

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INCA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES
EN AGRICULTURA TROPICAL
INIFAT**

**FUENTES Y PROPORCIONES
EN SUSTRATOS PARA ORGANOPÓNICOS**

**Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en Ciencias en
Nutrición de las plantas y Biofertilizantes**

**Autora: Ing. Elizabeth Peña Turruella
Tutora: Dra. Miriam V. Carrión Ramírez**

La Habana, 2001

RESUMEN

La Agricultura Urbana en Cuba ha alcanzado un desarrollo lineal sostenible en los últimos años, dado por las características de popularidad de su movimiento productivo, que moviliza los recursos territoriales en función de la producción de alimentos. Como parte de las modalidades de producción de hortalizas en la Agricultura Urbana, se encuentran los Organopónicos que se definen como “ la producción de hortalizas sobre sustratos orgánicos colocados en canteros con guarderas”. Los mismos se establecen en áreas de suelo improductivo y los sustratos se elaboran mezclando diferentes fuentes en distintas proporciones. El presente trabajo se diseñó en 4 experimentos donde se investigaron forma de preparación de los sustratos; determinación de las fuentes y proporciones; alternativas de mantenimiento de fertilidad con abonos orgánicos y la inoculación con lombrices directamente en los canteros, teniendo en cuenta el comportamiento de los cultivos. Todos ellos se ejecutaron en canteros experimentales en las áreas del INIFAT y las atenciones culturales y fitosanitarias fueron las recomendadas en el Manual para Organopónicos y Huertos Intensivos (2000). Los principales resultados reflejan que las mezclas de las diferentes fuentes y proporciones deben mezclarse homogéneamente antes de ser colocadas en el cantero. Se pudo conocer que la mayoría de los cultivos presentaron mejores rendimientos en las mezclas con Cachaza 75 % del volumen total a preparar y el resto puede estar formado por suelo, zeolita y aserrín. Se constató la disminución de los contenidos de nutrimentos y el porcentaje de materia orgánica y su repercusión en la caída paulatina del rendimiento independiente de las fuentes y proporciones. Las aplicaciones de humus de lombriz durante el cultivo, así como, la inoculación con lombrices directamente en el cantero, constituyen alternativas para el mantenimiento de la fertilidad en las mezclas estudiadas, elevando el rendimiento de los cultivos. En otro resultado se encontró que la densidad del sustrato puede influir en el rendimiento alcanzado, aunque las disponibilidades de nutrimentos sean satisfactorias.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo mundial hasta los años 70 se caracterizó por los llamados “grandes progresos tecnológicos” y por el crecimiento de los intercambios comerciales de la post-guerra. Esto por supuesto afectó el mundo rural con la Revolución Verde o la llamada Agricultura Moderna, caracterizada por el empleo de sistemas tecnológicos que utilizan plaguicidas, herbicidas, antibióticos y energía, además de una alta mecanización con un extenso monocultivo provocado por la concentración de tierras y animales en granjas extensas.

Ya en los finales de los 70 y comienzos de los 80 empiezan a vislumbrarse algunas críticas sobre la necesidad de analizar la “relación vital hombre - medio ambiente” o sociedad y entorno físico” tomando en consideración los resultados y las consecuencias del gran desarrollo industrial - agrícola alcanzado. Si bien es cierto que la Revolución Verde o Moderna demostró el tremendo potencial de la Ciencia y la Tecnología de esos tiempos para aumentar la producción de los alimentos por unidad de tierra, también es cierto que trajo aparejado consecuencias nefastas para el medio ambiente, como erosión genética, erosión y degradación de suelos, desertificación, disminución de la biodiversidad, cambios climáticos y agudización de la crisis económica, sobre todo en los países del tercer mundo.

Cuba no está exenta de las consecuencias de la Revolución Verde y antes de 1959 la tierra se encontraba en forma de grandes latifundios dedicados a la caña de azúcar. Prácticamente, era un gran monocultivo a lo largo y ancho de todo el país. Posteriormente a ese año (al triunfo de la Revolución), se produjo una reforma agraria profunda donde se entregó la tierra al que la trabajaba y alrededor de 100 mil campesinos fueron beneficiados. Por otra parte, se fomentaron grandes empresas estatales agrícolas, con la idea de comenzar una diversificación de cultivos, aunque por muchos años se mantuvieron alrededor de 60 –70 % de sus tierras dedicadas a

un solo cultivo, en la búsqueda de exportaciones que colaboraran con la economía del país. Por esos tiempos el pensamiento predominante era que “ sin altos insumos y gran mecanización no pueden obtenerse altas producciones” Pero en los años 90, Cuba comenzó a entrar de lleno en la búsqueda de formas de explotación de la tierra con conceptos de sistemas agroecológicos y sostenibles.

Con relación a todo esto, el Presidente Fidel Castro, en su mensaje a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio Ambiente y Desarrollo, expresó. “Por primera vez en su historia, el hombre es capaz de alterar el equilibrio de los principales sistemas vitales y romper las leyes naturales que han regido la evolución en el planeta”... y continúa más adelante...” Los efectos cada día más evidentes de la carrera irracional del hombre en su agresión contra el medio natural, que para las sociedades opulentas fueron hasta hace poco fenómenos remotos y ajenos a sus preocupaciones inmediatas, constituyen hoy no una amenaza lejana, sino una realidad común para todos los pueblos” (fin de la cita).

Ante este panorama tan poco atractivo los científicos y técnicos han desarrollado métodos y sistemas en el campo de la agricultura que conservan el medio ambiente, favorecen la economía, coadyuvan a la producción de alimentos basados en principios de sustentabilidad, la cual se define como” el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, Comisión Brundlant, 1993”. Llevando este concepto al contexto agrario se entiende como Agricultura Sostenible “un conjunto de prácticas agrícolas en las que se diseñan agroecosistemas socialmente justos, culturalmente aceptables, naturalmente sanos y económicamente viables”. (Altieri, 1995).

Cuba está trabajando en la formación de una conciencia de la Naturaleza en la población y ha desarrollado planes de producción de alimentos utilizando diferentes alternativas, por un lado que satisfagan las necesidades de la población y por otro que constituyan verdaderos sistemas sostenibles. En este sentido, en los últimos

años se ha desarrollado un fuerte movimiento productivo agrícola en las ciudades y asentamientos poblacionales, extendidos en mayor o menor grado por su periferia, el cual se denomina Agricultura Urbana. (Companioni *et al*, 2000).

La Agricultura Urbana en Cuba se define como: “ La producción de alimentos dentro del perímetro urbano y periurbano aplicando métodos intensivos, teniendo en cuenta la interrelación hombre - cultivo - animal - medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante los 12 meses del año, basadas en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos”. (Rodríguez, 2001).

La Agricultura Urbana contempla en el presente año 2001 el desarrollo de 27 Subprogramas productivos y de apoyos. Cada Subprograma productivo cuenta con un plan definido de la producción que se debe alcanzar en todo territorio durante cada año. El Subprograma de hortalizas y condimentos frescos es el más consolidado llegando a producir hoy más de la mitad de las hortalizas del país, lo que garantiza la totalidad de la producción de algunas especies como lechuga, cebollino y otras. Durante el año 2000 se produjeron 1 680 845 toneladas en todo el país, con una alta eficiencia al promediar rendimientos en Organopónicos de 25,03 Kg/m² y 17,08 Kg/m² en Huertos Intensivos (MINAGRI, 2001).

El cultivo de hortalizas en la modalidad de Organopónicos se realiza sobre sustratos orgánicos y ha cobrado gran popularidad en los últimos años ya que permite obtener altos rendimientos en áreas pequeñas, proporcionando vegetales sanos cerca de los núcleos poblacionales (Siau *et al*, 1993), cumpliendo los indicadores de sostenibilidad en cuanto a equidad, estabilidad y productividad (Altieri, 1995 y demostrados por Carrión *et al*, 2000). Por otro lado, González, (1998) estableció 8 indicadores cuantitativos para la evaluación de la tecnología de producción de hortalizas en sustratos orgánicos (Organopónicos) donde se valoran desde el

rendimiento por metro cuadrado hasta el consumo de agua y costo por peso de la producción. La evaluación final proporcionó el siguiente criterio...” que articula la producción intensiva de hortalizas en Organopónicos con los principios de desarrollo sostenible y que los indicadores que pueden ser limitantes en nuestras condiciones son reposición de materia orgánica (fertilidad) y abasto de agua.

En la actualidad en la modalidad de Organopónicos se utilizan mezclas de diferentes materiales orgánicos con suelo, pero se están presentando dificultades con el comportamiento de los rendimientos de los cultivos ya que se realizan mezclados deficientes o simplemente se colocan los materiales cuando se confeccionan los sustratos al inicio de una explotación. Además, las fuentes se acopian y se suministran sin previo conocimiento de sus características físicas y químicas, lo que provoca que en ocasiones se preparen mezclas con fuentes deterioradas o simplemente sin un curado adecuado. Junto a esto existe el criterio generalizado del uso de materia orgánica sin tener en cuenta las proporciones más adecuadas tanto en la preparación de los sustratos nuevos como para el mantenimiento de la fertilidad, desde el punto de vista técnico y económico.

En este sentido, algunos autores han abordado aspectos referentes al uso de algunas alternativas para el mantenimiento de la fertilidad como Gandarilla et al (2001), mientras que Pérez et al (1995), reportaron deterioro en sustratos. Otros trabajos se refieren a las aplicaciones de biofertilizantes, (Curbelo, et al, 1995) y al manejo en general de sustratos en organopónicos, (Carrión et al, 1999).

Tomando en cuenta lo analizado anteriormente se realiza el presente trabajo con los objetivos siguientes:

1. Determinar la forma de mezclado en las fuentes y proporciones utilizadas para la preparación de sustratos.

2. Encontrar las proporciones más adecuadas de las diferentes fuentes para la preparación de sustratos.
3. Conocer las características de fertilidad de las fuentes y proporciones y su influencia en los rendimientos de los cultivos.
4. Determinar prácticas alternativas para el mantenimiento de la fertilidad en las fuentes y proporciones de las mezclas para sustratos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La Materia orgánica. Generalidades.

La Materia orgánica es uno de los factores más importantes para determinar la productividad de un suelo o sustrato en forma sostenida, por lo cual constituye el factor principal que garantiza el éxito en el manejo ecológico del suelo. Sin embargo, a pesar de su gran trascendencia, ha sido descuidada desde la década de los años 50, cuando se intensificó el consumo de los fertilizantes sintéticos que, por su alto costo y por su elevada actividad de contaminación ambiental, deben ser sustituidos cada vez más por la materia orgánica

(Peña *et al*, 1999).

Según Martínez, *et al*, (2001), la materia orgánica representa la principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres, de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. El mismo autor señala que para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancias húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y elevar la productividad de los ecosistemas terrestres.

2.1.1. Definición

Dalzell, (1991) y Guerrero, en (1993), definieron la materia orgánica como todo tipo de restos vegetales y animales en proceso de descomposición y por humus como el producto final de su descomposición de un alto peso molecular, formado por un núcleo central de compuestos aromáticos y cadenas laterales integradas por carbohidratos, así como cadenas alifáticas donde se ubican los grupos funcionales que hacen que se comporte como un “almacén” de nutrientes para evitar que éstos se lixivien. Posteriormente Kolmanas, *et al*, (1996) plantearon que la materia orgánica esta compuesta por residuos animales y vegetales que, en condiciones

favorables, son transformados por organismos del suelo, perdiendo su estructura original, su comportamiento en el suelo, esta en función de las propiedades físicas y químicas existentes. Por tanto, la transformación de la materia orgánica esta determinada por las condiciones ambientales, así como por las características físicas y químicas del suelo.

2.1.2. Formación de la materia orgánica en los suelos.

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de diferentes orígenes, entre estos, los de plantas superiores, los cultivos agrícolas y en menor escala residuos animales, ellos llegan al suelo de dos formas, se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores,) o quedan directamente atrapados en la masa del suelo (raíces).

En la superficie de los suelos forestales se acumula una capa de restos orgánicos conocido por mantillo. En los de climas templados, este horizonte puede tener de 10 a 70 t/ha a pesar de recibir anualmente alrededor de 4 t/ha de restos vegetales. Sin embargo, los suelos forestales tropicales, por el contrario, reciben de 100 a 250 t/ha al año y carecen de este horizonte orgánico que en todo caso puede llegar a 10 t/ha. Esto se debe a que en el trópico la acción de la fauna y la microflora del suelo es mucho más enérgica y se desarrolla con mayor actividad durante todo el año. (D. Hoore, 1961).

Resultados reportados para Cuba, señalan que en el transcurso de 12 meses se mineraliza el 50% de los restos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mientras que la mineralización en el caso de los restos de plátano (*Musa paradisíaca*), maíz (*Zea mais*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) fue de un 100% en igual período.(Martínez, et al 2001).

La biomasa aérea de la vegetación herbácea fluctúa entre 0,5 y 13 t/ha, en dependencia de la especie vegetal y la zona climática y su participación en el proceso de humificación es insignificante, ya que una gran parte de ella es

consumida por los insectos y los mamíferos herbáceos o es recogida por el hombre. Sin embargo, la parte subterránea es mucho más importante, estos varían desde el 10 % del peso total de la planta hasta el 80 % o 90 % en las zonas climáticas más secas. Se conoce que en la cama de un metro de suelo, las raíces pueden pesar entre 8 y 20 t/ha y que también el 100% de la parte subterránea de las plantas anuales se renueva cada año incorporándose sus restos al suelo, mientras que las herbáceos perennes renuevan nada más el 30 % (Martínez, *et al* 2001).

De igual forma sucede con los cultivos agrícolas anuales, los cuales dejan en el suelo pocas cantidades de restos vegetales, ya que la parte aérea se retira para su consumo con lo que se reduce la llegada de estos al mismo. Esta situación produce un nuevo equilibrio dinámico de la materia orgánica en el suelo, disminuyendo el contenido de este importante factor y por ende la fertilidad potencial del mismo (Kononova *et al* 1972).

La biomasa total de los bosques fluctúa entre 50 t/ha en la Taigá y 500-1700 t/ha en los bosques tropicales y subtropicales, en estas últimas regiones, en los bosques de hojas anchas, caen de 0,5 a 4 veces más hojas que en los bosques de clima templado. Los suelos del subtropico reciben de 4 a 8 veces más restos que sus similares meridionales. (Dabin, B. (1956), Citado por Martínez (2001).

Por otro lado Suquilanda, (1996), plantea que los niveles deseables de materia orgánica en los suelos de cultivo varían desde el 2% en zonas áridas, al 5% y más en los valles fértiles y que toma tiempo mantener o elevar el contenido de la materia orgánica en suelos que son cultivados intensamente, además, estima que esparciendo 25 toneladas de abono por acre (61 t/ha), tomaría aproximadamente 20 años para la formación de la materia orgánica del suelo en un 1 %.

2.1.3. Estructura y Fraccionamiento de la materia orgánica.

Los compuestos orgánicos donde los nutrientes se encuentran fuertemente retenidos, son los que forman el cuerpo de los organismos vivos, así como productos de síntesis secundarias como el humus, mientras que los compuestos orgánicos en los cuales los elementos tienen mayor movilidad están representados por tres grupos: Según los autores Stevenson Ardaharri (1972), citado por Companioni, (1982) y Peña, (2000).

1. Humatos y Fulvatos. Compuestos de los cationes (nutrientes) en su combinación con los ácidos húmicos y fúlvicos.
2. Compuestos Organo - Minerales, representados por sales complejas resultantes del desplazamiento del ion H^+ de los cationes (nutrientes) de la solución del suelo.
3. Compuestos orgánicos absorbidos y en la superficie de las partículas del suelo.

El fraccionamiento de la materia orgánica es un análisis que determina la calidad de la materia orgánica y permite evaluar su influencia en la fertilidad actual y potencial del suelo. Consiste en separar la materia orgánica no humificada y las sustancias húmicas, identificándose los grupos: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Cada uno de ellos presenta características diferentes de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo. (Fig. 1).

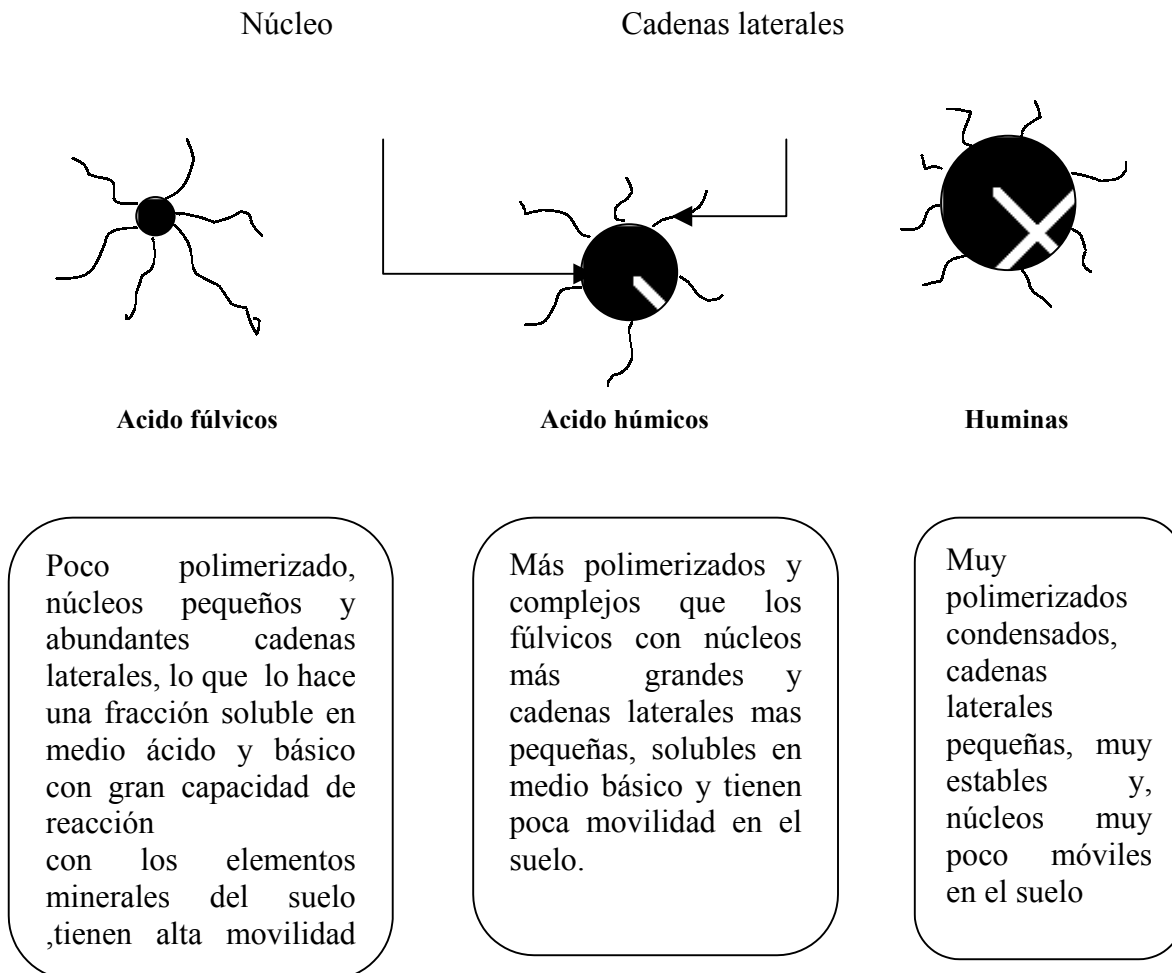
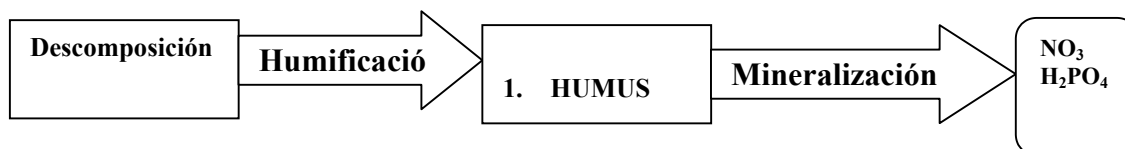


Fig. 1. Fraccionamiento de la materia orgánica.

2.1.4. Proceso de descomposición de la materia orgánica.

En 1993 Guerrero describió el proceso de descomposición de la materia orgánica a través del siguiente esquema y más tarde Pomares, (1996) dejó bien definido el proceso de transformación clasificándolo en: descomposición (degradación), humificación y mineralización.



Residuos
Orgánicos
(estíercoles,
hojarascas,
tallos, etc.)

Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que transforman la materia orgánica en humus. Es un proceso rápido de 3 a 4 meses, realizado por toda clase de microorganismos (lombrices, hongos, bacterias, actinomicetos) y puede realizarse en diferentes condiciones ecológicas.

Es el estado más avanzado en la descomposición de la materia orgánica. Es un compuesto coloidal de naturaleza ligno-proteico, responsable de mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos.

Consiste en la transformación del humus, en compuestos solubles asimilables por las plantas. Es un proceso lento (1 año) y sólo se realiza en condiciones ecológicas óptimas (T 18-20°C, buena Humedad, adecuado O₂, pH 6,8) y por organismos altamente especializados.

2.1.5. Importancia de la materia orgánica sobre las propiedades de los suelos.

Según Pomares (1996), la aplicación de materia orgánica de forma sistemática al suelo es de trascendental importancia para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por otra parte Souza (1999), destaca los efectos benéficos que la materia orgánica provoca en la estructura química, física y biológica de nuestros suelos tropicales y define esa práctica como fundamental, para buscar la sustentabilidad agrícola de nuestros sistemas productivos.

La influencia favorable de la materia orgánica en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad y aún en nuestro siglo no ha perdido vigencia este concepto, baste decir, que por su influencia sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, se considera su presencia factor distintivo entre un suelo y la corteza mineral. (Ortega, 1985).

Según Martínez *et al* (2001), las acciones más importantes de la materia orgánica sobre las propiedades de los suelos son.

Influencia sobre las propiedades físicas.

- Produce agregación en los suelos mejorando su estructura.
- Proporciona porosidad en los suelos arcillosos.
- Aumenta la permeabilidad del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo.

Influencia sobre las propiedades químicas.

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Transporta micro y macroelementos hasta las raíces de las plantas.
- Retiene y facilita la absorción de nutrientes por las plantas.
- Tiene efecto quelatante sobre el hierro, manganeso, zinc, cobre etc.
- Puede ser absorbido por las plantas estimulando el crecimiento.

Influencia sobre las propiedades biológicas

- Estimula la microflora del suelo.
- Ayuda al desarrollo de las colonias microbianas.
- Favorece la capacidad germinativa de las semillas.
- Mejora los procesos energéticos de las plantas.
- Favorece la síntesis de ácidos nucleicos.
- Aumenta el rendimiento de los cultivo.

Por otro lado, Kolmanas *et al*, (1996), plantea que la materia orgánica ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo y retener los nutrientes; actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de estos, según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio. La materia orgánica es muy importante en los trópicos por

su propiedad tampón o amortiguadora ("buffering") de los nutrientes. La disminución de los niveles de materia orgánica en el suelo implica la disminución de los nutrientes disponibles para las plantas.

2.2. Sustratos. Definición.

El término “sustrato” se aplica en Horticultura a todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición vegetal. (Abad,1996).

Ya en los años 1974, Boodt *et al*, desarrollaron el concepto de “sustrato ideal”. Basado en investigaciones sobre la curva de liberación de agua de diferentes materiales orgánicos plantearon que el sustrato debería tener características físicas medias adecuadas para las condiciones de cultivo más usuales y establecieron valores fijos para los sustratos, aunque la curva no debía ser única sino que variaría dentro de ciertos límites. Una ventaja de esto estriba en que podían ser rechazados materiales en estudio y predecir los tipos de material a mezclar para que el sustrato estuviera dentro de la curva óptima. Sin embargo, las plantas responden a un conjunto de propiedades físicas, biológicas y químicas, razón por la cual se hace muy difícil clasificar un sustrato en función de sus características de retención de agua solamente. Por otra parte, el aire y el agua en un sustrato dependen también del contenedor (sus dimensiones) lo que hace que no se puedan establecer los límites del potencial productivo como se hace en cultivos en campo. Por otro lado, Burés (1997), asegura que las características de cada material a mezclar, en cuanto a la presencia de diferentes tamaños de partículas, favorece la aplicación de una programación lineal a la hora de preparar las mezclas para un sustrato. Pero la misma autora comparó las curvas de liberación de agua de diferentes mezclas de sustratos así como la contracción del volumen, resultando similares. Esto explica la

razón de que las propiedades no varían excesivamente con respecto al valor teórico esperado. En este sentido, otros especialistas como Abad (1993), plantea que obviamente no existe el sustrato ideal y explica que el mejor medio de cultivo para cada caso concreto variará de acuerdo con numerosos factores como el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), la especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y regímenes de riego, aspectos económicos, etc.

2.2.1. Clasificación de los sustratos.

Entre los diferentes criterios de clasificación de los sustratos merece ser destacado el que se basa en las propiedades de los materiales. Tomando en cuenta esto, Abad en 1993, (citado por Carrión en 1999) explica que los sustratos se clasifican en:

1. **Químicamente inertes:** arena granítica o silíceas, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
2. **Químicamente activos:** turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

La diferencia entre ambos tipos de materiales viene determinada por la capacidad de intercambio catiónico, propiedad físico - química directamente relacionada con la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato.

En el primer caso, el material actúa única y exclusivamente como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes. Estos han de suministrarse mediante la solución fertilizante, que debe ajustarse al máximo con objeto de no crear disfunciones en la planta. El cultivo en este tipo de sustrato es, en la práctica, un verdadero cultivo hidropónico, exigiendo una avanzada tecnología de las instalaciones y una elevada especialización del personal.

En el segundo caso, el sustrato, además de soporte para la planta actúa como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

Las plantas pueden ser sostenidas y cultivadas en diferentes tipos de materiales. De hecho, las plantas pueden ser cultivadas y sobrevivir en cualquier medio de cultivo si las raíces pueden penetrar en el sustrato.

Todo esto indica que las mezclas de diferentes materiales, suelen tener propiedades que aporta cada uno de sus componentes. De la elección de los mismos, las proporciones en que deben estar presentes así como su mejoramiento, para mantener los rendimientos, dependen en gran medida los rendimientos de los cultivos.

2.2.2. Propiedades y características de los sustratos.

Según Abad en (1996) y Carrión *et al*, (1999), plantean que para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren características en las siguientes propiedades.

Propiedades físicas

- a) Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- b) Suficiente suministro de aire.
- c) Distribución del tamaño de las partículas que mantendrá las condiciones antes mencionadas.
- d) Baja densidad aparente.
- e) Elevada porosidad.
- f) Estructura estable, que impedirá la contracción (o hinchazón) del medio.

Propiedades químicas

- b) Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- c) Baja salinidad.
- d) Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener el pH.
- e) Baja velocidad de descomposición.

Otras propiedades

- a) Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos.
- b) Reproducibilidad y disponibilidad.
- c) Bajo costo.
- d) Fácil de mezclar.
- e) Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- f) Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

Propiedades físicas.

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia (Abad, 1996 y Carrión *et al*, 1999), lo que coincide con Orellana *et al*, (1999), además esta autora afirma que la mezcla utilizada como sustrato debe tener las condiciones físicas favorables al cultivo ya que el crecimiento y desarrollo óptimo de su sistema radical depende de la relación sólido - agua - aire que exista en él, y por ende, se refleja en la productividad potencial del vegetal.

Una vez que el medio esté en el contenedor y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar prácticamente las características físicas básicas de dicho medio. Esto contrasta con las características químicas de los sustratos, que pueden ser modificadas mediante técnicas de cultivo apropiadas, realizadas por el propio agricultor.

Las principales características físicas son:

- **Espacio poroso total.** Es el volumen total del medio de cultivo no ocupado por partículas orgánicas ni minerales. Su nivel óptimo se sitúa por encima de 85 % del volumen del sustrato. El total de poros existentes en un sustrato se reparte entre “poros capilares”, de pequeño tamaño que son los que retienen el agua, y, “poros no capilares” o “macroporos”, de mayor tamaño que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado, permitiendo así la aireación.
- **Agua fácilmente disponible.** Es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión (métrica) menos la cantidad de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm. El valor óptimo del (AFD) esta entre 20 – 30 % del volumen. Los poros que se mantienen llenos de agua después del drenaje del sustrato son los de menor tamaño. Es necesario, entonces, distinguir entre: 1) El agua retenida por el sustrato y que es accesible para la planta, y, 2) El agua fuertemente retenida por el sustrato y que no es utilizable por la planta, ya que la succión aplicada por las raíces no supera la fuerza con la que el agua es retenida por las partículas del sustrato. Por lo tanto, y en relación con los sustratos, lo que interesa es la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención total de agua. (Abad,1993). Por otro lado, Orellana *et al*, (1996), plantearon que la curva de retención de humedad constituye la característica hidrofísica fundamental de los suelos y sustratos y agrega que su obtención en el rango de humedad fácilmente asimilable se logra mediante el uso de sistemas capilarímetros de fácil construcción y manejo.

Según Pérez *et al*, (1989), plantearon que un sustrato adecuado debe absorber y almacenar una cantidad suficiente de agua, ser fácilmente penetrable por las raíces, y además no ser tan húmedo ni tan seco, ni tan denso (impermeable).

- **Capacidad de aireación.** Burés en (1997), define la capacidad de aireación como el porcentaje en volumen de agua que se libera al aplicar una tensión de 10 cm de columna de agua sobre el sustrato, lo que coincide por lo planteado por Abad en (1996), quien afirma que es la proporción del volumen del medio de cultivo que contiene aire después de que dicho medio ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión y que el nivel óptimo de la capacidad de aireación oscila entre un 20 y un 30% del volumen. El mismo autor plantea que las raíces requieren oxígeno para mantener su actividad metabólica y crecimiento. Si la textura o la estructura del sustrato son tales que la mayoría de los poros permanecen llenos de agua después del riego, provocaran una inhibición del crecimiento y, a veces, marchitamiento de las plantas.
- **Distribución del tamaño de las partículas.** El tamaño de las partículas afecta al crecimiento de las plantas a través del tamaño de los poros. La distribución del tamaño de las partículas y de los poros determina el balance entre el contenido en agua y en aire del sustrato, a cualquier nivel de humedad. El mejor sustrato se define como aquel material de textura gruesa a media, con una distribución del tamaño de las partículas entre 0,25 y 2,5 mm, que retiene agua fácilmente disponible y posee, además, un adecuado contenido en aire, (Abad, 1996). Por otra parte, Burés, (1997), plantea que es precisamente el tamaño y composición de las partículas lo que hace variar el estado físico de los sustratos y agrega que el tipo de material, granular o fibroso, influye en el empaquetamiento de las partículas.
- **Densidad aparente:** Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del medio húmedo, es decir, incluyendo el espacio poroso entre las partículas. La densidad aparente de los sustratos no debe superar los 0,4 g/cm³ bajo condiciones de cultivo protegido, (Abad,1996). Por otra parte, Orellana *et al* (2000), plantearon que la fase sólida del sustrato en una unidad de volumen total del sustrato que caracteriza la densidad del sustrato seco.

1. Propiedades químicas:

Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato. Los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, debido principalmente a la formación y presencia de las sustancias húmicas, el producto final más importante de la descomposición de la materia orgánica.

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC).** Según, Burés en (1997), la define como la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones y agrega que esta depende del pH. Anteriormente Abad (1996), planteó que la capacidad de intercambio catiónico es la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato y agrega que dichos cationes quedan retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta. Los materiales orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico y una alta capacidad tampón frente a los cambios rápidos en la disponibilidad de los nutrientes y en el pH. Se pueden prevenir los cambios rápidos en la acidez o la alcalinidad de los sustratos, usando materiales orgánicos en las mezclas de cultivo. La materia orgánica, especialmente las sustancias húmicas, contienen grupos funcionales cargados negativamente (carboxílico, fenólico, enólico, etc.) que son los responsables de la capacidad de los materiales orgánicos para retener los cationes en forma no lixiviable, (Abad, 1993).
- **Disponibilidad de los nutrientes.** La mayoría de los sustratos minerales no se descomponen biológicamente ni químicamente y, desde un punto de vista práctico, se pueden considerar desprovistos de nutrientes.

Los sustratos orgánicos difieren marcadamente en el contenido en nutrientes asimilables. Así, algunos (turba, corteza de pino, mantillo de bosque, etc.) poseen un nivel reducido de nutrientes asimilables, mientras que otros (compost, p. ej.) presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del compost y del proceso de compostaje, (Abad, 1993), lo que coincide con Paneque en (1998).

Como ejemplo se presentan los contenidos de nutrimentos de distintas fuentes orgánicas.

FUENTE ORGÁNICA	NUTRIMENTOS (%)			Materia Orgánica (%)	Relación C/N
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Cachaza	2,09	2,31	1,22	80	22
Gallinaza camada	1,72	1,21	1,0	65	18
Gallinaza pura	3,51	2,53	1,62	46	7
Estiércol vacuno	1,48	0,63	0,91	67	25
Estiércol porcino	2,52	0,63	0,54	45	10
Estiércol ovino - caprino	0,57	0,28	0,26	30	32
Restos de hortalizas	1,12	0,30	0,85	70	37
Hojas de arboles	1,0	0,23	1,10	72	41
Viruta de madera	0,66	0,33	1,91		
Ceniza de cascara de arroz	0,14	0,14	0,20		
Residual de biogas	2,10	0,75	0,70		
Raquis de plátano	1,0	0,19	6,74		
Humus de lombriz	1,29	0,35	0,47		
Bagazo	0,39	1,02	0,87	90	

Los análisis fueron realizados por los métodos tradicionales, vigentes en los laboratorios de suelos

- **Salinidad.** Se refiere a la concentración total de sales solubles presentes en la disolución del sustrato. Se puede producir un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar éste colocado en el contenedor, cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución fertilizante es superior a las cantidades absorbidas por las plantas o perdidas por lixiviación. Por otra parte, Orellana *et al*, (2000) plantearon que uno de los aspectos esenciales para utilizar aguas salinas es la incorporación de materia orgánica.

La materia orgánica constituye un material que mejora la permeabilidad del suelo y libera CO₂ y ciertos ácidos orgánicos durante la descomposición. Esto ayuda a disminuir el pH del suelo, a liberar el Ca debido a la solubilización del CO₃ Ca y otros minerales del suelo, con la cual se incrementa la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación y se desplaza el Na cambiante por el Ca y Mg, (Rhoades *et al*, 1992) citado por Orellana *et al*, (2000). Otra medida para aliviar los efectos de la salinidad es mantener el medio de cultivo húmedo (Abad, 1993).

Según Abad, (1993), citado por Carrión *et al*, (1999), plantearon la siguiente interpretación de los niveles de la salinidad en sustratos orgánicos, determinados en el extracto de saturación (conductividad eléctrica en dS/m a 25°C):

< 0.74 muy bajo

0.75- 1.99 apropiado para germinación de semilla y crecimiento de plántulas

2.0 - 3.49 satisfactorio para la mayoría de las plantas

3,5 elevado para la mayoría de las plantas.

- **pH.** Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y desarrollo de las plantas se ve reducido de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda mantener el pH del sustrato dentro de un intervalo reducido. El valor óptimo de pH (extracto de saturación) esta entre 5,5 a 6, 8. Los materiales orgánicos poseen mayor capacidad tampón (en un amplio intervalo de pH) que los materiales minerales. Abad, (1993) citado por Carrión *et al* (1999).

La asimilabilidad de los elementos nutritivos es afectada de modo marcado por el pH. Con pH de 5.0 a 6.0, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de pH = 5.0 pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc.; mientras que por encima de pH = 6.0 puede disminuir la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn y Cu. Los óxidos metálicos (de Fe, Mg, Cu, Zn, etc.) se hacen más solubles al bajar el pH (por debajo de 5.0), pudiendo llegar a resultar fitotóxicos.

Relación Carbono - Nitrógeno (C/N). La relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y estabilidad. Una relación C/N inferior a 40 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato y es un índice de un material orgánico maduro y estable. Abad, (1996). Por otro lado, Burés, (1997) plantea que la relación C/N en general varia entre 5 y 30 para un material compostado y una relación C/N inferior a 20 se puede tomar como indicadora de madurez y estabilidad de los sustratos orgánicos.

Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son debidos tanto a una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el nitrógeno en la síntesis de sus proteínas celulares. El oxígeno es también consumido por la actividad microbiana.

Propiedades biológicas.

Un examen detallado de las propiedades de los sustratos hortícolas no debe finalizar sin el estudio de sus propiedades biológicas.

Velocidad de descomposición. Todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles de degradación biológica continua, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los medios de cultivo, considerada de modo global, es desfavorable desde el punto de vista hortícola debiéndose tomar precauciones con el objeto de minimizar sus efectos sobre las plantas, Abad, (1993).

La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición. Desde un punto de vista práctico, se puede reducir el contenido relativo de dichas sustancias mediante el compostaje y, también, manteniendo niveles suficientes de nitrógeno afiliado.

Las condiciones de cultivo deberían también ser consideradas: si el cultivo se prolonga durante largos períodos de tiempo, resulta recomendable el uso de materiales más estables, mientras que si las plantas son de crecimiento rápido, pueden prosperar en materiales menos resistentes a la degradación.

Efectos de los productos de descomposición.

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y hemicelulosa. Una gran variedad de funciones

vegetales, tanto a nivel de célula como de órgano son afectadas positivamente por los ácidos húmicos y fúlvicos. Las sustancias húmicas actúan, asimismo, como transportadoras de los micronutrientes para las plantas. Abad, (1993).

Microorganismos. Según Carrión *et al* (1997), plantearon que existe un grupo de microorganismos que pueden tener una actividad en los sustratos que contribuyen a la nutrición y al control del lavado de algunos elementos dentro de los que se conocen:

- Micorriza. Son simbiosis entre hongos y raíces de plantas superiores donde la planta suministra carbohidratos al hongo y esta a su vez contribuye a la absorción de agua y nutrientes.
- Azotobacter. Son bacterias que poseen un complejo enzimático capaz de reducir el nitrógeno del aire a amonio para ser asimilado por las plantas. Aportan sustancias bioestimuladoras del crecimiento.
- Trichoderma. Es una bacteria control biológico de Rhizoctonia, Phythium y Fusarium.

2.2.3. Materiales utilizados como sustratos. Características y Usos.

Un elevado número de materiales pueden ser utilizados con éxito en la preparación de sustratos. La elección de un material particular viene determinada por la disponibilidad del mismo, la finalidad de la producción, su costo, sus propiedades, la experiencia local en su utilización y los problemas ambientales de la eliminación de sus residuos.

Los sustratos y el medio ambiente.

Los cultivos sin suelo presentan unas características diferenciadas importantes en comparación con el cultivo en el suelo natural, mereciendo el estudio de su impacto ambiental una consideración especial.

Abad en (1996), plantea que los agentes más contaminantes en la industria de los cultivos sin suelo, son:

- La lixiviación de los nutrientes, especialmente en los sistemas abiertos, a solución perdida,
- El vertido de los residuos y los materiales de desecho,
- La emisión de productos fitosanitarios, y
- La emisión de gases y el consumo extra de energía, como consecuencia de la calefacción, la desinfección, etc.

Durante estos últimos años Cuba viene mostrando un marcado interés por el medio ambiente, lo que ha facilitado el estudio del impacto ambiental de la actividad agraria sobre la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas). En este sentido se está trabajando en el reciclaje de todo tipo de residuos orgánicos, con el objetivo de utilizarlo para la preparación de sustratos en Organopónicos.

2.2.4. Materiales biodegradables utilizados como sustratos.

El más difundido de los materiales naturales biodegradables es la turba. Sin embargo, su cuestionable disponibilidad futura ha potenciado la búsqueda y utilización de otros materiales, que son residuos y subproductos orgánicos de diferentes actividades como son: la cachaza, gallinaza, el aserrín y virutas de madera, fibra de madera, corteza de pino, fibra de coco, estiércoles, desechos de la industria agroalimentaria, etc.

❖ **Cachaza.** La cachaza se obtiene como resultado del proceso de clarificación de los jugos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en la industria azucarera, por medio de la alcalinización con Ca(OH)_2 y la aplicación de calor, lográndose coagular y precipitar los sólidos del jugo y después separarlos por decantación y filtración. La cachaza es rica en materia orgánica, fósforo y calcio. La producción de

cachaza equivale al 3.4 % del peso de la caña que procesa el central, (Paneque 1998). Por otro lado, Rodríguez, *et al*, (2001), plantearon que en Cuba por cada millón de toneladas de azúcar fabricadas se producen 285 mil toneladas de cachaza.

En Cuba la agroindustria azucarera es, sin dudas, el principal suministrador de materia primas ya que representa una serie de ventajas que la hacen altamente atractiva; procesa una materia prima agrícola por lo que parte de los componentes del suelo se encuentran en los subproductos o desechos industriales, es decir: la cachaza y cenizas del ingenio: posee un sistema integral de cosecha que permite disponer de residuos agrícolas (cogollo y paja) concentrados industrialmente en los centros de acopio y de limpieza y ofrece la posibilidad de tener cercana a la industria los establos del ganado que pueden aportar valiosas excretas de estos animales, (ICIDCA, 1991).

Por otro lado Burés (1997), plantea que los restos de la caña de azúcar una vez que se procesan en los molinos, debe compostarse puesto que el bagazo fresco produce una reducción del crecimiento vegetal, por falta de nitrógeno o por presencia de sustancias fitotóxicas, produciéndose además una contracción importante del volumen durante el cultivo. Se ha utilizado mezclada con corteza de pino, turba o arena. Sus propiedades físicas son adecuadas como sustratos de cultivos hortícolas y varias especies ornamentales, (en particular, en Hawii se ha utilizado con éxito para el cultivo de plantas ornamentales).

❖ **Estiércol:** El estiércol consiste en la fracción sólida de los excrementos del ganado, mezclados con cama y restos de comida. La calidad del estiércol depende del tipo de cama que se ha utilizado, del tipo de ganado, de su edad y alimentación, además del proceso de fermentación que sufre el estiércol, siendo susceptible de diversas transformaciones físicas y químicas que modifican sus características y composición. Generalmente el estiércol se estabiliza mediante el compostaje o fermentación

controlada, pudiéndose mezclar con materiales como corteza de pino que actúa de fuente de carbono durante el compostaje. El pH generalmente básico y su composición salina depende de la cama utilizada. Su densidad varía entre los 300 y los 900 Kg de materia seca por m³, según el estado de descomposición (Burés, 1997).

Los estiércoles pueden tratarse de diversas maneras para adecuarlos mejor a su uso. Entre ellas, la separación, fermentación aeróbica o anaeróbica, evaporación y deshidratación constituyen ejemplos de tratamientos que se efectúan sobre el estiércol.

Suquilanda en (1996) y más tarde Burés en (1997), plantearon que en algunos países se utiliza la digestión anaeróbica del estiércol para producir biogás; a partir del tamizado y lavado del residuo de esta digestión se obtiene un material fibroso de aspecto similar a la turba (BIOSOL), más un líquido afluyente que se utiliza como abono líquido (BIOL). La fracción sólida (BIOSOL), se utiliza como sustrato y tiene granulometría fina, densidad entre 80 y 120 Kg de materia seca por m³, porosidad elevada (del orden del 90 %) y aireación elevada. El líquido afluyente (BIOL, es el principal bioabono que sale del digestor constituido casi totalmente de los sólidos disueltos (nutrientes solubles) y agua, aún conserva de 0,5 a 1,5 % de sólidos en suspensión y puede ser utilizado en una variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz. Los mismos autores consideran que los estiércoles generalmente se usan como enmiendas orgánicas, en general tienen exceso de N, P, K, Mg, Ca y Cl y conductividad eléctrica elevada, por lo que, independientemente de sus propiedades físicas deben mezclarse en pequeñas dosis cuando se utiliza como componente de sustratos. La conductividad eléctrica puede controlarse mediante el lavado del material.

El estiércol deshidratado sufre un proceso de eliminación del agua hasta valores inferiores al 15 % de humedad y también se utiliza como componente de sustrato. Se denomina estiércol artificial a la mezcla de paja y abonos nitrogenados que haya

sufrido una fermentación. También existe el denominado estiércol o compost de lombrices, que consiste en las deyecciones de lombrices que se utilizan para descomponer la materia orgánica.

❖ **Gallinaza.** Se denomina gallinaza al abono orgánico procedente de las excretas y otros residuos que se obtienen en los lugares donde se cría intensivamente aves para la producción de huevos y carnes. Este abono orgánico en su estado fresco contiene muchas sustancias que se encuentran en proceso de descomposición y cuando se aplican producen alteraciones en el suelo y afectaciones a las plantas; por esa razón se hace necesario que antes de utilizarlos se halla logrado su fermentación y descomposición. Además, en muchas ocasiones se utiliza en los gallineros y polleras cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para eliminar los malos olores y como medida de saneamiento. La misma tiene efecto residual en la gallinaza y presenta reacción alcalina. En esos casos debe tenerse presente que ese abono orgánico puede afectar a cultivos que necesitan pH bajo para su desarrollo, como es el caso del café, la piña y otros, (Paneque, 1998), por todas estas razones, debe manejarse con cautela en mezclas para Organopónicos.

Burés en (1997), plantea que la gallinaza suele tener pH básico y conductividad eléctrica elevada y presencia de algunos cationes metálicos, como el cobre, cinc, hierro o aluminio que en exceso pueden ser perjudiciales para el crecimiento vegetal. Su uso en el ámbito de los sustratos se suele reducir a su aporte, en muy pequeñas cantidades, como fuentes de nitrógeno en el compostaje de otros materiales, como la corteza de pino o las virutas de madera.

❖ **Humus de Lombriz o vermicompost.** El humus de lombriz o “vermicompost”, este último término que va imponiéndose y que se ha tomado del inglés “earthworm casting” (deyección de lombriz), constituye a criterio de muchos agricultores, el mejor abono orgánicos del mundo, (Suquilanda 1996).

Varias razones hacen que el humus de lombriz constituya un abono orgánico de excelente calidad: razones estas que están ligadas a sus propiedades y composición. Es reconocido su efecto sobre las propiedades biológicas de los suelos y sustratos, se plantea que vivifica el suelo, debido a la abundante flora microbiana, la carga bacteriana es de aproximadamente, un billón por gramos de humus de lombriz. Se trata de una alta concentración que supera a los mejores abonos de diferentes estiércoles de animales fermentado, lo cual permite que se realice la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica del suelo. Además, por su alto contenido de ácidos fúlvicos favorece la asimilación casi inmediata de los nutrientes minerales por las plantas, permite mejorar la estructura del suelo favoreciendo la aireación, permeabilidad, retención de humedad y disminución de la compactación del suelo; los agregados del humus de lombriz son resistentes a la erosión hídrica (Peña, *et al* 2000).

Por otro lado, Suquilanda en (1996), plantea que el humus de lombriz comparado con otros abonos orgánicos tales como el estiércol de bovino, cerdo, gallinaza, etc., tiene las siguientes ventajas: en primer lugar, una tonelada de humus equivale a 10 de las producidas por vacas, cerdos y gallinas. Además, en el manejo de las 10 toneladas de estiércol se pierde el nitrógeno y el fósforo no es asimilable, produciéndose un desbalance en los suelos y sustratos. En particular el humus de lombriz contiene buenas cantidades de auxinas y hormonas vegetales que actúan sobre el crecimiento de las plantas. El conjunto de sus propiedades químicas, así como su alta carga bacteriana y la presencia de enzima, hacen de este producto un producto valioso para los terrenos que se han vuelto estériles debido a explotaciones intensivas, uso de fertilizantes químicos poco equilibrados y empleo masivo de plaguicidas.

Otros especialistas como Toledo *et al* (2001), exponen las propiedades que tiene el humus de lombriz como mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y sustratos y la de preservar el medio ambiente contaminado por los efectos de los distintos productos químicos.

Características del humus de lombriz.

Componentes	Valores Medios
pH	7 – 7,5
Materia Orgánica	60 _ 60 %
Humedad	45 – 55 % base seco
Nitrógeno	2 – 3 % base seco
Fósforo	1 – 3 % base seco
Potasio	1 – 1,5 % base seco
Carbono Orgánico	2 – 35 % base seco
Relación carbono / nitrógeno	9 _ 12 % base seco
Ácidos fúlvicos	2 – 3 % base seco
Ácidos húmicos	5 – 7 % base seco
Microelementos alrededor (hierro, zinc, cobre, manganeso, magnesio, etc)	1 % base seco
Flora Microbiana	20 mil millones por gramo de peso seco.

Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo. Lombricultura S.C.I.C. (citado por Suquilanda en 1996).

❖ **Cascarilla de arroz:** Subproducto de la industria arrocera que se utiliza directamente, una vez que ha sido extraída la semilla del cereal. Es un material ligero y poroso que se adiciona a las mezclas para mejorar el drenaje y la aireación sin afectar al contenido de sales, nutrientes o al pH. Su descomposición es normalmente lenta, aunque en circunstancias de alta temperatura y fuerte evaporación puede desprender cantidades tóxicas de manganeso. Presentan una alta relación C/N por lo que para satisfacer la demanda productiva por su progresiva

descomposición resulta necesario incrementar el aporte de N, al menos en un 10 % (Poole *et al* (1981) citado por Cid Ballerín, (1993).

Por otro lado, Burés en (1997), plantea que la cascarilla de arroz puede ser utilizada como sustrato directo o tras sufrir un proceso de descomposición, siendo éste preferible por ser un material fácilmente degradable. En algunos casos se cita fitotoxicidad en el material fresco. En algunos países, como Japón, se utiliza para el cultivo hidropónico un material denominado “kuntan” que consiste en cáscaras de arroz tostadas en un horno entre 300 y 600 °C. La misma autora caracteriza la cascarilla de arroz como un material ligero (densidad aparente entre 90 y 220 Kg de materia seca por m³), tiene porosidad elevada, así como aireación y capacidad de retención de agua fácilmente disponible. Su permeabilidad de intercambio catiónico es baja. Es un material rico en potasio y fósforo y pobre en nitrógeno, por lo que se debe añadir este elemento durante el compostaje. La cascarilla de arroz se ha utilizado con éxito mezclada con turba para el cultivo de plantas de temporada.

❖ **Cortezas:** Material de desecho de zonas forestales, usado ampliamente para la elaboración de sustratos en zonas próximas a las productoras. Verdonck,(1983), citado por Cid, (1993). El uso de estos materiales en fresco requiere aplicar mayores cantidades de N para evitar carencias en los cultivos, puesto que los microorganismos realizan un alto consumo que es necesario compensar durante su descomposición biológica, dada su elevada relación C/N. Se recomienda adicionar sulfato ferroso, para reducir el pH y compensar su baja relación Fe/Mn que podría causar clorosis férrica. En algunos casos liberan productos fototóxicos, orgánicos: fenoles, tanino, terpenos, etc., o minerales: Manganeseo (Bunt, 1988 y Poole, 1981), citados por Cid, (1993), por esta razón es necesario compostearlos previamente a su uso. La fitotoxicidad de este tipo de productos varío con la especie y la región en que crecen los árboles, es mayor en zonas basal y suele crecer con la edad. Los mismos autores plantean que las cortezas de especies de madera blanca (*Pinus radiata*, *P. Pinaster*, *P. Silvestris*, *P. nigra*,) de bajo contenido en celulosa (5 %) y alto

en lignina, pueden ser usadas en fresco o tras un breve almacenamiento en húmedo. Posee buenas propiedades físicas que se mantienen durante largo tiempo, aunque son difíciles de mojar. Se recomienda una granulometría equilibrada entre 4-6 cm 0,2-0,4 cm. Su pH en fresco suele oscilar de 4,5 a 5,5 y aumenta hasta 6,5-7 cuando se compostean. Su capacidad de intercambio catiónico (CIC), es relativamente alta 50 a 60 meq/100 gramos (110-130 meq/l) y son más ricos en nutrientes: fósforo, potasio, calcio y magnesio, que la turba.

❖ **Aserrín o virutas de madera.** Constituyen subproductos de la industria aserrada. La calidad de estos materiales depende del tipo de madera que se utilice y de los aditivos (conservantes, etc.) que pueden haber sido añadidos, por lo que será importante un test de fitotoxicidad para determinar la calidad agronómica del material. Una de las maderas mas utilizadas es la eucalipto (*Eucalyptus spp.*), de la cuál se ha descrito ampliamente la utilización del aserrín como medio de cultivo. (Burés, 1997).

La misma autora plantea que el aserrín y las virutas se descomponen lentamente debido al elevado contenido de lignina y compuestos lignocelulosicos, tienen una relación C/N elevada; por tener un contenido de nitrógeno bajo, es recomendable añadir una fuente de nitrógeno durante el compostaje. Cuanto más fino es el aserrín más rápido se descompone. Existen referencia que indican, para algunas especies como la secuoya (*Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum*), que no es necesario realizar un compostaje previo al uso como sustrato, puesto que tardan mucho en descomponerse. El eucalipto requiere compostaje, puesto que su tasa de descomposición es intermedia. Algunos materiales pueden presentar fitotoxicidad que se elimina mediante el compostaje.

El aserrín presenta problemas de exceso de humedad, por lo que debe mezclarse con materiales de partículas mas gruesas que aporten aireación, tanto durante el proceso de compostaje como en el cultivo, puesto que el material puede

compactarse produciendo procesos anaerobios de fermentación que den lugar a algunos ácidos orgánicos. Las características químicas varían según la especie utilizada; en general el contenido de nutrientes es bajo. El pH del aserrín de eucalipto varia entre 3,5 y 4 para el material fresco, subiendo a valores de 6,5 tras el compostaje.

❖ **Acículas de pino:** Estas hojas de pino, se usan en fresco o compostadas, generalmente mezclándolas con otros materiales tales como turba, perlita, compost de residuos urbanos, etc. Es un material relativamente estable que se emplea con el fin de aumentar la aireación de las mezclas (Díaz, 1990; Jiménez y Caballero, 1990). citados por Cid, (1993). Posteriormente Burés en (1997), plantea que las acículas de pino se han utilizado en diversos países como enmienda orgánica o componente de sustrato, las mismas tienen generalmente un pH entre 3,9 y 5,5, pudiendo ser mas elevado en función de la especie y de las características del suelo de donde procede, su densidad varia entre 100 y 250 Kg de materia seca por m³, es un material poroso (93%), con una capacidad de aireación muy elevada (47%). Se han citado algunos casos de toxicidad, no obstante, esta puede reducirse mediante el compostaje.

❖ **Hortifibre:** Material ligno-celulosico que se obtiene de la madera mediante un proceso termomecánico (vapor y prensado) sin aditivos químicos, de patente francesa. Actualmente se utilizan como base *Pinus silvestris* y *P. Pinaster*. Es un material fibroso, de elevada porosidad y lenta descomposición. Su pH inicial de 5,5 se eleva hasta 7-8 si se somete a compostaje. Su contenido en nutrientes es bajo y decrece al compostarse, (Cid, 1993).

❖ **Fibra de coco:** Es un material de desecho de la industria, desarrollado principalmente en zonas tropicales productoras de coco. Es relativamente estable, pero requiere compostaje para eliminar compuestos fitotóxicos que se liberan del material fresco (Verdock *et al*, 1983), citado por Cid, 1993. Físicamente presenta una

porosidad elevada, similar a la de las turbas poco descompuestas, pudiendo considerarse como un producto a usar siempre mezclado con otros materiales.

Por otro lado, Burés (1997), plantea que la fibra de coco consiste en partículas de lignina y celulosa, con una relación carbono nitrógeno (C/N) de 80, tiene elevada capacidad de retención de agua y se ha utilizado tradicionalmente para mejorar las propiedades físicas y químicas de los sustratos, aumentando la disponibilidad de nutrientes, la tasa de infiltración, la porosidad total y la conductividad hidráulica de los suelos y sustratos. Tiene elevado contenido de potasio, por lo que puede ser utilizada como fuente de potasio en cultivo en campo, tiene bajo contenido en nutrientes, excepto para el potasio. Su pH varía entre 4,0 y 7,0 su conductividad eléctrica entre 1,1 y 6,0 dS/m, Procediendo la elevada salinidad del lavado o contacto con el agua de mar en las zonas de origen. El contenido de materia orgánica es del 85 – 95 %. La Capacidad de intercambio catiónico está entre 20 y 30 meq/l la porosidad total es superior al 80 %, con aireación muy elevada la conductividad hidráulica es elevada su densidad varía entre 50 y 100 Kg de materia seca por m³.

❖ **“Compost”**. Es un producto orgánico obtenido por medio de Compostaje. Es un proceso biológico (fermentación aeróbica), controlado de residuos orgánicos, asegurando su descomposición y teniendo como resultado un producto más o menos estable, higiénico, parecido a la tierra y rico en compuestos húmicos (Uranga, 1995).

La elaboración de compost (biotiera) no es nueva pues se elabora desde hace siglos en el Asia. Es una técnica relativamente simple que puede ser aplicada en cualquier lugar en que se originen desechos orgánicos, ya que no es más que la elaboración de humus fuera del suelo. De esta manera los desechos orgánicos se

transforman en una fuente orgánica de alta calidad nutritiva y mejorador de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, (Mayea, 1993).

Por otro lado, Kolmanas, *et al*, (1996), plantearon que la elaboración de compost consiste en aprovechar ciertos desperdicios transformándolos en un abono rico en nutrientes. Los mismos autores El mismo plantearon que cualquier sustancia orgánica animal o vegetal sirven para el compostaje; así tenemos: malezas, rastrojos, hojarasca, residuos de cosecha y de cocina, estiércol u otras sustancias orgánicas provenientes de los animales.

Según, Paneque, (1998), por lo general el compost es rico en materia orgánica (humus) (13,75 %) y contiene cantidades apreciables de elementos minerales (N, P, K), 0,50 %, 0,26% 0,52% respectivamente. El mismo autor plantea que 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, y continúa diciendo que si en su preparación se utiliza estiércol vacuno u otro residuo animal, el compost, tendrá alto contenido de humus, nitrógeno y baja relación C/N siendo fiable; si se utilizan residuos vegetales con predominio de especies gramíneas o turbas el compost tendrá bajo contenido de N y alta relación C/N y en general tendrá mala calidad química y física. Esta afirmación fue corroborada posteriormente por Suárez (2001). Este autor desarrolló investigaciones sobre la obtención de compost utilizando diferentes estiércoles (vacunos, avícola, porcino y caprino), así como residuos de forraje de caña molida, malezas, cosechas y de cocina, obteniendo un sustrato orgánico que se caracterizó por presentar un rango de pH entre 6.5 a 7.2; de materia orgánica entre 36% a 44%; una relación C/N de 11 a 14 y cantidades importantes de N, P, K, Ca y Mg.

❖ **Compost de residuos urbanos:** Según Arozarena *et al* (2001), plantearon que los residuos sólidos urbanos (RSU), son materiales de desechos (basura,

lodos, desperdicios, etc (generados por el accionar interrumpido, múltiple y simultaneo de los núcleos poblacionales o de sus zonas de influencia y que deben ser colectados y tratados por carecer, en el contexto de su producción de valor económico. Se elabora por compostaje de desechos orgánicos procedentes de las ciudades tras un proceso de selección y depuración de las basuras urbanas. Otros autores como Martínez et al, (2001), plantearon que en la actualidad la aplicación de la lombricultura para transformar los residuos sólidos urbanos ha tomado auge y se refiere a las ventajas de la aplicación de este método, considerándolo como un método económico y “limpio” ecológicamente, pues no produce residuos contaminantes y en su lugar proporciona un abono orgánico de alta calidad.

Por otro lado, Burés (1996), plantea que el compost de residuos urbanos que no procede de separación selectiva suele contener gran cantidad de metales pesados (níquel, plomo, cobre, cinc, cadmio y cromo) y el compost fresco resulta fitotóxico en ensayos de germinación, dependiendo la toxicidad por metales pesado y suele contener además proporciones considerables de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, cloro, o sodio, el pH varia entre 5,9 y 8,5, la conductividad eléctrica varia entre 1,5 y 2,4 y el contenido en materia orgánica entre 20 y 70 %. La misma autora afirma que los residuos urbanos suelen ser poco aceptados como sustratos por la presencia, principalmente de pequeños fragmentos de vidrio y plástico, lo cual puede subsanarse mediante la recogida selectiva. Existen estudios de la utilización en el cultivo de planta ornamental de interior que, en porcentajes bajos. En general no se aconseja mezclar más del 30 % en volumen en un sustrato, aunque la cantidad depende de la calidad del compost y de la especie y condiciones del cultivo.

Los lodos de depuradora utilizados como enmienda orgánica en cultivos extensivos e intensivos también se proponen en ocasiones como componentes de sustratos para ornamentales. En general, suelen considerarse adecuados si se utilizan en baja proporción, pues por su elevado contenido en nutrientes deben ser considerados como fertilizantes orgánicos. Probablemente el problema más frecuente es la

toxicidad por Zn (Bunt,1988), citado por Cid, (1993). Posteriormente Burés (1997), plantea que los lodos requieren un control exhaustivo de uniformidad. Se suelen compostar mezclados con corteza de pino, virutas de maderas. Si se utilizan en bajas proporciones en su compostaje en mezclas con turba u otros materiales para el cultivo decrece la concentración de metales pesados y por tanto se reduce su fitotoxicidad. Es conveniente madurar los lodos tras su compostaje para estabilizarlos y eliminar los compuestos fitotóxicos.

2.2.5. Otros materiales utilizados para sustratos.

Los residuales de la industria del cítrico, han sido utilizados por Peña *et al* (2001), para sustituir fertilizantes químicos, además de solucionar el problema de la contaminación del medio ambiente.

Por otro lado, Freddy, (1999), destacó el efecto socioeconómico y la factibilidad de utilizar los desechos que se generan en el beneficio húmedo del café. Posteriormente Reyes *et al* (2001) dan a conocer el efecto positivo de los residuales sólidos del despulpe del café sobre algunos de los parámetros químicos y físicos de los sustratos. En este sentido Hermoso *et al*, (2001), plantearon que los residuos de cosecha no deben ser considerados como desechos, sino más bien como elementos que aseguran la perpetuación de los agroecosistemas productivos, los mismos autores proponen el reciclaje de cáscara de cacao que constituyen un residuo importante en la cosecha, tanto por la cantidad como por su participación en los problemas fitosanitarios más comunes del cultivo.

El estiércol de bovino utilizado 2:1 facilita la vermicompostación, elevando el contenido final de N y P, Hermoso *et al*, (2001), Los mismos autores evaluaron el efecto que tiene el vermicompost mezclado con tierra o arena en tres proporciones sobre el crecimiento de plántulas de pimentón, resultando la mejor proporción 1:1 por su efecto tampón y mejor crecimiento de las plantas.

❖ **Restos de tabaco:** Los restos de tallos de tabaco (*Nicotiana tabacum*) pueden utilizarse como sustratos de cultivo, mezclados con otros materiales orgánicos, una vez composteados. Los restos de tallos de tabaco tienen elevado contenido de magnesio y son ricos en potasio (Burés, 1997).

❖ **Restos de poda:** Los restos de poda procedentes de diversos cultivos pueden ser utilizados como sustrato. En particular, en Grecia se ha estudiado la utilización de restos de poda de vid. Los restos de poda deben compostarse previamente a su uso. Suelen tener elevado contenido de lignina (20% de la materia seca en vid), por lo que su descomposición es lenta y dificultosa. Los restos de madera son ricos en carbono y pobre en nitrógeno, siendo su relación C/N alrededor de 75, por lo que se suele añadir para su compostaje una fuente de nitrógeno (lodos de depuración u otros). (Burés, 1997).

❖ **Residuo del café:** El residuo del café se obtiene, mediante un proceso de deshidratado o liofilización. Este residuo se ha utilizado como sustrato de cultivos mezclados con residuos urbanos, lodos de depuradoras, virutas de madera, con estiércol y corteza de pino, debe ser compostado con otros material orgánicos, como la corteza de pino, mejorando así las propiedades de retención de agua y la permeabilidad. Su pH es de 5,0, su conductividad eléctrica es baja (del orden de 0,1 – 0,3 dS/m), aumentando tras el compostaje, la materia orgánica es superior al 99%, tiene bajo contenido de elementos nutritivos excepto el nitrógeno. Su densidad varia entre 200 y 300 Kg de materia seca por m³, la porosidad y retención de agua es elevada (Burés, 1997).

Es conocida la utilización de otros materiales, minerales u orgánicos, como sustratos en el cultivo sin suelo de flores y hortalizas (Turbas, zeolita, arcilla expandida, espuma sintética, grava, pumita, tierra volcánica o picón, vermiculita, etc), si bien las superficies ocupadas por las mismas no llegan a ser significativas.

❖ **Turba:** Las turbas constituyen acumulación y depósito de materia orgánica producidas en zonas donde la acumulación y permanencia del agua en la superficie del suelo por largo tiempo limitan la actividad microbiana propiciando la acumulación de la materia orgánica en grandes cantidades, (Paneque, 1998). Otros especialistas como, Cid (1993), plantea que la turba se forma por descomposición parcial de la vegetación de zonas pantanosas o con exceso de agua, en circunstancias anaeróbicas y medio generalmente ácido, originándose, al cabo de un largo periodo de tiempo, estratos más o menos densos con restos vegetales y materia orgánica en diversos estadios de descomposición.

Según las condiciones ambientales y las especies existentes se forman distintos tipos de turba, (Zarate,1984 citado por Cid, 1993.)

2. **Turberas de zonas altas:** También llamadas oligotróficas o ácidas. Se forman en regiones frías y de altas precipitaciones.
3. **Turberas de zonas bajas:** También llamadas turbas eutróficas o turbas neutras. Se forman bajo la influencia de aguas subterráneas o superficiales sobre suelos ricos en elementos minerales.
4. **Turberas de transición:** Presentan ciertas fanerógamas específicas y musgos en diferentes proporciones.

De acuerdo a (Wilson,1983: Bunt,1988), ambos citados por Cid en (1993), las turbas se clasifican según el grado de descomposición en:

1. **Turbas rubias:** son poco evolucionadas, con alto contenido en materia fibrosa formado por restos de musgos u otras plantas escasamente descompuestas. Presentan un color pardo rojizo, y gran tamaño de poros, que determinan un alto valor del volumen de aire.

2. **Turbas negras:** muy evolucionadas con elevada CIC y valores de retención de agua máximos. Su color negro es motivado por el proceso de humificación. Estas turbas suelen ser sometidas a congelación con el fin de mejorar sus propiedades físicas.

La turba ha sido, desde hace muchos años, el medio de cultivo en contenedor por excelencia. El uso masivo de la turba como sustrato ha hecho que los horticultores se planteen la disponibilidad a medio y largo plazo de la turba, buscando materiales alternativos. La turba rubia constituye un material aceptado internacionalmente para el cultivo hortícola. Su uniformidad es el principal motivo de aceptación, pues facilita en gran medida el manejo, constituye también ventajas sus características físicas y químicas y el hecho de estar exenta de patógenos y de semillas de malas hierbas. Como principales desventajas están su disponibilidad limitada, existen fuertes presiones respecto al uso de este material no renovable a corto plazo, existe una tendencia actualmente a la búsqueda de recursos autóctonos sustituto total o parcialmente que permita reducir los gastos en las importaciones así como los posibles problemas de suministro.

La turba desde el punto de vista físico suele ser un material poco homogéneo, puesto que presenta una composición botánica variable (pequeñas ramas y troncos, fibras, gránulos, etc). Los tamaños de sus partículas son variables, siendo problemática la determinación de su granulometría. A medida que la turba se descompone aumenta el contenido de sustancias coloidales que dan lugar a turbas negras amorfas que en función de su manejo, pueden transformarse en agregados granulares. Las turbas más descompuestas tienen un tamaño menor de las partículas y una densidad aparente más elevada que las turbas rubias La densidad aparente varia desde 50 y 200 Kg de materia seca por m^3 para las turbas rubias y hasta 500Kg de materia seca por m^3 para las turbas negras. La turba contiene un elevado número de grupos carboxilos, de ahí su elevada capacidad de intercambio catiónico. En general, la turba rubia tiene una capacidad de intercambio catiónico

entre 80 y 118 meq/l, mientras que la turba negra tiene una capacidad de intercambio catiónico entre 300 y 500 meq/l. El pH de la turba varia, según el tipo, entre 3 y 8,5. (Burés, 1997).

❖ **Zeolitas.** Constituyen un grupo de silicato hidratados de aluminio fundamentalmente sódico, que se producen naturalmente por la alteración de rocas volcánicas, Cid, (1993). La misma autora plantea que se conocen 35 tipos naturales y más de 200 sintéticos su estructura es cristalina, semejante a un panel, presenta poros de 0,3 y 1mm de diámetro que permiten la entrada de iones K y NH_4 en el interior de la red poniéndolo fuera del alcance de las bacterias nitrificantes. Los materiales comercializados con fines agrícolas, principalmente mordenita y clinoptilolita, aprovechan esta gran capacidad de intercambio cationico, se presentan cargados de potasio y amonio para actuar como fertilizantes de lenta liberación. Una mezcla de turba con 10 % de zeolita (clinoptilolita) posee una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 250 a 300 meq/l, doble que la turba sola. Por otro lado, Casanova et al, 1997 plantea que la Zeolita es un mineral rico en macro y micronutrientes que se caracteriza por un lento intercambio de cationes.

Según, Abad en (1996), la arena, la lana de roca y la perlita, son tres materiales muy utilizados en la hidroponía comercial.

- **Arena.** Es un material de naturaleza silícea y de composición variable, que depende de los componentes de la roca silicatada original. Son inertes desde el punto de químico, siempre que estén exentas de elementos finos, caliza, etc.
- **Lana de roca.** Es un producto mineral transformado industrialmente por temperaturas elevadas. Básicamente es un silicato aluminico, que también contiene algo de calcio y magnesio, y, en menor proporción, hierro y manganeso. Desde el punto de vista químico, es un material prácticamente inerte.

- **Perlita.** Es básicamente un silicato aluminico de origen volcánico. Se comercializan distintos tipos de perlita, que se diferencian en la distribución del tamaño de sus partículas y su densidad. Es un material inerte, que no se descompone biológicamente ni químicamente.

2.3. Producción de hortalizas en sustratos orgánicos. Organopónicos.

Los Organopónicos son unidades productivas, establecidas en áreas de baja fertilidad, conformados por canteros con guarderas, que retienen un sustrato de orgánico.

En el contexto actual de auge de una Agricultura Urbana el modelo de Organopónicos resulta una tecnología significativa como sistema de producción intensiva de hortalizas. Se caracteriza por ser una tecnología de bajos insumos, en la que se prescinde del uso de fertilizantes minerales solubles, hay poca o ninguna utilización de energía fósil y se aplican, además, alternativas para la producción de sustratos, así como prácticas de manejo integrado de cultivos para el aprovechamiento del área disponible y el control de plagas y enfermedades, González, (1998).

Según, Cid, (1993) planteó, que la elaboración de sustratos en la mayoría de los casos se trata de mezclas constituidas por dos o más componentes con el fin de combinar sus propiedades físicas y químicas para obtener un medio adecuado al cultivo. Ejemplos son los típicos sustratos de turba- arena, cortezas – arena o turba – perlita, donde los materiales orgánicos aportan su alta capacidad de intercambio iónico y de retención de agua, y los componentes minerales el drenaje y la aireación. Esta afirmación, coincide con Burés, (1997), la cual planteó que casi nunca se utiliza como sustrato un único material, generalmente consisten en mezclas de materiales distintos en diversas proporciones.

La gran variedad de fuentes orgánicas, tanto como, las disímiles combinaciones posibles entre ellas proporcionan una amplia gama de sustratos a utilizar, pero para su selección en un momento dado, hay que considerar como factores fundamentales calidad física, química y fisicoquímica haciendo hincapié en la fertilidad, es decir, la posibilidad de garantizar el crecimiento, desarrollo y productividad de los diferentes cultivos y la disponibilidad real en cada territorio del material empleado. De la preparación y manejo del sustrato depende, el rendimiento que se alcance por los cultivos, (MINAGRI, 2000).

Diferentes estudios realizados (Arozarena *et al*, 1994, Carrión *at al*, 1996) citados por González, (1998), confirman la riqueza nutricional de diversas fuentes utilizadas como sustrato para la nutrición de las plantas cultivadas en los sistemas de Organopónicos.

Para la preparación de las mezclas pueden existir miles de combinaciones diferentes y dar buen resultado, pero hay un principio básico que se debe tener en cuenta y es que la materia orgánica siempre ocupará más de 50 % del volumen de la mezcla a preparar, (Peña, (1995). Esta afirmación fue corroborada por González, (1998), quien encontró a través de encuestas realizadas que en un 75 % de los organopónicos el contenido de materia orgánica en el sustrato era superior al 50 %, obteniéndose con esto los mayores rendimientos.

Pérez *et al*, (2001), plantearon que la alta fertilidad inicial que poseen los sustratos de organopónicos se pierden con tanta rapidez que al cabo de un año de explotación los rendimiento se reducen a menos del 50%.

Otros autores como, Gandarilla *et al*, (2001), encontraron que las mejores dosis fueron las de 4Kg/m² de raquis de plátano incorporadas una vez al año; 6Kg de una mezcla de aserrín de madera y estiércol vacuno al 50% y entre 0.5-1.0 Kg/m² de residual sólido de biogás en una secuencia de dos cultivos. Con la aplicación

individual o combinada de estos residuales se incrementaron los rendimientos de un 15 a un 32%, se mejoraron las condiciones físicas de los sustratos y se contribuyó al mejoramiento del medio al utilizar materiales de desechos que pueden contaminar el ambiente.

Según, Casado, (1998), una de las vías para mantener o mejorar la fertilidad en los suelos y sustratos consiste en realizar aportes de materia orgánica. El mismo autor plantea que generalmente se puede emplear el estiércol, que en Agricultura Ecológica debe provenir de ganadería extensiva, más adelante explica que el estiércol debe ser composteado previamente a su uso para evitar la presencia de germines patógenos y hacer inviable a las semillas de malezas que contiene, es aconsejable realizar un análisis del mismo para determinar su contenido en elementos nutritivos; es fundamental el nitrógeno pues su contenido es muy variable (depende de las camas utilizadas en los establos, la clase de animal, el manejo que haya sufrido el ganado). Por otro lado, Socorro *et al* (2001), comprobaron el efecto mejorador de las características químicas del sustrato con dosis de 3 Kg/m² de estiércol y el humus de lombriz en cantidades de 0,4 Kg/m², sobre este último Gandarilla *et al* (2001), plantearon su efecto residual sobre los rendimientos de al menos dos cosechas sucesivas.

2.2. Producción de posturas en sustratos orgánicos.

Según, Frómeta *et al*, (1997), plantearon que el vivero tradicional, dió paso al vivero sobre envase (convencional) que según varios autores revolucionó la técnica de reproducción de posturas. En estos viveros comenzó la variante de siembra directa, es decir, se observó el semillero, como sección separada del vivero, con lo cual se acortaba el tiempo de producción de posturas; y lógicamente la plantación se hacía con cepellón, quedando abolido el método a raíz desnuda.

En las condiciones de Cuba resulta antieconómico realizar trasplantes a raíz desnuda durante los meses de intenso calor y fuertes lluvias debido a la alta

transpiración, provocando alta mortalidad en el campo y una labor adicional de siembra. Tales razones aconsejan la producción de posturas en condiciones protegidas por la técnica del cepellón (posturas con raíces cubiertas), las que al llevarlas al campo soportan el estrés del transplante.

La obtención del mayor nivel potencial productivo en cada metro cuadrado disponible para la producción de alimentos durante los doce meses del año, es una necesidad imperiosa para la Agricultura Urbana. Una vía para incrementar la productividad del área en un ciclo anual, es disminuir el tiempo que se mantiene ocupado el cantero por cada cultivo, permitiendo sembrar otro y buscar una nueva cosecha. Esto podemos lograrlo con la producción de posturas fuera del área, lo que significa en el caso de las hortalizas un ahorro de 25 a 50 % del tiempo de ocupación del cantero, Companioni *et al*, (2000).

El cepellón consiste en una cobertura de sustrato alrededor de las raíces de las posturas, sobre este aspecto Casanova *et al*, (1997) proponen por vez primera en Cuba una tecnología para la producción de posturas de hortalizas en Cepellón, la cual, en síntesis consiste en: el empleo de bandejas rígidas o flexibles con volúmenes de alvéolos entre 26 y 46 cm³, con sustratos nacionales de: estiércol vacuno, humus de lombriz, turba parda de la ciénaga de Zapata, compost vegetal o biotierra al 85 – 90% enriquecidos con 10-15% de Zeolita cargada en mezcla simple; producen plántulas de alta calidad sin necesidad de aplicaciones adicionales de abono foliar. La desinfección de sustratos con *Trichoderma ssp* controló eficazmente hongos que generan producciones a la raíz y el cuello de la plántula. Se determinaron los momentos óptimos de transplante para Calabaza (15-20 dds), Pepino (10-14dds), Melón (15-18dds) y Sandías (16-20dds) bajo condiciones de túnel con malla sombreadora. Los resultados indican la factibilidad del trasplante de cucurbitáceas en cepellones en diferentes sistemas de producción con extraordinario ahorro de semillas costosas, incremento del índice de utilización del suelo, disminución del número de riegos y ahorro de otros insumos. El sistema de cepellón resulta una tecnología con la cual se logran posturas sanas y seguras, (Gelpi, *et al*, 1999).

Por otro lado, Ferro *et al*, (1997), demostraron que no existen diferencias entre profundidades de alvéolos de 4,5-7,0 cm con un mismo volumen. Se observó mayor facilidad en la extracción del taco del cepellón con los alvéolos troncocónicos con la bandeja flexible.

El sustrato como componente esencial de la tecnología, debe confeccionarse sobre la base de materiales de alta distribución y de fácil adquisición en cualquier territorio del país, que permita la obtención de posturas sanas de alta calidad con adecuado nivel de rentabilidad, Companioni *et al*, (2000), esto coincide con Casanova *et al*, (1997). Los mismos autores demostraron que la fibra de coco mezclada con zeolita cargada mejoró, en relación con la turba, el crecimiento de las plántulas de pimiento y lechuga y, en menor medida, las de tomate y melón, por lo que el empleo de zeolita cargada en los semilleros hortícolas en cepellones con vistas a sustituir la fertilización foliar podría ser de interés sobre todo en cultivos con largo período de desarrollo en semilleros. Estos autores plantean que el porcentaje de zeolita recomendado para mezclar con la fibra de coco sería del 15 % en pimiento y 5 % en tomate y melón.

Otra técnica de cepellón consiste en el semillero flotante García, *et al*, (1997) demostraron que el sustrato que mejor se comportó para el semillero flotante fue el compuesto por cachaza 70 % + paja de arroz 30%. La mejor fertilización resultó la aplicación en el agua de flotación de 1 g/l de la fórmula 5-12-6-2.6 más la adición de nitrógeno a la tercera semana de la siembra hasta completar 200 ppm de N total. Otros autores como, Andino, (1997), el cual utilizó materiales orgánicos y minerales mezclados en diferentes proporciones con (Turba negra, humus de lombriz, arena sílice, cáscara de arroz, fertilizantes químicos, CaOH), quedando definido que las mejores mezclas fueron de turba y cáscara de arroz.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

En el Organopónico del Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical (INIFAT), sito en calle 1 esquina 2 Santiago de las Vegas, municipio Boyeros, Provincia Ciudad de La Habana, Cuba, sobre canaletas de tipo W de 8 m de largo y 1 m de ancho se llevaron a cabo todos los experimentos del presente trabajo.

En las investigaciones fueron estudiadas diferentes fuentes y proporciones en mezclas, con el objetivo de evaluar su factibilidad en la utilización para sustratos.

La técnica de riego utilizada fue localizada con micro aspersores y la norma empleada fue la recomendada en el Manual de Organopónicos y Huertos Intensivos, 2000.

Los tratamientos fitosanitarios empleados fueron preventivos a base de controles biológicos, según lo recomendado en el Manual de Organopónicos y Huertos Intensivos, 2000.

Experimento: No 1. Formas de preparación de las fuentes para sustratos.

Se realizaron investigaciones para determinar la forma de colocación de las diferentes fuentes para sustratos. Las fuentes utilizadas fueron; Turba, Humus y Zeolita en proporción de 40 %, 10 % y 50 % respectivamente, en base al volumen total.

Las variantes estudiadas fueron.

1. Colocación en el cantero de las fuentes previamente mezcladas hasta obtener una masa homogénea.

2. Colocación en el cantero de las fuentes en estratos en el orden de Zeolita, Humus y Turba de abajo hacia arriba.

La secuencia de cultivos utilizada fue: Tomate Variedad T-60; Pepino Variedad SS-5; Col China Variedad Verano 6; Acelga China Variedad PK-7 y Tomate Variedad T-60 nuevamente.

Se evaluó el rendimiento de los cultivos pesando la cosecha en cada metro cuadrado. El diseño utilizado fue de clasificación simple completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Los datos obtenidos se evaluaron mediante el paquete "Static", realizando el ANOVA y la prueba de Tuckey para determinar la diferencia entre las medias.

Experimento: No. 2. Proporciones de diferentes fuentes para sustratos.

Se evaluó la cachaza composteada en mezcla con suelo Ferralítico Rojo y Zeolita de granulometría (3-5 mm), en diferentes proporciones en una secuencia de 7 cultivos agrupados en 3 ciclos.

Las características de las fuentes utilizadas fueron:

Para la cachaza. (base seca).

Nitrógeno: 1,50 %	Materia Orgánica: 45 %
P ₂ O ₅ : 1,82 %	
K ₂ O: 0,3 %	Relación C/N: 29,3 %

Para el suelo: Propiedades Químicas.

pH: H₂O: 7,37 P₂ O₅: 478 Kg/Ha. M.O. 2.24 %

K₂ O: 6,10 K₂ O: 686 Kg/Ha.

Propiedades físicas:

Humedad natural: 15.94 % Densidad aparente: 1.3274 (mg/m³).

Densidad real: 2.8259 (mg/m³). Humedad higroscópica: 8.7123 %.

Características de la Zeolita utilizada.

SiO ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	CCC meq/100 g
68,6	12,7	1,2	3,19	0,7	107

Los análisis fueron realizadas por el Centro de Investigaciones de minerías. (CIPIM).

Las variantes estudiadas fueron:

Cachaza: 100 %

Cachaza 75 % Zeolita 25 %

Cachaza 75 % Suelo 25 %

Cachaza 50 % Zeolita 50 %

Cachaza 50 % Suelo 50 %.

Los ciclos de cultivos utilizados fueron:

Para el Primer ciclo: (2 cultivos).

Cultivos	Variedad	Fecha de siembra	Marco de siembra en el cantero
Tomate	T-60	Noviembre	25 cm entre plantas y 2 hileras
Habichuela China	Escambray 8-5	Marzo	15 cm entre plantas y 2 hileras

Para el segundo ciclo fueron: (5 cultivos).

Cultivos	Variedad	Fecha de siembra	Marco de siembra en el cantero
Tomate	T-60	Septiembre	25 cm entre plantas y 2 hileras
Habichuela China	Escambray 8-5	Marzo	15 cm entre plantas y 2 hileras
Pepino	Hatuey- 1	Mayo	25 cm entre plantas y 2 hileras
Acelga China	P K- 7	Julio	25 cm entre plantas y 4 hileras
Col China	Verano- 6	Agosto	25 cm entre plantas y 4 hileras

En el tercer ciclo de cultivo se utilizó el Tomate con la Lechuga intercalada.

Cultivos	Variedad	Fecha de siembra	Marco de siembra en el cantero
Tomate y lechuga intercalada	Tomate:T-60 Lechuga: Chile 11- 85	Noviembre	25 cm entre plantas y 2 hileras

Se realizaron análisis a los sustrato antes de comenzar el experimento y después de finalizado los ciclos de cultivos. Los métodos utilizados fueron los vigentes en el Laboratorio Provincial de Suelos de Ciudad de La Habana.

Las labores culturales y control fitosanitario se llevaron a cabo mediante las recomendaciones del Instructivo Técnico para Organopónicos vigente.

Se evaluó el rendimiento de los cultivos, pesando la cosecha en cada metro cuadrado. El diseño fue de clasificación simple completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Los datos obtenidos se evaluaron mediante el paquete “Static”, realizando el ANOVA y la prueba de Tuckey para determinar la diferencia entre las medias.

Experimento: No. 3. Fuentes y Proporciones de (Aserrín, Compost, y Estiércol) y el mantenimiento de la fertilidad con la aplicación Humus de Lombriz.

Con vistas a utilizar otras fuentes orgánicas de lenta descomposición se mezcló el aserrín de madera blanca con estiércol y compost en diferentes proporciones, en una secuencia de 4 cultivos.

Antes de comenzar la investigación se procedió a evaluar la densidad “bulk”, mediante la determinación del peso de 1 litro de sustrato replicado 5 veces y la caracterización química de las mezclas preparadas. Seguidamente se comenzó a cultivar en secuencia de Pepino variedad HxS, y Habichuela Escambray 8-5 y Lechuga variedad Chile 11-85. Terminada esta secuencia de cultivos se aplicó humus de lombriz a razón de 10 Kg/m², incorporándolo en los primeros 10 cm. Después se determinaron los contenidos de N,P,K en las diferentes mezclas, (ver tabla 16 en resultados y discusión). Posteriormente se sembró la Lechuga variedad Chile 1185-3.

Características químicas de las fuentes empleadas.

FUENTE ORGÁNICA	C O N T E N I D O S (%) (base seca)			
	N	P	K	M.O
Humus de lombriz	0,89	1,76	0,47	57,6
Estiércol vacuno	0,29	0,17	0,1	67,0
Compost	1,70	0,84	1,04	51,6

El humus de lombriz utilizado fue obtenido a partir de estiércol vacuno.

El estiércol vacuno empleado fue composteado.

El compost utilizado fue obtenido a través de un proceso de compostaje donde se utilizó el

75 % de restos vegetales y un 25 % de estiércol vacuno fresco.

Las Variantes estudiadas fueron:

1. Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %
2. Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %
3. Estiércol 75 % Aserrín 25 %
4. Compost 75 % Estiércol 25 %

5. Estiércol 75 % Compost 25 %
6. Estiércol 50 % compost 50 %

El rendimiento fue evaluado pesando la cosecha en cada metro cuadrado. El diseño experimental utilizado fue de clasificación simple completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Los datos obtenidos se evaluaron mediante el paquete "Static", realizando el ANOVA y la prueba de Tuckey para determinar la diferencia entre las medias.

Experimento No. 4. Inoculación de Lombrices directamente en el cantero como alternativa para el mantenimiento de la fertilidad.

Se realizó el experimento para determinar las posibilidades de inoculación de Lombrices de la especie *Eisenia Foetida* directamente en el cantero, en mezclas utilizando como fuentes Compost al 33 %, Suelo 33 % y Zeolita al 33 %.

Las variantes estudiadas fueron:

Inoculación con lombrices.

Sin inoculación con lombrices.

Las lombrices se inocularon a razón de 600 individuos / m², usando como vehículo estiércol semidescompuesto.

La secuencia de cultivos indicadores fue: Pepino, variedad SS – 5 y Acelga China, variedad

PK -7.

Se evaluó la germinación, el largo de la guía, el rendimiento del pepino pesando la cosecha en cada metro cuadrado, se calculó el peso promedio de los frutos y su diámetro.

Se sembró Acelga China como sucesión del cultivo anterior midiendo solamente el rendimiento de igual forma que para el Pepino.

El diseño utilizado fue de clasificación simple completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Los datos obtenidos se evaluaron mediante el ANOVA, realizando la prueba de Tuckey para delimitar las diferencias entre las medias, recomendado por INCA (1995).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Experimento: No 1. Formas de preparación de las fuentes para sustratos.

La elaboración de las mezclas para confeccionar el sustrato es uno de los pasos de mayor importancia en el cultivo en Organopónicos.

En la tabla 1, se presentan los resultados en una secuencia de 4 cultivos. En la misma puede observarse que el cultivo de Pepino incrementó el rendimiento en 3,41 Kg/ m² en la variante donde se mezclaron las fuentes y proporciones de manera uniforme fuera del cantero. Similar comportamiento se puede apreciar en la Col China y la Acelga China con incrementos en los rendimientos de 1,6 y 1,0 Kg/ m² respectivamente.

En el caso del cultivo de tomate la igualdad estadística de los rendimientos obtenidos en las variantes estudiadas para ambos ciclos, puede estar dada por las características de su sistema radical, el cual es más profuso y puede penetrar las capas inferiores donde está el humus, de mayor riqueza nutrimental. Además de emitir abundantes raíces adventicias, sin embargo el resto de los cultivos presentan un sistema radical diferente, explorando solo el primer estrato o capa de la fuente que en este caso es la turba, la cual presenta buenas condiciones físicas pero bajos tenores nutrimentales.

Por otro lado al analizar el rendimiento acumulado de todos los cultivos, puede observarse que la variante de componentes mezclados, mostró diferencias significativas con 5, 9 Kg/m², por encima de la variante de las fuentes colocadas en estratos. Esto puede deberse a que en la mayoría de los casos la uniformidad de los componentes elegidos cuando son mezclados homogéneamente, posibilita un mayor desarrollo del sistema radical de los cultivos. Esto coincide con Cid, (1993), quien planteó que el desigual nivel de nutrientes en una mezcla puede ser causado

por un mezclado defectuoso. Por otro lado, Orellana *et al*, (1999), afirmaron que una buena mezcla utilizada como sustrato debe sostener las condiciones físicas favorables al cultivo ya que el crecimiento y desarrollo óptimo de su sistema radical depende de la relación sólido - agua - aire que exista en él, y por ende, se refleja en la productividad potencial del vegetal.

Tabla: 1. Influencia de la forma de preparación de las mezclas, sobre el rendimiento de cada cultivo en (Kg/ m²).

Fuentes	Forma de preparación	C U L T I V O S					
		Tomate	Pepino	Col China	Acelga	Tomate	Total
Turba 40 % Humus 10 % Zeolita 50 %	Mezcladas uniformes fuera del cantero	3,67	6,35 a	2,68 a	1,16 a	2,77	16,63 a
Turba 40 % Humus 10 % Zeolita 50 %	Colocadas en forma de estratos en el cantero	3,57	2,94 b	1,62 b	0,16 b	2,35	10,64 b
ES ±		0,4 NS	1,1 *	0,9 *	0,8 *	0,4 NS	0,68 *

Experimento: No. 2. Proporciones de diferentes fuentes para sustratos.

Primer ciclo.

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos para el tomate en el primer ciclo de cultivo. En la misma puede observarse que los mayores rendimientos se lograron en las variantes con cachaza 75 % suelo 25 % y la misma proporción de cachaza con zeolita al 25 %, de manera significativa, con relación a las variantes de cachaza

a parte iguales con Zeolita y cachaza 100%, mientras que las variantes a partes iguales con cachaza y suelo no difieren estadísticamente entre sí.

Por otra parte se pudo apreciar que los rendimientos obtenidos están en correspondencia con el potencial reportado para la variedad (6 a 8 kg/m²) con excepción de los alcanzados con la variante Cachaza 100%, la cual presentó valores inferiores y además se pudo constatar la fertilidad inicial de las mezclas utilizadas, garantizando rendimientos satisfactorios.

Tabla 2. Rendimiento del cultivo de tomate, según las fuentes y proporciones estudiadas en el primer ciclo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	8,48 a
Cachaza 75% Zeolita 25%	7,66 a
Cachaza 50 % Suelo 50%	7,40 ab
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	6,47 bc
Cachaza 100%	5,50 c
ES ±	10,35 *

En la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos para el cultivo de la habichuela, sembrada posteriormente al tomate. En la misma, puede observarse que los mayores rendimientos se lograron de manera significativa en las mezclas de Cachaza 75 % con Suelo 25 % y Cachaza 50 % Zeolita 50 %, con relación a las variantes de Cachaza a partes iguales con Suelo y Cachaza sola, además, se apreció un nivel de significación intermedio en la mezcla de Cachaza 75% Zeolita 25

%. Por otra parte se pudo apreciar la calidad de las mezclas empleadas, garantizando altos rendimientos.

Tabla 3. Rendimientos del cultivo de la Habichuela según las mezclas comparadas en el primer ciclo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	6,98 a
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	6,86 a
Cachaza 75 % Zeolita 25 %	5,71 ab
Cachaza 50 % Suelo 50 %	5,58 bc
Cachaza 100%	5,33 c
ES $\pm$	0,38 *

En la tabla 4, se presenta el rendimientos acumulado de los cultivos de (tomate y habichuela). En la misma, se puede observar que los mejores rendimientos acumulados se presentaron de manera significativa con las mezclas de Cachaza 75 % Suelo 25 % con relación a la mezcla de Cachaza 50 % Suelo 50 % y Cachaza 100 % pero a su vez fue igual estadísticamente a las variantes de Cachaza 75 % Zeolita 25 % y Cachaza 50 % Zeolita 50 %.

Tabla 4. Rendimientos acumulados de los cultivos (Tomate y Habichuela), según las variantes estudiadas en el primer ciclo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	15,46 a
Cachaza 75% Zeolita 25%	13,37 ab
Cachaza 50 % Zeolita 50%	13,33 ab
Cachaza 50 % Suelo 50 %	12,98 bc
Cachaza 100%	10,83 c
ES $\pm$	0,78*

De acuerdo a los resultados obtenidos puede plantearse que el cultivo del tomate alcanzó rendimientos satisfactorios en las diferentes mezclas estudiadas, lo que puede estar dado por los contenidos de nutrimentos y porcentaje de materia orgánica presentes al inicio de la preparación de las mezclas, (ver tabla 5).

Tabla 5. Contenidos de P₂ O₂ y K₂ O y materia orgánica, como indicadores de fertilidad, antes y después de la investigación.

Variantes	P₂ O₂ (%)		K₂ O (%)		MO (%)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Cachaza 100%	1,48	0,28	1,24	0,08	43	28
Cachaza 75 % Zeolita 25%	0,86	0,24	0,80	0,08	27	22
Cachaza 50 % Zeolita 50%	0,76	0,28	0,62	0,08	19	17
Cachaza 75 % Suelo 25%	0,67	0,24	0,78	0,08	24	17
Cachaza 50 % Suelo 50 %	0,76	0,38	0,56	0,04	24	15

Para ambos cultivos (Tomate y Habichuela), los mayores rendimientos se lograron en aquellas variantes de Cachaza 75 % mezclada con Suelo o con Zeolita al 25 %.

También se alcanzaron rendimientos satisfactorios en la mezcla a partes iguales con Cachaza – Zeolita. Estas condiciones pueden estar dadas por la presencia de la Zeolita en la mezcla que favorece la formación de poros, lo que coincide con Burés (1997), referente a que la porosidad externa del sustrato depende, entre otras cosas, de la naturaleza de las partículas.

Por otro lado los menores rendimientos obtenidos en el primer ciclo de cultivo en la mezcla de Cachaza 100 % , pudieron estar determinados por las características físicas del material orgánico en cuanto a la porosidad interna y a la mayor densidad del material orgánico solo (Burés, 1997) y Orellana (2000).

Esto pone de manifiesto que independientemente de la riqueza nutrimental de las mezclas utilizadas para los sustratos, resulta necesario relacionarla con las propiedades físicas de los mismos para explicar el comportamiento de los diferentes cultivos.

Segundo ciclo de cultivos.

En la tabla 6, se presentan los resultados obtenidos del tomate. En la misma, se puede apreciar que no hubo diferencias significativas en los rendimientos obtenidos, según la mezcla estudiada. Sin embargo, hay una tendencia a elevar los rendimientos en las mezclas con Cachaza 75 % ya sea Suelo o Zeolita al 25 % el material acompañante, coincidiendo a su vez con los resultados obtenidos en el primer ciclo, aunque de manera general los rendimientos son menores que los alcanzados en el primer ciclo de cultivo.

Tabla 6. Rendimientos del cultivo del tomate, según las variantes comparadas en el segundo ciclo de cultivo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	5,57
Cachaza 75% Zeolita 25%	5,21
Cachaza 50 % Suelo 50%	4,99
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	4,35
Cachaza 100%	4,25
ES $\pm$	0,39 NS

En la Tabla 7. Se presentan los resultados obtenidos en la habichuela durante el segundo ciclo de cultivo. En la misma se puede apreciar que los mayores rendimientos se alcanzaron con las variantes de cachaza 75 % suelo 25 % y la misma proporción de cachaza con zeolita al 25 %, de manera significativa con relación a las variantes de cachaza a partes iguales con suelo y cachaza 100 % y a su vez en ésta el rendimiento alcanzado fue estadísticamente inferior al logrado en el resto de las variantes. Sin embargo la cachaza a partes iguales con suelo y zeolita no difiere estadísticamente entre sí. Este comportamiento puede deberse a la presencia de cachaza en mayor proporción, que favorece las condiciones físicas y químicas de la mezcla asegurando una mayor disponibilidad de nutrientes. Similar comportamiento se presentó en el primer ciclo aunque en general los rendimientos fueron superiores, debido a las condiciones iniciales de fertilidad presentes en las mezclas al inicio de su preparación.

Tabla 7. Rendimientos de la Habichuela, según las variantes comparadas en el segundo ciclo de cultivo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	5,50 a
Cachaza 75% Zeolita 25%	5,10 a
Cachaza 50 % Zeolita 50%	4,62 a b
Cachaza 50 % Suelo 50 %	3,98 b
Cachaza 100%	3,02 c
ES $\pm$	0,326 *

En la tabla 8, se exponen los resultados obtenidos para el cultivo de Pepino. En la misma se puede apreciar que los mayores rendimientos se lograron en las variantes con cachaza 75 % y/o suelo 25 % Zeolita 25 %, con relación a las variantes de cachaza 100 % y cachaza a partes iguales con zeolita y suelo y a su vez no difiere estadísticamente de la variante de cachaza a partes iguales con zeolita.

Por otro lado se pudo observar que en todas las variantes estudiadas se lograron rendimientos superiores a los reportados para la variedad, destacándose los mejores rendimientos en las variantes cachaza al 75 % con suelo y /o zeolita al 25 %. Esto puede deberse a las características físico- químicas de las fuentes y proporciones utilizadas, además de la posición del Pepino en la secuencia de cultivos después de la Habichuela, la cual es una leguminosa que incorpora nitrógeno a la mezcla.

Tabla 8. Rendimiento del Pepino según la mezcla en el segundo ciclo de cultivo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Zeolita 25%	10,99 a
Cachaza 75% Suelo 25%	10,89 a
Cachaza 100 %	9,55 b
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	9,05 b c
Cachaza 50 % Suelo 50 %	8,09 c
ES $\pm$	0,39 *

En la tabla 9, se presentan los rendimientos obtenidos para el cultivo de la Col China. En la misma puede observarse, que los mejores rendimientos se alcanzaron de forma significativa con la mezcla de Cachaza 75 % Zeolita 25 %. Por otro lado las mezclas de Cachaza 50 % Suelo 50 % y Cachaza 100 % resultaron estadísticamente similares. Además, se presentó diferencia significativa en la mezcla de Cachaza a partes iguales con Zeolita/ Suelo.

Tabla 9. Rendimientos de la Col china según las mezclas en el segundo ciclo de cultivo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Zeolita 25%	2,08 a
Cachaza 75% Suelo 25%	1,53 b
Cachaza 100 %	1,49 bc
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	1,06 d
Cachaza 50 % Suelo 50 %	0,49 e
ES $\pm$	0,13 *

Los resultados que se presentan en la tabla 9, ponen de manifiesto la preferencia del cultivo de la Acelga China por la mezcla de Cachaza 75 % Suelo 25 %, alcanzándose los mejores rendimientos de manera significativa. Además, se pudo apreciar que el rendimiento obtenido en las mezclas de Cachaza 100 %, Cachaza 75 % Suelo 25 %, fueron similares estadísticamente, mientras que en las mezclas de Cachaza a partes iguales con Suelo/ Zeolita se obtuvieron los menores valores de manera significativa.

Tabla 10. Rendimiento de la Acelga china según las mezclas en el segundo ciclo de cultivo.

Variante	RendimientoKg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	0,98 a
Cachaza 100 %	0,81 b
Cachaza 75 % Zeolita 25 %	0,65 bc
Cachaza 50 % Suelo 50 %	0,31 d
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	0,25 e
ES $\pm$	0,058 *

En la tabla 11, se presentan los rendimientos acumulados de los cultivos de Tomate, Pepino, Col china y Acelga china, con el propósito de analizar el comportamiento de la secuencia en este segundo ciclo frente a las fuentes y proporciones estudiadas. En la misma, se puede observar que los mayores rendimientos acumulados se presentaron en las mezclas de Cachaza 75 con Suelo / Zeolita al 25 % de manera significativa con relación a las mezclas de Cachaza a partes iguales con Zeolita / Suelo, pero a su vez no difiere estadísticamente con el rendimiento alcanzado en la mezcla de Cachaza 100 %.

Tabla 11. Rendimiento acumulado de los cultivos (Tomate, Pepino, Col China y Acelga China), según las mezclas en el segundo ciclo.

Variante	Rendimiento Kg/m²
Cachaza 75 % Suelo 25%	18,97 a
Cachaza 75 % Zeolita 25 %	18,93 a
Cachaza 100 %	16,1 ab
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	14,71 b
Cachaza 50 % Suelo 50 %	13,88 b
ES $\pm$	1,22 *

De acuerdo a los resultados alcanzados en este segundo ciclo de cultivo, se observa que las mezclas han conservado cierto grado de fertilidad manifestada a través de los rendimientos alcanzados en los cultivos de Tomate y Pepino cuando se cultivan en las mezclas con cachaza Cachaza 75 % ya fuera con Suelo o Zeolita al 25 %. Esto pudo estar influido por las características del sistema radical profuso en ambos cultivos que les permitió la exploración en la masa del sustrato.

En los cultivos de Col China y Acelga China el comportamiento de los rendimientos según las mezclas en estudio puede deberse a un cierto grado de deterioro en sus condiciones de fertilidad, que no logran satisfacer las demandas nutrimentales, afectando de manera general el rendimiento de ambos cultivos y además fueron cultivados después del Tomate y Pepino considerados como de altas extracciones en este sistema de producción y ocupando el 5° y 6° lugar en la secuencia estudiada

Tercer ciclo de cultivos.

El tercer ciclo de cultivo comprende solamente el cultivo del tomate con lechuga intercalada y ocupa la posición 7° en la secuencia estudiada.

Los resultados alcanzados en esta secuencia se presentan en la tabla 12. En la misma, puede apreciarse que los mayores rendimientos se alcanzaron para el cultivo del Tomate en las mezclas Cachaza 75 % Zeolita 25 %, de manera significativa con relación a la mezcla de Cachaza 100% y Cachaza 75 % Suelo 25 % pero a su vez no difiere estadísticamente de la variante Cachaza 50 % Zeolita 50 %. El cultivo de la lechuga no presentó diferencia significativa entre las variantes en estudio, quizás porque fue un asocio, sin embargo, manifiesta una tendencia similar al cultivo principal.

Tabla 12. Rendimientos de los cultivos de Tomate y Lechuga según las variantes estudiadas en el tercer ciclo de cultivo.

Variante	Rendimiento Kg/m ²	
	Tomate	Lechuga
Cachaza 75 % Zeolita 25%	4,68 a	1,63
Cachaza 50 % Zeolita 50 %	3,95 ab	1,12
Cachaza 100%	2,77 bc	0,75
Cachaza 75 % Suelo 25 %	2,44 cd	1,45
Cachaza 50 % Suelo 50 %	No cultivable	
ES ±	0,44 *	0,9 NS

La mezcla a partes iguales de Cachaza / Suelo en esta secuencia de cultivo donde el Tomate ocupa el séptimo lugar presentó un avanzado estado de mineralización y una compactación elevada que imposibilitó su explotación mientras que las mezclas con Cachaza/ Zeolita presentó rendimientos superiores. Este comportamiento puede deberse a que en este caso la zeolita favoreció el mantenimiento de la fertilidad y a una menor compactación dado por las propiedades físico - químicas presentes en este mineral y muy deseables en los sustratos (Abad 1997), como es su alta capacidad de intercambio catiónico. Esta propiedad le permite retener algunos nutrientes que van liberándose de la materia orgánica a medida que se produce el proceso de mineralización y también de aquellos que se solubilizan por la acción de los ácidos húmicos procedentes del suelo y de los materiales acompañantes, además mantiene las condiciones de friabilidad y buen drenaje combinadas a su vez con una buena retención de humedad, que favorecen en gran medida el rendimiento de los cultivos. (Cid,1993).

El cultivo intensivo de hortalizas en condiciones de Organopónicos, conlleva una intensidad en el tiempo para lograr altos rendimientos con una buena calidad de las cosechas. Esta premisa indica que se debe mantener el sustrato con un nivel alto de fertilidad. Estas condiciones se logran cuando se preparan por vez primera las mezclas, pero en la medida en que se desarrolla la explotación los sustratos pierden fertilidad y pueden llegar a una degradación, afectando los rendimientos de los cultivos.

Los resultados obtenidos en las diferentes mezclas mostraron un descenso en el rendimiento del tomate (como planta indicadora), independientemente de las proporciones y los materiales acompañantes (Gráfico 1), observándose valores iniciales de 7,3 Kg/m² y finales de 3,4 Kg/m². Tal efecto lo corrobora las disminuciones en la disponibilidad de los nutrimentos presentes en la mezcla al final

de la investigación, cuyos valores fueron hasta 3 veces menores con relación a los iniciales. (Tabla 5).

Comportamiento similar se pudo observar en el contenido de materia orgánica en las diferentes mezclas con cachaza (Gráfico. 2), tanto con suelo como con zeolita el porcentaje bajó a valores entre 15 y 20 % que son considerados críticos por Heredia, *et al* (1996), por debajo del cual se deprimen notablemente los rendimientos. Anteriormente Pérez, (1995) reportó degradación de sustratos en explotaciones intensivas en Organopónicos. Al respecto Primavera (1992), explicó que en las condiciones tropicales la mineralización de la materia orgánica ocurre muy rápido debido a las altas temperaturas, humedad relativa elevadas y fuertes condiciones de erosión

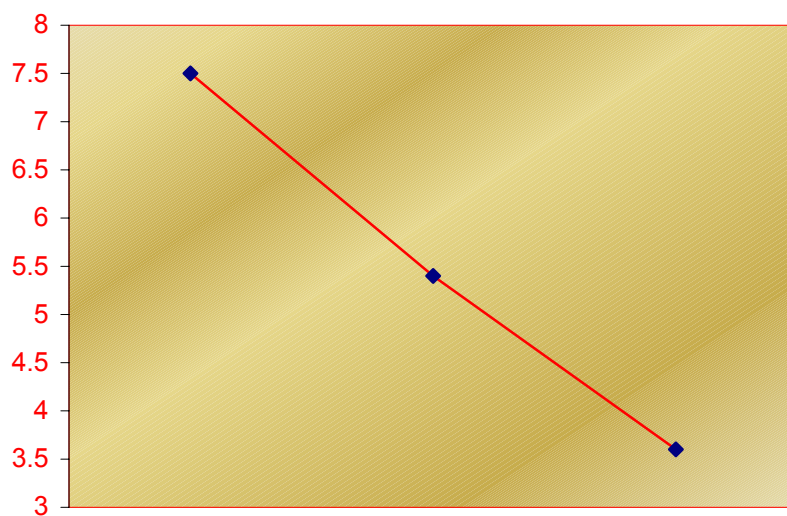


Gráfico 1. Descenso en el rendimiento del tomate en cultivos sucesivos sin mejoramiento.

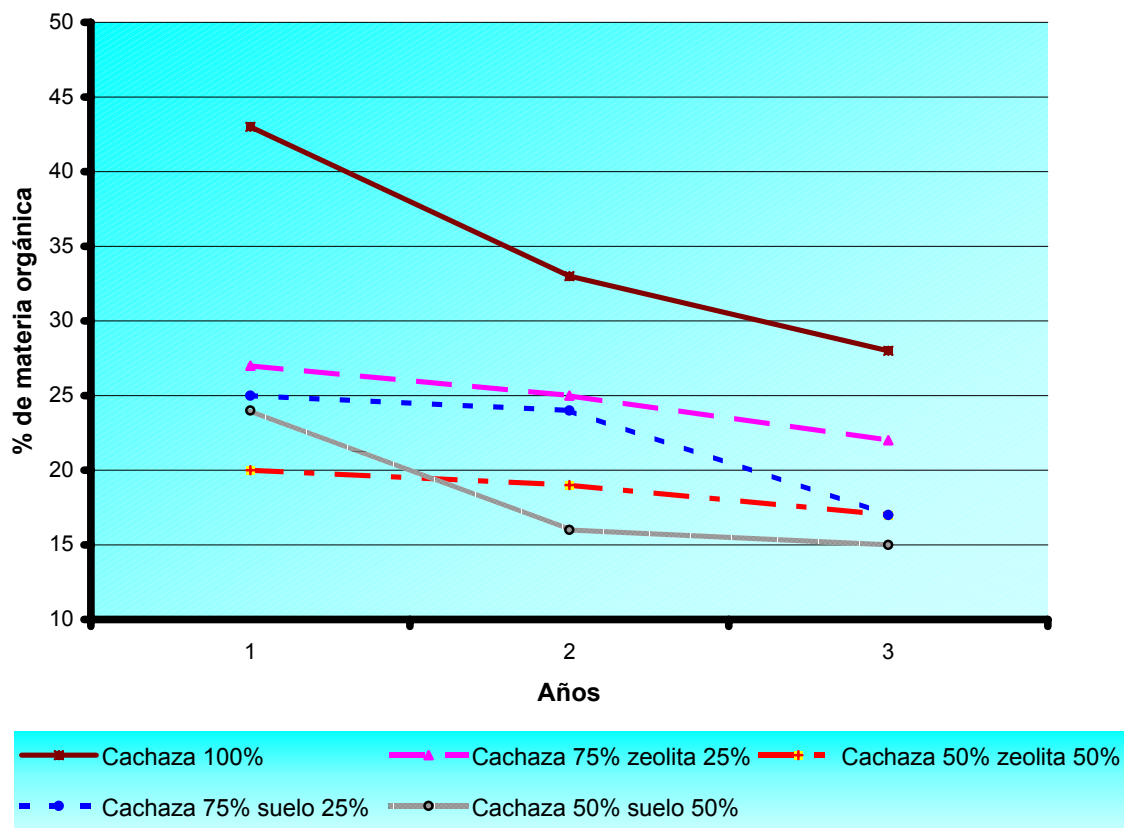


Gráfico 2. Descenso en el contenido de materia orgánica en las mezclas de cachaza estudiadas.

Experimento: No. 3. Fuentes y proporciones de (Aserrín, Compost y Estiércol) y mantenimiento de la fertilidad con la aplicación Humus de Lombriz.

Tabla:13. Rendimiento obtenido en el cultivo del Pepino según las variantes estudiadas.

No	Variantes	Rendimiento (Kg/m²)
1	Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %	4,86 a
2	Estiércol 75 % Compost 25 %	4,55 ab
3	Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %	3,87 abc
4	Estiércol 75 % Aserrín 25 %	3,57 bcd
5	Compost 75 % Estiércol 25 %	3,30 cd
6	Estiércol 50 % Compost 50 %	2,55 d
ES ±		0,39 *

En la tabla 13, se puede apreciar que el mayor rendimiento se obtuvo en la Variante 1

(Estiércol 50 % Aserrín / Compost a partes iguales), de manera significativa con relación a las variantes 4, 5 y 6, y a su vez no difiere estadísticamente a las variantes 2 y 3. Aunque de manera general se pudo observar que los rendimientos del Pepino alcanzados en estas mezclas son inferiores con relación a los logrados en las mezclas con cachaza. Esto puede deberse a las condiciones físico- químicas que posee la cachaza en cuanto a estabilidad y contenidos nutrimentales (Paneque, 1998).

Tabla:14. Rendimiento obtenido en el cultivo de Habichuela, según las variantes estudiadas.

No.	Variantes	Rendimiento (Kg/m²)
1	Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %	1,99
2	Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %	1,93
3	Estiércol 75 % Aserrín 25 %	1,60
4	Estiércol 75 % Compost 25 %	1,61
5	Compost 75 % Estiércol 25 %	1,49
6	Estiércol 50 % Compost 50 %	1,30
ES ±		0,16 NS

Los resultados obtenidos en la tabla. 14, muestran que el rendimiento del cultivo de la Habichuela, no presentó diferencias significativas en ninguna de las variantes utilizadas, aunque las fuentes y proporciones empleadas en las variantes 1 y 2, presentó un rendimiento ligeramente superior con relación al resto de las variantes, pero de manera general pudo detectarse que los rendimientos alcanzados en estas mezclas son inferiores a los reportados para la misma variedad en el experimento con cachaza.

Tabla: 15. Rendimiento obtenido en el cultivo de la Lechuga, según las variantes estudiadas.

No.	Variantes	Rendimiento (Kg/m²)
1	Estiércol 75 % Compost 25 %	2,14 a
2	Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %	2,00 a
3	Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %	1,72 a
4	Compost 75 % Estiércol 25 %	1,54 a
5	Estiércol 50 % Compost 50 %	1,48 a
6	Estiércol 75 % Aserrín 25 %	0,00 b
ES ±		0,25 *

Los rendimientos obtenidos en la lechuga se presentan en la tabla 15. En la misma, puede apreciarse que la variante 6 (Estiércol 75 % Aserrín 25 %), no logró producir rendimiento alguno. Este comportamiento puede estar dado por los contenidos nutrimentales presentes en las fuentes y proporciones estudiadas antes de comenzar el experimento. (ver tabla 17).

En la tabla 16, se presenta el rendimiento acumulado de (Pepino, Habichuela y Lechuga). En la misma, puede apreciarse que las mezclas con aserrín al 25 % en combinación con estiércol y compost en diferentes proporciones fueron significativamente diferentes entre ellas, alcanzándose los mayores rendimientos en la primera variante, aunque la misma no presenta diferencia significativa con relación a la variante de estiércol 75 % compost 25 % y a su vez es diferente al resto de las variantes las cuales presentaron menores rendimientos.

Tabla 16. Rendimiento Acumulado de los cultivos (Pepino, Habichuela y Lechuga), según las diferentes fuente y proporciones estudiadas.

Variantes	Rendimiento (Kg/m²)
Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %	8,85 a
Estiércol 75 % Compost 25 %	8,30 ab
Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %	7,52 bc
Compost 75% Estiércol 25 %	6,33 cd
Estiércol 50 % Compost 50 %	5,33 cd
Estiércol 75 % Aserrín 25 %	5,17 d
ES±	0,45 *

Este comportamiento puede, deberse a una relación entre los tenores de nitrógeno y la densidad de las fuentes y proporciones estudiadas, correspondiéndose los valores más altos de la densidad con los mayores de nitrógeno (ver tabla 17). Por otra parte, en el gráfico 3, pudo observarse que aquellas variantes con mayores rendimientos presentaron menor densidades. Sin embargo aquellas donde el nitrógeno se encontraba en mayor cantidad y sus densidades fueron superiores, el rendimiento fue significativamente inferior, con excepción de la variante donde se combinó el estiércol 75% con el aserrín 25%, que aunque presentó la menor densidad los tenores de nitrógeno, fósforo y potasio fueron tan bajos que no logra formar un rendimiento satisfactorio. Además la presencia de aserrín al 25 % del volumen total del cantero en mezclas con estiércol y compost favoreció la disminución de la densidad, debido a que posee un bajo peso específico.

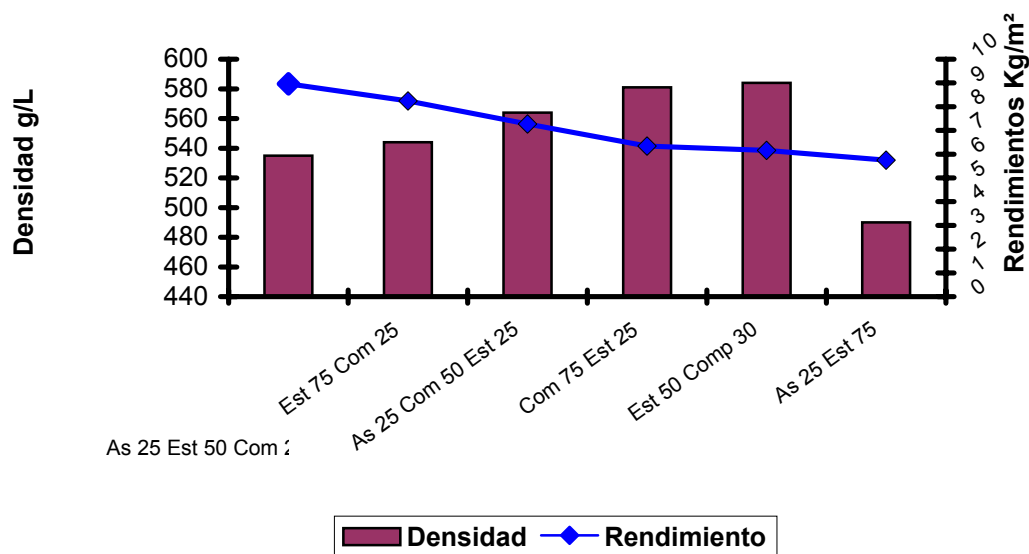


Gráfico: 3. Rendimiento y densidad Bulk de las fuentes y proporciones utilizadas.

Tabla 17. Características de las Variantes antes de comenzar el experimento y después de la aplicación de humus de lombriz.

VARIANTES	C O N T E N I D O S (%)						Densidad
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Bulk g/L
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Aserrín 25% Estiércol 50% Compost 25 %	0,3	0,38	0,60	0,63	0,27	0,28	535
Aserrín 25% Estiércol 25% Compost 50 %	0,5	0,55	0,41	0,42	0,60	0,62	564
Aserrín 25% Estiércol 75%	0,1	0,23	0,12	0,12	0,06	0,25	490
Estiércol 75% Compost 25%	0,4	0,45	0,29	0,30	0,29	0,31	544
Estiércol 50% Compost 50%	0,5	0,61	0,45	0,46	0,63	0,64	584
Estiércol 25% Compost 75%	0,7	0,77	0,60	0,61	0,69	0,71	581

De los resultados obtenidos, puede plantearse que para lograr rendimientos satisfactorios en las diferentes fuentes y proporciones estudiadas como sustratos para organopónicos, deberá tenerse en cuenta los valores de la densidad con los tenores de nitrógeno que pueden aportar las diferentes mezclas. Al respecto Abad, (1996), planteó que una de las características a tener en cuenta para la elaboración de los sustratos es la densidad. Otros autores como, Burés, (1997) y Orellana (2000), afirmaron que el tipo de material granular o fibroso de los sustratos influye en el estado físico de los mismos. Por otro lado, Gandarilla *et al*, 2001, obtuvieron mayores rendimientos y disminución en la densidad con la aplicación de virutas de maderas al 25 % con estiércol.

Tomando en cuenta los resultados del experimento 2, en mezclas con cachaza, donde quedo demostrado el deterioro de la fertilidad en las fuentes y proporciones, provocada por el cultivo intensivo, se evalúa la influencia de la aplicación de humus de lombriz para minimizar la perdida de nutrimentos y el decrecimiento en los rendimientos del cultivo continuado.

Con vistas a mantener rendimientos satisfactorios y estables se procedió a la aplicación de humus de lombriz, después de tres cultivos (Pepino, Habichuela, y Lechuga), en las variantes anteriores. (aserrín, compost y estiércol). Posteriormente se sembró lechuga.

Tabla 18. Rendimiento del cultivo de la Lechuga con y sin aplicación de humus de lombriz.

VARIANTES	Rendimiento (Kg/m²)	
	Con	Sin
Estiércol 50 % Aserrín 25 % Compost 25 %	2,51	2,00 a
Estiércol 75 % Aserrín 25 %	2,33	0,00 b
Compost 75 % Estiércol 25 %	2,30	1,55 a
Compost 50 % Aserrín 25 % Estiércol 25 %	2,06	1,72 a
Estiércol 75 % Compost 75 %	2,14	2,00 a
Estiércol 50 % Compost 50 %	1,25	1,48 a
ES±	0,29 NS	0,25 *

En la tabla. 18, se presentan los rendimientos obtenidos para el cultivo de la lechuga con y sin la aplicación de humus de lombriz. En la misma se puede apreciar de manera general que la aplicación de humus de lombriz, favoreció las condiciones de fertilidad de las diferentes variantes estudiadas, elevando el rendimiento en comparación con la variante sin la aplicación de humus de lombriz, aunque no hubo diferencias significativas entre las variantes estudiadas. Esto provocó que la variante de menor densidad inicial (Estiércol 75 % Aserrín 25 %), elevara el rendimiento, colocándose en semejante valor del rendimiento con relación al resto de las variantes.

Experimento No. 4. Inoculación de lombrices directamente en el cantero como alternativa para el mantenimiento de la fertilidad.

El análisis realizado comparando la inoculación en cada variante de sustrato estudiada no arrojó diferencia alguna, mientras que cuando se comparó la inoculación, independiente del tipo de mezcla, la misma fue significativa. Por esta razón se presentan y discuten los resultados de inoculado y no inoculado.

Tabla 19. Efecto sobre el rendimiento de la inoculación con lombrices en diferentes fuentes y proporciones.

Variantes	PEPINO				Acelga
	Kg/m²	Guía (cm)	Peso fruto (g)	Diámetro fruto (cm)	Kg/m²
Con lombrices	6,22 a	84,02 a	420 a	5,54 a	1,07 a
Sin lombrices	2,67 b	45,52 b	300 b	4,36 b	0,68 b
ES $\pm$	0,7	3,08	0,1	0,01	0,75

En la tabla 19, se presentan los resultados obtenidos sobre el efecto de la inoculación con lombrices directamente en el cantero sobre el rendimiento y sus componentes para los cultivos de pepino y acelga. En la misma, puede apreciarse que la inoculación realizada favoreció la germinación del pepino adelantándola en tres días. De igual forma la guía emitida por el pepino fue significativamente más larga que la variante que no se inoculó. Igual comportamiento presentó el rendimiento, el cual se incremento en 3, 55 Kg/ m², de manera significativa. En cuanto al peso promedio de los frutos, se observó que fueron significativamente más grandes, así como su diámetro.

En la misma tabla, puede verse que el cultivo de acelga sembrado seguidamente del pepino, presentó igual comportamiento, obteniéndose los rendimientos más

altos en la variante donde se inocularon las lombrices. Este comportamiento puede deberse al efecto mejorador que ejerce el humus producido por las lombrices “in situ”, sobre las propiedades físico - química y biológicas de los sustratos, (Toledo *et al*, 2001) y a las cantidades de auxinas y hormonas vegetales que contiene el humus de lombriz que actúan sobre el crecimiento de las plantas (Suquilanda, 1996).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios realizados se puede concluir lo siguiente:

1. Se demostró que las diferentes fuentes y proporciones en la preparación de los sustratos deben mezclarse homogéneamente durante el proceso de preparación.
2. Durante el primer y segundo ciclo, los cultivos de Tomate y Habichuela, lograron rendimientos potenciales en las mezclas con cachaza al 75 % con suelo y zeolita al 25 % y las fuentes a partes iguales de cachaza y zeolita, así como se evidenció que a partir del segundo ciclo de tomate, se necesita reponer fertilidad en las mezclas con cachaza para elevar los rendimientos.
3. El cultivo del Pepino, mostró rendimientos satisfactorios en todas las fuentes y proporciones comparadas.
4. Se demostró a partir del quinto y sexto cultivo, la pérdida de fertilidad en las mezclas con cachaza, afectando los rendimientos de la Col China y Acelga China.
5. La Zeolita y el aserrín en proporción del 25% del volumen total constituyen materiales factibles de utilizar como componente en las mezclas para sustratos, favoreciendo el rendimientos de los cultivos.
6. Se encontró disminución en los rendimientos con el aumento de la densidad en las mezclas con aserrín, compost y estiércol.

7. La aplicación de humus de lombriz después del deterioro de las mezclas con aserrín compost y estiércol, favoreció las condiciones de fertilidad, mejorando el rendimiento de la lechuga.
8. La inoculación con lombrices del genero *Eisenia foetida*, constituyó una alternativa de mantenimiento de la fertilidad en las mezclas estudiadas, incrementando el rendimiento de los cultivos en sucesión de Pepino y Acelga.
9. Se evidencio que la pérdida de fertilidad de las fuentes y proporciones, provocada por la explotación intensiva, está relacionada con la especie que se cultiva y además el momento de aplicar abono orgánico, también depende del tipo de cultivo.

6. RECOMENDACIONES.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas recomendamos lo siguiente:

1. En la preparación de los sustratos para organopónicos se recomienda mezclar de forma homogénea y fuera del cantero, todos las fuentes a utilizar.
2. Se recomienda utilizar la Cachaza en una proporción del 75% del volumen total a preparar en las mezclas para sustrato.
3. Se recomienda utilizar la Zeolita de granulometría entre (3 y 5 mm) al 25 % del volumen total a preparar.
4. Se recomienda utilizar el Aserrín de maderas blancas en proporción del 25 % en mezclas para sustrato.
5. Se recomienda aplicar abono orgánico (Humus de lombriz), para mantener fertilidad y rendimientos estables.
6. Como alternativa para mantener fertilidad en los canteros se recomienda la inoculación con lombrices directamente al sustrato en el cantero a razón de 600 individuos por metro cuadrado de la especie *Eisenia foetida*, utilizando como vehículo el estiércol semi descompuesto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abad, B. M. Sustratos características y propiedades. En Cultivos Sin Suelo. Curso superior de especialización. Canovas Mtnez Fco y Díaz Álvarez José R. Ed. Almería., 1993.
2. Abad, B. M. Sustratos: propiedades y manejo de materiales orgánicos minerales y sintéticos inertes y activos. En Hidroponía Curso- Taller Internacional. Lima- Perú, p. 60- 65. 1996.
3. Andino, V. Sistema de producción de plántulas de tabaco en bandejas flotantes. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana. 16p. 1997.
4. Arozarena, N. J. /et al./. Caracterización de mezclas empleadas como sustratos en la producción organoponica. En Taller de Agricultura Urbana. VIII Jornada Científica, INIFAT, La Habana, 16p. 1996.
5. Arozarena, N. J. /et al./. Residuos sólidos urbanos: acerca de su empleo en la elaboración de sustratos de uso agrícola como contribución a la Sostenibilidad de la agricultura urbana. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 118p. , 2001.
6. Artieri, Miguel. A. Agricultura Orgánico. En Agroecología. CLADES- ACAA. La Habana, Cuba. 117-130p., 1997
7. Boodt, M. De, O. Verdonck y I Cappaet. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37 : 2054-2062. 1974.
8. Burés, Silvia. Sustratos. Ed. Agrotecnía. Madrid. España. 342 p. 1997.
9. Carrión, M. /et al/. Sustrato para organopónicos comportamientos de diferentes mezclas. En AGRONAT 97- Universidad de Cienfuegos, 7p., 1997.
10. Carrión, M. Fertilidad y rendimientos para la producción de hortalizas en la Agricultura Urbana. En Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana. Seminario Taller. FIDA- MINAG-CIARA,(s.a) 11-15p., 2000.
11. Carrión, M. /et al/. Manejo de sustratos en la tecnología de Organopónicos. En III Curso de Agricultura Tropical. La Habana, 118-134p., 1999.

12. Carrión, M. /et al/. Hidroponía Orgánica en Cuba. En Curso taller Internacional de hidroponía. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria. La Molina, 16-34p., 1996.
13. Casado, G. I. Cultivos de Hortalizas en Agricultura Ecológica. En Comité de Andalúz de Agricultura Ecológica. (C.A.AE). Sevilla. Boletín 3.3. 10p., 1998.
14. Casanova, A. /et al/. Empleo de zeolita en la producción de plántulas hortalizas de calidad en cepellones. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana, 8p., 1997.
15. Casanova, A. /et al/. Tecnología de producción de posturas de hortalizas en cepellones. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana, 7-8p., 1997.
16. Casanova, A.; González, Fara M.; Ferro, J. L. y Bravo, E. Cepellones: nueva vía para la obtención de rendimiento superiores en las Cucurbitáceas en Cuba. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana, 13p., 1997.
17. Castro. Ruz. Fidel, Mensaje a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo. Río de Janeiro. 1992.
18. Cid Ballarín, M^a del carmen. Materiales utilizados en la elaboración de sustratos. En Agrícola Vegetal, (141) 492-500p., 1993.
19. Companioni, N. /et al/. La Agricultura Urbana en Cuba. Revista Latinoamericana de Desarrollo Rural. 4 (5). 47-53p., 1999.
20. Companioni, N. /et al/. La producción de alimentos en las ciudades de Cuba y su impacto en la población. Estructura y fundamentos orgánicos. En III Curso de Agricultura Tropical. La Habana, 98- 117p. 1999.
21. Companioni, N. /et al/. Cómo producir posturas en cepellón en la Agricultura Urbana. En Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana. Seminario –Taller. FIDA-MINAG-CIARA., 54-80p. 2000.
22. Curbelo, R. et al. Alternativas para la nutrición de los cultivos en condiciones de Organopónico. En I Primer Taller sobre Desertificación. 87p. 1995.
23. D. Hoore. J. Influence de la mise en culture sur evolution des sols dans la zone de foret dense de basse et attitude. Tropical Soil and Vegetation. Vnesco, 49-58. 1961

24. Dalzell, H. W. Et al. Manejo del suelo. Producción y uso de compotes en ambiente tropicales y Subtropicales. Roma. FAO, 177p. 1991.
25. Davin, B. Consideratios sur interpretation agromique analyses de solen pays tropicaux. Rapp. VI e Congr. Inst. Sci, Paris, Vol DÑ 403-409. 1956.
26. Ferro, J. L. /et al/. Comportamiento de las bandejas - semilleros en la producción de tomate. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana, 14p. , 1997.
27. Fonseca R. /et al/. El humus de lombriz como variante de sustitución del fertilizante mineral en el cultivo del tomate. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 299-300p. , 2001.
28. Freddy, Tiro P. El Impacto de los residuales del beneficio industrial del café: perspectivas como abonos orgánicos. En Trópico 99. La Habana, 231p., 1999.
29. Frómeta, E. Vivero de frutales: de lo tradicional, a lo convencional, a lo sostenible. En Producción de cultivos en condiciones Tropicales. IIHLD. La Habana. 87p., 1997.
30. Gandarilla, J. E. /et al/. El empleo de tres residuales orgánicos locales para mantener la fertilidad de los sustratos en organopónicos. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 117p. , 2001.
31. Gandarilla, J. L. y Martínez, F. Manipulación y uso del humus de lombriz en cuba. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana. p. 289. , 2001.
32. Gandarilla, R. /et al/. Alternativas para la Nutrición de los cultivos en Organopónico. En III. Humus de lombriz. Memorias del Primer Taller sobre Mejoramiento y Conservación de suelos. 90p., 1994.
33. García, M; Peñalver. N, y Quesada. A. Comportamiento de plántulas de tabaco (N. tabacum L.) con diferentes fertilización, en tres sustratos, en la tecnología de bandejas flotantes. En Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIHLD. La Habana, 8p., 1997
34. Gelpi, L. M. y Marrero, A. Obtención de posturas aplicando el método de cepellón. En Trópico 99. La Habana, 354p. , 1999.
35. Gelpi L. M, Marrero. A. Obtención de posturas aplicando el método de cepellón. En Tropic 99. La Habana. p. 354. 1999.

36. González, B. R. Organopónicos: Bases para el estudio de su Sostenibilidad como tecnología agroproductiva. En Tesis para optar por el Grado Científico de Master en Agroecología. , 1998.
37. Guerrero, B. Abonos Orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Lima Perú, 90p., 1993
38. Hermoso. D, Girón . C., Torlero J, González. L. Producción de Vermicompost a partir de cáscara de cacao. Su efecto sobre el crecimiento de plántulas de Capsicum annum. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana p. 293. , 2001.
39. Heredia, Concepción.; Machado, H. y Recompensa, C. Agricultura Sostenible en condiciones de organopónicos y Huertos. En Taller de Agricultura Urbana. VIII Jornada Científica. INIFAT. La Habana, 1996
40. ICIDCA. Instructivo para la elaboración de compost (abono orgánico) a partir de la Agroindustria Azucarera. Dirección de Agrotecnía. MINAZ. P.39. 1991.
41. Jeovans, J. Cultivo Intensivo de alimentos, más alimentos en menos espacio. Ecology Action. Willits, CA. USA., 500p., 1991.
42. Kolmanas, Enrique y Darwin Vázquez. Manual de Agricultura Ecológica. MAELA-SIMAS, 27-103p., 1996.
43. Kononova, M. M, U. N. Michustin, E. A. Shtino. And the trnsformation of organic matter. Research. And tasks. Soviet Soil Sci, 4 (2): 202-210. 1972.
44. Martínez C, Martínez J. C. Lombricultura y agricultura orgánica. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 293-294p., 2001.
45. Martínez, C. y Martínez J. C. Lombricultura Técnica Mexicana. México. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 289-290p., 2001.
46. Martínez Rodríguez Francisco, /et al/. Basura Urbana, Lombricultura y el peligro de contaminación de sus productos. En 2 do Congreso Iberoamericano de Química y física ambiental, Varadero, 102p. ,2001.
47. Mayea Silverio, S. Instructivo para la elaboración de compost (Biotierra) a partir de desechos de la agricultura mediante el uso de inóculos microbianos. 14p., 1993.

48. MINAGRI. Manual Técnico de organopónicos y Huertos Intensivos. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. 145p. 2000.
49. MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. En V Encuentro Nacional de Agricultura Urbana, Santiago de Cuba, 2001.
50. Naciones Unidas: En defensa del desarrollo sostenible. Trabajo en Progreso 14 (2) Ed. Universidad de las N.U. 1993.
51. Orellana Gallego, R.; Menéndez Fi, J.; García, Gladis. Metodología para la evaluación de la relación AGUA- AIRE EN SUSTRATOS. En Trópico 99. La Habana, 352p., 1999.
52. Orellana Gallego, R.; Ortega Sastrigues, F.; Smith Tabio, A. y Gil Fudora, J. L, Utilización de las curvas de retención de humedad para la evaluación física de suelos u sustratos. Resultado para la investigación, INIFAT., 1996.
53. Orellana, G. R. Control de la Salinidad en zonas Urbanas del Litoral y Organopónicos. En Programa Ramal de Agricultura Urbana. Informe Final. MING. INIFAT. , 2000.
54. Orellana, G. R.; Menéndez, F. .J. y García, G. Metodología para la evaluación de la relación Agua- Aire en sustratos. En Trópico 99. La Habana, 352p., 1999.
55. Ortega Sastrigues, F. Composición fraccional del humus en suelos de Cuba- Tesis para opción del grado a Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelo, La Habana, Cuba. 1985
56. Paneque, V. M. Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. La Habana, 3p., 1998.
57. Paneque, V. M. y Calaña, J. M. Valor fertilizante de los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 163p. , 2001.
58. Peña, E.; Companioni, N.; Carrión, M. y Rodríguez, A. La materia orgánica: Factor decisivo en la fertilidad de los suelos y sustratos. En III Curso de Agricultura Tropical. La Habana, 135- 157p., 1999.
59. Peña, E.; Companioni, N.; Carrión, M. y Rodríguez, A. Abonos Orgánicos: Su producción y manejo. En Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana. Seminario –Taller. FIDA-MINAG-CIARA., 16-25p., 2000.

60. Peña E. Companioni N, Carrión M., Rodríguez. La materia orgánica: Su producción y manejo. En organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana. Seminario- Taller. FIDA.MINAG-CIARA. p. 16-25. 2000.
61. Peña E. La Cachaza como sustrato en Organopónicos. Segundo Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana, 1995.
62. Peña. R. Dos métodos de obtención de abonos orgánicos a partir de los residuales de la industria del cítrico, impacto sobre el medio ambiente y su evaluación. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 292p. , 2001.
63. Pérez. Domínguez, C. T. Telleria, T. y Jiménez, R. Cultivos Hidroponicos. Elementos Tecnológicos. Ed. CIDA, La Habana. 1989.
64. Pérez, D. et al . Alternativas bio-orgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 106p. , 2001
65. Pérez, D. /et all/. El deterioro del sustrato en canteros de organopónico por cosechas sucesivas. En Primer Taller sobre Desertificación. Memoria. 87 p., 1995
66. Pomares Fernando. Conferencia sobre La Materia Organica. En II da Jornada de Agricultura Ecologica. Valencia España. 22p . 1996.
67. Primavesi, Ana. Agricultura Sustentable. Manual do produtor rural. Ed Nobel Sao Paulo, 142p., 1992.
68. Reyes, A.; Manes, A.; Gessa, M. Efecto de la aplicación de los residuales sólidos del beneficio húmedo del café como fuente de materia orgánica para la producción de posturas de café. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 301p. , 2001.
69. Rodríguez, N. A.; Concepción, N.; Ramírez, C. M. y Peña, E. Guía práctica para el uso y manejo de la materia orgánica en la agricultura Urbana, La Habana, 8p., 2001.
70. Siau, G. y Yurjevic, A. La Agricultura Urbana, una alternativa productiva para combatir la pobreza en sectores marginales. Rev. Agroecología y Desarrollo, 5 – 6. CLADES, 42 – 51 p., 1993
71. Socorro, A. R. et al. Alternativa para el mejoramiento de sustratos en el cultivo Organopónico. En Agronot 98. Resúmenes. Cienfuegos, 38p., 1998.

72. SOUZA, Jacimar Luis "Cultivo Orgánico de Hortalizas- Sistema de Producción" LISBOA, 1999. 154 p.
73. Suárez. J. J, González. P. J, Baños. R. Reciclaje de residuos orgánicos para la producción de compost. En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana. 295-296p. , 2001
74. Suquilanda, M. B. Agricultura orgánica. Alternativas. Tecnología del futuro. Ed FUNDAGRO. Quito, 654p., 1996.
75. Toledo L, Silveira J, Batista A. Uso del humus de lombriz en la CPA "Mártires de Cumanayagua" para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*). En IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana, 299p. , 2001.
76. Uranga Balanzategi J, : El Compostaje Ed. Monograficos Bio- Lur. 38p. 1995.