el aumento de la materia orgánica influye directamente en el contenido de fósforo asimilable, aumenta el factor de estructura y el pH, tanto en CLK como en H₂O los que indican que al mejorar el estado estructural aumenta la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

Los resultados obtenidos demuestran que el compost presenta múltiples ventajas sobre los fertilizantes inorgánicos ya que aporta nutrientes, mejora la capacidad de cambio de cationes, mejora la aireación del suelo, así como también contribuye a aumentar la capacidad de retención de la humedad.

Tabla 6. Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades químicas de un suelo ferralítico rojo compactado.

Tratamiento	pH CLK	pH H ₂ O	mg/100g P ₂ O ₅	(%) M. O.
V-1	5.21 f	6.22 f	55.05 d	3.20 d
V-2	5.23 f	6.38 e	73.45 ab	3.15 d
V-3	6.34 c	7.25 a	74.92 a	5.08 a
V-4	6.25abc	7.10 cd	72.27 b	4.35 c
V-5	6.18 bcd	7.20 ab	61.93 c	4.48 bc
V-6	6.26 ab	7.17 abc	61.90 c	4.48 bc
V-7	6.06 e	7.17 abc	61.64 c	4.76abc
V-8	6.09 de	7.15 bcd	61.21 c	4.78 abc
V-9	6.12 de	7.14 bcd	65.64 c	4.74 abc
V-10	6.14 cde	7.07 d	65.64 c	4.79 ab
EE (±)	0.04	0.03	0.80	0.15

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

Leyenda: V-1 Testigo

V-2 N P K

V-3 Residuos Boniato (75%)+ Estiércol (25%)

V-4 Residuos Boniato (50%)+ Estiércol (50%)

V-5 Residuos Arroz (75%)+ Estiércol (25%)

V-6 Residuos Arroz (50%)+ Estiércol (50%)

V-7 Residuos Plátano (75%)+ Estiércol (25%)

V-8 Residuos Plátano (50%)+ Estiércol (50%)

V-9 Residuos Frijol (75%)+ Estiércol (25%)

V-10 Residuos Frijol (50%)+ Estiércol (50%)

4.3 Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades físicas de un suelo Ferralítico Rojo Compactado en condiciones controladas.

El efecto de las variantes de compost elaboradas con residuos de cosecha y estiércol porcino sobre las propiedades físicas de un suelo ferralítico rojo se refleja en la Tabla 7. Se demuestra como los abonos orgánicos son capaces de modificar la estructura, la consistencia del suelo y el régimen hídrico.

El factor de estructura para el testigo y la variante con N P K, se pueden evaluar de regular, mientras que para todas las variantes de composteo se pueden evaluar de bueno. Las diferencias significativas con el testigo lo demuestran.

Los Agregados Estables aumentan significativamente en las variantes de compost con relación al testigo.

En el suelo Ferralítico, la permeabilidad muestra valores que se consideran excelentes; también se observa una tendencia al incremento en todas las variantes estudiadas con relación al testigo y los niveles de N P K aplicados.

Los mecanismos de acción del compost como un abono orgánico de alta calidad, se traducen también en la disminución del límite superior de plasticidad, y aumento del límite inferior de plasticidad con valores de IP de 13.58 en el testigo contra 6.31 en la variante 75% de boniato+ 25% de estiércol porcino. El IP manifiesta una reducción notable estadísticamente significativa en las variantes de compost.

Cairo y col., (1995) en experimento bajo condiciones controladas arribaron a la conclusión de que las aplicaciones de compost solo o combinadas con zeolita aumentaban significativamente el % de materia orgánica, el P_2O_5 asimilable, el porcentaje de agregados estables, la permeabilidad, el factor de estructura y el límite inferior de plasticidad. Se han comprobado resultados similares por algunos investigadores como Lugones y col, (1996), Machado y col, (1999), Cairo, (2000), Vilariño, (2000) así como Torres, (2003) que el empleo de compost solo o combinado mejoran las características físicas y químicas del suelo.

Las leyes más generales de los agroecosistemas y específicamente los procesos biogeoquímicos, influyen en las propiedades físicas a través de los procesos de la

formación de agregados y formación de bioporos, formándose las bioestructuras donde participan bacterias y hongos de suelo. La pérdida de aquellas produce compactación del suelo y, como consecuencia, se forman costras impermeables al agua y aire en superficie, afectando la fertilidad de los suelos (Primavesi, 1990; Crespo, 2005; Crespo y col, 2006).

La influencia de la materia orgánica es decisiva en propiedades tales como la estructura del suelo y la capacidad de retención de humedad. Con ello contribuye al buen drenaje y aireación del suelo, así como en el suministro de agua a las plantas. (Primavesi, 1990; Hernández, 2005).

Estos resultados certifican que la obtención de compost de residuos de cosechas con estiércol porcino es una alternativa viable y que puede ejercer el mismo impacto en el suelo sobre las propiedades físicas del mismo al igual que cualquier otro compost.

Tabla 7. Efecto de las variantes de compost sobre las propiedades físicas de un suelo Ferralítico Rojo Compactado en condiciones controladas.

Variantes	F E (%)	A. E (%)	Permeabilidad (Log, 10 K)	L I P (%hbss)	L S P (%hbss)	I P
V-1	59.84d	57.89 c	2.14 cd	30.66 b	44.24 a	13.58a
V-2	58.81 d	56.89 c	2.09 d	30.57 b	43.64 a	13.23 a
V-3	65.68bc	62.39 b	2.27 ab	32.65 a	38.96 c	6.31 d
V -4	66.87abc	65.52a	2.20 bc	33.46a	40.87bc	7.41cd
V-5	65.18 c	62.72 b	2.31 a	32.79 a	42.15 ab	9.36 bc
V-6	65.58 bc	64.42ab	2.29 ab	33.83 a	43.04 ab	9.05 bc
V-7	67.44abc	65.83 a	2.23 abc	33.26 a	42.94 ab	10.18 b
V-8	65.33 c	62.58 b	2.26 ab	33.25 a	42.52 ab	9.26 bc
V-9	68.83 a	66.87 a	2.28 ab	33.90 a	44.04 a	10.14 b
V-10	67.94 ab	66.29 a	2.28 ab	34.44 a	44.04 a	9.84 b
EE (±)	0.53	0.94	0.03	0.38	0.55	0.42

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

Leyenda: V-1: Testigo

V-2: NPK

V-3: residuos boniato (75%)+ estiércol (25%)

V-4: residuos boniato (50%)+ estiércol (50%)

V-5: residuos arroz (75%)+ estiércol (25%)

V-6 residuos Arroz (50%) + estiércol (50%)

V-7: residuos plátano (75%)+ estiércol (25%)

V-8 residuos plátano (50%)+ estiércol (50%)

V-9 residuos frijol (75%)+ estiércol (25%)

V-10: Residuo frijol (50%)+estiércol (50%)

4.4 Efecto de las variantes de compost sobre los componentes del crecimiento de la planta indicadora en un suelo Ferralítico Rojo Compactado en condiciones controladas.

Los resultados obtenidos en el componente altura manifiestan que aunque no existen diferencias estadísticas significativas, si se observa una tendencia marcada al aumento de este parámetro en las variantes de composteo por encima del testigo (Ver Figura 1), con excepción de la variante 2 (Boniato, 50% + Res. 50%). Estos resultados pueden estar influidos por el corto tiempo de estudio del experimento.

Los resultados de los demás indicadores morfofisiológicos se observan en la tabla 8 donde se aprecian diferencias significativas en el componente peso seco planta y peso seco raíz lo cual demuestra la influencia que ejerce el estado estructural del suelo el cual influye a su vez en la fertilidad natural del mismo.

Los indicadores morfofisiológicos constituyen un elemento importante para evaluar las condiciones de calidad de un suelo. El peso seco de la raíz así como el peso seco de la planta así lo demuestran. Estos resultados nos sirven para una evaluación integral de la relación suelo-planta en estas condiciones.

Es evidente que el estado estructural de un suelo, indica no solo el estado de mullimiento que posee, sino que se transfiere al drenaje, aireación, laboreo a la facilidad de las raíces del cultivo para penetrar en el suelo (Cairo, 2003)

Mora y col. (1995), refiriéndose al compost, plantearon que se incrementa en sus diferentes condiciones el peso fresco, altura de la plantas el peso de la planta, fundamentalmente el nitrógeno foliar.

Las relaciones entre las propiedades físicas del suelo con la altura de la planta esta determinada en gran medida por el comportamiento de los componentes principales del suelo y el contenido de materia orgánica. (Colás, 2007).

Resumiendo, podemos decir que la estructura del suelo influye en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, por tanto, en determinados casos, puede ser el factor que limita la producción. Una mala estructura puede provocar efectos dañinos para la planta, por ejemplo: deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, poca actividad microbiana, impedimento al crecimiento de las raíces y cambios químicos perjudiciales, entre otros. Por el contrario, una buena estructura hace que los factores de crecimiento funcionen a su máxima eficiencia y se obtengan mayores rendimientos en las cosechas. (Cairo y Fundora, 2005; Morris, 2009).

Tabla 8. Efecto de las variantes de compost sobre los indicadores morfofisiológicos de las plantas en un suelo Ferralítico Rojo Compactado.

Variantes	(cm) Altura	P. S. (g) Planta	P. S. (g) Raíz
V-1	46.68 ab	0.45 ef	0.20 d
V-2	46.25 ab	0.43 f	0.41 bc
V-3	46.87 ab	0.56 bc	0.25 d
V-4	44.19 b	0.53 bcd	0.35 c
V-5	48.12 a	0.49 de	0.46 b
V-6	48.00 a	0.55 bc	0.58 a
V-7	48.93 a	0.49 de	0.40 bc

V-8	47.87 ab	0.58 b	0.36 c
V-9	48.56 a	0.52 cd	0.35 c
V-10	47.93 a	0.63 a	0.38 c
E E (±)	1.33	0.02	0.02

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

Leyenda: V-1 Testigo

V-2: NPK

V-3: residuos boniato (75%)+ estiércol (25%)

V-4: residuos boniato (50%)+ estiércol (50%)

V-5: residuos arroz (75%)+ estiércol (25%)

V-6 residuos Arroz (50%) + estiércol (50%)

V-7: residuos plátano (75%)+ estiércol (25%)

V-8 residuos plátano (50%)+ estiércol (50%)

V-9 residuos fríjol (75%) + estiércol (25%)

V-10: Residuo fríjol (50%) + estiércol (50%)

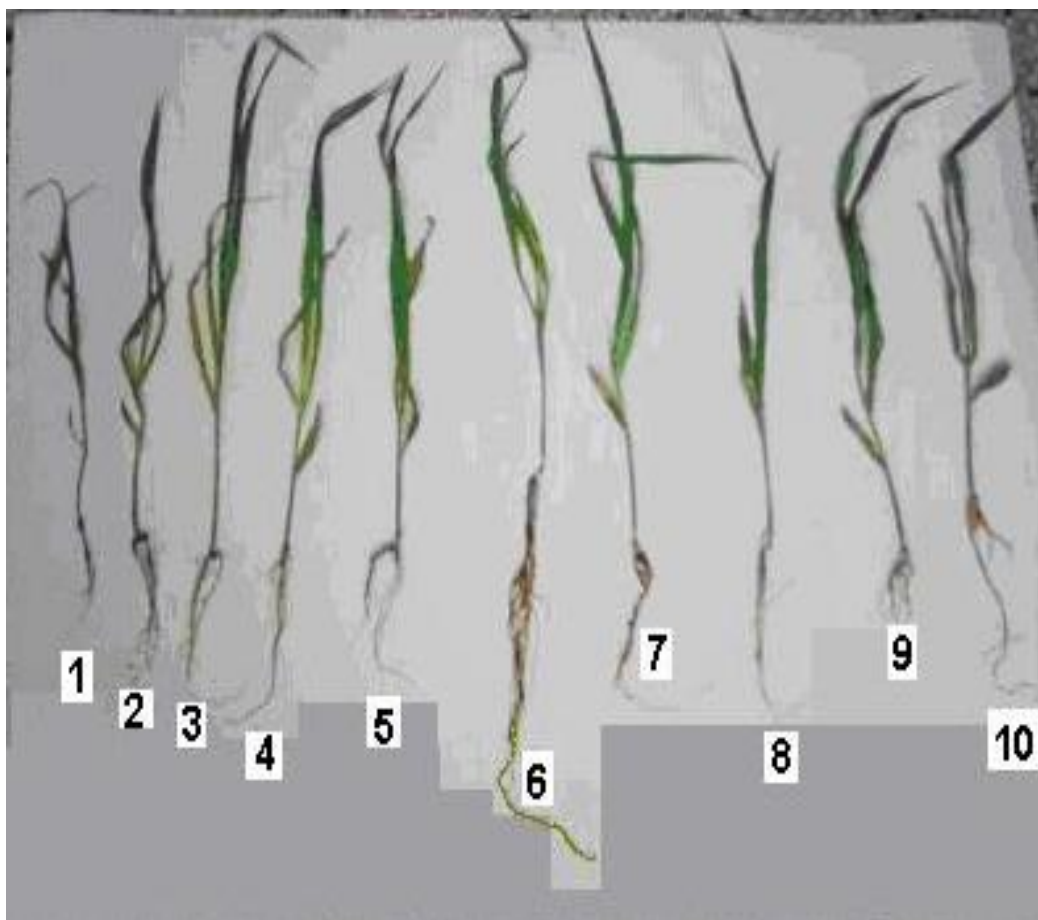


Fig. 1 Efecto de las variantes de compost sobre los indicadores morfofisiológicos de la planta indicadora. (Testigo,1; NPK,2; Boniato,75%,3; Boniato,50%,4; Arroz,75%,5; Arroz,50%,6; Plátano,75%,7; Plátano,50%,8; Frijol,75%,9; Frijol,50%,10).

4.5 Efecto de diferentes variantes de compost utilizando estiércol porcino, sobre los componentes del crecimiento de una plantación de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo Típico.

La tabla 9. muestra la influencia de las aplicaciones de compost sobre el desarrollo vegetativo de la planta. Los resultados son estadísticamente significativos y corroboran lo planteado de forma generalizada por la literatura consultada acerca de las bondades de los abonos orgánicos, o sea, los beneficios que reportan tanto al suelo como a los cultivos, lo cual se traduce en beneficios económicos, desde el punto de vista alimentario, y ambientales porque contribuyen, mediante los microorganismos del suelo, a la descomposición de los residuos y desechos, al

reciclaje de los nutrientes, y a la reducción de la carga contaminante que estos generan.

El parámetro altura tiene una respuesta en la aplicación de Urea, pero a su vez este tratamiento es superado por la variante 1 (compost de R. boniato, 50% + Est. Porcino, 50%); la variante 3 (compost de Fríjol, 50% + est. Porcino 50%) y la variante 4 (compost de R. arroz 50% + est. Porcino 50%). Todas las variantes superaron al testigo.

La variedad de Sorgo utilizada fue CIAP 132 R que posee como característica propia un promedio de altura de 90-100 cm. Se puede inferir que en el experimento realizado dicha variedad expresó su potencial en ese indicador con las variantes de compost, lo cual no sucedió así en el testigo.

También en el parámetro Número de Hojas, los tratamientos con compost superaron significativamente al testigo y al tratamiento con urea. Esta variedad se comportó dentro de los parámetros Internacionales para un sorgo granífero. (Saucedo, 2008).

Se obtuvieron diferencias significativas en el parámetro Área foliar con relación al testigo. El índice de Área foliar es muy importante para el rendimiento agrícola de cualquier cultivo. (Torres, 2008). Esto quedó comprobado en los resultados experimentales al observar que las variantes que lograron los mejores rendimientos fueron las de mayor área foliar, (V-1, V-2, V-3, V-4).

Esto significa que se puede sustituir la aplicación de fertilizantes nitrogenados por aplicaciones de compost elaborados con residuos de las cosechas y estiércol porcino, materiales que pueden ser recolectados por el productor en su predio, sin tener que depender de insumos externos.

Tabla 9. Efecto de las variantes de Compost sobre los componentes del crecimiento en el cultivo de Sorgo.

Tratamiento	Valores promedios de los componentes		
	Altura	No. de Hojas	Área Foliar
Testigo	88.62 b	11.36 b	164.69 b
Urea(100 kg ha ⁻¹)	94.62 a	12.57 a	213.33 a
V-1	95.49 a	12.76 a	218.83 a
V-2	94.19 a	12.89 a	228.51 a
V-3	96.08 a	12.66 a	220.43 a
V-4	95.03 a	12.79 a	218.23 a
EE (±)	0.58	0.14	5.37

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

Leyenda: V-1: Residuos boniato (50%)+ estiércol porcino (50%)
V-2: Residuos plátano (50%)+ estiércol porcino (50%)
V-3: Residuos Fríjol (50%)+ estiércol porcino (50%)
V-4: Residuos arroz (50%)+ estiércol porcino (50%)

4.6 Efecto de diferentes variantes de compost de residuos de cosecha y estiércol porcino sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo Típico.

El resultado final de las evaluaciones realizadas a los compost aplicados al cultivo del Sorgo en condiciones de campo, muestra que todas las variantes superaron al testigo. Aunque no existieron diferencias estadísticas significativas entre las variantes de compost, si se observan valores dentro de las mismas que tienden a diferenciarlas siendo la mejor la V-I (Residuos de boniato 50% + estiércol porcino 50%), existiendo una correspondencia entre el largo y ancho de la panícula y el peso de la misma y el rendimiento agrícola (ver Tabla 10).

Esto puede estar relacionado con las características de los residuos de cosecha de boniato, los cuales presentaron una relación C: N de 23:1 más baja que el resto de los residuos mezclados con estiércol porcino. También fue la variante de compost

que maduró más rápido. Esto corrobora lo planteado por Cairo y Fundora (2005), y Jeavons, (1991) acerca de la relación C: N y su relación con el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos.

Se demuestra que el compost de residuos de cosecha y estiércol porcino puede sustituir a la fertilización nitrogenada, ya que aunque no existieron diferencias significativas con las variantes de compost, todas mostraron valores absolutos superiores al tratamiento con Urea.

Blanco, (2005) al estudiar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos y minerales, en la producción de papa, comprobó que se elevaron los rendimientos con el consecuente mejoramiento de las condiciones estructurales del suelo.

Según Dávila,(2008) se puede decir que la aplicación de materia orgánica estabilizada en el suelo como la que se obtiene de un Compost de buena calidad sanitaria y agronómica promueve entre otras cosas una intensa actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrientes, el equilibrio del agua y la estructura y bioestructura del suelo. Como consecuencia los campos están menos propensos a la erosión de los nutrientes del suelo y a un mejor desarrollo radicular del cultivo, contribuyendo finalmente a mejorar la eficiencia de los fertilizantes orgánicos sobre las cosechas y por lo tanto hace más económico el uso de estos últimos .(Fundora y col.,1994 ;López y col., 1997;Cairo,1992; Vilariño, 2000; Torres, 2003; Hernández, 2005; Padrón,2006; Cairo, 2007; Colas, 2007).

Tabla 10. Efecto de las variantes de compost sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de Sorgo.

Tratamiento	Valores promedios de los componentes				
	Largo(cm) Panícula	Ancho(cm) Panícula	Peso (g) Panícula	Peso granos Panícula (g)	(t ha ⁻¹) Rend.
Testigo	19.34 d	2.86 c	27.8 b	22.6 b	3.02b
Urea	21.46 c	4.20 ab	45.0 a	36.6 a	4.92 a
V-1	24.64 a	4.50 a	54.0 a	41.8 a	5.62 a
V-2	22.62 bc	3.70 b	50.2 a	37.2 a	5.02 a
V-3	22.72 bc	3.98 ab	47.2 a	36.8 a	4.96 a
V-4	23.92 ab	4.00 ab	49.2 a	40.2 a	5.42 a

EE ($\pm$)	0.55	0.18	4.58	3.65	0.49
--------------	------	------	------	------	------

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

Leyenda: V-1: Residuos boniato (50%)+ estiércol porcino (50%)

V-2: Residuos plátano (50%)+ estiércol porcino (50%)

V-3: Residuos Fríjol (50%)+ estiércol porcino (50%)

V-4: Residuos arroz (50%)+ estiércol porcino (50%)

4.7 Efecto del compost sobre el régimen de agua- aire del suelo y el estado fisiológico de una plantación permanente de plátano (*Musa spp.*).

En la Fig. 2 se puede observar el efecto directo del compost sobre el suelo donde se elaboró. Aumentó la porosidad con relación al testigo y disminuyó la densidad aparente lo cual se tradujo en una mejor relación agua-aire, siendo más marcado este efecto a la profundidad de 0-10 cm. En la parte que no recibió los beneficios del compost la porosidad alcanzó valores más bajos. Una baja porosidad provoca una baja capacidad de campo y por consiguiente, disminuye la posibilidad de almacenar agua y esta situación tiene un efecto marcado en la productividad del suelo, lo cual se traduce en bajos rendimientos agrícolas. (Cairo y Col. 2005).

La densidad aparente es un estimador del grado de compactación de un suelo (cuando ésta se incrementa), pero también es un indicador de altos contenidos de materia orgánica en el suelo puesto que ella reduce el valor de dicha

densidad y se utiliza para medir el grado de deterioro del suelo a través de la variación de su magnitud en el perfil. (Jaramillo, 2002).

Los conceptos anteriores se ponen de manifiesto en la Figura 2 donde se pudo apreciar en la práctica que por la influencia que tuvo el compost in situ el estado fisiológico de la plantación de plátano cambió y superó en vigor, ahijamiento y tomó una coloración verde intensa, al contrario de lo que se observó en la parte de la plantación que no tuvo relación con el compost.(Testigo).

La relación agua-aire más adecuada ha sido consecuencia de cambios en la estructura del suelo en correspondencia con los resultados ya descritos (Tabla 7). Bajo estas condiciones, el suelo esta en mejores condiciones para almacenar agua y tener nutrientes disponibles, lo cual se evidencia en la foto de la Figura 2.

Estos resultados se obtuvieron en un período de tiempo corto (3 meses), después de lluvias sucesivas. El agua que cae bajo estas condiciones es mejor aprovechada por las plantas (véase el color amarillo de las hojas en área sin abono).

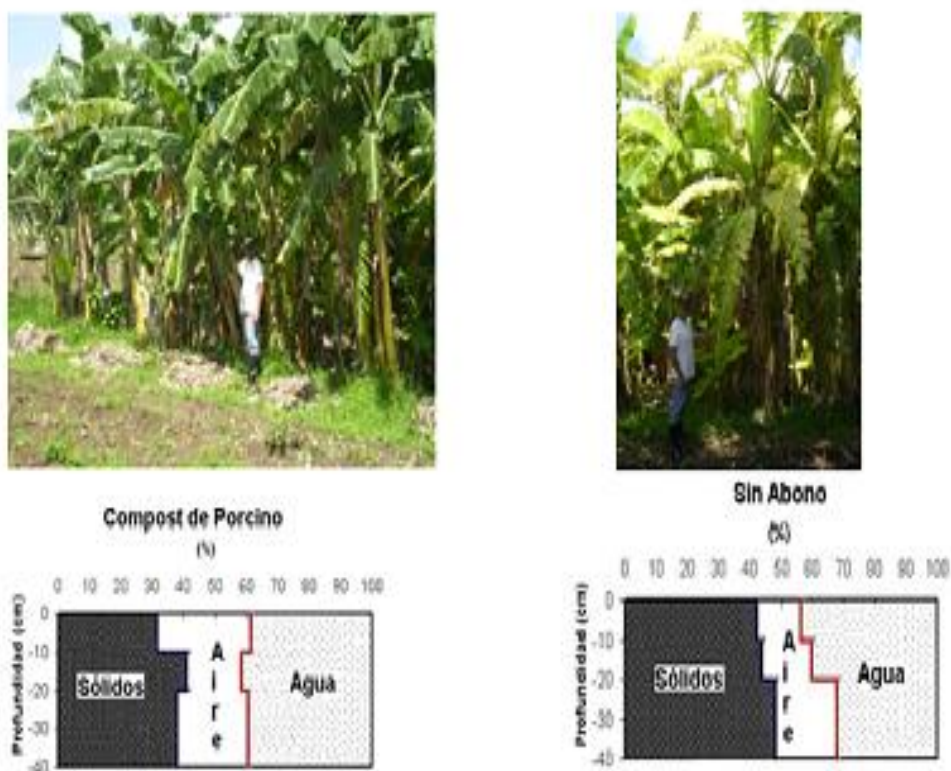


Fig. 2 Influencia del compost de Porcino sobre la relación agua-aire del suelo y el desarrollo de una plantación de plátano colindante con el mismo.

4.8 Valoración del Impacto Económico y Medioambiental.

Los residuos de cosecha constituyen una fuente contaminante si se convierten en cenizas a partir de la quema emitiendo una buena parte del carbono a la atmósfera. Es conocido que esta práctica está muy arraigada en los campesinos agricultores.

Los residuales porcinos, tanto líquidos como sólidos también constituyen una fuente altamente contaminante del medio ambiente, lo cual quedó ampliamente detallado en capítulos anteriores.

Por tal motivo, el objetivo principal de nuestro trabajo consistió en buscar una alternativa de utilización de los materiales anteriormente mencionados sin

peligros de contaminación y buscando los beneficios que pudieran aportar con el mínimo de gastos posibles, surgiendo así las variantes de compost.

La alternativa de elaboración del compost, trae muchas ventajas económicas y medio ambientales. Esta fuente contaminante se puede convertir en un producto de alto valor agregado, un fertilizante natural, abono biológico, o abono órgano.-mineral.

El compost no solo elimina la fuente de contaminación sino que además se puede emplear como mejorador de los suelos degradados. Según Dávila, (2008) 4t/ha de Compost (RCA) equivalen a un costo de 160 pesos y 4t/ha de Compost (RCA) + Zeolita equivalen a 145 pesos (MN), considerando el concepto de abono órgano-mineral empleado donde la Zeolita tiene un valor de 25 pesos (MN) la tonelada.

.Cairo, (2005) comprobó que con 4t/ha de compost o 4t/ha de compost +2t/ha de Zeolita se obtienen efectos residuales en el suelo hasta de 4 o 5 años en caña de azúcar.

Esto significa una importante alternativa para el manejo ecológico del suelo y para conducirlo a niveles adecuados de calidad y salud.

En el municipio de Encrucijada, se producen aproximadamente unas 5000 t anuales de estiércol porcino sólido. Incorporando los residuos de cosecha que pueden incluir

los residuos de Centros de Acopio y otros residuos agrícolas, se podrían producir unas 2500 t de compost de calidad con las cuales se pueden beneficiar 625 ha de los productores porcinos y otros consumidores aplicándolo a 4 t ha⁻¹, suficiente para lograr rendimientos aceptables en cualquier cultivo.

En la Tabla 11 se presentan los costos por tonelada de dos fertilizantes que el país tiene que importar (Urea y Superfosfato triple), comparado con lo que le cuesta al campesino producir en su predio una tonelada de compost. La aplicación de este abono orgánico a una hectárea, a razón de 4.0 t ha⁻¹ significa

una inversión por valor de 160.00 pesos; sin embargo la aplicación de Urea para satisfacer la necesidad del sorgo (150 kg ha^{-1} de nitrógeno) implicaría tener que aplicar 0.326 t lo cual representa un gasto de 131.13 pesos en M N y 128.70 en C U C, a lo que hay que sumar los gastos por transportación del fertilizante desde la Empresa que lo comercializa hasta su predio(100.00 M N).

La Tabla 12 refleja que la aplicación de compost es la vía más económica para lograr producciones sostenibles en su agroecosistema sin intervención de insumos externos, lo cual se traduce en una mayor resiliencia. Estos resultados los puede alcanzar el productor con la ayuda de su familia, sin tener que depender de ayuda del exterior.

El análisis económico realizado utilizando el compost a partir de la mezcla de residuo porcino y residuos de boniato muestran incrementos del rendimiento con relación al Testigo y el uso de fertilizante de 170 y 114 % respectivamente, con una ganancia de 20 600.84 pesos muy superior a las variantes convencionales.

Tabla 11. Costo del compost y los fertilizantes para una hectárea.

Abonos y fertilizantes	Cantid t	Costo / t		Costos \$ ha ⁻¹		
		M N	CU C	Valor(MN)	Comb. Salarios Transportación	Total
Compost	1.0	40.00	----	-	-	160.00
Urea*	1.0	402.25	94.80	131.13	100.00	231.13
Superfosfato*	1.0	1250.08	1168.60	-	-	-

*Fuente de datos: MINAZ/ 2010.

Tabla 12. Ganancia relativa obtenida según tratamiento aplicado

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Incrementos sobre testigo y Urea		\$ producido	Costos (\$)	Ganancia (\$)
		t	%			
Compost V-1	5.62	2.6	170	20760.84	160.00	20600.84
Urea*	4.92	0.7	114	18174.97	231.13	17943.84
Testigo	3.02	-	-	11156.18	-	11156.18

5.0 Conclusiones

1. Los estudios realizados para la utilización del estiércol sólido porcino y los residuos de las cosechas demuestran que es factible obtener un compost de buena calidad.
2. Se pudo comprobar que el compost obtenido a partir de la mezcla de varios residuos de cosecha y estiércol porcino mejoró las características químicas y físicas del suelo con efectos similares a otros compost.
3. Los mejores resultados en la calidad de las variantes de compost estudiadas se obtuvieron con las mezclas de residuos de cosecha de boniato (50%) + estiércol porcino sólido (50%) y residuos de cosecha de arroz (50%) + estiércol porcino sólido (50%).
4. Todas las variantes de compost estudiadas incrementan de manera significativa en el suelo Ferralítico Rojo Compactado, la Materia Orgánica, el pH (tanto en H₂O como en CLK), el Fósforo asimilable, la Permeabilidad, Agregados Estables al agua, el Factor de Estructura y Límite Inferior de Plasticidad y se reduce el Índice de Plasticidad.
5. El compost obtenido de estiércol porcino, influyo significativamente sobre los indicadores del desarrollo vegetativo de la planta (Peso Seco de Planta y Peso Seco de Raíz), en el suelo Ferralítico Rojo Compactado.
6. El compost obtenido de estiércol porcino, influyo significativamente sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento del cultivo de Sorgo en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo Típico en áreas de un productor porcino.

7. El análisis económico realizado muestra incrementos del rendimiento con relación al Testigo y el uso de fertilizante de 170 y 114 % respectivamente, con una ganancia de 20 600.84 pesos muy superior a estas variantes convencionales.
8. Los resultados de este trabajo, pueden representar una importante contribución al desarrollo de la producción porcina y a la protección del medio ambiente.

6.0 Recomendaciones

1. Divulgar este trabajo a través de contactos de capacitación con los productores, en las CCS, CPA, la ANAP en el municipio y la Delegación de la Agricultura donde estén involucrados todos los técnicos y profesionales del sector.
2. Continuar estudiando la caracterización química y biológica del compost de residuos porcinos, haciendo énfasis en las bases cambiables y microelementos.
3. Desarrollar estudios a nivel de campo con cultivos indicadores para evaluar el efecto sobre el suelo y rendimientos.
4. Los resultados obtenidos permiten su extensión y generalización en municipios similares al de referencia.

BIBLIOGRAFIA

1. Abad, M. y Puchades, R. (coord.). **2002. Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de buñol (Valencia) con fines hortícola.** Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Buñol, Valencia.España.
2. Abad, M., Burés, S., Noguera, P. y Carbonell, S. **1999. Resultados de la acción especial CICYT "Elaboración de un inventario de sustratos y materiales adecuados para ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos en España".** Actas de Horticultura 23: 45-61.
3. Abonos Orgánicos. **2010. Tomado del sitio "Jardin Happy Flower", MHTML, document. Cd. de México, 5 de Enero 2010.**

4. **Aborgánicos del Huila, 2004: Fertilizantes Orgánicos, Preparación de fórmulas y mezclas especiales de acuerdo al análisis del suelo y tipo de cultivo. Copyright 1999-2004. Buenos Aires, Argentina.**
5. **ACTAF, 2007. Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y organoponia semiprotegida. Sexta Edición. P 143-144. Ed. ACTAF, HIVOS. La Habana.**
6. **ACTAF, 2009. Revista Agricultura Orgánica. Año 15. No.1. p. 22. La Habana.**
7. **Addiscott, T. M, 1990. Measurement of nitrate leaching: a review of methods, nitrates, agricultures ean. Proceeding of nitrates, agricultural ean. Editor: R. Calvet. INRA editions. Paris.**
8. **Alvarado, C. Y. 2008. Microbiología Aplicada. Conferencias, Maestría Agricultura Sostenible. Décima Edición. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Cuba.**
9. **Alemán, P. R. 2008. Conferencias de Agroecología. Maestría Agricultura Sostenible. Décima Edición. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Cuba**
10. **Altieri, M. A. 1996. El “Estado del Arte” de la Agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. En: Agroecología y agricultura sostenible. Curso para diplomado de postgrado.Modulo 1. Agroecología Bases Históricas y teóricas. CALDES; CEAS-ISCAH. La Habana. Cuba. P. 60.**
11. **Altieri, M. A.1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ediciones CLADES, La Habana. Cuba.**
12. **Amezquita, E. 2004. La fertilidad física del suelo. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del suelo. Colombia.**
13. **Antón, F. A. 1992. El compostaje de los residuos orgánicos y agrarios. Problemática de los residuos orgánicos. Cuadernos de Fitopatología. (91: 113-121).**

14. Antunes, C. **1999, Efecto del residual sólido del café sobre las propiedades de un suelo. Trabajo Diploma, Facultad Agropecuaria de Montaña. UCLV, pp. 70.**
15. Aranda, E. **1992. El manejo de las lombrices para la producción de abono orgánico de pulpa de café. XV Simposio Latinoamericano de Cafeicultura. Conferencias p. 51-55.**
16. **Astier, M. 2002. Hacia la recuperación de la vida en el suelo. *Agroecología* 18 (3): 4-50.**
17. Bello, E. **2003. Lombricultura una alternativa de reciclaje. Soboe Grafic Eds, Quito, Ecuador, 149 pp.**
18. Boada S, B. **2005. Nutrición Animal 2. Editorial “Félix Varela”. La Habana. pp.-367.**
19. BURBANO, H. **1989. El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto. 447 p. Colombia.**
20. BURBANO, H. **1998. Las enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. Monómeros Colombo. Colombia.**
21. CAAE, **2009. Agricultura Ecológica. Curso de Asesores de Agricultura Ecológica. Unión Europea. MHTML Document. Wikipedia, bajado el 5 de Enero de 2010. Valencia, España.**
22. **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.**
23. **Cabrera, R. E.; Belkis, M. G.; y Niurka, P. 2009. Calidad e Inocuidad, palabras claves en la Agricultura Ecológica.. O. B. ACTAF Servicios Técnicos Delegación Provincial, Pinar del Río.**
24. Cairo, C. P. y O. Fundora. **2 005. Edafología. Primera y Segunda Parte. Editorial, Félix Varela. Ciudad de la Habana.**
25. Cairo, C. P: y O. Fundora. **2008. Conferencias Manejo Ecológico de Suelos. Maestría Agricultura Sostenible.UCLV. Cuba.**

26. **Cairo, P.** 2000. Alternativas para el mejoramiento de lo suelos para el cultivo de la caña. *Revista Agricultura Orgánica*, pp. 23-25.
27. **Cairo, P., Fundora, O.,** 1995. *Edafología*, Editorial Pueblo y Educación. 476.p
28. Calero, B., Martinez, F. **2001. Premisas técnicas para el desarrollo óptimo del sistema de lombricultura.** Instituto de Suelos. pp. 8. Habana. Cuba.
29. Canet Pellicer R., M. Chaviano. **2001. Plegable. Guía Técnica para producir Sorgo en áreas arroceras.** MINAGRI. La Habana. Cuba.
30. Canet, P. R., M. Chaviano, M., L. Alemán M., R. Cabello. **2003. Guía Técnica para la producción del cultivo del Sorgo.** Instituto de Investigaciones del Arroz. MINAGRI. La Habana. Cuba.
31. Cervantes, F. J., J. Pérez, J. Gómez., **2000. Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales.** *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 42: 73-82. México.
32. Cervantes, F. J., J. Saldivar, J. F Yescas., **2007. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la Agricultura.** Instituto Tecnológico de Sonora. México.
33. Colas, A. **2007. Uso alternativo de abonos órgano-minerales en suelos ferralíticos rojos compactados.** Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, 65 pp. Cuba.
34. Compton L. P. **1990. Agronomía del Sorgo (ICRISAT).** Hyderabad, India. P. 301
35. Crespo, G., I. Rodriguez; L. Otero, B. Calero y S. Fraga. **2006. Metodología para la evaluación integral del estado de fertilidad de los suelos en una región ganadera de la Habana,** *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 34-7485.
36. Crespo. G. **2005 a. Evaluación y rescate de la fertilidad de los suelos y la producción de pastos y forrajes en una granja Ganadera de la Habana.** Informe final de Proyecto Ramal. Programa de Recursos Naturales. MINAGRI, Ciudad de la Habana, Cuba. Pp. 80.

37. Cuadros, S.:1997. **“Programa de Biomasa de la Empresa Nacional ADARO”**. Congreso Nacional. **“La Recuperación de los Residuos”**.pp.289-293.
38. Cuevas, J. R. 1985. Instructivo técnico de Lombricultura. Instituto de Suelos del MINAGRI. La Habana, Cuba. pp. 81.
39. Dávila C. Arnaldo. 2007. Elaboración de compost con residuos de Centro de Acopio (RCA), y su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis Maestría, Universidad Central de las Villas,
40. Díaz, R. 2005. Producción de compost y su efecto en el crecimiento y desarrollo del híbrido de banano “FHIA-18” Tesis de Diploma.
Doran, J. W., Elliott, E. T., Paustian, K. 1998 : Soil & Tillage Research, 49, 3-18
41. Dueñas, R. 2008. Ordenamiento de los Recursos Hídricos. Conferencias, Maestría Agricultura Sostenible. Décima Edición. UCLV. Cuba.
42. ECUSUR, 2010. Servicio de Educación Ambiental, Granja Ecológica. Justo Alonso Gonzáles 1534. Montevideo. Tel: (+598 2) 222 1450.
43. Enciclopedia práctica de la Agricultura y la Ganadería. 2002. Grupo Editorial Océano. Barcelona, España. P. 1028.
44. Estadísticas, 2009. Dirección Municipal Porcina. Encrucijada.
45. Eweis, J. B., Ergas, S. J., Chang, Daniel P. Y., Schroeder, Edward D., Monzón, I. T., Amieva Del Val, J. J. 2007: **“Principios de Biorrecuperación”**.Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico- químicos. Edic.McGraw-Hill/ Interamericana de España. pp. 201-207.
- 46 .Funes- Monzote y M. Monzote. 2001. Elaboración de compost en sistemas integrados agricultura-ganadería. En: Memorias I Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica. La Habana, Cuba. Pp. 75-77.

47. Funes, F. 2006. ¿Sustitución de insumos o agricultura ecológica? **Revista LEISA**. 22(2). Disponible en: www.latinoamerica.leisa.info. (Consulta: 5 de mayo 2006).
48. Funes-Monzote, F. 2008. **Elaboración y utilización del compost en fincas agroecológicas. Abonos Orgánicos**. ACTAF.
49. Gandarilla, J.; F. Martinez y Col. 1995. **Manual de uso y manejo del humus de lombriz**. Instituto de Suelos del MINAGRI. La Habana, Cuba. Pp. 170.
50. García, D., M., M. Reinés, P. L. Domínguez, C. M. Mederos y A. Gutiérrez. 2008. **Utilización de Excretas Porcinas en la cría de Lombrices de tierra. Inclusión de Lombrices frescas en dietas para cerdos**. I. I. P. La Habana.
51. Geier, B. 1998. **La aplicación orgánica en el mundo**. *Revista Chile Agrícola*, 3; pp. 55-60.
52. George Mason I. 2007. **A study of power, kinetics, and modelling in the composting process**. University of Canterbury.
53. **Gomero, L., Velásquez, H.** 2002. El reciclaje de los recursos orgánicos: nivel de adopción del estiércol de lombriz. En Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. [www.vvvvvv/ciedperu.org/bae/bae71/b71b.htm](http://www.ciedperu.org/bae/bae71/b71b.htm).
54. **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.
55. González, A. y Morejón, O. 2002. **Experiencias en el uso del humus sólido y líquido en la Agricultura**. Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica.
56. Guardado, J.A. 2003 **Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Pequeñas Plantas de Biogás. Una Alternativa para la Agricultura Sostenible**.

57. Guardado, J. A. 2010. **La Tecnología del Biogás. Experiencias en Cifuentes. Taller de Usuarios. Email: guardado@cubasolar.cu.**
58. **Guía Ambiental de buenas prácticas porcinas.2007.Manual, Colombia.**
59. **Guía Ambiental para el Sector Porcicola.2002. Manual, Colombia,**
60. Henin, S., G. Monnier y A. Combeau. 1958. **Method pour l'étude de la stabilité structurelle des sols. Ann. Agron. 1: 73-92.**
61. Hernández, A. J. 2005. **La historia de la clasificación de suelos en Cuba. Ed. Félix Varela. La Habana, Cuba. P. 98. ISBN: 959-07-0145-0.**
62. Herrera C. Christian y J. M. Peralta. 2005. **Valorización de Excretas Porcinas. Universidad de Chile.**
63. Hesse, P. R. 1971. **Textbook of soil chemical analysis. John Murray. London. Inglaterra.**
64. Hoyos, G. 2006," **La contaminación: un reto para la industria porcina", CERDOS-SWINE / Año 3, No. 39.**
65. **Informe de Ensayo Charco Hondo.2008. Centros de Estudios de Química Aplicada. UCLV. Marta Abreu de las Villas. Cuba.**
66. I.T.G. Ganadero. 2007. **Tablas de Referencia Composición de Estiércoles y Purines. México.tg**
67. Igarza, U. O.; E. C. Machado; N. P. Días. 2010. **El Compostaje como sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos para fines forestales. Dpto. de Química, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad de Pinar del Río. Cuba. C. P. 20100.**
68. J. Heredia; Marisol Muñiz; O. López y J. Ly. **Una reseña corta sobre 45 años (1959—2004) en el desarrollo de la porcicultura cubana. Grupo Empresarial Porcino. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.**
69. **Jaramillo, D. F. 2002. Introducción a las ciencias del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 613 pp.**
70. **Jeavons, J., 1991. How to grow more vegetables, Ecology Action, CA.**

71. **Kolmans, E. Y D. Vázquez.** 2001. Manual de agricultura ecológica. Programa agroecológico campesino a campesino. ANAP. Villa Clara, p.12-59
72. **León, S.; Villalobos, G.; Fraite, J. y González, N.** 1992. **Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. Agronomía Costarricense 16(1): 23-28.**
73. **M. D: Méndez; E. Romero; M. D. Villa roel 4 y B. Gómez.** 2005. **Estiércol de cerdos y Producción de lombrices de tierra y com.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Facultad de Veterinaria y Zootecnia.
74. **Madrid, C. y Y. Castellano,** 2006. Efecto de activadores sobre la calidad de compost elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar. 29 pp
75. **Manual de Compostaje, 2002. Corporación de Investigación Tecnológica (INTEC, Chile FDI).**
76. **Martinez, F. F.** 2000. **Gestión y Tratamiento de Residuos Agrícolas.** Escuela Superior de Agricultura, Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. España.
77. **Martinez, R. F., B. Calero M., R. Nogales, L. Rovesti.** 2003. **Lombricultura. Manual Práctico.** Instituto de Suelos. MINAGRI. La Habana, Cuba. Pp. 99.
78. **Martins, M. R.** 1996. : **Características e valor nutritivo de Silagens contendo dejetos de cerdos, Vicosa: UFV, 54 p**
- 79 **Mayea, S. S. y Mireya Q. C.** 1995. **Elaboración de compost de diferentes restos de cultivos tropicales. Revista Centro Agrícola. No. 2, p. 48-49.**
80. **Mayea, S., Acosta Y., Sacerio g, K.** 1991. **Utilización del compost en el cultivo de la papa. Trabajo de curso Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.**

81. Morales, M. t. 2003. **La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con 4 carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo.** Tesis de Maestría. FCA. UC. 7pp.
82. Morris, D. 2009. **Abonos Orgánicos.** INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS). E-mail, daromorris@yahoo.com.ar
83. Müller, G. 1965: **Boden Biologie**, 889 pp. , VEB. G. Fischer Verlag, Jena.
84. NC 521: 2007. **Vertimiento de Aguas Residuales en áreas costeras.**
85. Oberti, A., Quiroga, D., Premuzic, Z. 1998. **Efecto de la incorporación de un abono orgánico sobre el contenido de vitamina C en inflorescencia de brócoli fresco y procesado.** XII Conferencia Científica Internacional sobre Agricultura Orgánica. Mar del Plata, Argentina.
86. Organización Mundial de la Salud, 2003. **World Health Organization.** (w w w. Who. int.)
87. Paneque, M. y Calaña, J. 2004: **Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación.** San José de las Lajas. La Habana. INCA 54 p.
88. Peixoto, R. 1988. **Compostagem: opcao para o manejo orgânico do solo**, 48pp., Londrina, PARA,
89. Peña, E y col. 2002. **Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.**
90. Perdomo, C, C. Y G. J. M. M. Lima. 1998 **Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente.** Suinocultura Intensiva- Produção, Manejo e Saúde do Rebanho/ 388 pp., editado por Jurij Sobestiansky; Ivo Wentz; Paulo R. S. da Silveira; Luiz A. C. Sesti. —Brasília: EMBRAPA --- CNPSa,
91. Pérez, A. 1997. **Sustitución de fertilizantes minerales por materia orgánica en la producción de semillas de Rhodes callida.** III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, p. 7.

92. Pérez, A.; Amado, H.; Marlen, N. y Jesús S. 2007. **Sustitución de Fertilizantes Minerales por Materia Orgánica en la producción de Semillas de Rhodes callide.** Revista ACPA, No. 2, p.18.
93. Periódico Granma, Marzo 2009. **Artículo, " Tarjeta Amarilla".**
94. Primavesi, A. 1990. **Manejo ecológico do solo.** Ed. Librería Nobel. S. P. Brasil, p. 543.
95. Producción y Gestión del compost. **Informaciones Técnicas. Gobierno de Aragón. N° 88.**
96. Programa de Medio Ambiente y desarrollo, 2007. **Villa Clara,**
97. Quiñones, F. 2008. **El compostaje.** Disponible en [o](#) [Consulta 13 de febrero 2008].
98. Raaa, 2005. **Red de acción en alternativas al uso de Agroquímicos.** <http://www.raaa.org/ao.html>
99. Ramírez H. G, 2000. **"Manejo de excretas porcinas. Sistemas convencionales y alternativos".** Departamento de Producción Animal: Cerdos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.- UNAM.
100. Ramírez, H. G. 2007. **Manejo de Excretas Porcinas. Sistemas convencionales y alternativos.** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
101. Ramírez, H. G. 2000. **Vermicompostaje.** Departamento de producción Animal: Cerdos. Facultad e medicina Veterinaria Y Zootecnia—UNAM.
102. Ramón, J., Campa, L., Ojeda, M. Vale, V. 1987. **Instructivo técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba.** La Habana. Instituto de Suelos.
103. Ramón, J., Morejón, O., Ojeda, M., Vale, V. 1996. **La Lombricultura 1. Una opción ecológica.** Agricultura Orgánica. 2 (1) 13-15.
104. Ramos, G. Yordany.; Pérez, Q. Edel. 2009. **Fertilizantes Orgánicos: Una Propuesta Ecológica a la Reducción del Saltahojas del Fríjol.** Revista Agricultura Orgánica. No. 1, p.29.

105. Raveendran, 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.**
106. Revista Agricultura Orgánica. ACTAF. **2006.Año 12, N° 2. Abonos Orgánicos y su contribución a la sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas en Cuba. Pp. 40.**
107. Ribalta Q. Bárbara F., **2008. Utilización de Leucaena Leucocephala cv. Perú en la recuperación de los suelos Pardos Sialíticos Mullidos Carbonatados. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV. p 13.**
108. Rivero, C. **1999. Materia orgánica del suelo. Alcance 57.**
109. **Rodale, 1992. The Rodale Book of composting, Rodale Press.**
110. **Rodríguez, M. 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. pp.**
111. Rynk, R y col. **1992. On farm Composting Handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service.**
112. **Saucedo, O. 2008. Conferencias sobre el cultivo del Sorgo en Cuba. Estación experimental "Álvaro Barba". Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Cuba.**
113. **Serra, D. O. 2009. Humus de Lombriz. Web, CEROS & UNOS, Córdoba, Argentina.**
114. Simón, L.; Lamela, L.; Esperance, M. y Reyes, F. **1996. Resultados Agroecológicos de la implantación del silvopastoreo en la producción. Resúmenes. Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. P. 90.**

115. Stegmann, R., Lotter, S. y Heerenklage, J. (1991): **“Biological Treatment of Oil-Contaminated soils in bioreactors”**, en **On-Site Bioreclamation Processes for Xenobiotics and Hydrocarbon Treatment**, R. E. Hincbee y R. F. Olfenbuttel, editores, Butterworth-Heinemann, Massachusetts.
116. **Sztern, D. y Pravia, A.** 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. 60pp.
117. **Tandron, I.** 2005. Relación entre propiedades físicas y químicas en suelos Ferralítico rojos de montaña como base para la obtención de indicadores de sostenibilidad. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 65pp.
118. Vageler, P. Y Alten, F. 1931. **Boden des nils und Gash Zf. Pflanzanem Ddn gung. Boden I. Mitteilung. A. 21: 47-57.**
119. Van Horn, M. 1995. **Compost production and utilization: A growers guide. Workshop proceedengs “Agricultural use of compost”.** Salinas, June 13-14.
120. Vilariño, S. 1996. **Evaluación de los flujos de agua y nitrato, en un cultivo de maíz, en condiciones de riego a nivel experimental. XXXIII Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal. IRNA (CSIS). Sevilla, 59 pp. España.**
121. **Yescas, J. F.** 2004. Generación de Biogás a partir de desechos porcinos: Balance energético de una Granja. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
122. **Zhang, H.** 1994. Organic matter incorporation affects mechanical properties of aggregates. Soil and Tillage Research 31: 263-275.
123. **ZUCCONI, f. M. DE BERTOLDI.** 1987.” Compost specifications for the production and characterization of compost from municipi solid waste”. Elsevier Applied Science, London, pp. 30-50.