
FACULTAD DE CIENCIAS
NATURALES Y EXACTAS

**EVALUACIÓN DEL SUSTRATO REMANENTE DE
SETAS *PLEUROTUS sp* EN EL CULTIVO DE
PAPAYA Y PLÁTANO**

**Tesis presentada en opción al Título
Académico de Máster en Biotecnología**

Mención Ambiental

Autor: Ing. Yádira López Ferrera

Tutores: Dr. C. Rosa Catalina Bermúdez Savón
M. Sc. Irene Mustelíer Palenzuela

Consultante: Dr. C. Nora García Oduardo.

Santiago de Cuba, 2020



DEDICATORIA

A Mi mamá, por estar siempre presente para mí, por su apoyo, que por su esfuerzo he llegado a ser lo que soy, gracias de todo corazón.

A kwami, mi razón de vivir, mi motor impulsor, mi todo.

A mi hermana y mi sobrino Yohander.

A Leonardo por acompañarme y siempre estar ahí para mí.

A la memoria de mi abuelita.

AGRADECIMIENTOS

A toda mi Familia por darme la posibilidad de realizar mis estudios, por todo el apoyo, cariño y esfuerzo constante durante todos estos años (Mi mamá, hermana, Leonardo, María Antonia, Susana, Julita)

A mi tutora la Dr. C. Rosa Catalina Bermúdez Savón, por brindarme tiempo, conocimiento, apoyo y por contribuir de manera decisiva a la realización de este trabajo.

A mi tutora MSc. Irene Mustelier Palenzuela por su apoyar al igual que todos los trabajadores de Biofábrica Santiago.

A mi Consultante la Dra. C. Nora García Oduardo., por su colaboración.

Al Dr. C Bernardo Reyes Tur por su colaboración en la realización de esta tesis.

Al claustro de profesores y trabajadores del CEBI por su profesionalidad, digna de admirar

A Leonardo por su compañía, por su amor y disposición constante para la realización de esta tesis.

A la Dirección de la ENPA por su apoyo desde el comienzo de esta maestría, por su colaboración. Gracias.

A Irayda Bayard, mi compañera de estudios, por el pacto que hicimos de no rendirnos y de llegar hasta el final por difícil que fuera el camino.

A mis compañeros de la ENPA en especial la Msc Tania Sedeño y su equipo de trabajo (Alexei, Olaimys y Odalis)

A mi compañera Mariela Pérez Loo

A mis amigos de toda la vida, por brindarme su gran amistad, cariño y apoyo constante durante todos estos años, por siempre estar a mi lado en los malos y buenos momentos, ellos saben quiénes son.

A todas las personas que de una forma u otra me ayudaron y me brindaron colaboración en la realización de este trabajo.

A todos Muchas Gracias.

RESUMEN

Los hongos superiores del género *Pleurotus sp*, además de su demostrado potencial en alimentación humana, muestran importantes aplicaciones biotecnológicas: son productores de moléculas con propiedades farmacéuticas, reducen el nivel de los residuos lignocelulósicos de la naturaleza, contribuyendo a la restauración de ecosistemas del planeta y a la eliminación biológica de contaminantes. El sustrato remanente, obtenido del cultivo de las setas *Pleurotus sp* (SRS) conteniendo biomasa micelial, constituye buen alimento para animales y se emplea como abono para el cultivo de plantas. El objetivo de este trabajo fue el uso del sustrato remanente del cultivo de *Pleurotus sp*. (SRS) en el cultivo de la papaya variedad Maradol Roja y plátano variedad Gran Enano en condiciones de cultivos semiprotegidos. Se emplearon semillas de papaya Maradol roja, certificadas, con 85 % de germinación. En el experimento se usan los sustratos secos, puros y combinados: SRS, humus y la combinación de humus: SRS. El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizado de clasificación simple con tres réplicas, empleando el humus de lombriz como control. La evaluación de los parámetros morfológicos muestra, que los mejores resultados se obtienen con la mezcla del sustrato remanente de setas (60%) y humus (40%). Los resultados obtenidos revelan, como la biotecnología de setas *Pleurotus sp* se involucra en potentes bioconversiones de materias renovables y tecnologías de procesamiento, pero principalmente en productos de alto valor agregado.

Palabras Clave: Sustrato remanente de setas, *Pleurotus sp*, aclimatación, humus, abono orgánico

ABSTRACT

The higher fungi of the genus *Pleurotus sp.* in addition to their proven potential in human nutrition, show important biotechnological applications: they are producers of molecules with pharmaceutical properties; they reduce the level of lignocellulose residues in nature, contributing to the restoration of ecosystems on the planet and biological removal of contaminants. The remaining substrate, obtained from the cultivation of *Pleurotus sp.* mushrooms (SRS) containing mycelia biomass, constitutes good food for animals and is using as fertilizer for growing plants. The objective of this work was the use of the remaining substrate of the *Pleurotus sp.* (SRS) in the cultivation of papaya variety Maradol Roja and banana (variety Gran Enano) under semi-protected crop conditions. Certified red Maradol papaya seeds with 85% germination were be using. In the experiment, the dry, pure and combined substrates are used: SRS, humus and the combination of humus: SRS. The experimental design was be completely randomized blocks of simple classification with three replications, using worm castings as a control. Obtain the evaluation of the morphological parameters shows that the best results are with the mixture of the remaining substrate of mushrooms (60%) and humus (40%). The results obtained reveal how the biotechnology of *Pleurotus sp.* mushrooms is involved in powerful bioconversions of renewable materials and processing technologies, but mainly in products with high benefit.

Keywords: remaining mushroom substrate, *Pleurotus sp.* acclimatization, humus, organic fertilizer.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
II.1 Sustrato remanente de setas <i>Pleurotus sp.</i> sobre pulpa de café.....	5
II. 2 Cultivo de la Papaya (<i>Carica papaya L.</i>).....	7
II.2.1 Variedad Maradol Roja.....	8
II.3 Biotecnología Vegetal y la micropropagación <i>in vitro</i>	8
II.3.1 Aclimatación.	9
II.3.2 Aclimatación del plátano Gran enano (<i>Musa sp.</i>).....	10
III.MATERIALES Y MÉTODOS	11
III.1 Materiales y reactivos.	11
III.2 Equipos utilizados en la investigación.	11
III.3 Determinación de la relación C/N de los sustratos empleados.	12
III.4 Sustrato remanente de setas <i>Pleurotus sp</i> (SRS).....	12
III.5 Humus.	13
III.6 Aclimatación del plátano variedad Gran enano.	13
III.7 Cultivo de la papaya variedad Maradol roja.	13
III.8 Datos climatológicos.	13
III.9 Parámetros Morfológicos analizados.	13
III.10 Análisis estadístico.	14
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
IV.1 Caracterización química de los sustratos empleados.	15
IV.2 Influencia de las variables climatológicas.....	17
IV.3 Efecto del Sustrato remanente de setas (SRS) <i>Pleurotus sp.</i> y el humus en el cultivo de la Papaya Maradol roja.	19
IV.4 Efecto del sustrato remanente de setas <i>Pleurotus sp</i> y el humus en la fase de aclimatación del Plátano Gran Enano	22
IV.5 Valoración económica y ambiental	25
V.CONCLUSIONES	27
VI.RECOMENDACIONES	28
VII. BIBLIOGRAFÍA	I
V III.ANEXOS	VIII

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del movimiento de la agricultura orgánica mundial y la toma de conciencia en materia de medio ambiente por la humanidad, unido a la creciente desconfianza de los consumidores a los alimentos obtenidos por métodos convencionales, han originado el crecimiento acelerado del consumo de alimentos orgánicos (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS., 2018).

Para la economía del país es muy necesario incrementar los niveles de producción agrícolas, lo que entre otros indicadores la fertilidad de los suelos, es uno de los más importantes. Una de las vías de mejorar la misma es el empleo de adecuados abonos orgánicos (Soto, 2003; Ramos et al, 2014). La agricultura sustentable tiene como principal objetivo la máxima utilización de recursos de las fuentes renovables (Rainer, 2004). Un ejemplo es el empleo cada vez más creciente de los denominados biofertilizantes como alternativa para lograr la sostenibilidad de la producción agrícola y la conservación del medio ambiente. (Bermúdez et al, 2014; Phillipousis, 2011)

Cuba no está ajena a este proceso, y desde el inicio de los años noventa se redujo la utilización de insumos químicos en grandes áreas, como consecuencia de la falta de recursos ocasionados por la contracción económica ocurrida en el país, al desaparecer los principales mercados. Esto propició la introducción de la agricultura orgánica en varios territorios del país. (Martínez, 2006).

El suelo en el que cultivamos nuestras plantaciones sufre trastornos y alteraciones a lo largo de su vida provocadas por el abuso de sus nutrientes por parte de los cultivos por lo que los agricultores debemos utilizar técnicas respetables con el medio ambiente. y así devolver al suelo los nutrientes necesarios para abastecer un cultivo de manera óptima, esto puede lograrse con prácticas eficientes de laboreo y dando a la tierra el alimento que necesita.

El fertilizante ecológico es de carácter natural por lo que es una forma ecológica y efectiva de nutrir la tierra para nuestros cultivos, es una sustancia (libre de químicos dañinos para la fauna y para la flora) los abonos ecológicos, que es la materia más natural para la nutrición del suelo lo que hace que el uso de estos abonos sea una práctica que ayuda a la verdadera fertilización de la tierra de cultivo (Rodríguez, 2006).

El fertilizante ecológico mejora la cantidad de nutrientes que tiene el suelo disponible para que las raíces de la planta puedan absorberlos. Por lo tanto, al igual que los abonos orgánicos, mejora la estructura del suelo haciendo que sea de mejor calidad y aumentando la capacidad para retener el agua, disminuye el factor encharcamiento y facilita la aireación de las raíces (Soto, 2003).

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Soto, 2003).

Por otra parte, el incremento de la producción de alimentos por el sistema de la agricultura urbana y suburbana le confiere gran importancia a los abonos orgánicos, para el mejoramiento de la conservación y fertilidad de los suelos, adquiriendo el sustrato un concepto generalizador, dado el objetivo de limitar o eliminar la aplicación de fertilizantes químicos y otras en sustancias agresivas al medio, (Rodríguez, 2006). Precisamente el sustrato degradado, generado durante el cultivo de las setas comestibles, por su composición química, hace atractivo su uso como abono orgánico (Bermúdez, 2010, 2014; Luna, 2013; Oei et al, 2008; Rodríguez, 2013).

Desde hace algunas décadas, la biotecnología de producción de hongos comestibles ha demostrado ser un proceso que aprovecha, de manera eficiente, los recursos que se requiere para producir alimentos, así como los subproductos de las actividades agrícolas (Chang, 2007, Martínez Carrera, 2000; Bermúdez, 2014; Morris et al, 2012).

Uno de los procesos más viables económicamente para la bioconversión de residuos lignocelulósicos es el cultivo de hongos comestibles. Los residuos y derivados pueden recuperarse y convertirse en productos de alto valor agregado, si se utilizan para la producción de alimentos, ellos dejan de ser considerados como basuras, y se convierten en nuevos recursos, considerando la producción comercial de setas comestibles, ya sea en mayor o menor escala, como un proceso biológico eficaz y relativamente corto de recuperación de alimento proteico. (Chang, 2007, Phillipousis, 2011)

El cultivo de setas comestibles *Pleurotus spp.* sobre sustratos lignocelulósicos es una buena alternativa para producir alimentos, por lo que son considerados como una fuente barata de proteína y las setas convierten los desechos agrícolas en alimentos. La mayoría pueden ser generados en un corto período de tiempo a bajo costo y en áreas reducidas. Además, el desarrollo del cultivo a pequeña escala necesita una tecnología sencilla, de condiciones poco sofisticadas. Después del proceso de cultivo y la cosecha de las setas, el sustrato remanente es aprovechable como abono orgánico, por su alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio (García-Oduardo et al., 2011; Bermúdez et al, 2019).

Para la seguridad alimentaria como una vía sostenible, se presenta la aplicación de la fermentación en estado sólido en la biotransformación de subproductos agrícolas lignocelulósicos, con el empleo de los hongos basidiomicetos de pudrición blanca (García-Oduardo, 2008; Rodríguez, 2005). La fermentación sólida en medio natural, brinda la posibilidad de mejorar los rendimientos de la producción de setas con adecuada composición nutricional, a la vez que se ahorran recursos al emplearse estos sustratos que son subproductos disponibles y fáciles de manipular (Li Y, 2012)

Como ejemplo de esta tecnología se muestra el cultivo de las setas comestibles *Pleurotus spp.* Sobre sustratos como: pulpa de café, cáscara de coco, cáscara de cacao, aserrín y sus mezclas, los cuales por su cantidad y difícil manejo causan contaminación del suelo y del agua. Los cuerpos fructíferos de las setas *Pleurotus spp.*, son muy bien valorados por su textura y aroma, su riqueza en contenido de minerales, propiedades medicinales, corto ciclo de producción y reproducibilidad (Bermúdez, 2010)

La aplicación de la tecnología del cultivo de las setas comestibles tiene grandes posibilidades para emplearse como una tecnología agroecológica, por la capacidad

que tiene de brindar beneficios económicos, sociales y ambientales y reafirma el término sostenible (Rinker, 2005). Esta tecnología, desarrollada por el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial de Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba. (García, 2008), desarrolla el cultivo de las setas comestibles *Pleurotus spp* a partir de diferentes subproductos agroindustriales lignocelulósicos, los cuales por su cantidad y difícil manejo causan contaminación del suelo y del agua. Por lo tanto, el aprovechamiento de los mismos para este cultivo se ha consolidado como una alternativa viable para la producción de alimentos de consumo humano, además en el proceso de bioconversión que tiene lugar se genera, el sustrato remanente (SRS) que representa el 40-50%, el cual al reciclarlo puede constituirse en complementos de la dieta animal (Martínez, 2018) y fertilizante o abono orgánico para la agricultura (Phan, 2012, Bermúdez, 2010).

Problema

La demanda de alimentos proteínicos y adecuados para el consumo humano crece constantemente debido al aumento incesante de la población, esto con la finalidad de aprovechar como abono orgánico la gran cantidad de sustrato que queda después de la cosecha de las setas *Pleurotus sp*, representa una alternativa viable para revalorar este residuo en la agricultura para el cultivo sostenible de alimentos.

Hipótesis

Es posible evaluar el efecto del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* como regulador de crecimiento en el proceso de cultivo de papaya y el plátano.

Objetivo General

Utilizar el sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* como abono orgánico en condiciones de cultivo semiprotegidos de la papaya y el plátano.

Objetivos Específicos:

- ✓ Evaluar la aplicación de sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* cultivadas en pulpa de café Robusta, como abono orgánico solo y combinado con humus en el cultivo de papaya variedad Maradol roja.
- ✓ Evaluar la aplicación de sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* cultivadas en pulpa de café Robusta, como abono orgánico solo y combinado con humus en la fase de aclimatación de vitroplantas de plátano Gran enano
- ✓ Analizar las ventajas económicas y ambientales del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* como abono orgánico en el cultivo de estas plantas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

La población mundial se está incrementando a un ritmo exponencial y a la par con ello lo hace su necesidad de alimentación, medicamentos, vivienda, servicios básicos, energía y muchas otras que requieren especial atención. Adicionalmente, con el crecimiento demográfico aumentará drásticamente en los próximos años la producción de residuos provenientes de cultivos, transformaciones de productos hortofrutícolas, de alimentación animal y de las grandes ciudades. (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS., 2018)

Según la ONU, en el 2013 la población mundial fue de 7.200 millones de personas. Se calcula que en el 2050 alcanzará los 9.600 millones y a comienzos del próximo siglo la cifra podría llegar a los 16.600 millones (Grande, 2016). Este fenómeno sin duda generará problemas enormes relacionados con la contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos que requieren una solución urgente encaminada a su tratamiento y adecuada disposición final.

La cantidad de residuos producidos por las agroindustrias en el mundo es alarmante. Por ejemplo, la industria del aceite de palma solo usa el 9% del grano y el resto se desecha como residuo. La del café utiliza entre 6,0 a 9,5% del grano y la industria del papel emplea menos del 30%. Por tal motivo, han aparecido nuevas formas de utilizar los residuos sin que tengan que ser descartados, se “valorizan”, lo que le permite generar valor agregado mediante una pequeña transformación sin afectar la salud humana o el medioambiente (Grande, 2014).

El café es uno de los principales productos de origen agrícola comercializados en los mercados internacionales. La pulpa de café representa el 40 % del fruto de café que se despulpa por vía húmeda (Organización Internacional del Café., 2008). Por su composición química rica en azúcares, presenta potencialidades para ser empleada como materia prima en diferentes tecnologías de FES, las que permiten utilizar un sustrato disponible y barato, eliminar con su aprovechamiento posibles contaminaciones y a su vez generar beneficios en el orden económico, social y ambiental. (Martínez- Carrera, 2000; Chang, 2007).

Desde el punto de vista biotecnológico la fermentación es la transformación de un sustrato orgánico por la acción metabólica de los microorganismos. El compuesto que se obtiene, intracelular o extracelular, se llama producto de fermentación. En toda fermentación ocurre una biotransformación del sustrato y siempre hay crecimiento microbiano, conversión de un sustrato en un producto de interés por la acción de los catalizadores biológicos, las enzimas. (García, O., 2008).

Uno de los procesos más viables económicamente para la bioconversión de residuos lignocelulósicos es el cultivo de hongos comestibles. Los residuos y derivados pueden recuperarse y convertirse en productos de alto valor agregado, si se utilizan para la producción de alimentos, ellos dejan de ser considerados como basuras, y se convierten en nuevos recursos, considerando la producción comercial de setas comestibles, ya sea en mayor o menor escala, como un proceso biológico eficaz y relativamente corto de recuperación de alimento proteico. (Philippoussis et al., 2011).

La biotecnología de producción de setas comestibles ha demostrado ser una técnica que aprovecha de manera eficiente el espacio, la energía y el recurso hídrico que se

requieren para producir alimentos, en comparación con otros procesos (Mukherjee, Nandi, 2004.) Al ampliarse el conocimiento en torno a la producción de setas y gracias a la demanda creciente de estos productos alimenticios en los mercados, la producción de setas comestibles ha aumentado de manera considerable en las últimas décadas, en 2012 fue de 20 millones de toneladas, (Li, 2012) ocupando el segundo lugar el *Pleurotus spp.*

La fermentación en estado sólido brinda la posibilidad de producir, por vía biotecnológica y de forma combinada, setas comestibles *Pleurotus spp.* y forraje beneficiado (sustrato remanente de setas); siendo la única tecnología que permite obtener mediante la bioconversión de subproductos agrícolas, alimento humano y alimento animal. (Chang, 2007).

En la mayoría de los casos, sin embargo, el aprovechamiento de este sustrato remanente (SRS) es desestimado y no recibe ningún uso posterior, por esta razón, se buscan nuevas y mejores alternativas de aprovechamiento que hagan atractivo su re- uso, recuperación o reciclaje, y en particular como abono orgánico.

II.1 Sustrato remanente de setas *Pleurotus sp.* sobre pulpa de café.

Existen dos variedades principales de café: *Coffea arábica* y *Coffea canephora*, variedad Robusta. Ambas variedades son cultivadas en Cuba y aunque presentan composición semejante, generan diferentes rendimientos en el cultivo de *Pleurotus spp.* (Bermúdez y García, 2010).

El cultivo del café en nuestras zonas montañosas constituye cerca del 80 % del que se cultiva en Cuba. En toda la provincia santiaguera se realiza este beneficio, principalmente, por vía húmeda para garantizar un grano de mayor calidad. En el proceso se generan distintos subproductos: pulpa, mucílago, pergamino, jugos, y aguas de lavado. (Bressani, 1979 y Chang, 2007).

La pulpa de café, es empleada como sustratos naturales en la fermentación en estado sólido (FES) para la producción de setas comestibles. Ellos pueden ser obtenidos en un corto período de tiempo, a bajo costo y en áreas reducidas. La pared celular de sus tejidos vegetales está compuesta de celulosa, hemicelulosas y lignina que son polímeros difíciles de degradar y que solamente los hongos y las bacterias descomponen debido a que poseen enzimas que rompen tales moléculas y liberan a la celulosa y hemicelulosa de la lignina. (Poppe, 2005).

La preparación de sustratos para hongos, agentes primarios de descomposición no presenta grandes dificultades, como es el caso del cultivo de *Pleurotus sp.* Solamente se necesita que el sustrato tenga la humedad óptima para permitir el crecimiento de estos hongos y lograr un material homogéneo en el caso de utilizar diferentes mezclas aditivas. (Sánchez y Royse, 2002).

Pleurotus spp., al igual que otras especies relacionadas, es un potente biodegradador y detoxificador; convierte los residuos orgánicos poco digeribles y no comestibles en alimentos para animales y humanos de buena calidad y palatabilidad, y se considera que su eficiencia en la producción de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es mayor que las fuentes de proteína animal (Rodríguez, 2005) y para la

producción de valiosos productos biológicos durante el proceso de biodegradación de desechos de plantas (Rainer, 2004 y Luna, et al 2013).

La fermentación en fase sólida de los residuos lignocelulósicos se valora como uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional, según (Pérez, 2003 y Rahardjo, 2006), lo cual está determinado en primera instancia, por los grandes volúmenes de estos residuos que se producen anualmente en el mundo, y en segundo lugar, por las ventajas que tiene el sistema de Fermentación en Fase Sólida sobre las fermentaciones sumergidas convencionales (Rahardjo, 2006). Estos procesos han sido usados para la producción de productos de valor añadido: alimentos, pienso animal, productos de la agricultura y farmacéutico (Rainer, 2004).

En el proceso de fermentación sólida el micelio de *Pleurotus spp* puede producir una cantidad significativa de enzimas, que permiten degradar los residuos lignocelulósicos y usarlos como nutrientes para el crecimiento y la fructificación (Elisashvili, 2008). Sin embargo, la naturaleza y la composición de los nutrientes del sustrato afectan el crecimiento del micelio, la calidad del hongo y el rendimiento de este valor añadido del proceso de biotransformación. Los hongos comestibles cultivados son el único ejemplo del valor y productividad de los desechos agrícolas, forestales y agroindustriales, que existen en abundancia, al ser transformados en proteínas, vitaminas y aminoácidos, esenciales para la vida humana y animal, además de reciclar desechos contaminantes (Sánchez y Royse, 2002).

El cultivo de las setas comestibles *Pleurotus sp* ha tenido como finalidad propiciar alternativas de manejo de subproductos agrícolas, y en particular, el empleo de subproductos de la industria cafetalera, para evitar que se conviertan en una fuente de contaminación. El sustrato remanente que se genera después de realizada la cosecha de las setas comestibles de acuerdo a su caracterización química, posee cualidades de compost, superiores a otros abonos, por el alto porcentaje de materia orgánica y el contenido de nitrógeno, lo que permite su utilización como fertilizante orgánico. (Bermúdez, 2014).

El sustrato remanente de setas es de fácil aplicación su composición química y bromatológica es rica en proteínas, debido a la existencia de micelio de *Pleurotus sp*, además de estar biodegradada al presentar una disminución de elementos tóxicos y anti-nutricionales que estaban presentes en la pulpa de café inicial (Bermúdez y García, 2010).

Tanto los productores orgánicos como los convencionales han observado ventajas en la utilización de abonos orgánicos en sus cultivos, las cuales obedecen a que son fuente de vida bacteriana para el suelo e indispensables para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera, ayudando a un desarrollo óptimo de los cultivos. No solo aumentan las condiciones nutritivas del suelo, sino que también mejoran su condición física, incrementan la absorción del agua y en consecuencia, mantienen su humedad. (Ramos, 2014).

El sustrato remanente beneficia la productividad del suelo y esta es la capacidad del suelo de producir cosechas y está dada por el clima, su fertilidad natural y por su bioestructura, es decir por las características físicas propias de este. El suelo constituye la base de toda producción agrícola, es al que debemos manejar, mejorar,

fertilizar o darle todas las condiciones para que las plantas sembradas en él, se desarrollen con salud y manifiesten todas sus potencialidades productivas. (Mustelier, 2010).

Se estima que en el país cada año se desechan aproximadamente 160 000 t de sustrato, después de la producción de hongos, en contraste con las 500 000 t que se desechan en España, o las más de cuatro millones de toneladas en China (Oei et al, 2008). Sin embargo, una buena parte de estos residuos se puede reutilizar y considerar como recurso útil para el sector agropecuario; estos desechos representan una alternativa de aprovechamiento para preparar abonos de calidad y mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo para los cultivos agrícolas.

Es notoria la gran cantidad de artículos y trabajos en eventos, donde se emplean de una forma masiva los subproductos agrícolas, siendo la vía de la biotecnología la más difundida en el aprovechamiento de estos, por sus elevados beneficios y bajos costos de aplicación (García, 2008). La utilización del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* de pulpa de café como abono orgánico es una alternativa más para la producción en cultivos hortícolas, posturas de café y otros, a partir de subproductos agroindustriales, para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible. (Bermúdez, 2014, Gaitán, 2012).

II. 2 Cultivo de la Papaya (*Carica papaya* L.).

La papaya (*Carica papaya* L.) se incluye actualmente en la familia de las Caricáceas. Es nativa de América Tropical Continental, probablemente del territorio que abarca el Sur de México hasta Costa Rica en América Central y otros mencionan al noroeste de América del Sur, en la Vertiente Oriental de los Andes, debido a que en esta última región se localiza la mayor diversidad de especies del género *Carica*.

Se cultiva en Cuba desde 1906 en escala comercial, su fruto es altamente apreciado por su sabor agradable, así como su uso industrial para dulces y farmacéutica. Las condiciones de Cuba son favorables para este cultivo, ya que el papayo encuentra condiciones óptimas para su desarrollo (Instructivo Técnico del cultivo de la fruta Bomba, 2004)

▪ **Características botánicas Según Chandler (1967) y Mederos (1991).**

El sistema radical es típico o pivotante formado por una raíz principal y varias secundarias. Este es poco profundo, napiforme, dispuesto generalmente de forma vertical y radial con alto contenido de agua y consistencia relativamente blanda. El 65% del área radical de la papaya está a 30 centímetros de profundidad.

El tallo es cónico y rara vez ramificado, su altura y grosor varía con la variedad a cultivar. El tallo joven es hueco, dividido por tabiques membranosos y a medida que se desarrolla en la parte inferior se llena de un tejido suave y la corteza toma consistencia fibrosa. El color de la corteza del tallo joven varía entre verde y tonalidades moradas que después pasan a tomar color grisáceo según envejece.

Las hojas son alternas, largas, anchas, lobuladas y de origen caulinar al cual están unidas por un largo pecíolo tubular que toma coloración de verde a morado en relación con la variedad. Su diámetro oscila entre 0.50 a 0.80 m, lo que unido a su gran número le da a la planta una amplia área fotosintética. Una planta de papaya es capaz de

producir de 1 a 2 hojas por semana, y una planta con más de 30 hojas bien desarrolladas está apta para ofrecer una buena fructificación.

II.2.1 Variedad Maradol Roja.

En Cuba se han utilizado diferentes variedades que se han distinguido unas de las otras por su porte, su susceptibilidad a plagas y enfermedades, por la composición de las inflorescencias (masculinas, femeninas y hermafroditas), forma, tamaño, color, sabor y consistencia de los frutos. (Castro, Morales, Aranguren, 2000).

Según el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI, 2005) las variedades comerciales que se utilizan en Cuba son: Maradol Roja, NICA III y Criolla y se estudian otras variedades introducidas tales como Tainung No.1, Tainung No.2, Tainung No.3, Know You y el híbrido Red Lady.

La variedad Maradol Roja es de origen cubano, de maduración temprana, de frutos consistentes con un peso promedio de 1,60 a 2,2 kg de forma oblonga y pulpa roja. Muy productiva y de excelente sabor, árbol de tamaño mediano, generalmente verde con tonalidades moradas en su tallo, fruto de pequeño a mediano con pulpa roja (Maradol roja) o amarilla (Maradol amarilla) de gran consistencia. En él predominan las flores hermafroditas tipo IV. (Castro, Morales y Aranguren, 2000).

II.3 Biotecnología Vegetal y la micropropagación *in vitro*.

La Biotecnología Vegetal se ha convertido en una importante vía para el avance de la agricultura, ya sea en la conservación e intercambio de germoplasma, producción de propágulos, así como en la introducción de nuevos clones y obtención de individuos más productivos y con mayor resistencia al estrés abiótico (Pérez y col, 1998)

Uno de los fines fundamentales del cultivo *in vitro* aplicado a la agricultura es generar aumentos sustanciales en la producción y/o rendimiento de este rubro, a través de nuevos enfoques, permitiendo la expansión de la superficie sembrada (Rev. Bras, 2018)

La micropropagación *in vitro* presenta grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales de asexual, por su alto coeficiente de multiplicación, fácil transportación y la garantía de producir plantas libres de plagas y enfermedades. Además, las plantas producidas *in vitro* presentan mayor crecimiento y vigor, reportándose incrementos en los rendimientos hasta más de un 60 % (Agrop, 2017).

El empleo de la Biotecnología Vegetal y en particular el cultivo "*in vitro*" ha demostrado ser una herramienta poderosa para la reproducción de plantas, siendo una vía muy competitiva con relación a los procedimientos tradicionales de propagación vegetativa. La micropropagación es básicamente una técnica de clonación por lo que es posible producir poblaciones uniformes de plantas; a la vez el ambiente controlado del laboratorio en el cual se realiza el proceso, que contribuye a una mayor uniformidad de las plantas que se obtienen. (Chavanne, et al., 2008).

Con el desarrollo de las técnicas de cultivo *in vitro* ha sido posible establecer métodos de micropropagación para muchas especies vegetales. Estas colecciones activas constituyen una nueva categoría, pero el material vegetal en crecimiento continuo no puede ser almacenado a largo plazo, ya que presenta los problemas prácticos de la

manipulación (subcultivos periódicos a medio de cultivo fresco) y la inestabilidad genética por el cultivo de tejidos prolongado (Withers, 1987).

La fase de aclimatación presenta dos objetivos primarios, la sobrevivencia de las plantas al momento del trasplante y el crecimiento de las mismas hasta alcanzar un desarrollo que les permita ser trasplantadas a campo abierto. Durante esta fase se produce un retorno gradual de las plantas a sus características morfológicas normales, después de las etapas *in vitro*. La eficiencia en la aclimatación es trascendental para la propagación comercial, pues del resultado de esta, dependerá en gran medida la eficiencia total del proceso y la calidad final de las plantas (Gallardo et al, 2002).

Este cambio en las plantas, así como la morfología de las mismas, determina la susceptibilidad durante las etapas iniciales del proceso de aclimatación. Adicionalmente, el ambiente *in vitro* (alta humedad relativa, baja intensidad luminosa, temperatura constante, bajo o nulo intercambio gaseoso en el frasco), condiciona cambios en la morfología de las plantas que influyen en la capacidad de supervivencia (hoja, tallo, raíces) y crecimiento.

Teniendo en cuenta estas características de las vitroplantas en un inicio deben cultivarse las plantas en condiciones que se acerquen al ambiente *in vitro*, es decir alta humedad relativa y baja intensidad luminosa y posteriormente debe reducirse gradualmente la humedad relativa y aumentar la intensidad luminosa para que las plantas se desarrollen en un ambiente parecido al de campo abierto con hojas, tallos y raíces adaptados a estas condiciones y completamente funcionales (Gallardo et al, 2002).

II.3.1 Aclimatación.

Aclimatación es el proceso en el cual un organismo individual se ajusta a un gradual cambio en su entorno (por ejemplo, un cambio en temperatura, humedad, fotoperiodo o pH), lo que le permite mantener el rendimiento en una amplia gama de condiciones ambientales. La aclimatación se produce en un período corto de tiempo (días a semanas) y dentro de toda la vida del organismo. (Olmos et al, 2010).

La aclimatación de vitroplantas consiste en el paso de condiciones "*in vitro*", a condiciones donde se desarrollarán para su cultivo, con el objetivo de que éstas superen las dificultades cuando son removidas del ambiente "*in vitro*"; de esta manera, se preparan para su trasplante definitivo. (Vilchez J. et al, 2007). El logro de la actividad de fotosíntesis durante la fase de endurecimiento constituye una etapa decisiva en la adaptación a las condiciones naturales, de lo contrario ocurre la muerte de las plantas fundamentalmente por deshidratación.

De manera general, al momento del trasplante, se emplean diferentes sustancias enraizadoras solas o en combinación con algún fungicida, variando las dosis y el tiempo de exposición. Sin embargo, se ha prestado menos atención al análisis histológico detallado, que posibilite realizar el monitoreo acerca del origen y evolución de las raíces, dónde se forman, si son aéreas o cerca de la base de la planta, si tienen o no conexiones vasculares, la conductividad de las mismas; algunos autores señalan que es posible que las raíces no sean funcionales a pesar de que tengan conexiones vasculares. (Trujillo D, 2008).

II.3.2 Aclimatación del plátano Gran enano (*Musa sp.*)

El banano pertenece a la familia de las Musáceas, su origen es muy complejo y está distribuido en gran parte del continente asiático, encontrándose de manera silvestre en el sur de China, Indonesia, Nueva Guinea, India y Melanesia, mientras que en África y América no se ha registrado ninguna especie silvestre de *Musa* (De Langhe et al. 2009).

El cultivo del plátano (*Musa spp.*) es importante fuente de alimento para gran parte de la población mundial, localizada principalmente en países subdesarrollados de Asia, África, América Central y del Sur, la producción anual se estima en 43,4 millones de ton y los rendimientos en 73,3 ton·ha⁻¹. (FAO, FIDA, UNICEF, PMA, OMS, 2018). El plátano es un rubro alimenticio de gran importancia económica en Cuba, el tipo vianda constituyen un cultivo estratégico de elevada prioridad, dentro del programa alimentario nacional (Basail et al, 2013). Una de las técnicas de la Biotecnología Vegetal, desarrollada en Cuba en centros de investigación, es el cultivo *in vitro*, con el fin de asegurar la producción de plátano vianda y/o fruta.

La micropropagación es una de las aplicaciones de la biotecnología más generalizadas del cultivo *in vitro*, consiste en la propagación de plantas en un ambiente artificial controlado con el empleo de un medio de cultivo (Olmos et al., 2010). Este procedimiento implica que cada una de las plantas propagadas posea las características similares a las de la planta donante del explante (George, 2008). Los primeros trabajos sobre multiplicación *in vitro* de bananos fueron realizados en China y Taiwán en la década de 1970, inicialmente limitados a unos pocos cultivares de *Musa* AAA, fundamentalmente de los tipos Cavendish (MA; SHII, 1972; 1974; MA et al., 1978). Posteriormente, a partir de los años 1980, se llevó a cabo la multiplicación *in vitro* de un amplio grupo de cultivares de *Musa* de diferentes grupos genómicos (Krikorian, Vuylsteke, 1984).

Para las plantas propagadas *in vitro* es necesario tener una serie de cuidados durante su manipulación y trasplante a sustrato (Cruz Rasero, 2016). El sustrato es el soporte de la planta donde se desarrollan las raíces y donde estas deben encontrar el agua y los elementos necesarios para su crecimiento, este sustrato debe de cumplir varios requerimientos (estabilidad física, fertilidad, capacidad de retención de agua y otros) (Rodríguez Ramírez, 2006,). Entre los materiales que se utilizan en la preparación de sustratos se encuentran la turba, arenas y gravas, residuos de plantas y otros (Cruz Rasero, 2016; Basail M, 2012;). Se utilizan también con mucha frecuencia los compost a partir de residuos agrícolas y el humus de lombriz (Zamora, 2004). Se emplean en proporciones de 25 a 50 %.

El estudio de fase de aclimatación es crucial en la vida de las plantas, para evitar que se produzcan situaciones de estrés, en plantas que inician su desarrollo, cuyos efectos podrían no ser observables hasta que la misma no alcance la fase adulta (Basail et al, 2013)

III.MATERIALES Y MÉTODOS.

Las investigaciones se realizaron en la panta de Investigación-Producción del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Universidad de Oriente y en el área de cultivos semiprotegidos de la Biofábrica Santiago de Cuba, ubicada en la Carretera de Siboney Km 5½, La Redonda, de la Provincia Santiago de Cuba. La Unidad se subordina a la Empresa Productora y Comercializadora de semillas de este territorio, subordinada al Ministerio de la Agricultura. El período en que se realizó el experimento fue de octubre 2019 hasta enero del 2020.

III.1 Materiales y reactivos.

- **Materiales:**
 - Sacos.
 - Pomos de 20 litros.
 - Cubos.
 - Matraces aforados de 50, 100 y 250 mL.
 - Tenedor para remover el suelo.
 - Pico.
 - Rastrillo.
 - Azadón.
 - Pomos de 1 litro.
 - Pipetas.
 - Desecadora.
 - Tamiz.
 - Regaderas.
 - Bandejas de poliespuma de 70 alvéolos (Cepellón)
 - Bolsas de polietileno
- **Reactivos:**
 - Agua destilada.
 - Ácido sulfúrico
 - Ácido clorhídrico.
 - Molibdato de amonio.
 - Nitrato de potasio
 - Ácido acético glacial.
 - Carbonato de sodio.
 - Solución de hipoclorito de sodio al 2 %.
 - Solución de hipoclorito de sodio al 1 %.

III.2 Equipos utilizados en la investigación.

- **Equipos:**
 - Estufa. Frank Sborezumbi
 - Mufla. 1300 Barnstead Thermolyne. Barnstead Internacional USA.
 - Balanza analítica. Labor Musgeripaper Muvek LB - 1050
 - Balanza Técnica (OWA Labor)
 - PH- metro. (MLW AT3)

- Sistema de riego por microaspersión.
- Pie de Rey
- Pesa Digital.

III.3 Determinación de la relación C/N de los sustratos empleados.

La materia orgánica seca se calcula por la expresión: 100- humedad; para obtener el cálculo de la relación C/N se aplicó la expresión $C \% = 0.58 \times \text{materia orgánica}$ (Sánchez y Royse, 2002); el porcentaje de nitrógeno total por el método de Kjeldahl. Las técnicas analíticas utilizadas se encuentran referidas en el (Estándart Methods, 1998).

Para analizar la efectividad y calidad del SRS y el humus, que se utilizaron como abonos orgánicos en la fase de aclimatación, se procedió a realizar la caracterización de los mismos en los laboratorios de análisis químico del CEBI y de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Se determinan los parámetros: pH, cenizas, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio. Los resultados se reportan en % base seca, y son promedio de tres determinaciones. La relación carbono nitrógeno (C/N) se calcula por la expresión $\%C = 0,58(\% \text{materia orgánica})$, el nitrógeno total, por el método de Kjeldahl.

III.4 Sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* (SRS).

El sustrato remanente utilizado proviene del cultivo del *Pleurotus sp* sobre pulpa de café variedad *Coffea canephora* (Robusta), procede de un ciclo productivo realizado en Julio del 2019. La cepa empleada fue la CCEBI 3024. Se prepararon 44 bolsas de 2 kg cada una, fueron inoculadas solamente 42 bolsas, una vez concluida la cosecha de las setas comestibles. La eficiencia biológica del proceso fue de 88%.

Al sustrato remanente se le retira todo resto de nylon, y se mantiene en los estantes de producción de 3 a 4 días hasta observar la pérdida de humedad del último riego, realizado durante el ciclo productivo, luego se pesa en una báscula cada uno teniéndose en cuenta el número de la chapilla colocada al inicio del ciclo.

Para su aplicación como abono orgánico se le realiza el siguiente procedimiento:

- 3 días de secado al sol (se rompe el bloque y se desmenuza un poco para propiciar un secado efectivo).
- Se muele hasta pulverizarlo con la ayuda de un molino
- Se tamizan, seleccionando el tamaño de partícula de 2 mm – 0,42 mm.
- Se envasa en sacos limpios y secos
- Se pesa
- Se rotula con No. del lote productivo y se almacena en sitio limpio seco y fresco hasta su aplicación como abono.
- En el momento de ser aplicado, minutos antes, es de utilidad humedecerlo levemente para facilitar la compactación de las partículas.

III.5 Humus.

El humus de lombriz utilizado procede de la Biofábrica Santiago de la Empresa de Semillas Varias, perteneciente al Ministerio de la Agricultura.

III.6 Aclimatación del plátano variedad Gran enano.

Durante la aclimatación se cumplieron las especificaciones de calidad para realizar la siembra de las vitroplantas, con un tamaño mayor de 5 cm, número de hoja de 4- 5, en plantas vigorosas y con un desarrollo del sistema radicular adecuado, plantadas en contenedores o cepellón. Se utilizaron bandejas blancas, rígidas, de poliespuma de procedencia cubana de 70 alveolos. Se emplearon en el experimento diferentes sustratos, SRS (T1), Humus (T2) y la mezcla de SRS 60% y Humus 40% (T3). Con los sustratos secos se procede según la metodología establecida en MINAG. Instructivo Técnico Fase de Aclimatización de Bananos y Viandas Grupo Empresarial de Cultivos Varios.

III.7 Cultivo de la papaya variedad Maradol roja.

Se utilizaron semillas de fruta bomba de la variedad Maradol roja certificadas con un 84 % de germinación. Los contenedores empleados fueron bandejas blancas, rígidas, de poliespuma de procedencia cubana de 70 alvéolos, estas bandejas previas a la siembra se desinfectaron en una solución de Hipoclorito de Sodio al 1 % durante un minuto. Se emplearon en el experimento diferentes sustratos, SRS (T1), Humus (T2) y la mezcla de SRS 60% y Humus 40% (T3). Con los sustratos secos se procede establecida en el Instructivo Técnico de la cultivo de la Papaya, 2004.

III.8 Datos climatológicos.

Las variables climatológicas correspondientes al periodo de octubre 2019 hasta enero 2020, momento en que se realizó el experimento, teniendo en cuenta la ubicación del área fueron suministradas por el Centro Provincial de Meteorología de Santiago de Cuba.

III.9 Parámetros Morfológicos analizados.

Para la evaluación de los resultados del proceso del cultivo de la papaya y la aclimatación del plátano las variables analizadas fueron:

- **Longitud del tallo.** a partir de la superficie del suelo hasta la yema apical del tallo (cm).
- **Largo de las hojas.** (cm).
- **Ancho de las hojas.** (cm).
- **Cantidad de hojas.**
- **Largo de las raíces.** Se midió a partir del cuello de la raíz (cm).
- **Cantidad de raíces.**

III.10 Análisis estadístico.

En este caso la unidad experimental lo constituyó bandejas blancas, rígidas, de poliespuma de procedencia cubana de 70 alvéolos, en la cual se añaden 70 g de SRS por hueco para la siembra, humus y la mezcla de ambos. Se evaluaron 9 muestras por cultivo dejando las plantas de las cabeceras por el efecto de borde, se realizaron tres repeticiones de cada uno de los ensayos.

Para los resultados estadísticos, se aplicó la prueba de la U de Mann-Whitney (también llamada de Mann –Whitney-Wilcoxon, prueba de suma de rangos Wilcoxon, o prueba Wilcoxon – Mann-Whitney es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. Es la versión no paramétrica de la habitual prueba t de Student.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

IV.1 Caracterización química de los sustratos empleados.

En la mayoría de los suelos se puede obtener buenos rendimientos cuando se adiciona de una u otra forma, los elementos que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo. El conocimiento de la composición química del material orgánico, es de vital importancia cuando se propone con fines agrícolas como sustrato; de la calidad del mismo entre otros factores depende el suministro adecuado de nutrientes a las plantas, por lo cual tiene una influencia directa en el desarrollo y rendimiento de las mismas (Ramos, 2014).

En este caso el SRS es obtenido sobre pulpa de café con resultados probados del grado de bioconversión que se alcanza y que ha sido utilizado como abono orgánico en cultivos hortícolas con excelentes resultados (Bermúdez, 2014; Rodríguez, 2013). Por otra parte, es observable la disminución de la relación C/N del SRS con respecto a la pulpa de café, lo que indica la calidad como abono orgánico (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización química del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp.* de pulpa de café (% en base seca).

Sustratos	Fosforo (P)	Potasio (K)	Carbono C	Nitrógeno (N)	Relación C/N
SRS	0.23±0.03	1.93±0.43	44.02±1.40	3.26±0.05	13.50±0.17
Pulpa de café	0.17±0.06	1.43±0.50	48.28±1.06	2.90±0.04	16.65±0.20

En resultados de investigaciones realizadas para el SRS de *Pleurotus sp* presentaron los parámetros siguientes: peso seco, $86,93 \pm 2,2$; cenizas, $11,02 \pm 0,2$; materia orgánica (MO) $75,91 \pm 2,5$ y pH, 6,5-7,2. Con respecto a la presencia de minerales, se encuentran calcio, sodio, manganeso, hierro, magnesio, zinc y en trazas cobre, níquel y cobalto. (Bermúdez, 2014). La reducción de la materia orgánica del sustrato remanente es debido a las pérdidas de H₂O y CO₂ durante el metabolismo del hongo (criterio más simple para evaluar la degradación del sustrato), y debido también al aprovechamiento de sustancias del sustrato para la formación del cuerpo fructífero, estas pérdidas son normalmente más altas durante el proceso de fructificación que durante el desarrollo micelial. (Sales, et al. 2009)

La relación carbono nitrógeno (C/N) y el pH en los compuestos orgánicos son los que determinan cuando una materia orgánica está en condiciones óptimas para ser utilizada como fertilizante de las plantas, ya que tienen acción marcada sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. El SRS presentan una relación C/N (15,07), que de acuerdo con (Rodríguez, 2006) puede considerarse un fertilizante orgánico de elevada calidad. (Rodríguez y Jaramillo, 2005) plantean que, cuando los materiales residuales presentan la relación C/N en el rango de 10 a 12 y pH cercano a la neutralidad (6 a 8), Por otra parte, el alto porcentaje de materia orgánica $75,91 \pm 2,5\%$ y el contenido de nitrógeno $3.26 \pm 0.05\%$ (Rodríguez, Net al., 2005), se considera ya descompuesto, estabilizado y apto para ser utilizado en el campo como fertilizante orgánico.

La caracterización química de los abonos orgánicos empleados (ver tabla 2 en anexos), muestra que la composición de nitrógeno del SRS es más elevada que el del humus de lombriz. Se conoce que los hongos comestibles *Pleurotus sp* son capaces de degradar prácticamente cualquier residuo vegetal (Sánchez y Royse, 2002; Rinker, 2002), debido a sus enzimas ligninolíticas, después de cultivar y cosechar los hongos, la relación carbono/nitrógeno del sustrato es disminuida y puede ser utilizado como abono para el suelo; con la degradación, estos compuestos pasan a formar moléculas más simples, favoreciendo la asimilación más efectiva de estos nutrientes por el sistema radicular de las plantas

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que la presencia de nitrógeno, también está asociada a las enzimas ligninolíticas presentes en el SRS (Howard, 2003). La evaluación cuantitativa de la actividad enzimática ligninolítica del SRS de *Pleurotus sp* fue realizada por (García, 2008) y se observó en todo momento mayor actividad de enzima lacasa que manganeso peroxidasa y versátil peroxidasa.

Al respecto Kolman (2002), destaca la importancia de la presencia de estos nutrientes en la materia orgánica, plantea que el nitrógeno es el componente de las proteínas y de compuestos orgánicos que favorecen el crecimiento en los vegetales. El fósforo, es la parte elemental de compuestos proteicos de alta valencia e influye en la formación de las semillas y raíces, además de ser el regulador principal de todos los ciclos vitales de la planta y el potasio interviene en la síntesis de proteínas y del hidrato de carbono, le da firmeza a los tejidos y calidad a los frutos.

Estos nutrimentos son necesarios para el crecimiento y desarrollo de los procesos fisiológicos, microflora edáfica que intervienen en la descomposición de la materia orgánica en el suelo, la fijación del nitrógeno atmosférico y la solubilización del fósforo;

procesos vitales que mantienen un suministro constante de nutrientes a las plantas (Ramos, 2014).

El SRS y el humus presentan un contenido de materia orgánica de: 75,91% y 70,79% respectivamente, los cuales se encuentran en el rango o supera el contenido en otros materiales orgánicos de uso tradicional en la agricultura ACTAF- IIPF-MINAGRI (2008), cuestión que sugiere considerar la aplicación del SRS como sustrato, por presentar un efecto benéfico sobre las plantas y el suelo, por su aporte en el contenido de materia orgánica, que es considerada como indicador excelente para medir la sostenibilidad de los agroecosistemas; de ella depende en gran medida, una buena estabilidad hídrica de los agregados y por tanto una construcción adecuada del sistema de suelo (Orellana y col, 2008).

Por el contrario (Orellana y col, 2006) plantean que, la aplicación de materiales de difícil descomposición y bien lignificado, es la vía de producir humus en el suelo; además hacen referencia que la materia orgánica con alta relación carbono/nitrógeno, favorece a corto plazo las propiedades físicas de los suelos tropicales y van enriqueciendo en un lento proceso de descomposición la masa mineral. El pH osciló en valores cercano a la neutralidad, siendo de 6.8; 7.1 unidades para el SRS y el humus, respectivamente, que según lo establecido, el SRS se encuentran, en condiciones ideales para utilizarse como fertilizante, lo que permite valorar la posibilidad de realizar una sustitución en caso de que haya problema con el suministro, considerando los resultados obtenidos, ya que el humus de lombriz, es el fertilizante orgánico de primer orden por todos los beneficios que le reporta al suelo y las plantas. Ver tabla 7 caracterización química (% base seca) del SRS según resultados obtenidos por (Mustelier, 2010) y el humus de lombriz (Martínez, 2001).

IV.2 Influencia de las variables climatológicas.

El efecto de la temperatura resulta significativo, pues está relacionado con el crecimiento, debido a su efecto acelerador en la velocidad de las reacciones bioquímicas y los procesos internos ligados al transporte de savia (Allan, 2002)

La temperatura es uno de los principales controladores de la distribución y productividad de las plantas, con efectos importantes en la actividad fisiológica en todas las escalas temporales y espaciales (Budowski 1965, Sage & Kubien 2007).

El calor es necesario para la vida; cada proceso vital y cada nivel de desarrollo están limitados a un rango de temperatura. Las plantas terrestres están adaptadas a temperaturas entre 5° C y 40° C, dentro de las cuales ocurre producción de masa seca y crecimiento. En el caso particular de las especies tropicales y subtropicales, las temperaturas óptimas están entre 15° C y 35° C, encontrándose, obviamente, una variación de temperaturas y su adaptación a ellas debida a la altitud.

Con respecto a la humedad relativa, se puede decir, en un periodo de sequía, la parte aérea de una planta continuará creciendo hasta que la absorción de agua por los pelos absorbentes de la raíz se torne limitante. La disminución del contenido de agua en las hojas genera una disminución del volumen celular, de la presión de turgencia, esto promueve que las paredes celulares se aflojen, disminuyendo la expansión foliar. La relación de biomasa raíz: parte aérea, parece estar gobernada por un balance entre el agua absorbida por las raíces y la fotosíntesis de la parte aérea. Esto significa que los

productos fotosintéticos que no son usados para el crecimiento foliar son acumulados en las extremidades de las raíces que crecen en busca de agua (Taiz & Zeiger 2009, Lambers 2008, Salisbury & Ross 2000).

En la Tabla 3 se presentan los valores de las variables durante la etapa en que se desarrollaron los experimentos. Como puede observarse, las mismas fueron adecuadas, para la temperatura acorde a lo que plantean algunos autores y por otra parte, para los cultivos estudiados se aconsejan, según los Instructivos del MINAG Autores (Castro, 2000) temperatura fresca, 26-30°C. Sin embargo, para la humedad relativa, es mayor que la que se aconseja (entre un 40-50%) (Hartmam et al., 1997).

En el caso de la papaya las temperaturas superiores a 38°C resultan desfavorables, pues la fructificación se retrasa mucho y la capacidad fotosintética de las hojas disminuye. (Allan, 2002)

El rango óptimo de temperatura para que la papaya tenga un buen desarrollo es de 24-26°C con mínimas medias anuales superiores a 18°C. Por debajo de esta temperatura, las plantas retardan su crecimiento y reducen la capacidad de floración y fructificación; además, los frutos retrasan la maduración y se reduce el contenido de azúcares (Bhattarai, Vetas, Grytnes, 2004.). Basado en lo que otros destacan (Clemente, Marler, 2001), aunque teniendo condiciones de luz y humedad favorables en los procesos bioquímicos, estos sufren alteraciones si la temperatura estuviera fuera de los límites considerados ideales, existiendo entre estos extremos una zona óptima de temperatura para el pleno desarrollo del papayo.

La temperatura óptima para el desarrollo y crecimiento del plátano se cree que está cerca de los 27 °C. Algunos autores piensan que el máximo diario debe estar encima de 28 °C y el promedio no debe bajar de 22 °C. Sin embargo las temperaturas optimas son diferentes según el proceso de que se trate (Ortiz, V., RA. et al. 1999)

Tabla 2. Variables climatológicas correspondientes al periodo de octubre 2019 hasta enero 2020 momento en que se realizó el experimento y fueron suministrados por el Centro Provincial de Meteorología de Santiago de Cuba.

Variables climatológicas	U/M	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
		2019			2020
Temperatura media	°C	28,1	26,6	26,4	25,9
Temperatura máxima media	°C	32,1	32,1	31,7	30,9
Temperatura mínima media	°C	24,9	23,6	23	21,8
Humedad relativa media	%	74	71	71	67
Humedad relativa media máxima	%	90	86	86	83
Humedad relativa media mínima	%	52	49	48	44
Precipitación	mm	123,3	95,3	280,2	0,9

IV.3 Efecto del Sustrato remanente de setas (SRS) *Pleurotus sp* y el humus en el cultivo de la Papaya Maradol roja.

Para la realización de la investigación se utilizó un diseño de bloque al azar, por triplicado, es decir, con tres réplicas. Se trabajó bandejas blancas, rígidas, de poliespuma de procedencia cubana de 70 alvéolos, por triplicado para cada abono, agregándole 70 g del sustrato por hueco. En el caso de la papaya se pesó el sustrato en una pesa digital manual con capacidad hasta 10 kg y se tomó una vasija desechable con capacidad de 70 gr para medir como patrón y rellenar el resto de los huecos.

Para la germinación, de acuerdo al Instructivo (MINAG, 2004) para el cultivo de la papaya se van a emplear semillas de calidad, la forma típica para su propagación por su eficiencia ha sido la reproducción sexual, pues la propagación vegetativa por medio de estacas o injertos no brinda los efectos deseados, las primeras son de lento desarrollo y las segundas degeneran y no mantienen las características,

Para obtener semillas de calidad los frutos deben provenir del cruzamiento entre plantas hermafroditas, de esta manera se puede lograr un 66% de plantas hermafroditas y 33% de plantas femeninas, con esta selección existe la certeza de no aparición de plantas masculinas no productivas (Otero, 2003).

La forma convencional para su multiplicación se realiza mediante la semilla botánica. Su germinación es un proceso precedido de un grupo de reacciones imprescindibles para que esto ocurra, se requiere que se disponga de ciertas condiciones. La presencia de algunos inhibidores, también puede impedir la germinación de ciertas especies de plantas. En el caso de la papaya puede afectar la capacidad germinativa, tanto la forma de obtención, como la de almacenamiento y su edad. Así una semilla certificada, de calidad, se acepta como buena con 70% de germinación.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, en la investigación se utilizaron semillas certificadas con un 85% de germinación, a los 11 días comenzó la germinación en las réplicas donde se utilizó la mezcla de los sustratos (T3), apareciendo las primeras hojas, para el humus (T2) a los 15 días y el SRS (T1) a los 18 días de la siembra, observándose el comienzo germinativo de las semillas de papaya los a 11 días de la siembra, comparando el crecimiento vegetativo y la calidad de las semillas. En el crecimiento vegetativo las observaciones se realizaron cada 3 días.

Se aplicaron dos riegos diarios con manguera, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, los riegos se aplicaron en horas tempranas de la mañana y al final de la tarde para evitar pérdidas excesivas de agua por transpiración y mantener el contenido de humedad adecuado para el desarrollo de las plantas.

Una vez germinadas las semillas se comenzó a realizar aplicaciones del estimulante foliar *Bayfolan* cada 3 días, aplicado a una dosis de 100 ml para 16 litros de agua en una mochila, aportándole al cultivo elementos mayores, secundarios y menores que la planta necesita para su normal desarrollo, por ser un producto completo, balanceado y de alta concentración estabiliza el pH de la solución.

La planta de papaya es sensible a la baja disponibilidad de oxígeno en el suelo, normalmente causada por inundación, por lo tanto, un suelo bien drenado es esencial para obtener buenos rendimientos. El pH generalmente no es un factor limitante, la germinación puede ocurrir en un rango de pH de 3 a 9, pero el crecimiento es mejor en suelos neutros (pH 6 a 7) debido a la disponibilidad de los nutrientes.

Tabla 3. Parámetros evaluados en los diferentes tratamientos en el cultivo de la papaya Variedad Maradol Roja.

Resultados en el cultivo de la Fruta Bomba Variedad Maradol Roja				
Parámetros a medir	No de Muestras	T1	T2	T3
Longitud del tallo (cm)	1	6,0	10,0	13,0
	2	7,0	10,0	14,0
	3	7,0	11,0	14,0
	4	6,0	10,0	14,0
	5	7,0	11,0	13,0
	Promedio	6,6	10,4	13,6
Cantidad de hojas	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	6	6	8
	2	6	7	8
	3	6	7	8
	4	6	6	8
	5	5	7	8
Promedio	6	7	8	
Ancho de las hojas (cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	5,0	7,0	7,5
	2	5,0	6,0	7,5
	3	5,0	6,0	7,5
	4	6,0	5,0	8,0
	5	6,0	6,0	7,5
Promedio	5,4	6,0	7,6	
Largo de las hojas (cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	6,0	7,8	8,0
	2	6,0	7,5	8,0
	3	7,0	7,5	8,0
	4	7,0	6,0	8,3
	5	7,0	7,5	8,0
Promedio	6,6	7,3	8,1	
Cantidad de Raíces	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	27,0	35,0	40,0
	2	27,0	30,0	42,0
	3	29,0	30,0	41,0
	4	29,0	32,0	43,0
	5	29,0	33,0	42,0
Promedio	28	32	42	
Largo de las Raíces(cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	7,0	9,0	11,0
	2	7,0	8,0	11,5
	3	7,2	8,0	11,0
	4	7,1	8,5	11,5
	5	7,2	8,3	11,5
Promedio	7,1	8,4	11,3	
T1 (SRS) T2 Humus T3 Mezcla 60% (SRS) - 40% de Humus				

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 3 y 4, para su análisis nos auxiliamos de un tratamiento estadístico de los valores que alcanzan los parámetros morfológicos para tres tratamientos diferentes.

Al realizar el análisis sobre la influencia que ejerce la mezcla de los sustratos empleados sobre el largo del tallo, es la que presenta mejor respuesta en cuanto a este parámetro, llegando a alcanzar un 13,6 cm, siendo este valor superior al alcanzado por los sustratos solos. Al realizar el análisis estadístico, muestra que hay diferencias significativas entre los tres tratamientos. (Tabla 4)

Este resultado es importante, ya que hay que tener en cuenta, que el tallo se encarga de transportar el agua y las sales minerales a las distintas partes de la planta, así como también de transportar la savia elaborada obtenida del proceso de la fotosíntesis hacia la raíz, hojas, flores o frutos.

- **Largo, ancho y cantidad de hojas.**

Las hojas poseen funciones básicas para la planta, Como son: -

Realizar la fotosíntesis: durante este proceso la materia inorgánica (CO_2 , agua y sales minerales) se transforma en materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas) gracias a la energía luminosa del sol. Producir la transpiración: las hojas pierden agua en forma de vapor a través de los estomas.

Realizar el intercambio gaseoso: a través de los estomas entra el oxígeno, necesario para la respiración celular, y el CO_2 que se utiliza en la fotosíntesis. Ambos gases también salen a través de los estomas, el oxígeno producido en la fotosíntesis y el dióxido de carbono procedente de la respiración celular.

A los 48 días de la siembra las plantas de papaya, cuando se utiliza la mezcla de sustratos se alcanza el largo mayor de las hojas y mayor número de hoja en plantas vigorosas y con un desarrollo del sistema radicular adecuado. En los diferentes sustratos secos empleados (Tabla 4), el menor valor es para el SRS, los tres tratamientos presentan diferencias significativas.

Los valores obtenidos en el ancho de las hojas también indican que los mejores resultados son los de la mezcla de sustratos.

- **Raíces.**

La raíz es el órgano especializado en absorber el agua y los minerales (savia bruta) del suelo, principalmente a través de los pelos absorbentes. La raíz conduce hasta el tallo a través de su xilema, el agua y los minerales absorbidos del suelo; además recibe del tallo compuestos orgánicos (Savia elaborada) provenientes de los lugares fotosintéticos. Estos alimentos son transportados por el floema a todas las células de la raíz para su nutrición.

En la tabla 4, los valores obtenidos en el largo de las raíces indican que los mejores resultados se presentan en la mezcla de sustratos, luego el humus, y el menor el SRS. El análisis estadístico refleja que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos. El mismo comportamiento se presenta en el número de raíces. En la Figura 1 se puede observar la diferencia de las raíces en la mezcla de sustrato y solo.

Tabla 4. Evaluación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* y el humus en el cultivo de la Papaya Maradol roja

Cultivo de la Papaya Maradol Roja				
Parámetros Morfológicos		SRS	Humus	Mezcla (T1 :T2)
		T1	T2	T3
Tallo	Longitud(cm)	6,6 ± 0,2 ^c	10,4 ± 0,2 ^b	13,6 ± 0,2 ^a
Hojas	Cantidad	6 ± 0,2 ^c	7 ± 0,2 ^b	8 ± 0,0 ^a
	Ancho(cm)	5,4 ± 0,2 ^c	6,0 ± 0,3 ^b	7,6 ± 0,1 ^a
	Largo(cm)	6,6 ± 0,5 ^c	7,3 ± 0,7 ^b	8,0 ± 0,1 ^a
Raíces	Cantidad	28,2 ± 1,1 ^c	32,0 ± 2,1 ^b	41,6 ± 1,1 ^a
	Largo(cm)	7,1 ± 0,1 ^c	8,4 ± 0,4 ^b	11,3 ± 0,3 ^a

Letras diferentes para cada parámetro morfológico, indica diferencias significativas entre los tratamientos

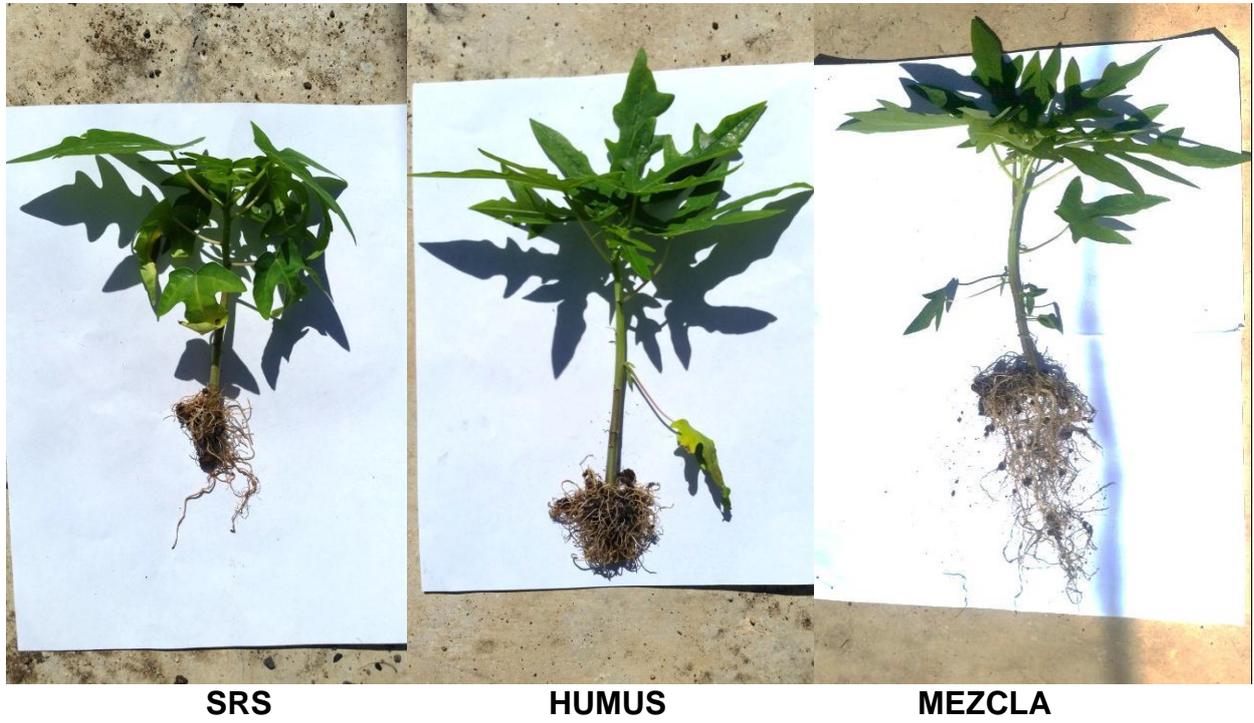


Figura 1. Muestras de plantas de papaya Maradol roja que se desarrollaron sobre diferentes tipos de sustratos.

Estos resultados son muy alentadores, pues es un nuevo sustrato alternativo para este proceso, donde se pueden ensayar aún mayores proporciones de SRS de *Pleurotus sp.* En la Figura 3, se pueden ver la vitalidad de las posturas obtenidas.

IV.4 Efecto del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* y el humus en la fase de aclimatación del Plátano Gran Enano

Para la realización de la investigación se utilizó un diseño de bloque al azar, por triplicado, es decir, con tres réplicas. Se trabajó bandejas blancas, rígidas, de poliespuma de procedencia cubana de 70 alvéolos, por triplicado para cada abono, agregándole 70 g del sustrato por hueco. Se pesó el sustrato en una pesa digital manual con capacidad hasta 10 kg y se tomó una vasija desechable con capacidad de 70 gr para medir como patrón y rellenar el resto de los huecos.

Según ha planteado (Kitto, 1997), la micropropagación es una industria joven con excelente futuro, pero su incremento dependerá del desarrollo de nuevas técnicas para la automatización de los procesos y del mejoramiento de los sistemas de aclimatación de plantas. La biotecnología en el cultivo de plátano puede ser herramienta útil para acelerar los programas convencionales de propagación masiva de plantas y mejoramiento genético. (Galán. 2018).

Para lograr el desarrollo rápido y favorable de las plantas *in vitro* en esta fase, es preciso tener presente el manejo de un conjunto de factores dentro de los que se destacan la correcta selección y tratamiento del material de propagación, régimen de riego, intensidad luminosa, control de enfermedades especialmente las fungosas y empleo del sustrato acorde con las exigencias de las especies. En este caso, el estudio que se presenta va encaminado a la evaluación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp.*

La evaluación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* y el humus en la fase de aclimatación del Plátano (*Musa sp.*) fue estudiado (Bermúdez, 2019). En el mismo, la mezcla de humus: SRS se preparó en la relación de 1:1 en la aclimatación del plátano Gran enano. En este trabajo es interesante comentar que la Eficiencia biológica del proceso para la obtención del SRS de *Pleurotus sp* fue de 87 %, prácticamente igual que en el que se evalúa ahora, que fue de 88%. Se observó que los dos abonos orgánicos: la combinación humus: SRS y el humus puro presentaron las características fundamentales que se requieren para que un fertilizante orgánico se pueda utilizar en la adaptación de las vitro-plantas.

▪ Longitud del Tallo.

La aclimatización es el proceso final de una metodología de micropropagación generadora de plantas con algunas limitantes morfológicas y fisiológicas por las condiciones *in vitro* en que se desarrollan. Por ello, requieren estudios que logre altos porcentajes de supervivencia y permitan crecimiento y desarrollo continuo de las plántulas (Rodríguez et al., 2001).

Al realizar el análisis sobre la influencia que ejerce la mezcla de sustratos sobre el largo del tallo, es el tratamiento que presenta mejor respuesta, ya que este valor es superior al alcanzado por los sustratos solos (Tabla 6). Al realizar el análisis

estadístico, muestra que hay diferencias significativas entre los tres tratamientos. (Tabla 6).

- **Largo, ancho y cantidad de hojas.**

Teniendo en cuenta estas características de las vitroplantas en un inicio deben cultivarse las plantas en condiciones que se acerquen al ambiente *in vitro*, es decir, alta humedad relativa y baja intensidad luminosa y posteriormente debe reducirse gradualmente la humedad relativa y aumentar la intensidad luminosa para que las plantas se desarrollen en un ambiente parecido al de campo abierto con hojas, tallos y raíces adaptados a estas condiciones y completamente funcionales.

Adicionalmente, el ambiente *in vitro* (alta humedad relativa, baja intensidad luminosa, temperatura constante, bajo o nulo intercambio gaseoso en el frasco), condiciona cambios en la morfología de las plantas que influyen en la capacidad de supervivencia (hoja, tallo, raíces) y crecimiento.

En cuanto a los resultados del largo de las hojas se refleja una diferencia entre los tres sustratos, presentando mejor respuesta en los parámetros evaluados la mezcla de los sustratos, seguida por el humus y el SRS. Según el análisis estadístico realizado existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, en el caso de los valores obtenidos el mayor ancho de las hojas lo indica el T3, seguida por el T2, y el menor valor se encontró en el (T1) (ver tabla 5).

En investigaciones ya realizadas la mezcla del humus y SRS a una concentración 1:1 (Bermúdez, 2019) mostró mayor cantidad hojas, seguido por el humus y el SRS, en el largo de las hojas su mejor resultado lo presento el humus, mezcla y SRS, no siendo así para el caso del ancho de las hojas donde no existió diferencias significativas entre el humus y la mezcla.

Tabla 5. Parámetros evaluados en los diferentes tratamientos en la aclimatación del Plátano Variedad Gran Enano

Resultados de la Aclimatación del Plátano Variedad Gran Enano				
Parámetros a medir	No de Muestras	T1	T2	T3
Longitud del tallo (cm)	1	5,9	7,5	10,0
	2	6,0	7,6	10,5
	3	5,9	7,6	10,9
	4	6,1	7,4	11,0
	5	6,0	7,6	11,0
	Promedio	6,0	7,5	10,7
# de hojas	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	5	7	7
	2	6	7	7
	3	6	7	7
	4	5	6	7
	5	5	7	7
Promedio	5	7	7	
Ancho de las hojas (cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	7,0	8,0	8,5
	2	6,9	8,1	8,5
	3	6,5	8,1	9,0
	4	6,5	7,9	9,0
	5	6,5	8,2	9,0
Promedio	6,7	8,1	8,8	
Largo de las hojas (cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	13,0	15,0	17,0
	2	12,5	16,0	17,0
	3	12,0	16,0	18,0
	4	12,0	15,0	18,0
	5	12,0	16,2	18,0
Promedio	12,3	15,6	17,6	
# de Raíces	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	7	8	9
	2	6	9	9
	3	6	9	10
	4	6	8	10
	5	6	8	10
Promedio	6	8	10	
Largo de las Raíces (cm)	No de Muestras	T1	T2	T3
	1	15,0	20,0	28,0
	2	12,0	22,0	28,0
	3	12,0	22,0	30,0
	4	13,0	21,0	30,0
	5	13,0	21,0	30,0
Promedio	13,0	21,2	29,2	
T1 (SRS)		T2 Humus	T3 Mezcla 60% (SRS) - 40% de Humus	

Tabla 6. Evaluación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* y el humus en la fase de aclimatación del Plátano (*Musa sp*).

Aclimatación de vitroplantas de Plátano Gran Enano				
Parámetros Morfológicos		SRS	Humus	Mezcla (T1 :T2)
		T1	T2	T3
Tallo	Altura (cm)	6,0 ± 0,1 ^c	7,5 ± 0,1 ^b	10,7 ± 0,4 ^a
Hojas	Cantidad	5,4 ± 0,5 ^c	6,8 ± 0,4 ^b	7 ± 0,0 ^a
	Ancho(cm)	6,7 ± 0,2 ^c	8,1 ± 0,1 ^b	8,8 ± 0,2 ^a
	Largo(cm)	12,3 ± 0,4 ^c	15,6 ± 0,6 ^b	17,6 ± 0,5 ^a
Raíces	Cantidad	6,2 ± 0,4 ^c	8,4 ± 0,5 ^b	9,6 ± 0,5 ^a
	Largo(cm)	13,0 ± 1,2 ^c	21,2 ± 0,8 ^b	29,2 ± 1,1 ^a

Letras diferentes para cada parámetro morfológico, indica diferencias significativas entre los tratamientos.

▪ Raíces.

Los estudios acerca del comportamiento del sistema radical de las vitroplantas se han basado fundamentalmente en el análisis de la dinámica de crecimiento de las variables número de raíces, longitud de las raíces, masa fresca y seca (Ortiz, R., et al 2000), (Ramírez, L et al, 2010). El éxito de esta fase depende en gran medida del sustrato empleado funcionalmente para dar sostén mecánico a la planta y a la vez permite que las raíces tomen el agua, aire y los nutrientes necesarios.

Este sistema está formado por raíces adventicias que, originadas en el cilindro central del cormo o rizoma, emergen en todo su contorno en una franja de 15 a 20 centímetros de ancho, considerados desde la base de inserción de las vainas foliares hacia la base del rizoma (Tazan, L, 1995). El diámetro promedio de las raíces fluctúa entre 7 y 8 milímetros pero las más gruesas alcanzan hasta 10 milímetros de diámetro. Las primeras raíces emergidas tienen poca longevidad, pero a medida que aumenta la edad de la planta, aumentan en longitud y en duración de su actividad funcional

El objetivo del enraizamiento es preparar las plántulas para su restablecimiento en condiciones de suelo. En esta fase los brotes obtenidos durante la etapa de multiplicación, crecen hasta formar plantas completas y desarrollan un sistema radical que les permite ser trasplantadas a un sustrato en condiciones de vivero o invernadero.

Con respecto a la cantidad de raíces entre los abonos, se observa diferencias. La mezcla de sustratos con mayores valores, seguido del humus y el menor, el SRS. Ese mismo comportamiento se presenta para el largo, teniendo diferencias significativas para el análisis estadístico realizado (Tabla 6).

En investigaciones antes realizadas se demostró que no existió diferencias significativas entre la mezcla de los sustratos humus y SRS a una concentración 1: 1, el Humus y el SRS en cuanto a la cantidad de raíces, el largo de las mismas, mostraron mejores resultados en la mezcla, luego el humus, seguido por el SRS.

Por los resultados obtenidos se puede describir que los abonos orgánicos la mezcla y el humus, presentan las características fundamentales que se requieren para que un fertilizante orgánico se pueda utilizar en la adaptación de las vitroplantas como la estabilidad física, la capacidad de retención de nutrientes, capacidad de retención de agua y fertilidad. El sustrato favoreció el desarrollo foliar y radicular en las plantas cultivadas, cuestión de importancia debido a que este cultivo está considerado como de alta demanda de nutrientes lo que puede verse favorecido al disponer de un mejor sistema radicular, por lo que la obtención de posturas con buen desarrollo foliar, es vital para un buen desarrollo y calidad de las plantas, ya que tiene la facilidad de convertir con mayor facilidad el nitrógeno y el fósforo orgánico a formas asimilables (Agramontes y col, 1998). En la Figura 2 se puede observar la diferencia de las raíces en la mezcla de sustrato y solo.

En esta investigación se determinó el efecto estimulador del crecimiento que aporta el uso del SRS (T1) y humus de lombriz (T2) en la fase de aclimatación de cultivo *in vitro* de papaya Maradol roja y plátano Gran enano, siendo más efectivo en la mezcla de estos abonos orgánicos con una proporción de (40% humus: 60% SRS) correspondiente al tratamiento T3.

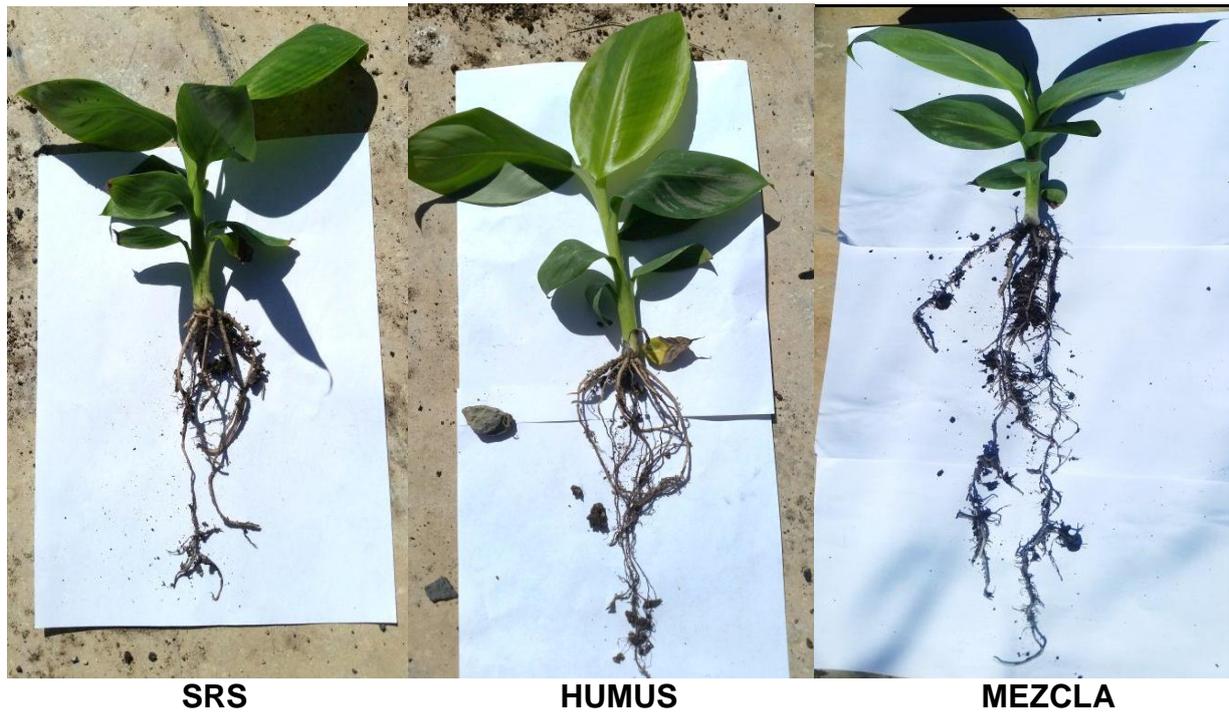


Figura 2. Muestras de plantas de plátano Gran enano que se desarrollaron sobre diferentes tipos de sustratos.

El estudio del humus de lombriz y el sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* a los cultivos en fase de aclimatación, ha demostrado ser beneficioso, con el aporte de sustancias orgánicas, nutrientes y minerales vitales, permite una mayor asimilación de nutrientes, transformándolos sin riesgo de degradación, se reduce el shock post trasplante, ayuda en la formación natural de micorrizas, es decir, la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta, lo cual favorece el fortalecimiento de esta, favorecen el crecimiento rápido y sano de los cultivos, permitiendo un mejoramiento considerable en las producciones agrícolas.

IV.5 Valoración económica y ambiental

La aplicación de la agricultura orgánica y la agroecología no es sólo un cambio de modelo tecnológico sino también de concepción agrícola. Este proceso en lo particular implica una transformación de la conciencia social hacia la agricultura y el conocimiento de los ciclos y procesos naturales para su explotación racional, acorde con el contexto en que se desarrolle. Cuba ha dado pasos firmes en esa transición que ha alcanzado una dimensión nacional y aunque los principales resultados logrados en esta etapa versan sobre la sustitución de insumos químicos por biológicos, ya se ha recorrido un importante camino, lo cual resulta una alternativa viable y atractiva de valoración del sustrato remanente de setas como abono orgánico, esto se puede demostrar con los resultados experimentales obtenidos al compararse con el Humus de lombriz.

Para valorar la sostenibilidad de esta alternativa agroecológica, se tuvo en cuenta que cada año en la zona oriental de país se genera un total aproximado de 50 000 toneladas de pulpa de café con un valor de comercialización de \$ 22.00 / ton , de acuerdo al valor ofrecido por los administrativos de las despulpadoras (García, 1999), de utilizarse toda esta materia prima en la tecnología de setas comestibles, se pueden producir un volumen de 14 000 toneladas de setas, que reportarían un ingreso igual a \$ 20/kg, que constituye una excelente fuente de alimento humano, generando un volumen considerable de sustrato remanente de setas, esta se puede vender como bagacillo predigerido a razón de 21,60 pesos / ton (González, 1994) y como abono orgánico, esto generaría ingresos adicionales, por ser un sustrato enriquecido de alta calidad y sumamente barato.

El humus de lombriz, se obtiene a través de un proceso biotecnológico, donde se reciclan los residuos (estiércol, etc.), para su procesamiento en un nuevo producto, reportando un sólo beneficio, la materia prima del humus utilizado en su obtención (estiércol) tiene un costo de 5 pesos/kg, para el acopio, transportación y comercialización, se requiere de maquinarias agrícolas especializadas, el ciclo de duración del proceso es de 60 - 120 días y se comercializa a 5000 pesos /ton. En tanto la obtención del sustrato remanente de setas dura solo 60 días, y ya se ha obtenido un alimento humano, las setas comestibles.

Los subproductos agroindustriales por su cantidad y difícil manejo causan contaminación a los suelos y provocan deterioro en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Una jerarquía lógica de gestión de la contaminación, está basada en el principio de que la contaminación debe evitarse o reducirse en la propia fuente de emisión siempre que sea factible, mientras que aquella que no pueda ser evitada debe reciclarse de una manera ambientalmente segura (Tabloide, 2006, Protección ambiental y producción + limpia).

Cuando se habla que es una tecnología limpia, es en base a la definición dada por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que define como producción más limpia, aquella donde se aplica de forma continua una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a la vida humana y al medio ambiente. (Tabloide, 2006, Protección ambiental y producción + limpia).

La agricultura se ha visto desplazada por la siembra de cultivos de uso ilícitos; unido a esto la carencia en manejo de residuos sólidos ha generado focos de contaminación orgánica, aumentando la presencia de plagas (roedores, moscas, entre otros) acrecentando los impactos sobre el suelo y por ende afectando la productividad de los mismos por lo que surge la necesidad de generar alternativas para evaluar residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus sp.*

El cultivo de las setas comestibles *Pleurotus sp*, es una tecnología que ayuda a reducir la fuente de contaminación, es limpia ya que de manera eficiente disminuye el riesgo, es generadora de un alimento altamente nutritivo y el subproducto que se genera (SRS) se puede utilizar como un complemento de la dieta animal y como fertilizantes orgánicos para la agricultura, en busca de un desarrollo sostenible, sustentable y ambientalmente seguro, que contribuya a elevar la productividad.

La utilización del SRS de pulpa de café como abono orgánico es una alternativa más para la producción en cultivos hortícolas, posturas de café y otros a partir de subproductos agroindustriales, para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible.

V.CONCLUSIONES

- En el cultivo de la papaya Maradol roja, la aplicación más efectiva del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* (SRS) es la mezcla del Humus y SRS a una concentración de 40%:60%.
- En la aclimatación de las vitroplantas de plátano Gran enano la aplicación más efectiva del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* (SRS) es la mezcla del Humus y SRS a una concentración de 40%:60%,
- La utilización del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp* como abono orgánico es una alternativa más para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo de una agricultura orgánica.

VI.RECOMENDACIONES

Hacer extensiva la aplicación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp.* de la pulpa de café como abono orgánico a otros cultivos de interés agrícola.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- amonte, P ; Jiménez, T; Dita, R.1998. Aclimatización. En: J PÉREZ, Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara: Ediciones GEO, 1998. ISBN 9597122022. Agr
- an, P., 2002. *Carica papaya* responses under cool subtropical growth conditions. Actas Horticultura, vol. 575, p. 757-763. All
- sail, M., Medero, V; Torres, M., 2013. Nueva alternativa para la micropropagación en inmersión temporal del cultivar de plátano vianda "INIVITPV2011" (AAB). Revista Colombiana de Biotecnología. 15(1), pp. 98-107. E-ISSN 1909-8758. Ba
- múdez, RC., García, N., Gross P., Serrano, M., 2001. Cultivation of *Pleurotus* On Agricultural Substrates in Cuba. Micología Aplicada Internacional, vol 13, núm. 1, p 25-29. Ber
- múdez, RC., García, N., Gross P., Mustelier, I., r Martínez, O., López, Y., 2019. Valor agregado del sustrato remanente obtenido en el cultivo de seta comestible-medicinal *Pleurotus ostreatus*, vol. 39, núm. 3, p 553-567. Ber
- múdez, RC., García, N., Gross P., Mustelier, I., 2010. Aprovechamiento de La *Pleurotina* como abono orgánico. Agricultura Orgánica, vol. 16, núm.2, p 28-29. Ber
- múdez, RC., García, N., 2010. Cultivo de setas comestibles (*Pleurotus*) en el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Cuba". En: D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales & V. M. Mora (Eds). Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo. Colegio de Posgraduados, p. 489-512. Ber
- múdez, RC., García, N., Serrano, M., Rodríguez, M., Mustelier, I., 2014. Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. Ber
- stro, L., Morales, LA., Aranguren, M., 2000. Fundamentos teóricos – prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya (*Carica papaya* L.) Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Facultad de Agronomía Ciudad de Matanzas. Ca

- Ch

ang, ST., 2007. Mushroom cultivation using the "Zeri" principle: potential for application in Brazil". *Micología Aplicada Internacional*, vol 19, núm. 2, p 33 - 34.
- Ch

avanne, E. R. J., Giardina., Noguera., 2008. Producción de caña semilla de alta calidad en el semillero básico de vitroplantas durante las campañas 2001–2007. Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar, 15, Tucumán, Argentina.
- Cle

mente, H., Marler, T., 2001. Trade winds reduce growth and influence gas exchange patterns in papaya seedlings. *Ann. Bot.*, vol. 88, p. 379-385.
- Cr

onquist, A., 1988. The evolution and classification of flowering plant. 2 ed. New York, US, The New York Botanical Garden. 555 p.
- Cr

uz, N.; Canchignia, H.; Morante, J., 2016. In vitro propagation of the Orito banana cultivar (*Musa acuminata* AA). *Biotechnología Aplicada*, vol 33, núm. 4, pp. 4201-4204.0864-4551.
- Del

Sol, L., García, M., Gálvez, D., Rodríguez, S., Torres, Y., Medero, V., López, J., Ventura, J., Cabrera, M., Rodríguez, S., Álvarez, M., Bauta, M., García, J., 2001. Efficient plant regeneration from somatic embryogenesis in papaya cv. INIVIT -2000. *Biotechnología vegetal y Agricultura sostenible. Resúmenes evento*, 133 -215. INIVIT
- De

Langhe, E., Vrydaghs, L., Maret, P., Pierrier, X., Denham, T., 2009. Why bananas matter: An introduction to the history of banana domestication. *Ethnobotany Research and Applications.*, vol 7, p 165-170.
- Eli

sashvili, V., 2008. *Lentinus edodes* and *Pleurotus* species lignocellulolytic enzymes activity in submerged and solid-state fermentation of lignocellulosics wastes of different composition". *Bioresource. Technology*, vol 99, p 457-462.
- FA

O, FIDA, UNICEF, PMA y OMS., 2018. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma: Ediciones FAO, ISBN, vol 978, num 92-5-130841, p-7.
- Gai

tán, H. R., Mata, R. M., Julián, A., Muñoz, E., 2012. Elaboración de abono bocashi con la paja obtenida del cultivo de *Pleurotus spp.* En: Sánchez JE, Mata G (eds)

Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica. El Colegio de la Frontera Sur. INECOL, p 181-190.

- Galardo, J., Posada, L., Kosky, R., Más, L., Reyes, M., Herrera, I., 2002. Micropropagación del híbrido Cubano de Papaya IBP42-99. *Biotecnología Vegetal*, vol 2, núm 4, p 211-215.
- Galardo, J., Kosky, R., Tejeda, M., Posada, L., Herrera, I., Reyes, M., García, L., Freire, M., 2004. Empleo de secciones de tallo de plantas *in vitro* de papaya (híbrido IBP 42-99) para obtener callos con estructuras embriogénicas. *Biotecnología Vegetal*, vol 4, núm 4, p 213-216.
- García, N., 2008. "Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentación en estado sólido de la pulpa de café con *Pleurotus spp*". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.
- García, N.; Bermúdez, R.C., y Serrano, A. M., 2011. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. *Tecnología Química*, XXXI, vol 3, p 15-22.
- George, E.F., Hall, M.A., D.E, klerk, G-J., 2008. *Plant propagation by tissue culture. The Background*. 3rd ed. Dordrecht: Springer, v.1, 501 p.
- Grande, C., 2016. Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales. Editorial Bonaventuriana, Cali, 180 p. ISBN: 978-958-8785-81-3.
- Herrera, J., 2017. Efecto de reguladores de crecimiento en la reproducción *in vitro* de *Musa sp.* cv Gran enano. *Revista Agro Productividad*, vol10, núm. 9, pp. 20-25. ISSN2448-7546.
- Howard, R., Abotsi, E., Jansen, E., Howard, S., (2003). Review Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology*, vol 2, No 12, pp 602-619.
- Instructivo Técnico del Cultivo de la Fruta Bomba., 2004. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales. INIVIT.
- Kitt, S. L., 1997. Commercial micropopagation. *Hort Science*. Vol 32 (6).

- Kri

korian, A.D.; Cronauer, S.S., 1984. Aseptic culture techniques for banana and plantain improvement. *Economic Botany*, New York, v.38, p.322-331, 1984.
- Li,

Y., 2012. Present development situation and tendency of edible mushroom industry in China. En: 18th Congress of the International Society for Mushroom Science. Beijing, China, pp. 3-9.
- Lu

na, F., et al. 2013. Efecto de residuos agroforestales parcialmente degradados por *Pleurotus ostreatus* sobre el desarrollo de plántulas de tomate". *Acta Biológica Colombiana*, vol18, núm 2, p 365-374.
- Ma

rtínez, C. D., Aguilar, W., Martínez, M., Bonilla, P., Morales, M., 2000. Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico" In: T. Sera, C. R. Soccol, A. Pandey & S. Roussos (Eds.) In: *Coffee Biotechnology and Quality*. Netherlands: Kluwer Academic, p. 471-488.
- Ma

rtínez, D., 2001. Aportes del humus de lombriz. URL. <http://www.geocities.com/ecohumus/elhumusde.Html>.
- Martínez, O; Bermúdez, R; Rodríguez, R; García, N. 2018. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas que incluyen sustrato remanente de la producción de setas. *Revista de Producción Animal*, vol,30, núm 2, pp. 25-31. ISSN 2224- 7920.
- Ma

rtínez, R., 2006. Abonos orgánicos y su contribución a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en Cuba. *Revista Agricultura Orgánica*, vol12, núm. 2, pp. 40-41. ISSN10282130. <https://www.minag.gob.cu//instructivotecnicofasedeaclimatizaciondebananos>.
- MI

NAGRI, 2005. Instructivo técnico para la producción de semillas de papaya en Cuba. La Habana.
- Mu

stelier, I., 2010. Aprovechamiento de la *Pleurotina* como Abono Orgánico.
- Mu

kherjee, R., Nandi, B., 2004. Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two *Pleurotus* sp. *Int Biodeterior Biodegradation*, vol 53, pp. 712.0964-8305.
- Mo

rris, Q., Humberto, J. G., Llauradó, M.Y., Lebeque, P. R., Fontaine, Á., Bermúdez,

- R.C, Oduardo, N., Gutiérrez, M., 2012 "Otros Usos de los Macromicetos" En: José E. Sánchez y Gerardo Mata (Eds). Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural. México: INECOL- ECOSUR, p 309-318.
- Ta
zan, L., 1995. Cultivo del Plátano en Ecuador. Guayaquil, Ministerio De Agricultura y Ganadería. pp.15-27.
 - Oei
, P., Zeng, H., Liao, J., Dai, J., Chen, M., Cheng, Y., 2008. Alternative uses of spent mushroom compost. In: Mushroom biology and mushroom products. Proceedings of the Sixth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, p 231-245.
 - OI
mos, S., Luciani, G., Galdeano, E., 2010. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal: II Capítulo Micropropagación. INTA. pp 353-362, 2010.
 - Or
ellana, P., 1998. Propagación vía organogénesis. En J. Pérez (Ed.), Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología, pp. 151-178. Cuba. Ediciones GEO.
 - Ort
iz, V., RA. et al. 1999. El cultivo del banano. San José, Costa Rica, EUNED, p 186.
 - Ot
ero.,2003.Maradol Roja certificada en línea en:
<http://www.semilladelcaribe.com.mx/paginas/tecno.htm>>
 - Pér
ez, G., N et al. 2003. Main characteristics and applications of solid substrate fermentation." Electron Journal Environmental Agricultural Food Chemistry, vol 2, núm 3, p 343 -350.
 - Pér
ez, J., 1998. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara: Ediciones GEO. ISBN 9597122022.
 - Ph
an, C. W and Sabaratnam, V., 2012. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. Appl. Microbiol. Biotechnol. Vol 96, pp.863-873.ISSN0175-7598.
 - Phi
lippoussis, A., 2011. Agro-food industry wastes and agricultural residues conversion high value products by mushroom cultivation ".Proceeding of 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, p. 344-356.

- sada, L., 2005. Aplicaciones de la biotecnología a la propagación de la papaya. Biotecnología Vegetal, vol 5, núm 2, p 67-79. Po
- ppe, J., 2005. Manual del cultivador de hongos." Publicado por Mush Word, Corea. Po
- hardjo, Y et al., 2006. Modeling conversión and transport phenomena in solid-state fermentation: A review and perspectives. Biotechnology Advances, vol 24, p 161-179. Ra
- ner, J., Ashok P., Gunter T., 2004. Biotechnologicals. Advances and Aplications in Bioconversion of Renewables Raw Materials. Germany: Doring DRUCK, 312p, ISBN 3-926-268-25-0. Rai
- mírez, L., et al., 2010. Efecto del sustrato y fertirriego en el crecimiento inicial de vitro-plantas de *Musa sp.* cv. Roatán. Naturaleza y Desarrollo, vol 8, p 2. Ra
- mos, D., Terry, E., 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, vol 35, núm. 4, p 52-59. Ra
- Rinker, DL., 2002. Handling and using spent mushroom substrate around the world". In Mushroom Biology and Mushroom Products. Sanchez et al eds. pp 43-6.
- dríguez, V., Nelson, et al., 2005."Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetalera". Cenícafé. Boletín Técnico núm. 27. Ro
- dríguez, A., et .al., 2006. Instructivo Técnico sobre el Cultivo Semiprotegido. Ministerio del Azúcar, La Habana, 55 p. Ro
- dríguez, G.; Ramírez, H., 2006. Efecto de diferentes sustratos y dosis de nitrógeno sobre el desarrollo de plantas de banano. En: Memoria de la XVII. Reunión Internacional ACORBAT. Joinville, Brasil, pp. 605-615. Ro
- dríguez, N. V y Jaramillo C., L., (2005). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetalera. Cení café.Colombia. Ro
- dríguez, M.; Bermúdez, R.; Bustamante, C., 2013. Evaluación de la pleurotina como abono orgánico para la producción de posturas de injertos interespecíficos de café. Rev Café Cacao., vol 12, núm 2, pp. 10-17. ISSN1680-7685. Ro

- es, C., et al., 2009. "Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in culture". *Interciencia*, vol. 34, núm. 6, p. 432-436. Sal
- nchez, J.E., Royse, D.J., 2002. *La Biología y el Cultivo de Pleurotus spp.* México, D.F. Limusa., vol 290 p. ISBN 968-18-6357-7. Sa
- o, G., 2003. *Abonos orgánicos. Principios, Características e Impacto en la Agricultura.* CATIE. UCR. Costa Rica, pp. 2049. Sot
- ndley, P.C.; Steyermark, J.A., 1952. *Flora of Guatemala.* Chicago, US, Chicago Natural History Museum. *Fieldiana Botany*, vol. 24, núm. 3, p 431. Sta
- z, L., y E. Zeiger., 2009. *Plant physiology.* Sinauer Associates, Massachussets, second edition, p 740-745. Tai
- bloide., 2006. *Protección ambiental y producción + limpia.* Ta
- jillo, D., 2008. *Cultivo in vitro del mortño VacciniumfloribundumKunth).* Tesis (B.S. en Biotecnología), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales; Quito, Ecuador. Tru
- chez, J. et al. 2007. *Aclimatización de vitroplantas de zábila (Aloe vera (L.) Burm. f): efectos del sustrato* *1 Rev. Fav. Agron.* 24 Supl. 1: 57-61. Vil
- ylsteke, D., Langhe, E., 1985. *Feasibility of in vitro propagation of bananas and plantains.* *Tropical Agriculture, Trinidad*, vol.62, núm.4, p.323-328. Vu
- hers, LA., 1987. *The low temperature preservation of plant cell, tissue and organ cultures and seed for genetic conservation and improved agriculture practice.* En: Grout BWW, Morris GJ (eds.). *The effects of low temperature on biological systems*, pp. 389-409. Edward Arnold Ltd, London. Wit
- mora, I., 2004. *Comportamiento de plantas in vitro de Banano (Musa spp.cv. FHIA-18) en fase de aclimatización.* Trabajo de Diploma. Facultad Ciencias Agrícolas. Centro Universitario. Vladimir Ilich Lenin. Las Tunas. Za

V III.ANEXOS

ANEXO 1.

La ubicación taxonómica según del Plátano Standley, Steyermark, (1952) y Cronquist, (1988) es la siguiente:

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Liliopsida*
Subclase: *Zingiberidae*
Orden: *Zingiberales*
Familia: *Musaceae*
Género: *Musa*
Especie: *M. Paradisiaca*

ANEXO 2.

Segun Chandler (1967) y Mederos (1991) la Ubicación taxonómica de la Papaya es la siguiente:

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliatae.*
Subclase: *Dilleniidae*
Orden: *Violales.*
Familia: *Caricaceae.*
Género: *Carica.*
Especie: *Carica papaya.*

ANEXO 3.

Tabla 7. Caracterización química (% base seca) del SRS (Mustelier, 2010) y el humus de lombriz (Martínez, 2001).

Caracterización química	SRS	Humus
Materia orgánica	75,91	70,79
Nitrógeno	3,44	2,91
Fosforo	0,14	2,01
Potasio	1,74	1,80
Calcio	0,38	4,60
pH	7,1	6,8
Hierro	1,38	0,60
Magnesio	0,08	0,64

ANEXO 4.



Figura 3. Papaya Maradol roja a los 48 días.



Figura 4. Plátano Gran enano en fase de aclimatación.

ANEXO 5.

Tratamiento estadístico de los resultados del Plátano variedad Gran enano

Tabla 8.Plátano variedad Gran enano. Altura del tallo.

Plátano Variedad Gran Enano				Altura del tallo		
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Shapiro-Wilk W	0,881	0,7709	0,8245			
p(normal)	0,314	0,04595	0,1264			
Anderson-Darling A	0,3644	0,6028	0,468			
p(normal)	0,2732	0,05166	0,1313			
p(Monte Carlo)	0,3056	0,0507	0,1429			
Jarque-Bera JB	0,3754	0,7703	0,7514			
p(normal)	0,8289	0,6803	0,6868			
p(Monte Carlo)	0,7568	0,1659	0,1805			
Kruskal-Wallis test for equal medians					Mann Whitney	
H (chi2):	12,5			T1		
Hc (tie corrected):	12,66			T2	0,01066	0,01141
p (same):	0,001784			T3	0,01141	0,01091
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Min	5,9	7,4	10			
Max	6,1	7,6	11			
Mean	5,98	7,54	10,68			
Std. error	0,03741657	0,04	0,1933908			
Variance	0,007	0,008	0,187			
Stand. dev	0,083666	0,08944272	0,432435			
Median	6	7,6	10,9			
25 prcntil	5,9	7,45	10,25			
75 prcntil	6,05	7,6	11			
Skewness	0,5122408	-1,257788	-1,257646			
Kurtosis	-0,6122449	0,3125	0,5138837			
Geom. mean	5,979533	7,539573	10,67285			
Coeff. var	1,399097	1,186243	4,049017			

Tabla9. Plátano variedad Gran enano. Cantidad de hojas.

Plátano Variedad Gran Enano				Cantidad de hojas		
	T1	T2	T3			
N		5	5			
Shapiro-Wilk W	0,684	0,5522				
p(normal)	0,00647	0,000131				
Anderson-Darling A	0,7995	1,205				
p(normal)	0,01293	0,0007517				
p(Monte Carlo)	0,0102	0,0001				
Jarque-Bera JB	0,8391	1,888				
p(normal)	0,6573	0,3891				
p(Monte Carlo)	0,133	0,0001				
Kruskal-Wallis test for equal medians						
				T1	T2	T3
H (chi2):	8,82			T1	0,01491	0,006502
Hc (tie corrected):	11,43			T2	0,01491	0,4237
p (same):	0,003291			T3	0,006502	0,4237
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N		5	5	5		
Min		5	6	7		
Max		6	7	7		
Mean		5,4	6,8	7		
Std. error	0,244949		0,2	0		
Variance	0,3		0,2	0		
Stand. dev	0,5477226	0,4472136	0			
Median	5	7	7			
25 prcntil	5	6,5	7			
75 prcntil	6	7	7			
Skewness	0,6085806	-2,236068	0			
Kurtosis	-3,333333	5	0			
Geom. mean	5,378269	6,787482	7			
Coeff. var	10,14301	6,576671	0			

Tabla 10. Plátano variedad Gran enano. Ancho de hojas.

Plátano Variedad Gran Enano				Ancho de hojas		
	T1	T2	T3			
N		5	5	5		
Shapiro-Wilk W	0,7416	0,9609	0,684			
p(normal)	0,02485	0,814	0,00647			
Anderson-Darling						
A	0,6759	0,2318	0,7995			
p(normal)	0,03087	0,6205	0,01293			
p(Monte Carlo)	0,0252	0,7265	0,0112			
Jarque-Bera JB	0,7864	0,2887	0,8391			
p(normal)	0,6749	0,8656	0,6573			
p(Monte Carlo)	0,1546	0,8623	0,1312			
Kruskal-Wallis test for equal medians				T1	T2	T3
H (chi2):	12,5			T1	0,01091	0,009937
Hc (tie corrected):	12,73			T2	0,01091	0,01066
p (same):	0,001723			T3	0,009937	0,01066
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N		5	5	5		
Min		6,5	7,9	8,5		
Max		7	8,2	9		
Mean		6,68	8,06	8,8		
Std. error	0,1113553	0,0509902	0,1224745			
Variance	0,062	0,013	0,075			
Stand. dev	0,248998	0,1140175	0,2738613			
Median		6,5	8,1	9		
25 prcntil		6,5	7,95	8,5		
75 prcntil		6,95	8,15	9		
Skewness	0,6995781	-0,404796	0,6085806			

Tabla 11. Plátano variedad Gran enano. Largo de hojas.

Plátano Variedad Gran Enano				Largo de hojas		
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Shapiro-Wilk W	0,7709	0,7754	0,684			
p(normal)	0,04595	0,05031	0,00647			
Anderson-Darling A	0,6028	0,5966	0,7995			
p(normal)	0,05166	0,05395	0,01293			
p(Monte Carlo)	0,0459	0,0505	0,0119			
Jarque-Bera JB	0,7703	0,771	0,8391			
p(normal)	0,6803	0,6801	0,6573			
p(Monte Carlo)	0,1638	0,1687	0,1282			
Kruskal-Wallis test for equal medians				T1	T2	T3
H (chi2):	12,5			T1	0,0107	0,0099
Hc (tie corrected):	12,75			T2	0,0107	0,0104
p (same):	0,001703			T3	0,0099	0,0104
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Min	12	15	17			
Max	13	16,2	18			
Mean	12,3	15,64	17,6			
Std. error	0,2	0,2638181	0,244949			
Variance	0,2	0,348	0,3			
Stand. dev	0,4472136	0,5899152	0,5477226			
Median	12	16	18			
25 prcntil	12	15	17			
75 prcntil	12,75	16,1	18			
		-	-			
Skewness	1,257788	0,5182899	0,6085806			
Kurtosis	0,3125	-3,174792	-3,333333			
Geom. mean	12,29361	15,63103	17,59313			
Coeff. var	3,635883	3,771837	3,11206			

Tabla 12. Plátano variedad Gran enano. Cantidad de Raíces.

Plátano Variedad Gran Enano				Cantidad de Raíces			
	T1	T2	T3				
N		5	5			5	
Shapiro-Wilk W	0,5522	0,684				0,684	
p(normal)	0,000131	0,00647				0,00647	
Anderson-Darling A	1,205	0,7995				0,7995	
	0,000751						
p(normal)	7	0,01293				0,01293	
p(Monte Carlo)	0,0001	0,0118				0,0097	
Jarque-Bera JB	1,888	0,8391				0,8391	
p(normal)	0,3891	0,6573				0,6573	
p(Monte Carlo)	0,0001	0,1304				0,134	
Kruskal-Wallis test for equal medians					T1	T2	T3
				T1		0,0086	0,0086
H (chi2):	11,58			T2	0,0086		0,0269
Hc (tie corrected):	12,19			T3	0,0086	0,0269	
p (same):	0,002255						
There is a significant difference between sample medians							
	T1	T2	T3				
N	5	5	5				
Min	6	8	9				
Max	7	9	10				
Mean	6,2	8,4	9,6				
Std. error	0,2	0,244949	0,244949				
Variance	0,2	0,3	0,3				
	0,447213	0,547722					
Stand. dev	6	6	0,5477226				
Median	6	8	10				
25 prcntil	6	8	9				
75 prcntil	6,5	9	10				
		0,608580	-				
Skewness	2,236068	6	0,6085806				
Kurtosis	5	-3,333333	-3,333333				
Geom. mean	6,187862	8,385925	9,587315				
Coeff. var	7,213123	6,520507	5,705443				

Tabla 13.Plátano variedad Gran enano. Largo de las Raíces.

Plátano Variedad Gran Enano				Largo de raíces
	T1	T2	T3	
N	5	5	5	
Shapiro-Wilk W	0,8327	0,881	0,684	
p(normal)	0,1458	0,314	0,00647	
Anderson-Darling A	0,4638	0,3644	0,7995	
p(normal)	0,1354	0,2732	0,01293	
p(Monte Carlo)	0,1525	0,3075	0,0096	
Jarque-Bera JB	0,7465	0,3754	0,8391	
p(normal)	0,6885	0,8289	0,6573	
p(Monte Carlo)	0,1869	0,7543	0,1252	
Kruskal-Wallis test for equal medians				
				T1 T2 T3
H (chi2):	12,5			T1 T2 0,0112 0,01042
Hc (tie corrected):	12,7			T2 0,0112 0,01042
p (same):	0,001743			T3 0,0104 0,0104
There is a significant difference between sample medians				
	T1	T2	T3	
N	5	5	5	
Min	12	20	28	
Max	15	22	30	
Mean	13	21,2	29,2	
Std. error	0,5477226	0,3741657	0,4898979	
Variance	1,5	0,7	1,2	
Stand. dev	1,224745	0,83666	1,095445	
Median	13	21	30	
25 prcntil	12	20,5	28	
75 prcntil	14	22	30	
				-
Skewness	1,360828	0,5122408	0,6085806	
				-
Kurtosis	2	0,6122449	-3,333333	
Geom. mean	12,95592	21,18667	29,18341	
Coeff. var	9,421114	3,94651	3,751524	

ANEXO 6

Tratamiento estadístico de los resultados del cultivo de la papaya variedad Maradol roja.

Tabla 14. Papaya variedad Maradol roja. Largo de las Raíces.

Papaya Variedad Maradol Roja				Altura del tallo		
N	5	5	5			
Shapiro-Wilk W	0,684	0,684	0,684			
p(normal)	0,00647	0,00647	0,00647			
Anderson-Darling A	0,7995	0,7995	0,7995			
p(normal)	0,01293	0,01293	0,01293			
p(Monte Carlo)	0,0089	0,0098	0,0105			
Jarque-Bera JB	0,8391	0,8391	0,8391			
p(normal)	0,6573	0,6573	0,6573			
p(Monte Carlo)	0,1325	0,1364	0,1268			
Kruskal-Wallis test for equal medians				T1	T2	T3
H (chi2):	12,5			T1	0,0097	0,0097
Hc (tie corrected):	12,84			T2	0,0097	0,0097
p (same):	0,001625			T3	0,0097	0,0097
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Min	6	10	13			
Max	7	11	14			
Mean	6,6	10,4	13,6			
Std. error	0,244949	0,244949	0,244949			
Variance	0,3	0,3	0,3			
Stand. dev	0,5477226	0,5477226	0,5477226			
Median	7	10	14			
25 prcntil	6	10	13			
75 prcntil	7	11	14			
	-	-	-			
Skewness	0,6085806	0,6085806	0,6085806			
Kurtosis	-3,333333	-3,333333	-3,333333			
Geom. mean	6,581416	10,3886	13,59109			
Coeff. var	8,298827	5,266563	4,027372			

Tabla 15. Papaya variedad Maradol roja.. Cantidad de hojas.

Papaya Variedad Maradol Roja				Cantidad de hojas		
	T1	T2	T3			
N		5	5			
Shapiro-Wilk W	0,5522		0,684			
p(normal)	0,000131		0,00647			
Anderson-Darling A	1,205		0,7995			
p(normal)	0,0007517		0,01293			
p(Monte Carlo)	0,0001		0,0081			
Jarque-Bera JB	1,888		0,8391			
p(normal)	0,3891		0,6573			
p(Monte Carlo)	0,0001		0,1262			
Kruskal-Wallis test for equal medians				T1	T2	T3
H (chi2):	10,82			T1	0,0558	0,0056
Hc (tie corrected):	12,09			T2	0,0558	0,0065
p (same):	0,002365			T3	0,0056	0,0065
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N		5	5	5		
Min		5	6	8		
Max		6	7	8		
Mean		5,8	6,6	8		
Std. error		0,2	0,244949	0		
Variance		0,2	0,3	0		
Stand. dev		0,4472136	0,5477226	0		
Median		6	7	8		
25 prcnil		5,5	6	8		
75 prcnil		6	7	8		
Skewness		-2,236068	-0,6085806	0		
Kurtosis		5	-3,333333	0		
Geom. mean		5,785155	6,581416	8		
Coeff. var		7,710579	8,298827	0		

Tabla 16. Papaya variedad Maradol roja.. Ancho de hojas.

Papaya Variedad Maradol Roja				Ancho de hojas		
N	5	5	5			
Shapiro-Wilk W	0,684	0,8835	0,5522			
p(normal)	0,00647	0,3254	0,000131			
Anderson-Darling A	0,7995	0,4709	1,205			
p(normal)	0,01293	0,1286	0,000751			
p(Monte Carlo)	0,0093	0,1424	7			
Jarque-Bera JB	0,8391	0,05208	0,0001			
p(normal)	0,6573	0,9743	1,888			
p(Monte Carlo)	0,1286	1	0,3891			
Kruskal-Wallis test for equal medians						
				T1	T2	T3
H (chi2):	10,1			T1	0,204	0,0086
				T2	0,204	0,0088
					0,008	0,008
Hc (tie corrected):	10,87			T3	6	8
p (same):	0,004358					
There is a significant difference between sample medians						
	T1	T2	T3			
N	5	5	5			
Min	5	5	7,5			
Max	6	7	8			
Mean	5,4	6	7,6			
Std. error	0,244949	0,3162278	0,1			
Variance	0,3	0,5	0,05			
	0,547722		0,223606			
Stand. dev	6	0,7071068	8			
Median	5	6	7,5			
25 prcntil	5	5,5	7,5			
75 prcntil	6	6,5	7,75			
Skewness	0,608580	-2,3943E-				
	6	17	2,236068			
Kurtosis	-3,333333	2	5			
Geom. mean	5,378269	5,96629	7,597435			
Coeff. var	10,14301	11,78511	2,942195			

Tabla 17. Papaya variedad Maradol roja. Largo de hojas

Papaya Variedad Maradol Roja				Largo de hojas			
	T1	T2	T3		T1	T2	T3
N		5	5	5			
Shapiro-Wilk							
W		0,684	0,6975	0,5522			
p(normal)		0,00647	0,009014	0,000131			
Anderson-Darling A		0,7995	0,8503	1,205			
p(normal)		0,01293	0,00905	0,0007517			
p(Monte Carlo)		0,0107	0,0061	0,0001			
Jarque-Bera JB		0,8391	1,567	1,888			
p(normal)		0,6573	0,4567	0,3891			
p(Monte Carlo)		0,1336	0,0131	0,0001			
Kruskal-Wallis test for equal medians							
H (chi2):		10,82			T1		T3
Hc (tie corrected):		11,26			T2	0,0827	0,0086
p (same):		0,003584			T3	0,0827	0,0088
There is a significant difference between sample medians							
	T1	T2	T3				
N		5	5	5			
Min		6	6	8			
Max		7	7,8	8,3			
Mean		6,6	7,26	8,06			
Std. error		0,244949	0,3203123	0,06			
Variance		0,3	0,513	0,018			
Stand. dev		0,5477226	0,7162402	0,1341641			
Median		7	7,5	8			
25 prcntil		6	6,75	8			
75 prcntil		7	7,65	8,15			
Skewness		-0,6085806	-2,042831	2,236068			
Kurtosis		-3,333333	4,422899	5			
Geom. mean		6,581416	7,229128	8,05912			
Coeff. var		8,298827	9,865567	1,664567			

Tabla 18. Papaya variedad Maradol roja. Cantidad de Raíces.

Papaya Variedad Maradol Roja				Cantidad de Raíces			
	T1	T2	T3				
N		5	5			5	
Shapiro-Wilk W	0,684	0,91				0,9609	
p(normal)	0,00647	0,4677				0,814	
Anderson-Darling A	0,7995	0,2771				0,2318	
p(normal)	0,01293	0,4888				0,6205	
p(Monte Carlo)	0,0087	0,558				0,7341	
Jarque-Bera JB	0,8391	0,4236				0,2887	
p(normal)	0,6573	0,8091				0,8656	
p(Monte Carlo)	0,1309	0,6794				0,8564	
Kruskal-Wallis test for equal medians					T1	T2	T3
H (chi2):		12,5		T1		0,0107	0,0107
Hc (tie corrected):		12,66		T2	0,01066		0,0117
p (same):	0,001784			T3	0,01066	0,0117	
There is a significant difference between sample medians							
	T1	T2	T3				
N		5	5			5	
Min		27	30			40	
Max		29	35			43	
Mean		28,2	32			41,6	
Std. error	0,4898979	0,9486833	0,509902				
Variance		1,2	4,5			1,3	
Stand. dev	1,095445	2,12132	1,140175				
Median		29	32			42	
25 prcnil		27	30			40,5	
75 prcnil		29	34			42,5	
		-					
Skewness	0,6085806	0,5237828	-0,404796				
		-					
Kurtosis	-3,333333	-0,962963	0,1775148				
Geom. mean	28,18281	31,94441	41,58744				
Coeff. var	3,884557	6,629126	2,740806				

Tabla 19. Papaya variedad Maradol roja. **Largo de raíces.**

Papaya Variedad Maradol Roja				Largo de raíces			
	T1	T2	T3		T1	T2	T3
N		5	5	5			
Shapiro-Wilk W	0,8208	0,8912	0,684				
p(normal)	0,1185	0,3633	0,00647				
Anderson-Darling A	0,4376	0,3155	0,7995				
p(normal)	0,1636	0,3801	0,01293				
p(Monte Carlo)	0,1881	0,4256	0,0091				
Jarque-Bera JB	0,638	0,5355	0,8391				
p(normal)	0,7269	0,7651	0,6573				
p(Monte Carlo)	0,3134	0,4925	0,1241				
Kruskal-Wallis test for equal medians							
				T1		0,0114	0,01042
				T2	0,0114		0,01066
				T3	0,0104	0,0107	
H (chi2):	12,5						
Hc (tie corrected):	12,68						
p (same):	0,001763						
There is a significant difference between sample medians							
	T1	T2	T3				
N		5	5	5			
Min		7	8	11			
Max		7,2	9	11,5			
Mean		7,1	8,36	11,3			
Std. error	0,04472136	0,1860108	0,1224745				
Variance	0,01	0,173	0,075				
Stand. dev	0,1	0,4159327	0,2738613				
Median	7,1	8,3	11,5				
25 prcntil	7	8	11				
75 prcntil	7,2	8,75	11,5				
	2,22045E-						
Skewness	14	0,9922682	0,6085806				
Kurtosis	-3	0,4266765	-3,333333				
Geom. mean	7,099437	8,351873	11,29733				
Coeff. var	1,408451	4,975271	2,423551				

