



Universidad de Sancti Spiritus "José Martí"
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agrícolas



Titulo: Efectos nutricionales de un sustrato de Residuos Sólidos Urbanos en cultivos hortícolas en el municipio Sancti Spiritus.

Tesis en opción a grado académico de master en Ciencias Agrícolas

Mención: Hortalizas

Autora: Ing Yusimí Cermeño Bonilla

Año: 2012



Universidad de Sancti Spíritus "José Martí"
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agrícolas



Título: Efectos nutricionales de un sustrato de Residuos Sólidos Urbanos en cultivos hortícolas en el municipio Sancti Spíritus.

Tesis en opción a grado académico de master en Ciencias Agrícolas

Mención: Hortalizas

Autora: Ing. Yusimí Cermeño Bonilla
Tutor: Dr.C. Martín Santana Sotolongo

Año: 2012

Pensamiento

...El hombre tendrá que hacer todo lo necesario para incrementar la productividad por superficie, poner el máximo de las tierras o de la superficie en producción, aprovechar todos los recursos naturales, aprovechar todos los recursos de la ciencia; puesto que solo quienes no sean revolucionarios, quienes no tengan la menor idea de las posibilidades de la inteligencia y de la voluntad del hombre, podrán concebir un mundo en que la humanidad se muera de hambre.

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

A todos los que esperan lo mejor de mí, especialmente mis padres Roberto y Vicenta y mi niña Daniela que son el motor impulsor para seguir, a mis amigos.

A la Revolución Cubana por su empeño en la superación de todos sus hijos.

A la ENPA que depositó toda la confianza en mi para desempeñarme profesionalmente.

Resumen

La investigación se realizó en un patio de referencia del Consejo Popular de Jíquimas correspondiente al domicilio de la familia Cermeño (Fomento, Sancti Spíritus) desde abril del 2009 a marzo del 2010. Los cultivos seleccionados fueron hortícolas, correspondiendo a pepino (*Cucumis sativus*, L) y ají chay (*Capsicum annuum*, L).

Se montó un vivero experimental de dos tratamientos, utilizando 120 bolsas, 60 bolsas como testigo para la evaluación, e igual cantidad con soporte de sustrato de la descomposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (restos de alimentos y de servicios sanitarios) dispuestos en el Relleno Sanitario Manual (RSM)

A partir del análisis de las características morfológicas de los cultivos, se obtuvo que al aplicar el sustrato proveniente de la descomposición de los (RSU) en el relleno sanitario manual se mejoró la nutrición de las plantas. Se concluyó que existe suficiente nivel de nutrientes asimilable para los cultivos con este sustrato, se favorece la resistencia a cambios externos físicos, químicos, ambientales y mejoraron los valores de germinación, enraizamiento y crecimiento de las plantas.

Abstract

This research was carried out in a backyard of reference of the Popular Council of Jíquimas corresponding to the home of the family Cermeño (Fomento, Sancti Spíritus) from April of the 2009 to March of the 2010. The selected crops were horticultural, corresponding to cucumber (*Cucumis sativus*, L) and pepper chay (*Capsicum annuum*, L). An experimental nursery of two treatments was mounted, using 120 bags, 60 bags like witness for the evaluation, and same quantity with support of substrate of the decomposition of the Urban Solid Residuals (RSU) (wastes from foods and of sanitary services) prepared in the Manual Sanitary Filler (RSM)

According with the analysis of the morphological characteristics of the cultivations, it was obtained that was improve the nutrition of the plants when substratum coming from the decomposition of those (RSU) in the manual sanitary filler was applied. It was concluded that enough level exists of nutritious assimilable for the cultivations with this substratum, the resistance is favored to physical, chemical, environmental external changes and they improved the germination values, improvement the roots growth and growth of the plants.

Índice

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
I.1. Nutrición de las plantas	10
I.1.2. Disponibilidad de nutrientes en las plantas	11
I.1.3. Características fundamentales e importancia de los nutrientes	13
I.2. Rellenos sanitarios	15
I.2.1. Concepto y características.....	15
I.2.2. Principios básicos de operación del relleno sanitario.....	16
I.2.3. Ventajas y desventajas del relleno sanitario	17
I.2.4. Medidas de control en un relleno sanitario.....	18
I.3. Uso de sustratos en la producción agrícola.....	20
I.3.1. Concepto de sustrato	20
I.3.2. Tipos de sustratos.....	21
I.3.3.1. Compost como abono orgánico.....	21
I.3.3.1.1. Concepto de compost.....	21
I.3.3.2.2. Mejoras en el suelo por compost de residuos sólidos urbanos	23
I.3.3.2.3. Mediciones morfológicas en plantas para evaluar el compost	25
I.4. Características generales de los cultivos empleados	27
I.4.1. Ají (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	27
I.4.2. Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	29
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	32
II.1 Materiales y métodos.....	32
II.1.1 Ubicación del área experimental.....	32
II.1.2 Caracterización climática	33
II.1.3 Metodología desarrollada para la obtención del compost.....	33
II.1.4 Especies cultivadas en el experimento	35
II.1.2 Parámetros evaluados	36
II.1.3 Análisis estadístico.....	37
II.1.4 Sistema para la clasificación de los residuos sólidos urbanos.....	37
II.1.5 Análisis de factibilidad económica	37
II.2 Análisis y resultados.....	38
II.2.1 Comportamiento meteorológico experimental.....	38
II.2.2 Parámetros morfológicos evaluados	38
II.2.3 Análisis de laboratorio.....	44
II.2.4 Sistema para clasificación y manejo de Residuos Sólidos Urbanos	45
II.2.5 Análisis de factibilidad económica.....	47
II.2.5.1 Análisis variante I.....	47
II.2.5.2 Análisis variante II.....	54
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64

INTRODUCCIÓN

La lucha contra el hambre y la subalimentación puede implementarse mediante la aplicación de la ciencia y la técnica vinculada a la producción y conservación de alimentos. El sector de la ciencia, más prometedor como arma contra el hambre, es el punto en que entran en contacto los conocimientos de la biología, la fisicoquímica, la ecología y la biología de los suelos. Aplicando racionalmente todos los conocimientos que poseemos en este amplio campo científico es fácil incrementar en un grado considerable la producción de alimentos, para responder mejor a las necesidades alimentarias en las regiones del planeta que padecen deficiencias y carencias de este tipo. La cantidad de abonos que se emplean en algunos países para mantener el nivel de la producción agrícola es bastante considerable. Solamente los Estados Unidos, para mantener su producción de alimentos durante la época de la guerra, gastaron al año alrededor de 12.000.000 de toneladas de abono, por un valor aproximado de 400.000.000 de dólares. Especialistas de varias latitudes calculan que para aumentar la superficie cultivada del mundo en 519.999.999,882 ha sería preciso multiplicar por ocho los fosfatos y por dieciocho las potasas a consumir, aun suponiendo que la cantidad aplicada por área se mantenga al nivel actual (De Castro, 1947).

Los elementos indispensables para la reconstrucción integral del suelo en los abonos sintéticos están muy lejos de proporcionarlos, sólo puede conseguirse mediante el empleo de abonos naturales y con procedimientos agrícolas más naturales que los preconizados por la agricultura científica occidental.

La ciencia de los abonos ha avanzado, quizá más que la ciencia alimentaria, dirigida hacia la corrección de los diversos géneros de carencia de los suelos. Nada de esto se aplica en los países subdesarrollados en primer lugar, porque el sector de la economía agraria es el más rutinario y el más retrógrado en esas regiones. Cada acto se considera como un verdadero rito, intocable e inmutable; en segundo lugar, porque la industria de los abonos sólo es rentable en un contexto industrial extremadamente diferenciado, donde se pueda aprovechar para la obtención de sus productos finales una serie de subproductos de otras industrias, por regla general inexistentes en los países menos evolucionados.

Todo ello conspira contra la instalación de una agricultura técnicamente avanzada en los países pobres y no industrializados. En una primera etapa, las necesidades en abono de esos países tendrán que satisfacerse por medio de importaciones, cosa que habrá de ser facilitada al máximo por intermedio de los organismos internacionales que se preocupan por el verdadero desarrollo del Tercer Mundo.

La función básica de un abono es fertilizar la tierra sobre la cual se aplica. Por lo tanto, tiene que contener los nutrientes que las plantas necesitan para su crecimiento y también para producir las partes vegetales que justifican su cultivo: flores, frutos, hojas, tallos y raíces en cantidad y calidad.

En Cuba uno de los problemas fundamentales en la agricultura ha sido el mal manejo de los suelos, de manera que estos garanticen una nutrición adecuada en los cultivos lo cual ha repercutido negativamente en el rendimiento de las cosechas.

Lo anterior se refleja en los 6.7 millones de hectáreas de superficie agrícola del país que con el uso inadecuado muestran en la actualidad las siguientes características: pérdida de la fertilidad (12 y 60 % de la tierra con alta y mediana y el resto con escasa), 14 % está afectada por salinidad y sodicidad, más del 46 % por erosión y un 27 % por acidez, 30 % por inundaciones, 54 % por mal drenaje y un 64 % por insuficiente contenido de materia orgánica.

La agricultura orgánica ha sido desarrollada en Cuba tomando en cuenta los problemas y limitaciones que presenta la tecnología moderna de la agricultura convencional, basada en el monocultivo, el uso intensivo de maquinaria agrícola y el uso de productos químicos.

La agricultura cubana se encuentra en una etapa de sustitución de insumos de conversión horizontal (producción con menos insumos agroquímicos, técnicas para la recuperación de suelos y el manejo integrado de plagas basados en el control biológico, entre otros.), pues aún los resultados obtenidos de forma aislada, no se relacionan bajo una concepción agroecológica del desarrollo agrícola con el objetivo de aprovechar los mecanismos de sinergia. De cualquier manera, ésta fase ha sido y es de gran importancia en la solución de la

problemática actual y crea las bases para ir consolidando la aplicación de la agricultura orgánica en los sistemas agropecuarios en mayor escala (Castellón, 2004). En la provincia Sancti Spíritus a través de trabajos realizados en organopónicos y huertos intensivos, en materia de calidad y rendimiento de los cultivos, se ha identificado como problemática las características deficientes del sustrato que se emplea y de los suelos existentes en las áreas, carentes de nutrientes, donde de manera general a partir de las orientaciones de la instancia superior se construyeron muchos de estos en áreas no propicias para tales fines y en las que habido que emplear un alto contenido de materia orgánica, que no siempre está disponible para el productor.

Si bien es cierta la necesidad inmediata de garantizar nutrientes de calidad para una alimentación sana, también lo es, las alternativas a emplear para el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos y que a través de técnicas como los rellenos sanitarios se puedan solucionar garantizando, además, resolver el acuciante tema de los abonos orgánicos, necesarios para los cultivos.

El problema del manejo de la basura se remonta al momento en que el hombre abandonó el nomadismo para llevar una vida sedentaria, cobrando mayor importancia con el establecimiento y crecimiento de centros urbanos.

En la Era Industrial, los cambios en los hábitos de consumo de la población y el aumento de los residuos generados a partir de procesos industriales, hicieron que el problema de la basura cobrara otra dimensión. Los desechos urbanos, tanto domésticos como industriales, comenzaron a ser transportados hacia los alrededores de pueblos y ciudades, para ser depositados en vertederos y sólo en ciertas ocasiones, cubiertos adicionalmente con tierra. En el siglo pasado, comenzaron a utilizarse tecnologías para el manejo y disposición final de los residuos sólidos tales como las plantas de compostaje, de tratamiento térmico y los rellenos sanitarios (Strodthoff y Arellano, 2008).

En nuestro país la disposición final de los residuos sólidos constituye un problema primordial en el manejo de la basura, tal ha sido el caso que según artículo presentado en el XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental según Reinoso *et al.* (2004), sobre una experiencia cubana al respecto,

plantea que: se decidió dividir las poblaciones cubanas en poblaciones de hasta 20.000 habitantes y de más de 20.000 habitantes, para enfrentar esta problemática.

En el primer caso existen 106 municipios que representa el 62,7% del total de municipios del país. A estos territorios se les diseñó un proyecto de relleno sanitario manual de los cuales están funcionando en la actualidad 66, vinculados a los proyectos de municipalización inscripto en la Estrategia de Atención Primaria Ambiental, que como cooperación técnica acompaña la OPS/OMS en el país. La aplicación de esta experiencia ha tenido un impacto favorable en nuestro país como aspecto higiénico-sanitario, laboral y financiero.

Las provincias con mayor avance en la aplicación de esta técnica son Ciego de Ávila y Las Tunas según el propio Delgado *et al.* (2004).

En la provincia de Sancti Spíritus, durante el periodo 2005 a 2006 nace el programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos en la comunidad “Las Nuevas”, del municipio La Sierpe, a través de la implementación de los Rellenos Sanitarios Manuales, con el objetivo de reducir las incidencias de las enfermedades de transmisión digestiva, donde se plantea, además, utilizar el resultado final como compost de residuo sólido biodegradable soterrado, que podrá ser empleado como fertilizantes en la producción de flores y plantas ornamentales en la Empresa Comunales.

El compostaje es un método utilizado desde hace muchos años para transformar desperdicios orgánicos en abono para las tierras. El método de compostaje imita el mecanismo de descomposición que ocurre espontáneamente en la naturaleza, pero acelerado según Groppelli y Giampaoli (2001).

Al compostar, se cierra el ciclo de los residuos orgánicos ya que los nutrientes que fueron removidos del suelo por las plantas, vuelven al suelo para continuar el ciclo. El compostaje de restos orgánicos produce el humus, que es un producto color marrón oscuro, inodoro que contiene nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y otros elementos necesarios para la vida de las plantas. Debido a la materia orgánica que contiene, el compost posee la facultad de enmendar el suelo, ya que aumenta su capacidad de retención de agua, mejora su

porosidad, aumenta la infiltración, permeabilidad y estructura del suelo. (Groppelli y Giampaoli, 2001).

El uso más común del compost actualmente consiste en mezclarlo con materia orgánica para formar la capa fértil del suelo utilizada para actividades de paisajismo y otras.

Esta es una técnica que a nivel mundial ha sido muy bien acogida, tal es así, que en mayo del 2007 se celebró la Conferencia ATEGRUS sobre Tratamiento Biológico de Residuos y otros temas medioambientales en España, se realizó con el apoyo de la Red Europea de Compostaje- European Compost Network, red de entidades relacionadas con los tratamientos biológicos de los residuos que tiene como objetivo la promoción de prácticas sostenibles de compostaje, digestión anaerobia y otros tratamientos para residuos orgánicos en toda Europa. Allí intervino el Presidente de la European Compost Network, quien presentó la situación general del compostaje en Europa, así como del mercado y de las consideraciones relativas a la calidad del compost. Tras presentar las experiencias en varios países, abordó tendencias de futuro de la gestión de residuos orgánicos en Europa. Como principales conclusiones, se destacó el aumento continuo de la cantidad de compost producido y del número de instalaciones de compostaje, que ya es una tecnología ampliamente considerada en varios países como el comienzo de la modernización de las instalaciones existentes.

En Cuba la confección y puesta en práctica de compostaje ha sido impulsada por la Universidad Central de Las Villas (Mayea,1994), con buenos resultados prácticos obtenidos en la empresa de cultivos varios de Nueva Paz, provincia La Habana, el producto final es un abono orgánico de alta calidad que en dosis relativamente pequeñas (6-7 t/ha) produce efectos positivos, la biotierra como también se le denomina, preparada en nuestro país, tiene la acción de 4 microorganismos: *Azospirillum orizae* (bacteria), *Trichoderma sp.* (hongo), *Sacharomyces cerevisae* (levadura) y *Bacillus nato* (bacteria).

En la provincia Sancti Spíritus, el uso y conservación de los suelos constituye hoy una de las prioridades de los campesinos en el abarcador programa de agricultura

sostenible, que tiene como propósito final potenciar la producción de alimentos y otros cultivos.

Entre las acciones se destaca el incremento en la elaboración de abonos orgánicos y la obtención de humus de lombriz, estrategia donde se busca la incorporación de mayor cantidad de productores para multiplicar los volúmenes de este fertilizante natural y a su vez abarcar más áreas con las aplicaciones del producto.

Paralelo a ello continúa las acciones de capacitación del campesinado para el conocimiento, manejo y aplicación de tecnologías de bajo costo y alta incidencia tanto en la producción como en la recuperación de la fertilidad de las fincas.

En este sentido, el programa de “campesino a campesino” incluye la demostración de las ventajas del empleo de los residuos de cosechas, estiércoles, compost y otros remanentes naturales del proceso productivo, de probada efectividad en la retención de la humedad, la protección fitosanitaria y el incremento de las cosechas con frutos de mayor calidad. Los diferentes programas agrícolas de hortalizas, vegetales, frutales entre otros y la actividad ganadera se benefician hoy con estas acciones, que hacen suyas en Sancti Spíritus.

La experiencia de los últimos años revela una rápida incorporación de productores a los programas de agricultura sostenible y el crecimiento de fincas que han recuperado su fertilidad y han multiplicado las cosechas, sin utilizar apenas fertilizantes y plaguicidas químicos (Alfonso, 2009).

En relación con lo anterior, el presente trabajo se ha planteado lo siguiente:

Problema Científico.

¿Puede el RSU a partir de Relleno Sanitario mejorar la nutrición de los cultivos en los huertos intensivos de manera que se alcancen rendimientos altos y con calidad?

Hipótesis

Si se aplica el compost, procedente de la descomposición en los rellenos sanitarios manuales entonces se mejorará la nutrición de los cultivos en los huertos intensivos del municipio de Sancti Spíritus.

Objetivo General:

Demostrar el mejoramiento nutricional de cultivos en los huertos intensivos de Sancti Spiritus utilizando compost a partir de rellenos sanitarios, de manera que se alcancen resultados cuantitativos y cualitativos superiores en las cosechas.

Objetivos específicos:

- Evaluar la calidad de los cultivos seleccionados para la investigación pepino (*Cucumis sativus* L.), y ají, (*Capsicum annuum* L.) a partir de parámetros morfológicos y los compuestos que lo forman.
- Evaluar la factibilidad del empleo de los Residuos Sólidos Urbanos como alternativa para la nutrición de cultivos y descontaminación ambiental considerando los volúmenes de éstos que se generan y la demanda de materia orgánica de los huertos intensivos.
- Proponer un sistema de clasificación y transformación de RSU en material nutritivo para los cultivos.
- Analizar la factibilidad económica de la propuesta.

Campo de Acción

El campo de acción se define en la nutrición de los cultivos agrícolas a partir del compost de la descomposición de los residuos sólidos domésticos en rellenos sanitarios.

El trabajo se estructuró de la siguiente forma: un primer capítulo de basamento teórico en el que aparecen cuestiones referentes a la nutrición de los cultivos enfatizando en elementos conceptuales, características e importancia de la misma. También se presentan argumentos sobre los rellenos sanitarios sus ventajas y desventajas, principios básicos para su operación, medidas para su eficiente desempeño. En la parte final del capítulo se muestran aspectos relacionados con los sustratos, sus propiedades, tipos; así como, parámetros morfológicos a medir en el cultivo de ají y pepino.

En el segundo capítulo se desarrolla el objeto en cuestión de este trabajo, es decir aparece el diseño experimental con los materiales y métodos utilizados para la

investigación, el análisis estadístico, así como el análisis y discusión de los resultados experimentales.

A continuación de este capítulo se encuentran las conclusiones, luego las recomendaciones, posteriormente la bibliografía utilizada y la parte final, dedicada a los anexos.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I.1. Nutrición de las plantas

La condición nutrimental de los cultivos, debe ser óptima si se aspira a alcanzar rendimientos cercanos a los máximos posibles y así se expone en los postulados de Kamara (2001). Tal condición se logra mediante la formulación y aplicación de un plan para este fin. La formulación de dicho plan impone ciertas reglas. La primera, es dominar los conceptos teóricos de la nutrición y regulación del crecimiento de los cultivos y, la segunda, es conocer en profundidad los aspectos de producción relativos al sistema y, en particular, los referentes a la tecnología del uso de los fertilizantes, reguladores y el agua. Ambos requisitos son fundamentales para el éxito del plan.

I.1.1. Concepto de nutrición

La nutrición es concebida como la ciencia que estudia la relación entre los alimentos y la salud, especialmente en la determinación de una dieta, también se conceptúa como el proceso biológico en el que los organismos asimilan los alimentos y los líquidos necesarios para el funcionamiento, el crecimiento y el mantenimiento de sus funciones vitales.

Apunta Lito (2005) que junto con la reproducción y la capacidad de relacionarse, la nutrición es una de las características inherentes de los seres vivos. Cualquier ser vivo, por su actividad vital (crecimiento, mantenimiento y reproducción) requiere continuos aportes de energía para reponer las pérdidas y, para que todo el sistema pueda funcionar.

Alega además que las plantas son organismos autótrofos pero no todas las células de los vegetales superiores están en contacto con los nutrientes, ni los procesos de difusión son tan rápidos para acercarlos a todas las células. De este modo, se presenta una división de trabajo entre sus células con la consiguiente diferenciación morfológica formándose órganos, los cuales se especializan en las distintas funciones.

Mediante la fotosíntesis que usa la luz solar como fuente de energía, las plantas son capaces de sintetizar todas las macromoléculas orgánicas que necesitan, a

partir de la modificación de los azúcares que se formaron durante la misma. Además, las plantas deben absorber, para su uso, varios tipos de minerales a través del sistema radicular.

I.1.2. Disponibilidad de nutrientes en las plantas

El carbono, hidrógeno, y el oxígeno son considerados los elementos esenciales. El nitrógeno, el potasio, y el fósforo se obtienen del suelo y son los macronutrientes primarios. El calcio, el magnesio y el azufre son los macronutrientes secundarios que se necesitan en menor cantidad.

Interpretando diferentes conceptos de nutrición vegetal, también ésta puede ser considerada como el aporte extrínseco de los nutrientes al suelo para el sostén de la planta, dicho aporte debe estar en función del desarrollo fenológico, en la importancia de cada uno de los nutrientes en la fisiología y en el metabolismo de las plantas, de los requerimientos de ésta para producir una unidad de biomasa seca en cada una de las fases de su estado de desarrollo fenológico.

Las cantidades de nutrientes disponibles varían con el tipo, y profundidad del suelo, las prácticas de laboreo y está influenciada por la temperatura y humedad del mismo. Las raíces no crecen en suelo seco y se debe disponer de humedad para que puedan absorber los nutrientes del suelo; el exceso de humedad limita la aireación y las raíces también requieren aire (oxígeno).

Argumenta Hernández (2001) que cada elemento o macronutriente tiene su función vital para el desarrollo, por ejemplo, las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo.

Continúa el autor, refiriéndose a las funciones de los diferentes elementos esenciales, al respecto: las plantas que crecen a bajos niveles de nitrógeno son de color verde claro y muestran una clorosis general, principalmente en hojas viejas. Las hojas jóvenes permanecen verdes por períodos más largos, ya que reciben nitrógeno soluble de las hojas más viejas. El crecimiento de las plantas con deficiencia en nitrógeno es lento y adoptan un porte raquíptico.

El calcio es acumulado por las plantas, especialmente en las hojas donde se deposita irreversiblemente, es un elemento esencial para el crecimiento de meristemas y particularmente para el crecimiento y funcionamiento apropiado de los ápices radicales.

El calcio tiene la función de impedir daños a la membrana celular, evitando el escape de sustancias intracelulares, cumpliendo un papel estructural al mantener la integridad de la membrana.

La deficiencia de calcio está generalmente asociada a efectos de acidez del suelo y muchas veces es difícil diferenciar una de la otra. Este elemento se absorbe como el catión divalente y es casi inmóvil y es por esto que las deficiencias se observan primeramente en los tejidos jóvenes. Las deficiencias de calcio parecen tener dos efectos en la planta: causan una atrofia del sistema radical y le dan una apariencia característica a la hoja. Las hojas se muestran cloróticas, enrolladas y rizadas. Se presentan raíces pobremente desarrolladas, carentes de fibras y pueden tener apariencia gelatinosa. Los síntomas se observan cerca de los ápices de crecimiento de raíces y tallos. La carencia de calcio también inhibe la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico.

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta y uno de los tres que se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, limitando el rendimiento de los cultivos. Altas concentraciones de potasio se requieren para la conformación activa de muchas enzimas que participan en el metabolismo. El potasio es absorbido por las plantas como ión. El ión potasio parece estar implicado en varias funciones fisiológicas como son: transporte en el floema, turgencia de las células guardianes de los estomas, movimientos foliares (nastias) de los pulvínulos y crecimiento celular. De tal manera que, las necesidades nutricionales de potasio se centran en cuatro roles bioquímicos y fisiológicos a saber: activación enzimática, procesos de transporte a través de membranas, neutralización aniónica y potencial osmótico. La deficiencia de este elemento se observa primero como un amarillamiento ligero en hojas viejas.

El fósforo, es el elemento más limitante en los suelos. Se encuentra en la planta como un componente de carbohidratos activados (por ejemplo: la glucosa -6-

fosfato, fructosa -6- fosfato, fosfoglicerato, fosfoenolpiruvato, glucosa -1- fosfato, y otros. El papel central del fósforo es en la transferencia de energía. Los carbohidratos antes de ser metabolizados son fosforilados, esencial para la división celular y el desarrollo de tejidos meristemáticos. Las deficiencias de fósforo se parecen mucho a las de nitrógeno. En cereales se caracteriza por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos. Es frecuente la acumulación de antocianina en la base de las hojas y en las hojas próximas a morir, que toman una coloración púrpura y se reduce el número de tallos. El proceso de maduración de las plantas se retarda, mientras que las que tienen abundante fósforo maduran con más rapidez.

El magnesio tiene un papel estructural como componente de la molécula de clorofila, es requerido para mantener la integridad de los ribosomas y, sin duda, contribuye a mantener la estabilidad estructural de los ácidos nucleicos y membranas. La deficiencia de magnesio ocurre comúnmente en suelos ácidos, arenosos, en áreas de precipitación moderada a alta. La ausencia de magnesio se caracteriza por una clorosis en hojas viejas, principalmente entre las nervaduras. En algunas plantas la ausencia de clorofila es seguida por la aparición de otros pigmentos.

El azufre es absorbido por las plantas principalmente en la forma inorgánica como sulfato, luego es reducido e incorporado a compuestos orgánicos. En el reciclaje el azufre, retorna al suelo en la forma orgánica, donde se mineraliza por acción de microorganismos antes de ser utilizado por las plantas superiores. La deficiencia de azufre se caracteriza porque la lámina foliar se torna uniformemente amarilla o clorótica; presentándose la deficiencia primeramente en hojas jóvenes, ya que este elemento no se redistribuye fácilmente de las hojas viejas hacia las maduras, por ser inmóvil.

I.1.3. Características fundamentales e importancia de los nutrientes

Para la FAO (2009) los nutrientes deben poseer las siguientes características: solubles en el agua contenida en el suelo; en cantidades adecuadas y equilibradas, de acuerdo con el momento de demanda del cultivo; de forma accesible al sistema radicular (excepto cuando se proporcionan por vía foliar).

Apunta además que las plantas toman los nutrientes principalmente de las reservas del suelo; los fertilizantes minerales, las fuentes orgánicas; el nitrógeno atmosférico a través de la fijación biológica; las deposiciones aéreas de origen eólico y pluvial; irrigación, aguas subterráneas o inundación, y sedimentación provocada por las escorrentías.

Estas fuentes son utilizadas por los agricultores de acuerdo con la disponibilidad y posibilidad económica. La cantidad total de los nutrientes disponibles para un cultivo es un factor fundamental para determinar el rendimiento.

Según Arori (2005) el manejo de la fertilidad de los suelos es la base de la sostenibilidad de cualquier sistema de producción agrícola, se debe crear las condiciones favorables para el crecimiento de las plantas en el suelo. En el manejo de la fertilidad de los suelos deben considerarse, los niveles nutricionales, con el propósito de realizar las correcciones de las deficiencias de nutrientes con enmiendas orgánicas (estiércol de animales) o inorgánicas (fertilizantes químicos), con el objetivo de tener buenos rendimientos y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Argumenta Kolmans *et al.* (1999) los nutrientes son sustancias auxiliares de las funciones vivas y son movilizadas tan pronto como son requeridos por los procesos biológicos en el sistema suelo-planta, lo cual sucede cuando hay las condiciones necesarias, especialmente térmicas. Por ello, solo se debe proporcionar minerales en su forma original en la medida que sean requeridos, solo así se puede evitar la influencia de un impacto negativo en el ciclo natural de los nutrientes y evitar desequilibrio en los procesos biológicos.

El aumento de la producción agrícola a través del manejo mejorado de la nutrición de las plantas, junto con un mejor uso de los otros factores de producción, constituye un reto complejo. La intensificación de la agricultura requiere grandes flujos de nutrientes para los cultivos, de gran absorción y que permitan reservas adecuadas para las plantas en el suelo. Como alternativa de esta intensificación, se producen residuos de cultivos, estiércol desperdicios orgánicos, derivados del consumo de productos agrícolas; pero además residuos sólidos urbanos quienes a través de técnicas adecuadas medioambientalistas pueden contribuir a este reto.

I.2. Rellenos sanitarios

I.2.1. Concepto y características

Para Olivera *et al.*(2005) los rellenos sanitarios son lugares destinados a la disposición final de desechos, donde se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otros métodos de tratamientos de basura, como son los tiraderos, y dichas medidas son: un estudio meticuloso de impacto ambiental, económico y social que incluye desde la planeación y elección del lugar hasta la vigilancia y selección del sitio en toda la vida del vertedero. (Anexo 1)

Según ARQHYS (2009) es un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo de manera que se le de protección al ambiente, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al fin de día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el medio-ambiente.

Siendo básicamente una alternativa para tratar los residuos sólidos urbanos, previa selección de los mismos, y después de la descomposición de éstos se obtiene un excelente compost de vertedero.

Apunta Estrucplan Consultora (2002) el relleno sanitario no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Refiere Pérez (2008) el relleno sanitario es una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. La disposición final de los rellenos sanitarios en la producción de compost es un producto relativamente estable y homogéneo. El compost es uno de los productos resultantes de tratamiento y manejo especializados de basuras y/o estiércoles y/o otros materiales desechados. Los tratamientos o procesos conducentes a la producción de compost se basan en la habilidad de preparar o acondicionar la basura y desechos, de tal manera que se induzca el establecimiento de la actividad

microbiológica dirigida al metabolismo controlado de los materiales putrescibles presentes en las basuras y desechos. Esto, con el fin de producir un material inofensivo y útil sobre todo para la agricultura.

I.2.2. Principios básicos de operación del relleno sanitario

Para Estrucplan Consultora (2002), los principios básicos de operación del relleno sanitario son:

- a) Supervisión permanente del Relleno Sanitario, mientras se está rociando o recubriendo la basura.
- b) La basura debe compactarse en capas de 15 a 30 cm.
- c) La profundidad del Relleno no debe ser excesiva, probablemente no más de 2.50 m.
- d) Toda la basura recibida diariamente debe quedar cubierta con una capa temporal de tierra o material similar de por lo menos 0.60 m de espesor.
- e) Adoptar medidas para evitar el esparcimiento de papeles u otro tipo de desperdicios fuera del Relleno Sanitario.

Según Díaz *et al.* (1982), los procesos que se producen dentro del ambiente del relleno sanitario se caracterizan por tres aspectos generales: 1.- la cantidad, la composición y las características de los residuos sólidos dispuestos, 2.- el diseño y operación del relleno sanitario y 3.- los fenómenos asociados con los tres procesos físicos químicos y biológicos que ocurren dentro de los residuos sólidos enterrados.

Amplia el autor, que la principal forma de descomposición después que los residuos sólidos son depositados o enterrados en el relleno sanitario es la aerobia, la descomposición continúa siendo aerobia hasta que se agota el oxígeno que ha tomado del aire atrapado en el relleno sanitario y todo el oxígeno disuelto en las precipitaciones ha sido utilizado, en la práctica la duración de la fase aerobia es relativamente breve y depende del diseño del relleno sanitario, incluido el grado de compactación y de la humedad, la humedad desplaza el aire de los espacios intersticiales entre las partículas de los residuos sólidos. Los microbios activos durante esta fase son los aerobios y facultativos, la temperatura puede ser en el

interior del relleno de hasta 45 a 55 °C. El impacto ambiental adverso durante esta fase es mínimo porque los productos finales de la descomposición aeróbica son sólidos inorgánicos inerte CO₂ y H₂O. Aunque puede liberarse productos de descomposición intermedia pero con una contribución a contaminación pequeña. La mayor parte de sustancia biodegradable en un relleno sanitario experimenta con el tiempo un proceso anaeróbico, los productos derivados de la descomposición anaerobia pueden ejercer un efecto considerablemente adverso a menos que se controlen adecuadamente. La tasa de descomposición rige algunas actividades, incluyendo el período durante el cual el relleno sanitario terminado debe controlarse para evitar las posibles emisiones de contaminantes y el período que debe pasar antes que el relleno sanitario clausurado pueda utilizarse. Esta situación se da independientemente del uso final que tenga, ya sea con fines agrícolas u otros fines.

A partir de la bibliografía consultada sobre el tema anterior se resume que los principales factores que afectan la descomposición biológica de un relleno sanitario son la humedad, la temperatura y el contenido de nutrientes para los microbios, y el grado de resistencia de los residuos sólidos al ataque microbiano.

1.2.3. Ventajas y desventajas del relleno sanitario

Para ARQHYS (2009) los rellenos sanitarios poseen sus ventajas y desventajas:

Ventajas

- Bajo costo inicial, operación y mantenimiento.
- Aprovechamiento de terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, aprovechándolos para parques verdes.
- Solucionar el problema, completo y definitivo, a numerosos lugares importantes que se ven todavía abrumados por numerosos costos; humos, olores, plagas, molestias públicas que se generan con otros métodos de eliminación de basura.
- Un relleno sanitario puede empezar a trabajar en poco tiempo como método de eliminación.

- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

Desventajas

- Debe de tener una buena planificación sobre todo con una buena concientización del ciudadano, para adoptar medidas pertinentes puede provocar contaminación del suelo, aire, agua y desvalorización de terrenos aledaños. Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Obstrucciones en las tendencias del crecimiento de la población.
- Asentamientos de villas inestables ocupados por cruja que subsisten de los materiales que seleccionan de los desechos.

I.2.4. Medidas de control en un relleno sanitario

Alega Solís (2005), el sustento de un relleno sanitario requiere de varias medidas para su eficiente desempeño que son las siguientes:

- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre y se compacta la basura, para mayor seguridad hay que tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- Es fundamental el cubrimiento diario, con una capa de 10 a 20 cm, de tierra o material similar.
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 20 a 30 cm.
- Desviar aguas de escorrentía (lluvia), para evitar su ingreso al relleno sanitario.
- El cubrimiento final de unos 40 a 60 cm de espesor, se efectúa integrado con el paisaje natural, siguiendo la misma tecnología que para la cobertura diaria, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación para lograr una mejor.

Coincidiendo con el autor antes mencionado, uno de los aspectos fundamentales en que se debe hacer hincapié al momento de hablar de un relleno sanitario, es el de los líquidos percolados, los cuales se producen a partir de la descomposición o putrefacción natural de la basura. Este proceso crea un líquido mal oliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado muy parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado. Es importante hacer notar que las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que producen la misma humedad de los desechos, de ahí la importancia de interceptar y desviar las aguas de escorrentía y pequeños hilos de agua ante del inicio de la operación, puesto que si el volumen de este líquido aumenta demasiado, puede causar no solo problemas en la operación de relleno sino también contaminar las corrientes de agua, nacimiento y pozos vecinos.

Continúa describiendo Solís (2005) que cuando el área promedio de rellenar no es muy grande, el volumen de líquidos tampoco es elevado, por lo que se puede optar por infiltración en el suelo, dado que el paso del tiempo y la carga contaminante de los lixiviados disminuyen una vez terminado el relleno.

Además, el suelo actúa como un filtro natural. No obstante, para proteger las aguas superficiales y subterráneas, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Verificar que las aguas subterráneas y superficiales cercanas no estén siendo utilizadas para consumo humano.
- Establecer una altura mínima de 1 a 2 metros, dependiendo de la característica del suelo, entre la parte interior del relleno y el nivel de agua subterránea.
- Tratar de contar con un suelo arcilloso o en su defecto impermeabilizar la parte interior mediante una capa de arcilla de 30 a 60 cm.
- Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua a fin de reducir el volumen del líquido percolado, y de mantener en buenas condiciones la operación del relleno.
- Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido.

Amplia este autor que en los rellenos sanitarios como se ha explicado ocurre la fase anaerobia donde se produce gas metano (CH_4), y dióxido de carbono (CO_2), así como otros gases de olor repugnante. En volumen, los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos del relleno, aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por ello es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y escape de estos gases. Para el control de los mismos se puede construir un drenaje vertical en piedras, colocados en diferentes puntos del relleno sanitario, para que estos sean evacuados a la atmósfera. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje una vez concluido el relleno sanitario. También se puede aprovechar este gas como energía. Es importante apuntar que el aprovechamiento del gas metano con proporciones comerciales, solo es posible en rellenos sanitarios que reciban más de 200 toneladas por día, y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

Es importante destacar que existe la Norma Cubana 135:2002 para los residuos sólidos urbanos, y en su disposición final, que establece los requisitos higiénico-sanitarios y ambientales, los cuales se deben tener en cuenta a la hora de construir un relleno sanitario.

Sin duda, los rellenos sanitarios constituyen una técnica apropiada para el tratamiento de los residuos sólidos; pero además, para la producción de sustratos que garanticen el mejoramiento de los suelos, y por ende, la calidad de los cultivos.

I.3. Uso de sustratos en la producción agrícola

I.3.1. Concepto de sustrato

Conceptualiza Infoagro (2008), un sustrato es todo material sólido, distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

Argumenta además que los sustratos de cultivos presentan propiedades físicas, químicas y biológicas, teniendo en cuenta las propiedades físicas, se analiza la porosidad, densidad_estructura granulometría. Las biológicas se concretan a la velocidad de descomposición, efectos de los productos de descomposición y actividad reguladora del crecimiento.

El sustrato debe reunir tres características vitales para su éxito: anclaje, nutrición e intercambio.

I.3.2. Tipos de sustratos

Apunta InfoAgro (2008), que existen diferentes tipos de sustratos: según sus propiedades y según el origen de los materiales (inorgánicos o minerales u orgánicos). Estos últimos comprenden:

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, lodos de depuración de aguas residuales, residuos sólidos urbanos), siendo este último un excelente material para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas.

I.3.3.1. Compost como abono orgánico

I.3.3.1.1. Concepto de compost

El compostaje constituye un grado medio de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono. El compost implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas y sus residuos sólidos orgánicos domésticos.

El compost mejora la estructura del suelo, incrementa la cantidad de materia orgánica y proporciona nutrientes, mayormente macronutrientes como el nitrógeno, potasio y fósforo.

Argumenta Haug (1993) que el compost puede ser descrito como materia orgánica estabilizada hasta transformarse en un producto parecido a las sustancias húmicas del suelo, libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, que no atrae insectos ni otros vectores de enfermedad, que puede ser manejada y almacenada sin ocasionar molestias y es beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas.

El compost se puede definir además como el producto resultante de la transformación biológica, mediante microorganismos, del material orgánico procedente de distintas fuentes tales como estiércol, residuos de cultivos, hojarasca de bosques y material leñoso, componentes orgánicos contenidos en los residuos sólidos urbanos (restos de la preparación de comidas, papeles, cartones, residuos de podas y jardín, flores muertas, entre otros). Groppelli y Giampaoli (2001).

Plantea Lemus (2002) el compost, como producto, tiene valor desde tres puntos de vista diferentes:

- 1.- Como fertilizante, es decir por su contenido de macro (NPK) y micronutrientes.
- 2.- Como acondicionador de suelos, por su contenido de materia orgánica (en forma de humus).
- 3.- Como supresor de fitoenfermedades, por su contenido y variedad de microorganismos.

Continúa la autora, la calidad del compost depende básicamente del tipo de materia orgánica estable (humus), de la presencia de contaminantes (pedazos de vidrio, plástico, concentración de metales pesados) y el porcentaje de macronutrientes (NPK). Existen además, otros parámetros que se utilizan para la clasificación del compost. Usualmente estos parámetros (proceso de reducción de patógenos, concentración salina, contenido de micronutrientes, etc.) están relacionados con la aplicación particular del compost.

Amplia la autora, idealmente un compost de alta calidad debería tener un alto porcentaje de macronutrientes (usualmente un NPK mínimo de 1-0.5) y un mínimo (o nada) de contaminantes.

El compost también es esencial para restaurar paisajes destruidos por actividades de construcción o minería. El uso más común del compost, hoy en día, consiste en mezclarlo con tierra negra para formar la capa fértil del suelo utilizada para actividades de paisajismo.

Sin embargo se puede ir más allá del paisajismo y utilizarlos con fines agrícolas con muy buenos resultados si se elabora teniendo en cuenta todas los parámetros, de humedad, tiempo de descomposición, temperatura. Groppelli y Giampaoli (2001).

Continúan los autores, la etapa de maduración es muy importante para lograr un compost listo para ser usado. Un compost inmaduro puede contener una relación carbono/nitrógeno inadecuada y ácidos orgánicos que pueden causar daños al ser usado en ciertas aplicaciones de horticultura.

El compost en condiciones de ser utilizado debe ser un material oscuro, suelto, que se desmenuza fácilmente asemejándose a un suelo negro, rico en nutrientes. Si el compost sigue caliente, huele a amoníaco, o mucho del material original todavía es visible, entonces el compost no está listo para ser usado.

Investigaciones realizadas por GESPEA (2008) aseguran que el compost obtenido a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos contiene nutrientes, a concentraciones variables, con potencialidad para cederlo al suelo y a la planta que a continuación se describen.

1.3.3.2.2. Mejoras en el suelo por compost de residuos sólidos urbanos

Algunas de las mejoras en el suelo:

- Nitrógeno: el efecto del compost de residuos sólidos urbanos sobre la disponibilidad del nitrógeno del suelo, depende, fundamentalmente, de su grado de madurez. El nitrógeno contenido en estos residuos, tras un período inicial de inmovilización en el suelo, es cedido posteriormente y de forma gradual al cultivo. Estos materiales presentan una mayor eficacia residual que los fertilizantes nitrogenados, y pueden ser considerados como fuentes

de nitrógeno de acción lenta. Esto es de gran importancia para evitar los riesgos de contaminación por lixiviación de nitratos al subsuelo.

- Fósforo: la disponibilidad para la planta de los fosfatos asimilables en el compost está condicionada por las características y propiedades del suelo, fundamentalmente el pH. Respecto a la fertilización fosforada mineral, la asimilabilidad a corto plazo del fósforo contenido en el compost, puede cifrarse en un 70% de la equivalente a un abono fosforado soluble.
- Potasio: el compost de residuos sólidos urbanos (R.S.U.) presenta una elevada capacidad para ceder potasio asimilable al suelo, lo que tendrá una importante repercusión sobre la nutrición potásica del cultivo.

Argumenta además que, la adición de compost provoca un aumento en la porosidad y en la capacidad de retención del agua. Al aumentar la porosidad, incrementa la zona de intercambio hídrico y gaseoso favoreciendo a su vez el desarrollo microbiano y radicular. Como resultado de una elevada actividad de los microorganismos se liberan una serie de subproductos responsables de gran parte de los enlaces que mantienen la estructura del suelo.

La incorporación de materia orgánica de residuos sólidos urbanos a suelos degradados, es un método efectivo para conseguir la recuperación de zonas semiáridas.

Continúa GESPEA (2008), la mejora de las propiedades físicas del suelo, provocadas por el compost favorece el desarrollo de una cubierta vegetal, que es la principal precursora de la materia orgánica del suelo, evitando con ello procesos de erosión hídrica, principales causantes de la degradación de los suelos y reactivando la actividad microbiana y los procesos biogeoquímicos del suelo.

Según Pérez (2004), una de las características más atractivas del compostaje de RSU es que existe un mercado para el producto. Entre los compradores potenciales se incluyen los agricultores que practican agricultura ecológica u horticultura más o menos intensiva, fruticultores entre otros y con gran éxito.

También lo corrobora el Portal Profesional del Medio Ambiente en su artículo: El mercado del compost, publicado el 7 de julio de 2011, al argumentar que el cultivo donde es posible la aplicación del compost de RSU es muy variado, dependiendo

de la granulometría del mismo, presencia de impurezas, etc. Y que estos pueden ser tan distintos como hortícola, cítricos, viñedos, forestales y arrozales. También se están utilizando en remolacha azucarera, frutales no cítricos, mejora de suelos degradados, selvicultura y viveros.

Coincidiendo también con otros autores como Dios (2008), en su tesis doctoral presentada en la Universidad de Córdoba, Argentina donde plantea que el compostaje, se utiliza como vía para el reciclaje de la fracción orgánica de RSU y su utilización con fines agrícola, beneficioso para el desarrollo de diferentes cultivos y regeneración del suelo, permite paliar la escasez de materia orgánica que padecen en la actualidad nuestros superficies debido especialmente a las nuevas prácticas de labranza.

Teniendo en cuenta además, lo planteado por Valentinuzzi (2011), en el Manual de Ingestión Integral, sobre Residuos Sólidos Urbanos de Uruguay en el portal Estrucplan on line que la clasificación y compostaje es una solución alternativa para la disposición final de los residuos sólidos, combinada con el relleno sanitario, y de gran utilidad al obtener materia orgánica para cultivos como hortalizas, algodón, maíz y otros cereales.

I.3.3.2.3. Mediciones morfológicas en plantas para evaluar el compost

Desde que el compost está maduro se analiza su efecto en los cultivos a través de diferentes parámetros morfológicos que serán descritos a continuación:

1. Altura.

Se mide por la longitud de la parte aérea, desde el cuello de la raíz hasta la base de la yema terminal Sutton (1979), citado por Oliet (1995). La altura es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presentan fuertes correlaciones con el número de hojas o acículas y con la superficie foliar, que determinan los procesos fotosintéticos y de transpiración. Thompson (1985).

2. Área foliar.

Siendo un atributo morfológico, la magnitud de la superficie está frecuentemente asociada a aspectos fisiológicos, por ejemplo con la

transpiración por ser la hoja el órgano por donde la planta pierde agua, una hoja puede ser grande o pequeña solo en relación con la capacidad absorbente del sistema radical o con otros aspectos como el estado del agua en las plantas Burdett (1998) citado por Oliet (1995).

Con la actividad fotosintética, el área foliar es sinónimo de potencial fotosintético de la planta. Grandes superficies foliares al estar asociadas con potenciales de crecimiento elevados a través de ésta actividad son deseables en lugares donde la predación animal y la competencia con la vegetación espontánea amenaza el porvenir del repoblado. Sin embargo ésta cualidad está limitada, tanto cuanto más seco sea el sitio, por exceso de transpiración que podría desequilibrar el balance hídrico de la planta, provocando estrés y consecuentemente disminución de la actividad fotosintética Grossnickle (1991).

3. Diámetro del cuello de la raíz.

Se trata junto a la altura de uno de los atributos morfológicos más ampliamente utilizados en la caracterización de la calidad. Ofrece una relación muy favorable entre bajo costo de su medición y su capacidad de pronóstico de respuesta en el campo, y particularmente de supervivencia son más difíciles de establecer (Sulton, 1979, Chavasse, 1980, Barnett, 1984 citado por Oliet, 1995). Este atributo es de todos, el que pronostica con mayor precisión la supervivencia y el crecimiento postransplante Mexal *et al*, 1990; citado por Benítez (1998).

4. Peso seco de las diferentes partes de la planta.

Según Carneiro (1995), el peso seco de las raíces es un parámetro utilizado con frecuencia para caracterizar la masa total de las raíces y puede ser considerado como fundamental medida de almacenamiento de fotosintatos en una planta.

El peso seco del tallo y de la hoja es una medida del desarrollo alcanzado por la planta al final de su cultivo, siendo un parámetro mucho más estable, aunque más costoso de realizar. El peso seco está más asociado a procesos fisiológicos que la altura y el diámetro del cuello de la raíz, por ello se relaciona en mayor medida con el área foliar, responsable de la actividad fotosintética, y

por tanto, del potencial de crecimiento radical, con el contenido de reservas (carbohidratos), que se acumulaban en las plantas con mayor biomasa aérea, fundamentales para la extensión radical. Van Den Driessche, (1982); Bissete, 1984, citado por Oliet, 1995).

Birchler *et al.* (1998) recomiendan la medición de índices morfológicos, los cuales consisten en expresiones que combinan varios atributos morfológicos y cuyo objetivo es aumentar la capacidad de pronóstico de los mismos, para mejorar el grado de correlación en el crecimiento y la supervivencia, respecto al uso de éstos por separado. Se mencionan a continuación algunos de ellos.

1. Relación parte aérea- parte radical (PSA/PSR).

Gil y Pardos (1997), plantean que la relación PA/PR en peso seco, puede ser un excelente predictor del potencial de supervivencia. Carlson *et al.* (1981), citados por Cobas (2001), afirman que el valor óptimo de PA/PR aumenta con el tamaño de la planta al final del cultivo.

2. Esbeltez (h/d).

Se refiere a la relación existente entre la altura de la planta y su diámetro siendo un indicador muy similar al diámetro del cuello de la raíz en su capacidad de predicción del crecimiento y la supervivencia, en plantación e incluso superior. Su cálculo permite una intimación de la resistencia de la planta durante las operaciones de plantaciones o frente a vientos fuertes, especialmente en plantas producidas en contenedores, argumenta Thompson (1985) citado por Castillo (2001).

3. Índice de calidad de Dickson.

Combina parámetros morfológicos de la longitud y de peso, expresando la potencialidad de la planta para sobrevivir y crecer en el campo según Thompson (1985) citado por Benítez (1998).

I.4. Características generales de los cultivos empleados

I.4.1. Ají (*Capsicum annuum* L.)

Clasificación científica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* L.



Figura 1. Ají (*Capsicum annuum* L.)

Según Perry *et al.* (2007) el ají es una planta herbácea, de hábito perenne en condiciones naturales, pero generalmente cultivada como anual, debido a su susceptibilidad ante las bajas temperaturas.

Pertenece a la familia Solanáceas y su origen es Sudamérica. Históricamente, se asocia el ají con el viaje de Colón a América. Cristóbal Colón recibe el crédito por haber introducido el ají en Europa y consecuentemente en África y Asia. En su primer viaje el encontró una planta cuya fruta tenía el picante de la pimienta. Colón lo llamó pimienta roja porque las plantas tenían los frutos rojos. Estas plantas fueron más tarde clasificadas como "Capsicum". Desde su descubrimiento fue incorporado inmediatamente a la cocina mundial

En Infojardin (2002) se describe que el tallo presenta ramificación dicotómica y sobre las ramas se disponen hojas de tamaño medio, enteras, de forma oval-oblonga, y de color verde intenso.

Las flores son perfectas y se presentan solitarias en las axilas de las ramificaciones; son de tamaño pequeño (1 cm), con cáliz dentado, cinco pétalos de color blanco y anteras amarillenta-azules o púrpuras.

El fruto de la especie es una baya de características muy variables, con pesos que fluctúan entre unos pocos gramos hasta medio kilo, la forma varía entre redonda, acorazonada, aguzada, cilíndrica y cuadrada, con color externo de blanco a negro, aunque predominan los colores amarillos, verdes y rojos.

Continúa Infojardin (2002), se consumen verdes, muy apreciados por su sabor característico.

Aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o "especie" en las comidas típicas de diversos países, existe una gama amplia de productos industriales usados en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas.

Son plantas tropicales y subtropicales que requieren una temperatura mínima de 21°C y humedad del 70-75%, con un comportamiento óptimo en el rango de temperatura de 20 a 25 °C. La producción de frutos se ve afectada por encima de los 30 °C, así como la caída de las flores.

Concluye sobre el tema acotando que los frutos son cosechados en distintos estados de madurez dependiendo del cultivar y su uso, por lo que la composición puede ser muy variable

I.4.2. Pepino (*Cucumis sativus*)

Clasificación científica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucumis*.

Especie: *C. sativus*



Figura 2. Pepino (*Cucumis sativus*).

El pepino es un fruto en baya procedente de una planta herbácea que recibe su mismo nombre. Pertenece a la familia Cucurbitaceae. Bajo este nombre se agrupan unas 850 especies de plantas, casi todas herbáceas, trepadoras o rastreras, que producen frutos muy grandes y protegidos por una corteza firme. A esta misma familia pertenecen frutas como la sandía y el melón, junto con hortalizas tan comunes como el calabacín o la calabaza.

El origen del pepino se sitúa en las regiones tropicales del sur de Asia. En India se viene realizando su cultivo desde hace más de 3.000 años. Su explotación como alimento llegó con el tiempo a Egipto y se convirtió en uno de los alimentos preferidos por los faraones.

Describe Infoagro (2002), las hojas de largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados, de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino.

Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas, y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ífero.

Las variedades de pepinos se pueden clasificar en función de diversas características como su tamaño, forma y color de la piel.

El pepino es una hortaliza de verano, aunque en la actualidad se puede comprar durante todo el año.

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70 % y durante la noche del 70-90 %. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación es infrecuente. Fernández (2010)

La sabiduría popular le atribuye propiedades benéficas para la salud en el tratamiento de la gota, la obesidad y enfermedades del corazón. También se señala como alivio de ojos cansados e inflamados; para la picadura de avispas y, especialmente, como mascarilla para la piel.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

II.1 Materiales y métodos

La investigación se realizó durante los años 2009 – 2010 en el municipio Fomento de la provincia Sancti Spíritus, la cual está ubicada en la región central de Cuba entre los 21°32'-20°24' de latitud norte y 79°4'-80°13' de longitud oeste (Academia de Ciencias de Cuba, 1988).

En Sancti Spíritus el Movimiento de Agricultura Urbana y Suburbana avanza de forma significativa, y la provincia está categorizada como Referencia Nacional, siendo la primera en alcanzar dicha distinción en el país. Cuenta con un total de 441 organopónicos, los cuales abarcan un área de 121,01 ha.

En el presente año 2012, las producciones agrícolas ascienden a más de 6.129 t.

II.1.1 Ubicación del área experimental

El experimento se realizó en un Patio Popular de Referencia, correspondiente al domicilio de la familia Cermeño, en el consejo popular de Jíquimas; localidad rural del municipio de Fomento.

Esta localidad de segundo orden tiene una extensión territorial de 72 km², se ubica a 8 km de la cabecera municipal, en los 22°01'45" latitud Norte y los 79°44'15" longitud Oeste, a 112 m de altitud. Se encuentra al sur del río Sipiabo y al sureste del poblado de La Guanábana.

Según clasificación genética en el municipio predominan los suelos pardos y Aluviales. De los pardos predominan los carbonatados, no carbonatados y los grisáceos. En el consejo popular donde se realizó el estudio, predominan los suelos pardos grisáceos que se caracterizan por ser arenosos, bajos de materia orgánica y arcillosos. Teniendo en cuenta otras clasificaciones como la propuesta por la FAO-UNESCO, se caracterizan por ser inceptisoles aceptando en este orden, suelos con gran variedad de rasgos morfológicos.

Dentro de los principales cultivos de la zona se pueden citar: caña, tabaco, pastos y forrajes, frutales, forestales y café.

II.1.2 Caracterización climática

Los datos de temperatura y precipitación fueron obtenidos en el proyecto zonificación edafoclimática de la provincia Sancti Spiritus, en el Centro Meteorológico provincial S.S (2009).

Estos datos fueron derivados, a partir de la serie histórica de ambas variables mediante la interpolación de los valores de las estaciones meteorológicas de la región central.

En el caso de las lluvias se utilizó la interpolación mediante el método de Kriging a través del Vertical Mapper de Mapinfo 9.0.

Para las temperaturas se hizo la interpolación con el método inverso del peso de la distancia (IDW). Los valores fueron ponderados de acuerdo con la altitud sobre el nivel del mar correspondiéndole 0,6 grados cada 100m de altitud. (Tabla 1).

Para los mapas utilizados se recopilaron los datos de cuatro estaciones en la provincia de Sancti Spiritus; Topes de Collantes, Sancti Spiritus, El Jíbaro, y Trinidad además Yabú y Cienfuegos.

Tabla 1. Comportamiento histórico de las variables meteorológicas en Sancti Spiritus.

ID	TMax_1	TMax_7	Lluvias Período Seco
	25,373560000	30,861020000	350,674500000
ID	TMin_1	TMin_7	Lluvias Período Húmedo
	15,788530000	21,342510000	1290,908000000
ID	TMed_1	TMed_7	Media Pluviométrica
	20,019790000	25,284330000	1629,226000000

II.1.3 Metodología desarrollada para la obtención del compost

Inicialmente se elaboró un Relleno Sanitario Manual (RSM) a partir de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) acopiados de cuatro viviendas y patios vecinos con el fin de obtener un compost.

Se utilizó un área de 2 m² para el RSM de RSU con las siguientes dimensiones: 2 m largo, 1 m ancho, 1 m de altura, en un suelo Pardo grisáceo típico, ácido, poco humificado, textura arcilla loanosa, materia orgánica 1^{er} horizonte (-2%), compactación ligeramente dura, poco fértil.

A los nueve meses, se enviaron muestras de compost para evaluar la calidad del sustrato al Laboratorio Provincial de Suelos de Villa Clara, determinándose la relación carbono nitrógeno (C/N), la conductividad eléctrica (CE), el nivel de materia orgánica, la concentración de carbono (C) y de otros elementos como:

- Nitrógeno (N). Método de Nessler.
- Fósforo (P) y Potasio (K). Norma Ramal de la Agricultura: 837-1986. Determinación de formas móviles del fósforo y potasio.
- Fósforo (P). Método de metavanato de amonio.
- pH (KCL) Método potenciométrico. Relación suelo: solución 1:2,5 Norma Ramal de la Agricultura: 564-1982. Análisis foliar. Reglas generales.

En el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Sancti Spíritus se realizó también el análisis que determina la presencia o no de nematodos, y hongos.

El tipo de suelo empleado fue pardo grisáceo (Instituto de Suelos, 1995), y se le tomaron muestras para ser analizadas en dicho Laboratorio, atendiendo a los siguientes elementos:

- pH. (KCL). Método potenciométrico. Relación suelo: solución 1:2,5 Norma Ramal: 564-1982. Análisis foliar. Reglas generales.
- P_2O_5 y K_2O (meq.100g⁻¹). Método Oniani y Machiguin (Colorimetría). Norma: 52 – 1999.

II.1.4 Especies cultivadas en el experimento

Las semillas de hortalizas ají (*Capsicum annuum* (L.) var. Chay) y pepino (*Cucumis sativus* var. Tropical SS-5) procedieron de la tienda del agricultor del municipio de Sancti Spíritus, se realizó la siembra en febrero de 2010. El análisis de la calidad y viabilidad de las semillas reportó altos índices en el porcentaje de germinación (89 y 94 respectivamente).

Se llenaron un total de 120 bolsas de polietileno del tipo medianas (30x20 cm), 60 de sustrato (compost) e igual número de éstas con suelo (testigo) pardo grisáceo propio del lugar. Se destinó un área para el vivero de 50 m², distribuido como aparece en la figura 5.

Se empleó alambre liso para el sostén de las bolsas, y se estableció pasillos a 50 cm, limpiándose el área de forma manual, con azada.

Las atenciones culturales realizadas fueron: control de malezas, riego diario, siempre que no llovió y limpieza general de pasillos.

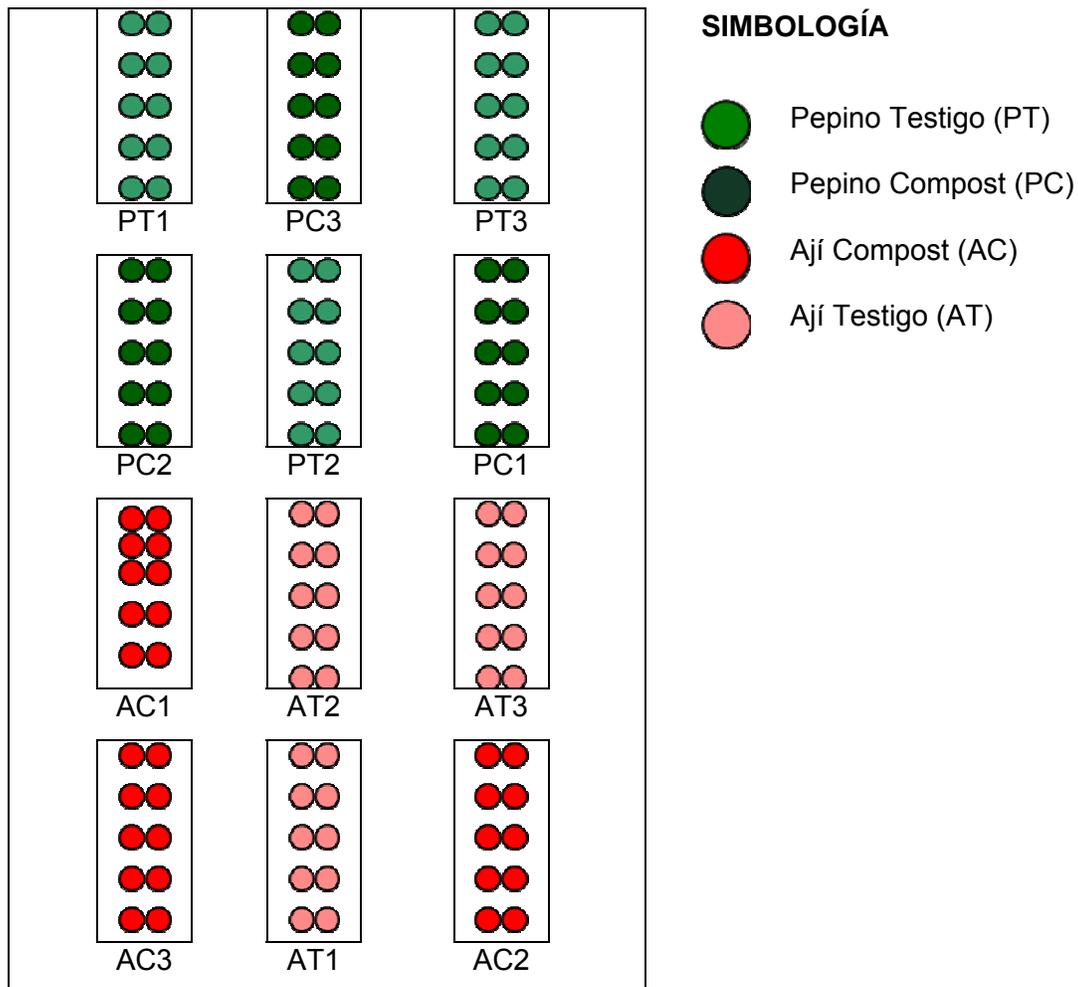


Figura 5: Esquema del montaje del experimento.

II.1.2 Parámetros evaluados

En los cultivos se determinó: días para la germinación expresado en porcentaje total de germinación (PTG), altura de las plantas (cm) para ello se empleó una regla graduada y se midió desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la yema apical con frecuencia de 30, 45 y 60 días posteriores a la siembra, ancho de las

hojas a los 15 días de sembrado, además se evaluaron los días a la floración y el número de frutos por plantas.

Se transformaron las variables de conteo de dígitos pequeños utilizando $X' = \sqrt{x}$.

En el caso de los valores porcentuales por $X' = 2 \arcsen \sqrt{P}$, donde P es la proporción (Ruesga *et al.*, 2005).

II.1.3 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres replicas para los dos tratamientos evaluados en las especies en estudio. Cada replica contó con 10 bolsas en dos hileras de cinco.

Para comparar los dos tratamientos probados se utilizó la prueba t-Student para muestras independientes.

Todos los procesamientos se hicieron utilizando el paquete estadístico SPSS/PC para Windows versión 15.0.

II.1.4 Sistema para la clasificación de los residuos sólidos urbanos

Se propuso un sistema de clasificación de los residuos sólidos urbanos para obtener el material nutritivo para los cultivos, de acuerdo con la literatura consultada y los resultados del experimento.

II.1.5 Análisis de factibilidad económica

Se realizó análisis de factibilidad económica proponiendo dos variantes a partir de los datos obtenidos de la Empresa de Servicios Comunales en Sancti Spíritus, con el objetivo de conocer los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar las actividades y obtener los indicadores básicos que deben considerarse como costo del tiempo, costo de la realización y costo de adquirir nuevos recursos para la ejecución del relleno sanitario.

Considerando lo argumentado por Soto (2010), de que los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados a cada aspecto del proyecto. Con análisis de costos/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar se identifican y se hace una comparación de ellos. Primero se

comparan los costos esperados con los beneficios esperados para asegurarse que los beneficios excedan a los costos. Después la proporción costo/beneficio de cada aspecto se compara entre si para identificar cual será más atractivo económicamente. Una tercera comparación, por lo general implícita, se relaciona con las formas en que la organización podría gastar su dinero de forma específica.

II.2 Análisis y resultados

II.2.1 Comportamiento meteorológico experimental

En el período investigativo el comportamiento del clima puede ser observado en la tabla 2, donde se muestra durante los dos primeros meses una fluctuación de 3 °C por debajo de la media en la temperatura, por estar enmarcado en la etapa invernal, similar comportamiento se verificó para los meses de mayo y junio; pero por encima del promedio. Los cultivos en estudio manifiestan un óptimo potencial de rendimiento ante los rangos de temperatura que se verificaron durante el experimento.

Tabla 2. Comportamiento de variables meteorológicas medidas durante el período experimental. Fomento, S. Spíritus.

Var/Meses	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
Temp. Prom. (°C)	21,0	21,8	24,5	27,1	27,9	24,5
Temp. Max. (°C)	26,9	27,4	30,0	32,2	33,3	30,0
Temp. Mín. (°C)	15,9	16,2	20,1	23,0	24,0	20,0
Hum. Rel. Prom. (%)	74,0	73,0	74,9	75,9	79,8	75,5
Hum. Rel. Max. (%)	93,2	92,9	94,5	95,7	96,9	94,7
Hum. Rel. Mín. (%)	46,8	47,3	49,0	49,4	54,9	49,5
Lluvias (mm)	6,8	0,9	3,0	0,6	4,7	3,1
No. días con Lluvia	8	5	7	8	18	0,3

II.2.2 Parámetros morfológicos evaluados

Se analizó la dinámica de la germinación y se evidenció un mejor comportamiento de esta variable al utilizar el compost y con mayor incidencia en el cultivo del pepino. Tabla 3.

Tabla 3. Comportamiento de porcentaje total de germinación.

Tratamientos	AJÍ		PEPINO	
	N	(%)	N	(%)
Testigo	30	83,33	30	96,67
Compost	30	96,67	30	100,00
CV (%)		12,17		4,15
Nivel de Sig.		P=0,00743		P=0,07

Como se aprecia, en el caso del cultivo del ají varió en 13 unidades porcentuales la germinación, lo que expresado en el terreno significa que si se utiliza compost, tener 13 plantas de diferencia por cada 100 y aprovechar aproximadamente 1,8 m² de área que requiere de insumos y mano de obra en su cultivo.

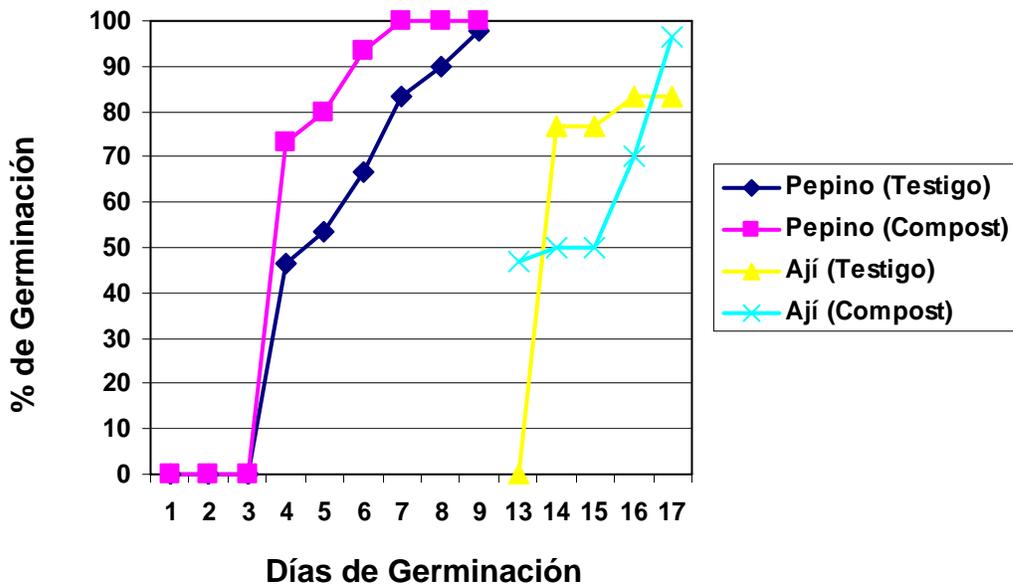


Figura 6. Dinámica de la germinación.

La figura 6 representa las líneas y puntos como dinámica germinativa de los cultivos en estudio, en ella es significativo el inicio de la germinación que varió según el cultivo y el % general que siempre fue superado por la variante de compost.

Referido a la altura en 30, 45, y 60 días respectivamente, en cada cultivo se mostró superioridad cuando se aplicó el sustrato obtenido comparado con las muestras testigos. (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Comportamiento de la altura de la planta en ají (*Capsicum annum* L.).

Tratamientos	Altura (cm)		
	30 días	45 días	60 días
Testigo	8,17 ^b	17,32 ^b	29,76 ^b
Compost	13,54 ^a	23,97 ^a	43,59 ^a
CV (%)	26,39	17,87	19,72
Nivel de Sig.	P≤0,001	P≤0,001	P≤0,001

El mayor desarrollo en altura que se aprecia en la tabla 4, para la variante de compost es normal para esta especie y se refleja en mejores resultados de producción como más adelante se muestra. Las plantas que sirvieron de testigo mantienen un crecimiento inferior al que encuentran estas especies.

Tabla 5. Comportamiento de la altura de la planta en pepino (*Cucumis sativus*).

Tratamientos	Altura (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
Testigo	7,40 ^b	16,26 ^b	32,89 ^b	51,50 ^b
Compost	10,90 ^a	27,51 ^a	48,23 ^a	75,58 ^a
CV (%)	4,05	30,96	24,60	23,82
Nivel de Sig.	P≤0,001	P≤0,001	P≤0,001	P≤0,001

Similar comportamiento en la altura de la planta de ají, mostró el cultivo de pepino, (tabla 5) apreciándose que con el compost cada 15 días, la altura casi se triplica y

al comparar con el testigo en el mismo número de días, también se evidencia mejor resultado, manteniendo valores asequibles al desarrollo del cultivo.

Así mismo sucedió, al analizar el ancho de la hoja (tabla 6) a los 15 días posteriores a la siembra, donde los resultados fueron superiores al utilizarse compost.

Tabla 6. Comportamiento del ancho de la hoja a los 15 días posteriores a la siembra.

Tratamientos	Ancho (cm)	
	AJÍ	PEPINO
Testigo	1,80 ^b	4,43 ^b
Compost	2,83 ^a	7,72 ^a
CV (%)	23,33	29,23
Nivel de Sig.	P<0,001	P<0,001

En la tabla 6 se muestra como se comportó el ancho de la hoja en ambos cultivos a los 15 días posteriores a la siembra, duplicando en cm. tanto en ají como en pepino cuando se utiliza compost.

Tabla 7. Comportamiento de porcentaje total de floración.

Tratamientos	AJÍ		PEPINO	
	N	(%)	N	(%)
Testigo	20	83,33	28	80,00
Compost	28	96,67	30	100,00
CV (%)		12,17		12,17
Nivel de Sig.		P=0,0092		P=0,00013

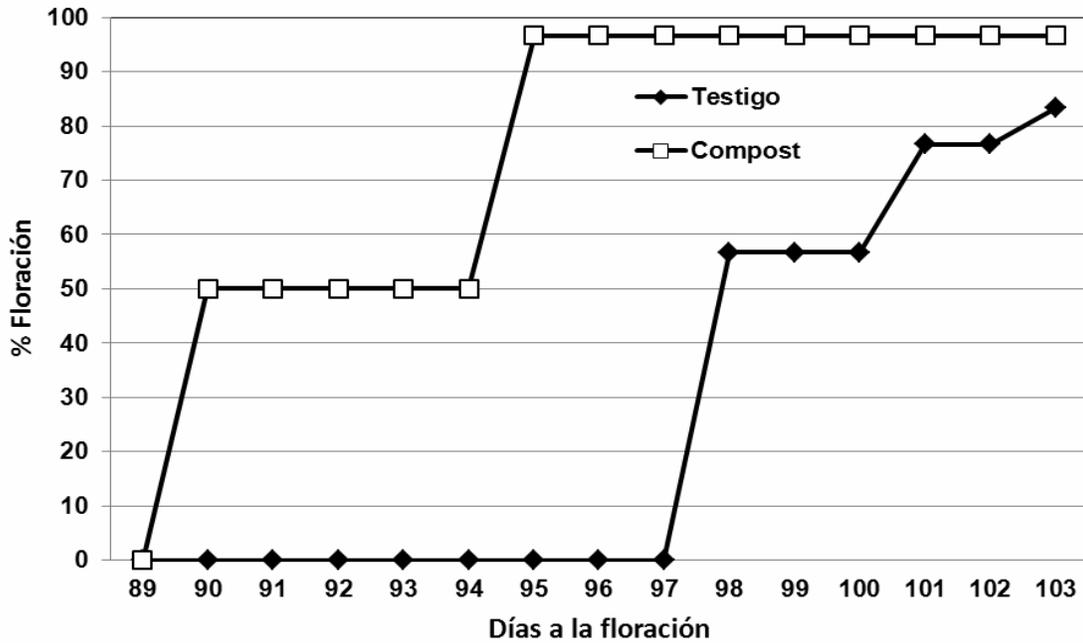


Figura 7. Comportamiento del porcentaje de floración en ají.

En la figura 7 se distingue que a los 97 días se produjo un incremento en el porcentaje de la floración en ají para el testigo, mientras que para el compost sucedió a los 89 días con un 50 % del parámetro evaluado. Los valores máximos ocurrieron a los 103 diferenciando, que con el compost se logró el 97 % de floración en cambio con el testigo solo el 83%.

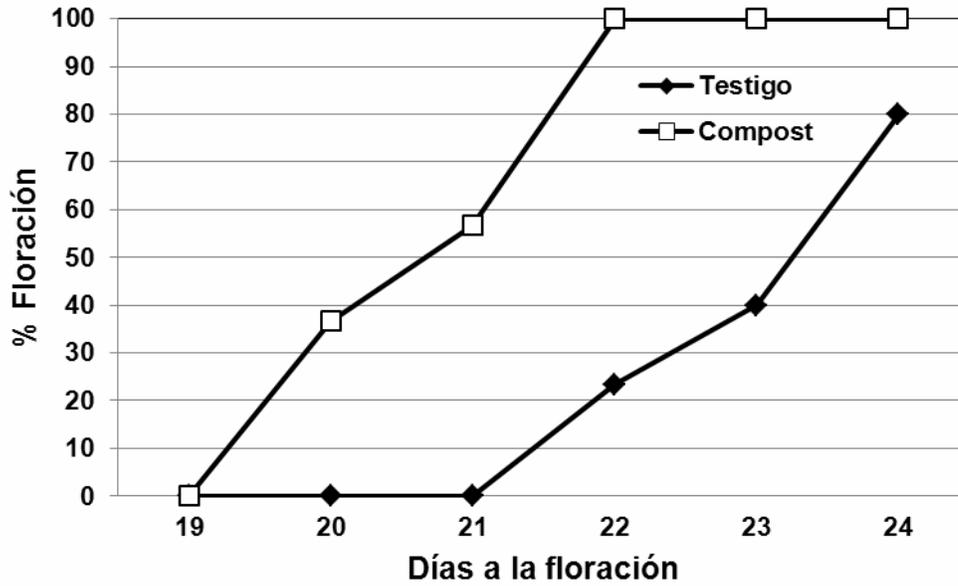


Figura 8. Comportamiento del porcentaje de floración en pepino.

Como se observa en la figura 8 el comportamiento del porcentaje de floración en pepino, a los 20 días con sustrato de compost alcanzaron casi un 40% de floración y ya a los 24 días habían florecido el 100% de éstas, sin embargo en igual número de días con las plantas en testigo solo se logró el 80%.

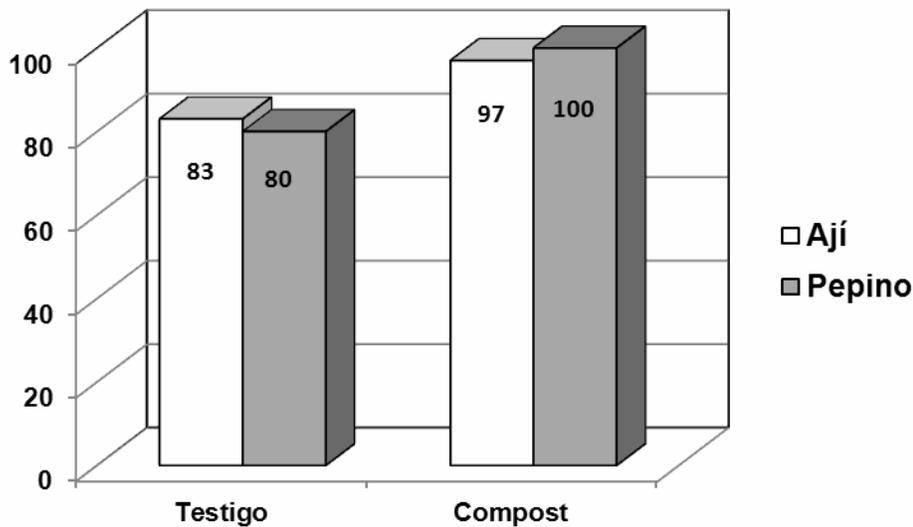


Figura 9. Comportamiento del porcentaje de floración.

Al comparar el porcentaje de floración en los cultivos estudiados, (figura 9) se aprecia que en ambos casos se muestra un mejor comportamiento, las plantas en compost, con una mayor incidencia en el pepino.

Tabla 8. Evaluación de la cantidad de frutos producidos por planta.

Tratamientos	Frutos/planta	
	AJÍ	PEPINO
Testigo	9 ^b	4 ^b
Compost	25 ^a	9 ^a
CV (%)	47,44	39,46
Nivel de Sig.	P<0,001	P<0,001

La evaluación de la cantidad de frutos producidos por planta se muestra en la tabla 8, observándose que tanto en el ají como en el pepino hay diferencias significativas cuando se utilizó el compost.

II.2.3 Análisis de laboratorio

A través de las muestras analizadas en el Laboratorio de Suelos y Fertilizantes en Villa Clara (anexo 2) se pudo evidenciar que el compost de RSU aplicado en los cultivos estudiados, mostró buen comportamiento, teniendo en cuenta los parámetros que establece el Instituto de Suelos, lo cual demuestra que los valores obtenidos de pH, conductividad eléctrica, y relación carbono- nitrógeno, están dentro de los rangos permisibles, favorables para los cultivos. En tanto la presencia de materia orgánica muestra valores altos, favorables para las hortalizas, según la tabla de interpretación de análisis de laboratorio de dicho Instituto. Referido a los elementos: nitrógeno, potasio y fósforo, el % que aporta cada uno, está concebido dentro de los rangos óptimos para un compost de calidad. Coincidiendo con varios autores sobre el tema, donde exponen que uno de los aspectos más utilizados para dar criterio de calidad es la composición química del compost maduro, usado por la FAO (1991), cuando la materia orgánica está en un rango de 25 a 80%, nitrógeno de 0.4 a 3.5 %, fósforo de 0.1 a

1.6 %, potasio de 0.4 a 1.6 % y calcio de 6.0 a 11 %. Corominas y Pérez (1994) obtuvieron para compost de residuos vegetales una relación C/N de 15.5, Stentiford y Dodds (1991) indican que cuando la relación C/N está entre 10 y 20 es porque se obtuvo un material biológicamente estable, por otra parte Mayea (1995), en un compost obtenido a las cuatro semanas, señala que éste presentó una relación C/N de 5:1, pH de 6.9, nitrógeno de 2.6%, fósforo 0.9%, potasio 0.8%, calcio 8.3%, magnesio 1.6% y la materia orgánica de 24 %. Kolmans y Vázquez (1996) realizaron un compost donde encontraron 0.5 % de nitrógeno e igual cantidad de fósforo y potasio, con 0.3 % de magnesio y 2.5 % de calcio; la FAO (1997) muestra los siguientes criterios relación C/N de 15– 20, materia orgánica de 7 – 10.3 %, nitrógeno 0.30 %, fósforo 0.20 % y potasio 0.30 %.

Los resultados obtenidos en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Sancti Spíritus (anexo 3), a través del análisis micológico, mostraron la presencia de un hongo denominado *Rhizoctonia*, el cual es un patógeno del suelo que afecta a múltiples especies de plantas, pero si en el área donde se va a utilizar ese compost se aplica *Trichoderma* sp. desde la siembra y se logra colonizar el suelo, no hay problemas con *Rhizoctonia*.

Se realizó además el análisis nematológico (anexo 4), derivando como resultado que no existe presencia de estos, según el método por plantas indicadoras.

II.2.4 Sistema para clasificación y manejo de Residuos Sólidos Urbanos

Gestionar adecuadamente los RSU es uno de los mayores problemas en la actualidad. De ahí la necesidad de saber cómo manejar los mismos.

Para realizar el tratamiento, y disponer en los rellenos sanitarios los residuos es importante, primeramente conocer la clasificación de la basura; ésta investigación propone lo siguiente:

Por su composición.

Basura orgánica: Es todo desecho de origen biológico, alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y semillas de frutas, huesos y sobras de animales, etc.

Basura inorgánica: Es todo desecho de origen no biológico, es decir, de origen industrial o algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc.

Desechos peligrosos: Es todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado como tal, por ejemplo: material médico infeccioso, material radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc.

Tipos de basura generados en el hogar.

Los seis grupos de basura inorgánicas producidas en el hogar; definidos por este trabajo se relacionan a continuación.

- 1.- Papel, cartón, envases de leche, periódico.
- 2.- Metal y latas.
- 3.- Bolsas de tela plástica.
- 4.- Botellas y vidrio.
- 5.- Envases y botellas de plástico.
- 6.- Ropa vieja y trapos.

Una vez conocido los tipos de residuos se propone para el tratamiento de estos, lo siguiente:

Recogida selectiva: La utilización de contenedores que recojan separadamente el papel, el vidrio, plásticos, metal, pilas, etc.

Logrando una cultura medioambientalista en la población en cuanto a la gestión de los RSU, a través de boletines con información de cómo separar los residuos en la casa teniendo en cuenta si es basura orgánica o inorgánica, en cada domicilio se recogerían en diferentes bolsas y se cuida especialmente este trabajo previo del ciudadano separando los diferentes tipos de basura. En esta variante hay que cuidar que no se produzcan roturas de las bolsas y contenedores, colocación indebida, derrame de basuras por las calles, etc.

Recogida general: La bolsa general de basura, en aquellos sitios en donde no haya recogida selectiva, o no se sitúen contenedores específicos, se deposita en contenedores o en puntos especiales de las calles y desde allí es transportada a

los vertederos para clasificar de forma manual, la mayor cantidad posible antes de tirarla.

Capacitación a la población: a través de las organizaciones de masa, involucrar a las familias para que desde sus casas separe la basura orgánica y la inorgánica, lograr concientización, de la importancia que tiene la protección del medioambiente, mediante talleres comunitarios, propagandas, entre otros. Realizar con esmerada atención actividades con los niños tanto en el barrio como en los centros educaciones con el enfoque de conservación al medio ambiente.

II.2.5 Análisis de factibilidad económica.

De acuerdo con Collazo (1995), cuando plantea que el estudio de factibilidad debe constituir la base para evaluar el trabajo de investigación y es una guía metodológica que permite establecer con seguridad el alcance, el enfoque y los diferentes aspectos que deben considerarse, al efectuar el análisis y la evaluación económica de los trabajos de investigación, en este caso del relleno sanitario.

El estudio se realizó para un período de un año teniendo en cuenta que el ciclo de compostaje sucedió en 9 meses.

Al procesar los datos aportados por la Empresa de Comunales Provincial en Sancti Spirítus, se analizó que disponen de un área para la producción de compost de 5.8ha, lo cual permite obtener 1 740Tm del producto, con un rendimiento de 300Tm / ha.

Para la evaluación económica se tuvo en cuenta dos variantes: la primera con un análisis de la fuerza de trabajo incrementando el precio de venta y la segunda variante valorando la cantidad de trabajadores del vertedero y con los precios del producto establecidos por la Empresa de Comunales.

II.2.5.1 Análisis variante I.

Se elaboró la ficha de costo donde se analizaron diferentes conceptos, teniendo una mayor incidencia el costo de la fuerza de trabajo, lo cual indica que mientras

mas eficiente sea el recurso humano menos será el costo, ya que todo depende de la cantidad de trabajadores en el área en este caso son 66.

Para obtener una producción de 1740Tm en el área disponible, el costo total es de 363496,72 pesos lo que equivale a que la tonelada sea a 206,23MN Y 2,68 CUC.

(Tabla 9).

Tabla 9. Ficha de costo para producción de compost. UM: CUP Y CUC

Conceptos	UM	Cant.	Precio			Valor		
			MN	CUC	Total	MN	CUC	Total
Medios protección	Uno	66	-	24	24		1584	1584
Materia prima y materiales							1584	1584
Combustible	litros	4000	-	0,7			2800	2800
Lubricantes							280	280
Costo de la fuerza de trabajo						352278,66		352278,66
Salario	Uno	66	-	320.0		232320,00		232320,00
Salario complementario. 9.09	9,09%	66				21117,89		21117,89
Seguridad social	14,00%	66				35481,30		35481,30
Impuesto utilización fuerza trabajo	25%	66				63359,47		63359,47
Otros gastos								0,00
Gastos indirectos de producción	Uno	66				6554,06		6554,06
Total para 1740 tm	Uno	66				358832,72	4664,00	363496,72
Total para 1 tm	Uno	66				206,23	2,68	208,91

Tabla 10. Estado de ingreso neto. UM: MCUP

INDICADORES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
1.Total de ingresos	655,41	655,41	655,41
2.Costos directos	356,9	356,9	356,9
Insumos ó Merc.p/Venta(Mat.Primas y Materiales)	4,7	4,7	4,7
Salarios Directos (incl.Imp.Util.Fza.Trab.y	352,3	352,3	352,3

Seg.Social)			
Servicios Públicos (Electr.agua,etc)			0,0
3.Costos indirectos	6,6	6,6	6,6
Gastos Comerciales (Distrib.y Ventas)	6,6	6,6	6,6
Gastos de Dirección			
Gastos de Mantenim.	0,0	0,0	0,0
Otros Gastos	0,0		
4.Costos de operación(2+3)	363,5	363,5	363,5
5.Deprec. y Amortización	0,0	0,0	0,0
6. Gastos financieros (Intereses y Serv.Banc.)			
7. Honorarios de Admin.			
8.Costos totales (4+5+6+7)	363,5	363,5	363,5
9.Utilidades brutas (1-8)	291,9	291,9	291,9
10.Reserva p/conting.	0,0	0,0	0,0
11.Utilid. imponibles (9-10)	291,9	291,9	291,9
12.Impuestos s/utilid.	20,4	20,4	20,4
13.Utilidades netas (11-12)	271,5	271,5	271,5
14.Fondo de estimulac.	0,0	0,0	0,0
15.Dividendos (13-14)	271,5	271,5	271,5
.Parte Nacional			
.Parte Extranjera			
16.Utilid. no distrib.	271,5	271,5	271,5
17.Util.no distr.acum.	271,5	543,0	814,4
18. De ellas: DISTR. Posteriormente			
- Costo Oper./Ingr.	0,55	0,55	0,55
- Costo Total/Ingr.	0,55	0,55	0,55

Para el análisis de los ingresos en esta moneda se tuvo en cuenta los precios propuestos en la variante y en este caso se valoró como primer objetivo la sostenibilidad del proyecto, para lo cual se consideró la tonelada del producto a 370,00 en moneda nacional, obteniéndose como ingreso 655,41MCUP para 1740 Tm.

Como se aprecia en la tabla 10, el costo total por peso de ingreso se mantiene en 0.55 pesos, no hay deterioro en años consecutivos ya que se tiene en cuenta solamente los costos directos e indirectos de la producción, lo que no requiere de inversiones para llevar a cabo la propuesta.

Tabla 11. Flujo de caja para planificación financiera: UM: MCUP

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3
A. ENTRADAS DE EFECT.	655,4	655,4	655,4
- Recursos financieros	0,0	0,0	0,0
..Capital Social		0,0	0,0
..Préstamos	0,0		
- Ingresos	655,4	655,4	655,4
B.SALIDAS DE EFECTIVOS	567,9	383,9	383,9
- Inversión Total	184,0	0,0	0,0
.. Capital Fijo			
.. Incr.Capital de Trab.	184,0	0,0	0,0
- Costos de Operación	363,5	363,5	363,5
- Impuestos	20,4	20,4	20,4
- Dividendos			
- Servicio de la Deuda	0,0	0,0	0,0
.. Intereses			
.. Reembolso del Princ.			
- Fondo Estimul. y Des.			
- Servicios Bancarios	0,0	0,0	0,0
C.SALDO ANUAL (A-B)	87,5	271,5	271,5
D.SALDO ACUMULADO	87,5	359,0	630,4

En la tabla 11 se observa un flujo de caja positivo de la planificación financiera con un aumento del saldo acumulado por año, obteniéndose 630.4mcup en el último año del estudio.

Tabla 12. Análisis del VAN y TIR:

Indicador	Flujo de caja sin financiamiento	Flujo de caja con financiamiento
VAN al 10% (mp)	461,68	675,12
VAN al 11% (mp)	448,33	663,41
VAN al 12% (mp)	435,49	652,04
VAN al 13% (mp)	423,15	640,99

Como muestra la tabla 12 se hace referencia al valor actual neto (VAN) en los porcentajes del 10-13% teniendo un resultado positivo en el flujo de caja para la planificación financiera sin y con financiamiento, destacándose un mejor indicador

para el flujo con financiamiento, lo que indica que para los por cientos del descuento del flujo de caja siempre será positivo el valor actual, por tanto en cualquier tiempo el proyecto será rentable favorablemente, destacándose que la tasa interna de rentabilidad (TIR) se hace indefinida por los resultados del flujo de caja que son positivos.

Los datos obtenidos en la evaluación del VAN tienen en cuenta el factor tiempo, es decir, que homogenizan diferentes cantidades de dinero en momentos también diferentes y además evalúa toda la vida del proyecto. Al actualizar todos los valores de flujos de caja no da preferencia a unos años sobre otros.

Tabla 13. Estado de ingreso neto. UM: MCUC

INDICADORES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
1.TOTAL DE INGRESOS	11,61	11,61	11,61
2.COSTOS DIRECTOS	4,7	4,7	4,7
Insumos ó Merc.p/Venta(Mat.Primas y Materiales)	4,7	4,7	4,7
Salarios Directos (incl.Imp.Util.Fza.Trab.y Seg.Social)	0,0	0,0	0,0
Servicios Públicos (Electr,agua,etc)			0,0
3.COSTOS INDIRECTOS	0,1	0,1	0,1
Gastos Comerciales (Distrib.y Ventas)	0,1	0,1	0,1
Gastos de Dirección			
Gastos de Mantenim.	0,0	0,0	0,0
4.COSTOS DE OPERACION(2+3)	4,8	4,8	4,8
5.deprec. y amortizacion	0,0	0,0	0,0
6.gastos financieros (Intereses y Serv.Banc.)			
7.Honorarios de Admin.			
8.COSTOS TOTALES (4+5+6+7)	4,8	4,8	4,8
9.utilidades brutas (1-8)	6,8	6,8	6,8
10.reserva p/conting.	0,0	0,0	0,0
11.utilid. imponibles (9-10)	6,8	6,8	6,8
12.impuestos s/utilid.	0,0	0,0	0,0
13.UTILIDADES NETAS (11-	6,8	6,8	6,8

12)			
14. fondo de estimulac.	0,0	0,0	0,0
15.DIVIDENDOS (13-14)	6,8	6,8	6,8
.Parte Nacional			
.Parte Extranjera			
16.utilid. no distrib.	0,0	0,0	0,0
17.util.no distr.acum.	0,0	0,0	0,0
18. De ellas: distr. posteriormente			
- Costo Oper./Ingr.	0,41	0,41	0,41
- Costo Total/Ingr.	0,41	0,41	0,41

En el caso de moneda libremente convertible, para el análisis de los ingresos y que el proyecto sea sostenible, se consideró la tonelada del producto a 6,67 en divisa, obteniéndose un total de 11,61 MCUC para 1740 Tm.

La tabla 13 refiere que el costo total por peso de ingreso en MCUC se mantiene en 0.41 pesos, lo cual es positivo. Al igual que en MCUP, en años consecutivos no hay deterioro ya que se tiene en cuenta solamente los costos directos e indirectos de la producción del producto, lo cual no requiere de inversiones para llevar a cabo la propuesta.

Tabla 14. Flujo de caja para planificación financiera: UM: MCUC

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3
A. ENTRADAS DE EFECT.	11,61	11,61	11,61
- Recursos financieros	0,00	0,00	0,00
..Capital Social		0,00	0,00
..Préstamos	0,00		
- Ingresos	11,61	11,61	11,61
B.SALIDAS DE EFECTIVOS	6,78	4,78	4,78
- Inversión Total	2,00	0,00	0,00
.. Capital Fijo			
.. Incr.Capital de Trab.	2,00	0,00	0,00
- Costos de Operación	4,78	4,78	4,78
- Impuestos	0,00	0,00	0,00
- Dividendos			
- Servicio de la Deuda	0,00	0,00	0,00
.. Intereses			
.. Reembolso del Princ.			
- Fondo Estimul. y Des.			

- Servicios Bancarios	0,00	0,00	0,00
C.SALDO ANUAL (A-B)	4,83	6,83	6,83
D.SALDO ACUMULADO	4,83	11,65	18,48

En la tabla 14 se observa un flujo de caja positivo de la planificación financiera con un aumento del saldo acumulado por año, obteniéndose 18,48mcuc en el último año del estudio.

Tabla 15. Análisis del VAN y TIR:

Indicador	Flujo de caja sin financiamiento	Flujo de caja con financiamiento
VAN al 10% (mp)	13,78	16,97
VAN al 11% (mp)	13,40	16,68
VAN al 12% (mp)	13,04	16,39
VAN al 13% (mp)	12,70	16,12

Similar al análisis en MCUP muestra la tabla 15, haciendo referencia al valor actual neto en los por cientos del 10-13%, teniendo resultado positivos, y así sucede con el TIR que se hace indefinido lo cual es favorable.

Tabla 16. Sustitución de importaciones

FLUJO DE DIVISA (EN MUSD)				
		Año 1	Año 2	Año 3
Entradas		11,6	11,6	11,6
Exportaciones	MUSD			
Efecto sustitución de exportaciones	MUSD	11,6	11,6	11,6
Financiamientos externos	MUSD	0,0	0,0	0,0
Otros ingresos	MUSD	0,0	0,0	0,0
Salidas		6,8	4,8	4,8
Importaciones directas e indirectas	MUSD	2,0	0,0	0,0
Para inversión	MUSD	0,0	0,0	0,0
Para capital de trabajo	MUSD	2,0	0,0	0,0
Costos de operación	MUSD	4,8	4,8	4,8
Pagos de deuda	MUSD	0,0	0,0	0,0

Interés	MUSD	0,0	0,0	0,0
Principal	MUSD	0,0	0,0	0,0
Otras salidas	MUSD	0,0	0,0	0,0
Saldo	MUSD	4,8	4,8	4,8
Saldo acumulado	MUSD	4,8	4,8	4,8
VAN al 10%	MUSD	13,8		
VAN al 12%	MUSD	13,0		

El análisis para la sustitución de importaciones se refleja en la tabla 16 donde se tuvo en cuenta el estudio sobre los ingresos de este producto en divisa para nuestro país como compras nacionales, lo que indica un efecto en 11,6 MCUC. Haciendo una comparación con los gastos totales para la obtención de este producto nacional serían 6.8 MCUC y en el caso de compras del mercado internacional estas son altamente significativo, por ejemplo la urea tiene como precio 413 .50 cuc/t, los fertilizantes de fórmula completa NPK para hortalizas están en el valor de 414,16 €/t, el superfosfato simple en 594.00cuc/t, el cloruro de potasio a 497.99cuc/t, y el compost de 4.01 a 30.05€/t.

Esto indica que es más factible incidir en la producción nacional de abonos que tengan calidad y que son menos costosos.

II.2.5.2 Análisis variante II

Tabla 17. Ficha de costo para producción de compost. UM: CUP Y CUC

Conceptos	UM	Cant.	Precio			Valor		
			MN	CUC	Total	MN	CUC	Total
Medios protección	Uno	6	-	24	24		144.0	144.0
Materia prima y materiales								
Combustible	litros	0.0	-	0,7			0.0	0.0
Lubricantes								
Costo de la fuerza de trabajo								
Salario	Uno	6	-	320.0		32025,33		32025,33
Salario complementario. 9.09	9,09%	6					1919,81	1919,81

Seguridad social	14,00%	6				3225,57		3225,57
Impuesto utilización fuerza trabajo	25%	6				5759,95		5759,95
Otros gastos								0,00
Gastos indirectos de producción	Uno	6				583.0		583.0
Total para 1740 tm	Uno	6				32752,23	144,00	32608,23
Total para 1 tm	Uno	6				18,82	0,08	18,74

Como indica la tabla 17, en la ficha de costo, se observa menor número de trabajadores, en este caso 6, que serían los directos a la producción en el relleno o vertedero, mostrando que se abaratan los costos, pues no requiere de combustible y el gasto de salario es menor al igual que de los medios de protección, obteniendo un costo total de 32608,23 pesos y 18,74 pesos la tonelada.

Tabla 18. Estado de ingreso neto. UM: MCUP

INDICADORES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
1.TOTAL DE INGRESOS	58,29	58,29	58,29
2.COSTOS DIRECTOS	32,2	32,2	32,2
Insumos ó Merc.p/Venta(Mat.Primas y Materiales)	0,1	0,1	0,1
Salarios Directos (incl.Imp.Util.Fza.Trab.y Seg.Social)	32,0	32,0	32,0
Servicios Públicos (Electr,agua,etc)			0,0
3.COSTOS INDIRECTOS	0,6	0,6	0,6
Gastos Comerciales (Distrib.y Ventas)	0,583	0,6	0,6
Gastos de Dirección			
Gastos de Mantenim.	0,0	0,0	0,0
Otros Gastos	0,0		
4.COSTOS DE OPERACION(2+3)	32,8	32,8	32,8
5. deprec. y amortización	0,0	0,0	0,0
6. gastos financieros (Intereses			

y Serv.Banc.)			
7. Honorarios de Admin.			
8.COSTOS TOTALES (4+5+6+7)	32,8	32,8	32,8
9.utilidades brutas (1-8)	25,5	25,5	25,5
10.reserva p/conting.	0,0	0,0	0,0
11.utilid. imponibles (9-10)	25,5	25,5	25,5
12.impuestos s/utilid.	1,8	1,8	1,8
13.UTILIDADES NETAS (11-12)	23,8	23,8	23,8
14.fondo de estimulac.	0,0	0,0	0,0
15.DIVIDENDOS (13-14)	23,8	23,8	23,8
.Parte Nacional			
.Parte Extranjera			
16.utilid. no distrib.	23,8	23,8	23,8
17.util.no distr.acum.	23,8	47,5	71,3
18. De ellas: distr. posteriormente			
- Costo Oper./Ingr.	0,56	0,56	0,56
- Costo Total/Ingr.	0,56	0,56	0,56

Esta variante en el análisis de los ingresos mantiene los precios de venta establecidos por la Empresa Comunales de Sancti Spiritus, el en caso de la moneda nacional es de 30.00 MN/T, obteniendo un total de ingresos de 58,29 MCUP.

En la tabla 18 se aprecia que el costo total por peso de ingreso se mantiene igual para todos los años del estudio en 0.56 pesos, por lo que su comportamiento es semejante al análisis de las tablas de estado de ingreso neto anteriores.

Tabla 19. Flujo de caja para planificación financiera: UM: MCUP

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3
A. ENTRADAS DE EFECT.	58,29	58,29	58,29
- Recursos financieros	0,00	0,00	0,00
..Capital Social		0,00	0,00
..Préstamos	0,00		
- Ingresos	58,29	58,29	58,29
B.SALIDAS DE EFECTIVOS	51,54	34,54	34,54
- Inversión Total	17,00	0,00	0,00
.. Capital Fijo			
.. Incr.Capital de Trab.	17,00	0,00	0,00

- Costos de Operación	32,75	32,75	32,75
- Impuestos	1,79	1,79	1,79
- Dividendos			
- Servicio de la Deuda	0,00	0,00	0,00
.. Intereses			
.. Reembolso del Princ.			
- Fondo Estimul. y Des.			
- Servicios Bancarios	0,00	0,00	0,00
C.SALDO ANUAL (A-B)	6,75	23,75	23,75
D.SALDO ACUMULADO	6,75	30,50	54,25

En la tabla 19 se observa un flujo de caja positivo de la planificación financiera con un aumento del saldo acumulado por año, obteniéndose 54.25 mcup en el último año del estudio.

Tabla 20. Análisis del VAN y TIR:

Indicador	Flujo de caja sin financiamiento	Flujo de caja con financiamiento
VAN al 10% (mp)	39,64	53,69
VAN al 11% (mp)	38,49	52,29
VAN al 12% (mp)	37,38	50,93
VAN al 13% (mp)	36,31	49,63

En la tabla 20 se hace referencia al valor actual neto en los por cientos del 10-13%, y también con resultados favorables como se ha mostrado en los otros análisis referido a este indicador.

Tabla 21. Estado de ingreso neto. UM: MCUC

INDICADORES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
1.TOTAL DE INGRESOS	6,09	6,09	6,09
2.COSTOS DIRECTOS	0,1	0,1	0,1
Insumos ó Merc.p/Venta(Mat.Primas y Materiales)	0,1	0,1	0,1
Salarios Directos (incl.Imp.Util.Fza.Trab.y	0,0	0,0	0,0

Seg.Social)			
Servicios Públicos (Electr,agua,etc)			0,0
3.COSTOS INDIRECTOS	0,1	0,1	0,1
Gastos Comerciales (Distrib.y Ventas)	0,1	0,1	0,1
Gastos de Dirección			
Gastos de Mantenim.	0,0	0,0	0,0
Otros Gastos	0,0		
4.COSTOS DE OPERACION(2+3)	0,2	0,2	0,2
5.deprec. y amortizacion	0,0	0,0	0,0
6.gastos financieros (intereses y serv.banc.)			
7.Honorarios de Admin.			
8.COSTOS TOTALES (4+5+6+7)	0,2	0,2	0,2
9.utilidades brutas (1-8)	5,9	5,9	5,9
10.reserva p/conting.	0,0	0,0	0,0
11.utilid. imponibles (9-10)	5,9	5,9	5,9
12.impuestos s/utilid.			
13.UTILIDADES NETAS (11-12)	5,9	5,9	5,9
14.fondo de estimulac.			
15.DIVIDENDOS (13-14)	5,9	5,9	5,9
.Parte Nacional			
.Parte Extranjera			
16.UTILID. NO DISTRIB.	5,9	5,9	5,9
17.util.no distr.acum.	5,9	11,8	17,7
18. De ellas: distr. posteriormente			
- Costo Oper./Ingr.	0,03	0,03	0,03
- Costo Total/Ingr.	0,03	0,03	0,03

En el estudio de los ingresos para la divisa la empresa establece un precio de venta de 3,50 CUC/T, logrando obtener un total de ingreso en esta moneda de 6,09 MCUC.

En la tabla 21 se aprecia que el costo total por peso de ingreso para esta variante en MCUC es de 0.03 pesos, demostrando condiciones propicias este indicador.

Tabla 22. Flujo de caja para planificación financiera. UM: MCUC

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3
A. ENTRADAS DE EFECT.	6,1	6,1	6,1
- Recursos financieros	0,0	0,0	0,0
..Capital Social		0,0	0,0
..Préstamos	0,0		
- Ingresos	6,1	6,1	6,1
B.SALIDAS DE EFECTIVOS	0,2	0,2	0,2
- Inversión Total	0,0	0,0	0,0
.. Capital Fijo			
.. Incr.Capital de Trab.	0,0	0,0	0,0
- Costos de Operación	0,2	0,2	0,2
- Impuestos	0,0	0,0	0,0
- Dividendos			
- Servicio de la Deuda	0,0	0,0	0,0
.. Intereses			
.. Reembolso del Princ.			
- Fondo Estimul. y Des.			
- Servicios Bancarios	0,0	0,0	0,0
C.SALDO ANUAL (A-B)	5,9	5,9	5,9
D.SALDO ACUMULADO	5,9	11,8	17,7

En la tabla 22 se observa un flujo de caja positivo de la planificación financiera con un aumento del saldo acumulado por año, obteniéndose 17.7mcuc en el último año del estudio.

Tabla 23. Análisis del VAN y TIR: MCUC

Indicador	Flujo de caja sin financiamiento	Flujo de caja con financiamiento
VAN al 10% (mp)	13,30	14,64
VAN al 11% (mp)	12,96	14,38
VAN al 12% (mp)	12,62	14,14
VAN al 13% (mp)	12,30	13,90

Como evidencia la tabla 23 se hace referencia al valor actual neto en los porcentajes antes mencionados para este indicador, apreciándose que continúan favorable los valores.

Tabla 24. Sustitución de importaciones

FLUJO DE DIVISA (EN MUSD)

		Año 1	Año 2	Año 3
Entradas		6,1	6,1	6,1
Exportaciones	MUSD			
Efecto sustitución de exportaciones	MUSD	6,1	6,1	6,1
Financiamientos externos	MUSD	0,0	0,0	0,0
Otros ingresos	MUSD		0,0	0,0
Salidas		0,2	0,2	0,2
Importaciones directas e indirectas	MUSD	0,0	0,0	0,0
Para inversión	MUSD	0,0	0,0	0,0
Para capital de trabajo	MUSD	0,0	0,0	0,0
Costos de operación	MUSD	0,2	0,2	0,2
Pagos de deuda	MUSD	0,0	0,0	0,0
Interés	MUSD	0,0	0,0	0,0
Principal	MUSD	0,0	0,0	0,0
Otras salidas	MUSD	0,0	0,0	0,0
Saldo	MUSD	5,9	5,9	5,9
Saldo acumulado	MUSD	5,9	5,9	5,9
VAN al 10%	MUSD	13,3		
VAN al 12%	MUSD	12,6		

En la tabla 24 se refleja el análisis para la sustitución de importaciones para esta variante, en este caso el efecto está en 6,1 MUSD y los gastos totales para la obtención de este producto nacional serían 0.2 MUSD, teniendo en cuenta similar estudio de los ingresos, reflejados en la tabla 16.

En resumen, este análisis económico, alega que ambas variantes muestran factibilidad, pero que la primera referida a 66 trabajadores incrementando el precio de venta del producto, es más factible ya que se tiene en cuenta todo el proceso productivo desde la recogida de la basura hasta su procesamiento en el relleno

sanitario, proponiendo para este caso aumentar los precios de ventas para que haya sostenibilidad del proyecto, en la otra variante solo participarían los 6 trabajadores del vertedero, por lo que es menos completo el proceso y se mantienen los precios que pacta comunales, logrando también rentabilidad en la producción.

CONCLUSIONES

1.- Al aplicar compost de Residuos Sólidos Urbanos en un relleno sanitario Manual, en los cultivos de ají y pepino se mejoró la nutrición de los mismos, obteniendo resultados cuantitativos y cualitativos superiores en las cosechas, aplicables a huertos intensivos y organopónicos.

2.- El empleo de Residuos Sólidos Urbanos es una alternativa para el destino de los desechos domésticos y muestra su utilidad a la familia, la Empresa de Servicios Comunes y la sociedad.

3.- El sistema de clasificación y manejo de los Residuos Sólidos Urbanos propuesto en este trabajo, se ajusta al ámbito conceptual para esta temática.

4.- El análisis de económico mostró factibilidad, para la ejecución del relleno sanitario, en la Empresa de Servicios Comunes en Sancti Spiritus.

RECOMENDACIONES

1.-Extender la utilización de compost de RSU a otros cultivos agrícolas para obtener mayores rendimientos.

2.-Establecer un programa de capacitación sobre la metodología de Rellenos sanitarios manuales y obtención de compost de RSU.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia de Ciencias de Cuba. (1988). “*Nuevo atlas nacional de Cuba*”. Instituto de geografía. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, La Habana, Cuba.
- Alfonso, O. (2009). “*Campesinos espirituanos a favor de la agricultura sostenible*”. Disponible en: <http://www.radiosanctispiritus.cu/economia.asp?idnoticia=5903> (Consulta: mayo, 25 2009).
- Arori, J. C. (2005). “*Manejo de los recursos, suelo y agua. La importancia de los nutrientes en cultivo. Modulo 3*”. Disponible en: <http://www.infoquinua.bo/filepublicacion/fasciculo2.pdf> (Consulta: marzo, 14 2012).
- ARQHYS (2009). “*Relleno Sanitario.htm*”. Disponible en: <http://www.arqhys.com/acerda.html> (Consulta: marzo, 9 2009).
- Benítez, J.Y. (1998). “*Estudio de la calidad de postura de la especie Hibiscus elatus Sw*”. Universidad de Pinar del Río. Cuba. p 60
- Birchler, T.; Rose, R.W.; Royo A. y Pardos, M. (1998). *La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica*. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7 (1 y 2).
- Cantanhede, y Sandoval L (2009). “*Discusión Relleno sanitario*”. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wik> (Consulta: marzo, 9 2009).
- Castellón (2004). “*La agricultura orgánica en Cuba. Avances y retos*”. Disponible en: <http://www.nodo50.org/cubasiqloXXI/economia/castellon5300903.pdf> (Consulta: mayo, 6 2009).
- Castillo, M.I. (2001). “*Efecto del sustrato en el cultivo de la especie Eucalyptus grandis en vivero utilizando tubetes plásticos en la EFI Guanahacabibes*”. Pinar del Río. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. 84 p.
- Castro, F. (1967). “*Discurso pronunciado por el comandante Fidel Castro Ruz, primer secretario del Comité Central del Partido Comunista de Cuba y primer ministro del gobierno revolucionario, en el acto de inauguración*”

de la presa “Viet Nam Heroico”, en Isla de Pinos. Disponible en: http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/1967/esp/f1208_67e.html (Consulta: junio, 23 2010).

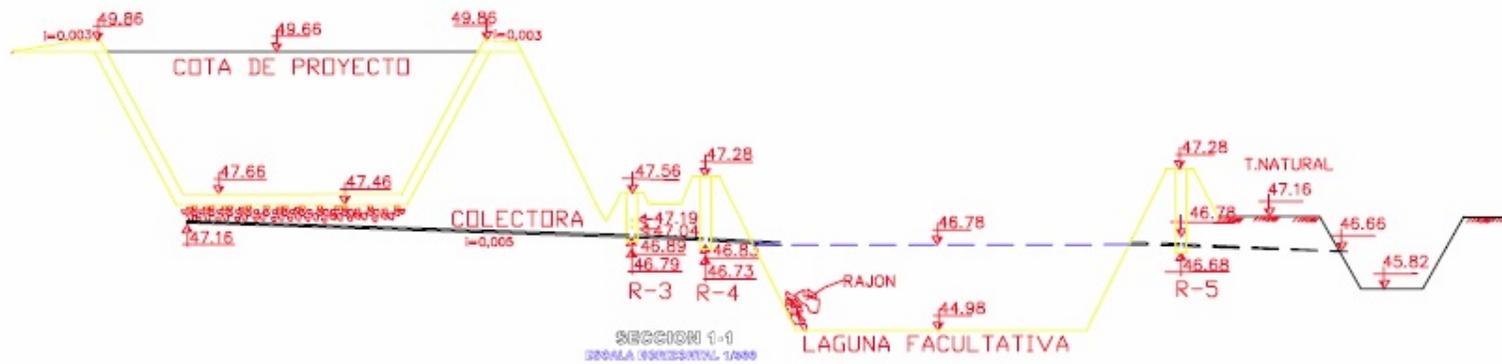
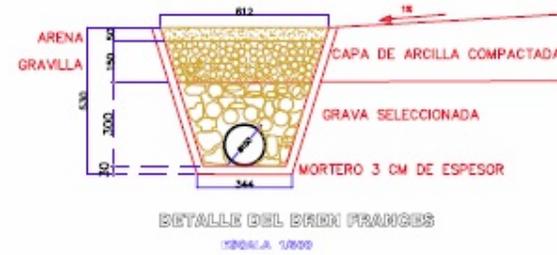
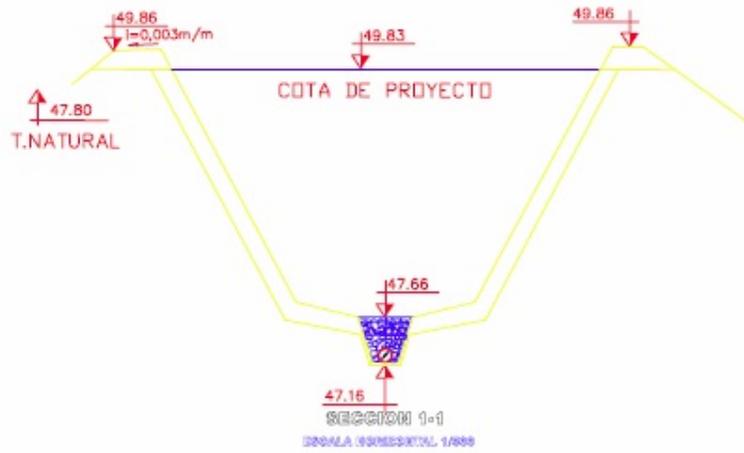
- Cobas, M. (2001). “*Caracterización de los atributos de calidad de la planta Hibiscus elatus sw cultivada en tubotes*”. Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales. UPR. Pinar del Río.
- Collazo, M. M. (1995).” *Factibilidad económica y científico técnica de la investigación de un medicamento*”. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/far/vol29_2_95/far11295.htm (Consulta: agosto, 2 2011)
- De Castro Josué *et al.*, (1947). “*Un mundo sin hambre*”. Disponible en: <http://www.eumed.net/textos/06/hambre3.htm> (Consulta: mayo, 7 2009).
- Delgado, J.A. *et al.* (2004). *iii-135 - Relleno Sanitario Manual - Solución a la disposición final en poblaciones hasta 20 mil habitantes - Experiencia Cubana*”. Disponible en: http://www.cepis.org.pe/cursoa_rsm/e/fulltext/iii-135.pdf (Consulta: mayo, 11 2009).
- Diaz, LF. *et al.* (1982).”*Resource recovery from solid waste*” Vol. II. Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/guia/cap11.pdf Consulta: mayo,6 2009)
- Dios, M. (2008).”*Estudio y desarrollo de pruebas respirométricas para el control de la estabilidad del compost*”. Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/andel/9788478019373.pdf> (Consulta: Julio,7 2011).
- Estructplan Consultora, (2002). “*Principios básicos de los rellenos sanitarios*” Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar> (Consulta: mayo, 28 2009).
- FAO (1999). “*Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*”. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/gepnms.pdf> (Consulta: mayo, 27 2009).
- Fernández, A (2010), “*Guía de hortalizas y verduras*”. Disponible en: <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pepino/intro.php> (consulta: Mayo, 31 2011)

- Fernández, M. y Arias, E. (1989). “*Estimación del área foliar en plantas de cultivo*”. Parte II. Boletín de reseñas. Suelo y Agroquímica. CIDA. Ciudad de la Habana. Cuba.
- GESPEA. (2008). “¿Que es el compost?”. Disponible en: http://www.gespesa.es/menu_53.asp (Consulta: mayo, 30 2009).
- Gil, L. y Pardos, J.A. (1997). “*Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta*”. Cuadernos de la S.E.C.F. Madrid. España. 23-24p.
- Gropelli y Giampaoli, (2001). “*El Camino de la Biodigestión, Ambiente y Tecnología socialmente Aceptada*”. Santa Fe. Disponible en: Greenpeace Argentina. (2005). “Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos Orgánicos”. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/compostGP1.pdf> Consulta: abril, 30 2009).
- Grossnickle, S.C.; Arnott, J.; Major, H.E. y Tschaplinski, T. (1991). “*Influence of dormancy induction treatments on Western hemlock seedlings. Seedling development and stock quality assessment*”. Canadian Journal of Forestry Research. 21:164-174.
- Haug, A. (1993). “*Uso del Compost*”. Disponible en: http://ocw.usc.es/export/sites/default/gl/servizos/ceta/opencourseware/Lic_Biologia/Xest_trat_residuos/material/temas/modulo2/tratamientos_biologicos/usos_compost.pdf (Consulta: mayo, 25 2009).
- Hernández, R, (2001). “*Nutrición mineral en las plantas*”. Libro Botánica on line. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/> (Consulta: marzo, 25 2009).
- InfoAgro, (2002).” *El cultivo del pepino*”. Disponible en: <http://www.abcgro.com/hortalizas/pepino.asp>(Consulta: marzo, 30 2009).
- InfoAgro, (2008). “*Tipos de sustrato 1ra parte y 2da parte*”. Disponible en: <http://www.arqhys.com/acerda.html> (Consulta: marzo, 30 2009).
- Infojardín, (2002).” *Pimientos, Ají, Pimiento morrón, Pimientos morrones.*” Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/pimientos-aji-pimiento-morrón-pimientos-morrones.htm> (Consulta: mayo, 20 2011)

- Kamara, A. (2001). “*Nutrición, Regulación del Crecimiento y Desarrollo Vegetal*”. Disponible en: www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_04.pdf (Consulta: marzo, 25 2009).
- Kolmans, E. *et al.* (1999).” Manual de agricultura agroecológica”. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/14592.pdf> (Consulta: junio, 26 2012)
- Lemus, G. (2002).”*Que se puede hacer con la basura. Compost y compostaje. Parte 1.*” Maestría en ingeniería ambiental. University of Florida, Estados Unidos.
- lito@unne.edu.ar y ana@unne.edu.ar. (2005). “*Nociones de Fisiología Vegetal*”. Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar/> (Consulta: abril, 29 2009).
- Mapinfo Corporation, (2004). “*Vertical Mapper user Guide v.3*”. Mapinfo Corporation New York.
- Martínez, (2007). “*Los tratamientos biológicos de residuos: un sector estratégico*”. Disponible en: <http://www.CienciasAmbientales.com/article.php?sid=5300> (Consulta: mayo, 25 2009).
- Oliet, J.A. (1995). “*Influencia en vivero sobre la calidad de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales*”. Tesis Doctoral. Departamento de Ingenieros Rural. ETSIAM. Universidad de Córdoba España. 295 p.
- Olivera, E. *et al.* (2005)”*Relleno sanitario*”. Disponible en: <http://relleno.galeon.com/> (Consulta: mayo, 11 2009).
- Pérez, J. (2008)” *¿Que es un relleno sanitario?*”. Disponible en: <http://www.ingenerosinc.com/2008/07/31/que-es-un-relleno-sanitario/> (Consulta: junio 2009)
- Pérez, N. (2004).” *El compostaje como sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos para fines agrícolas*”. Disponible en: http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar-2-.htm (Consulta: Julio, 7 2011).
- Perry, L. *et al.* (2007). “*Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (Capsicum spp. L.) in the Americas*”. Science (315): pp. 986-

988. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Capsicum> (Consulta: mayo, 20 2011).
- Ruesga, Idania; Peña, E.; Expósito, Irene; Gardon, D. 2005. Libro de experimentación agrícola. Editorial Universitaria, Ciudad Habana, Cuba. pp. 4-5.
 - Solís, U. (2005). "Los rellenos sanitarios". Disponible en: <http://desdelavegard.blogspot.com/2009/04/los-rellenos-sanitarios.html>
 - Soto, L. (2010). "Formulación de los estudios de factibilidad técnica económica y operativa del proyecto". Disponible en: <http://www.mitecnologico.com/Main/FormulacionDeLosEstudiosDeFactibilidadTecnicaEconomicaYOperativaDelProyecto> (Consulta: agosto, 4 2011).
 - Strodthoff, y Arellano, (2008). "La cubierta vegetal y su rol en la prevención de daños ambientales". Revista 12. Agronomía y Forestal. Disponible en: http://www.uc.cl/agronomia/cextension/Revista_Ediciones/19/enfoque.pdf (Consulta: noviembre, 11 2006).
 - Thompson, B. (1985). "Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. M. L. Duryea eds. Forest Research Laboratory. Oregon" State University. 59-69 p.
 - Valentinuzzi, R. (2011). "Residuos Sólidos Urbanos: Manual de Gestión Integral-Uruguay". Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/Entrega.asp?identrega=2858> (Consulta: Julio,7 2011)
 - Wikipedia, (2009). "Relleno sanitario". Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/> (Consulta: marzo, 9 2009).
 - http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.66.26.26_1r.html el mercado del compost. (consulta: julio 2011).

ANEXO 1.



ANEXO 2.



INSTITUTO
DE SUELOS

Dirección Villa Clara

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA

Santa Clara, 28 de Diciembre de 2010
"Año del 52 de la Revolución".

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.

Referencia	pH(KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O
		mg/100g	
Suelo	7.3	87.0	24.35

Abono orgánico.

Referencia	%N	%P	%K	%MO	%C	C/N	pH	CE (mS/cm)
	0.27	0.14	0.32	6.61	3.83	14.18	6.9	0.10


Lic. Mariela Horta Rodríguez
J. Laboratorio




Ing. Aida Cuan Chong
Esp. Control Calidad

Carretera a Sagua No. 26 A el Línea y Púente. Santa Clara, Villa Clara.
CubTel.: + 53 (42) 22 3931 / 21 4004 Email: suelosvc@enet.cu

ANEXO 3.

Ministerio de la Agricultura
Centro Nacional de Sanidad Vegetal
Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal
Carretera del Jibaro Km. 2 1/2 S. Spiritus
Teléfono: 326947

MOD. 10-0

Muestra No. 905

INFORME SOBRE RESULTADO DE LA MUESTRA

De: Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal:

A: Cuarentena Vegetal.

Descripción de la muestra: compost

Fecha de Entrada: 26-5-11 Origen de la muestra: Jiquisnán. Fomen-
TO.

Especialidades: Firma:

Entomología: _____

Acarología: _____

Malezas: _____

Nematología: x _____

Micología: _____

Bacteriología: _____

Virología: _____

Fungorresistencia: _____

Semillas: _____

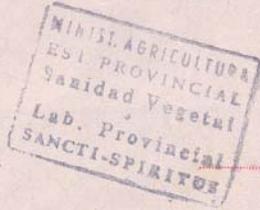
R. S. _____

Con el objetivo de comprobar: Presencia de agentes y patógenos dañinos.

Fecha de Salida: 1-7-11

Diagnóstico: →

Firma: [Signature]
Director (a) LAPROSAV



[Signature]
Especialistas

En la muestra recibida y analizada
en el laboratorio, el resultado es nega-
tivo para *Spirillum acidigenum*,
según el método por plantas indica-
doras.

ANEXO 4.

Ministerio de la Agricultura
Centro Nacional de Sanidad Vegetal
Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal
Carretera del Jibaro Km. 2 1/2 S.Spiritus
Teléfono: 326947
Telefax: 322960

MOD. 10-0

Muestra No. 526

INFORME SOBRE RESULTADO DE LA MUESTRA

De: Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal.

A: Yusini Comento

Descripción de la muestra: Suelo para analisis de Rhizoctonia y Trichoderma

Fecha de Entrada: 6/4/11 Origen de la muestra: Fomento

Especialidades:

Entomología: _____ Con el objetivo de comprobar: Hongo patógeno

Acarología: _____ del suelo. Hongo antagonista.

Malezas: _____

Nematología: _____ No. Entrada: _____

Micología: X

Bacteriología: _____ ETPP: _____

Virología: _____ Pto. Operativo: _____

Fungorresistencia: _____ Pto. Frontera: _____

Semillas: _____

R.S: _____ Fecha de Salida: 15/4/11

Diagnóstico:

Rhizoctonia - medio 0,5 cc/suelo.

Trichoderma - negativo

Firma: [Signature]
Director (a) LAPROSAV



[Signature]
Especialistas

Rhizoctonia es un hongo patógeno del suelo que afecta a múltiples especies de plantas, pero si en la siembra donde vas a utilizar ese suelo, aplicas *Inuloderma* sp. (es un hongo antagonista que controla biológicamente a *Rhizoctonia*) desde la siembra y luego que colonice el suelo no te ves problemas con *Rhizoctonia*.