



Universidad de Oriente
Facultad de Ciencias Naturales
Centro de Estudios de Biotecnología Industrial

APROVECHAMIENTO DE LA PLEUROTINA COMO ABONO ORGÁNICO

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

Mención Industrial.

Autor: Ing. Irene Mustelier Palenzuela

Tutores: Dra. C. Rosa C. Bermúdez Savón

Dra. C. Nora García Oduardo

Santiago de Cuba, 2010

Agradecimientos.

A mi tutoras por brindarme su tiempo y conocimiento.

A mis profesores por su ayuda en mi formación como futura máster.

A mis familiares por su dedicación y amor.

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

A todos muchas gracias.

Resumen.

El cultivo de las setas comestibles *Pleurotus* 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 agotado que se genera después de realizada la cosecha de las setas comestibles, “la Pleurotina” de acuerdo a su caracterización química, posee cualidades de compost superiores a otros abonos, por el alto porcentaje de materia orgánica (89%) y el contenido de nitrógeno (3.41%), lo que permite su utilización como fertilizante orgánico.

De la investigación realizada, se presentan los resultados del empleo de la Pleurotina de pulpa de café (*Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* variedad robusta), de la Planta de investigación – producción del CEBI como abono orgánico en tres cultivos hortícolas, de buen rendimiento en los organopónicos: la cebolla (*Allium cepa* L.), el ajo puerro chino (*Allium chinense* G. Don) y habichuela Lina. Las experiencias se realizaron, en los cultivos semiprotegidos de la Biofábrica Santiago, en el período comprendido de Junio a Diciembre 2009. Se trabajó en canteros de un metro cuadrado, por triplicado para cada abono y para el humus, empleado como control. Los resultados obtenidos en los parámetros morfológicos en los 90 días de cultivo, muestran que los mayores valores corresponden a los obtenidos con la aplicación de la pleurotina de la pulpa de café, no siendo significativas para el largo y el ancho de las hojas, pero sí para el peso de las mismas y por tanto para el rendimiento.

Con respecto a la habichuela Lina no hay diferencias significativas entre ambos abonos, por lo que el comportamiento de ambas fuentes orgánicas son semejantes en los rendimientos y en la buena calidad de los frutos, lo que demuestra que se puede emplear Pleurotina como abono orgánico en la agricultura en los cultivos hortícolas en organopónicos y huertos intensivos. Las experiencias desarrolladas en el proceso de aclimatación del plátano de la variedad Gran enano, los resultados obtenidos muestran que estos dos abonos orgánicos la mezcla (humus: pleurotina) y el humus presentan las características fundamentales que se requieren para que un fertilizante orgánico se pueda utilizar en la adaptación de las vitroplantas. Se concluye que la utilización de la pleurotina de café como abono orgánico es una alternativa más para la producción de cultivos hortícolas a partir de subproductos agroindustriales, para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo de una agricultura orgánica, además de contribuir al desarrollo de una tecnología limpia y sostenible.

Summary.

The cultivation of the edible mushrooms *Pleurotus* have as finality to bring alternatives for used of agricultural by-products, especially, agriculture's sub products of coffee pulp to diminish the contamination. The spent substrate generated after the crop of the edible mushrooms, "*pleurotina*" according to her chemical characterization possesses qualities of superior compost, the high organic matter (89 %) and the content of nitrogen (3.41 %), which permits your use as organic fertilizer.

The *pleurotina* of coffee pulp (*Coffea arabica L.* and *Coffea canephora robust* variety), generated in investigation-production's plant of the CEBI was used as organic fertilizer in three horticultural cultivations: the onion (*Allium cepa L.*), the puerro garlie (*Allium chinense G.*) and kidney bean *Lina*. The experiences carried out in the cultivations of Biofábrica Santiago, in the period June-December 2009. It worked in stonecutters of a square meter, in triplicate for each organic fertilizer and for the humus employed as control. The obtained results of morphological parameters at 90 days of cultivation showed that the bigger values correspond with the application of *pleurotina* of coffee pulp of coffee, no significant for the length and the width of the sheets, but significant for the weight of the plant and for the yield.

With respect to the kidney bean *Lina* there was not differ significant between both organic fertilizer, in the yield and in the good quality of the fruits, which demonstrates that *pleurotina* can employ in organic agriculture and in the horticultural cultivations.

The developed experiences in the process of acclimatization of the banana (variety *Gran Enano*) showed that these two organic fertilizer: the mixture (*humus:pleurotina*) and *humus* presents the fundamental characteristics that it is required in order that an organic fertilizer is can use in the adaptation of the vitroplantas.

The *pleurotina* of coffee pulp as organic fertilizer is an alternative more for the production of horticultural cultivations from agroindustrial by-products, to contribute to the conservation of environment and to the development of organic agriculture, contributing to the development of clean technology and sustainable model.

INDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| I. Introducción..... | 6 |
| II. Revisión bibliográfica | 10 |
| II.1 La agricultura urbana y la suburbana | 10 |
| II.2 Los fertilizantes orgánicos en los cultivos..... | 12 |
| II.2.1 En la producción hortícola..... | 15 |
| II.2.2 En la producción de semillas (aclimatación)..... | 16 |
| II.3 Aprovechamiento de subproductos agrícolas como materia orgánica..... | 19 |
| III. Materiales y Métodos..... | 20 |
| III.1 Materiales, reactivos equipos..... | 20 |
| III.2 Caracterización de la pleurotina y el hunsu..... | 21 |
| III.3 Desarrollo de los experimentos:..... | 23 |
| III.4 Análisis estadístico..... | 25 |
| IV. Resultados y discusión..... | 25 |
| IV.1 Caracterización química de los sustratos empleados..... | 26 |
| IV.2 Producciones hortícolas..... | 28 |
| IV.3 Evaluación de la Pleurotina en Aclimatación..... | 34 |
| IV.4 Valoración económica y ambiental..... | 35 |
| V. Conclusiones..... | 36 |
| VI Recomendaciones..... | 37 |
| VII Bibliografía..... | 37 |
| VIII Anexos | |

Introducción

La Agricultura es el proceso de artificialización del ecosistema natural que canaliza la energía en forma de alimentos para las personas; es la encargada de satisfacer las necesidades de alimentos, fibras, forrajes y otros a lo más de 6200 millones de personas que habitan hoy en el mundo, y que en el 2050 se prevé existan 9800 millones (Orellana, 2002).

Existen diversas corrientes orgánica, biológica, biodinámica, alternativa, ecológica, sostenible, etc., cuyos principios no están en contradicción con el verdadero concepto de Agricultura. Todas ellas defienden la naturaleza y critican la llamada “convencional” o moderna cuyo modelo está basado en el uso de fuertes cantidades de insumos externos, con un gran consumo energético en forma de producción de agroquímicos y maquinaria, así como el empleo de semillas de variedades de alto rendimientos bajo esas condiciones, lo que exige grandes demandas de capital y crédito, y su objetivo principal es maximizar los rendimientos, sin preocupación de los efectos que causa la tecnología empleada sobre el medio físico y la salud humana.

En 1992 en la Cumbre de Río de Janeiro, Brasil, se convocó a utilizar todas las técnicas necesarias para lograr un desarrollo sostenible sin contaminación al medio ambiente.

El desarrollo sostenible solo es viable si existen condiciones ambientales saludables, las que deben estar en una interacción armónica entre los suelos, los animales, las plantas, el clima y los seres humanos. De tal forma, la agricultura tiene que ser asimilada como un sistema dinámico, con posibilidades para corregir perturbaciones en cualquiera de sus subsistemas. Precisamente la agricultura orgánica (AO) ha sido definida por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) como un sistema de cultivos que se funda en una correlación dinámica entre suelo-planta-animal-hombre y los demás componentes del medio ambiente, que está orientado al cierre de los ciclos de vida y se apoya esencialmente en los recursos naturales.

En Cuba como en ningún otro país de la región, existen las condiciones para el establecimiento de sistema de producción orgánica a escala nacional, debido a que muchos de los requerimientos necesarios para hacer agricultura orgánica, desde una dimensión socio-económica y ecológica, están implícitos en nuestro régimen, sistema político, económico y social, ya que tiene sus principales precursores en los grandes pensadores agrícolas cubanos como Álvaro Reinoso, Juan Tomás Roig y Julián Acuña entre otros, los cuales sentaron las bases de las mejores tradiciones agrícolas cubanas que hoy día mantienen su vigencia.

La producción orgánica es una forma alternativa para producir alimentos mediante tecnologías y medios agroecológicos, donde se combinan de forma armónica las experiencias empíricas de campesinos y productores con los resultados de las investigaciones científicas, entre los que se encuentran, el trabajo de mejoramiento de los suelos, la fertilidad de estos y la combinación con la producción de niveles significativos de materia orgánica, humus de lombriz y biofertilizantes en general.

Se destaca también el uso de variedades de cultivo y razas de animales tolerantes a estrés producido por enfermedades o ambientales, incluye además técnicas de explotación adaptadas a las diferentes condiciones edafoclimáticas locales y épocas del año, así como el manejo integrado de cultivo y animales para el desarrollo de acciones que contrarresten el efecto de las plagas mediante el empleo de tecnologías de manejo agroecológico y un amplio uso de formas de controles biológicos, biopreparados y medicina alternativa. Sin embargo, en la forma de producir orgánicamente, es significativo, además del mayor respeto de los recursos naturales y del medio ambiente para lograr una agricultura sustentable.

El concepto de agricultura sustentable es una respuesta relativamente reciente a la declinación en la calidad de la base de los recursos naturales asociada con la agricultura moderna. El concepto de sustentabilidad ha dado lugar a muchas discusiones y ha promovido la necesidad de poner ajustes mayores en la agricultura convencional para hacerla ambiental, social y económicamente más viables y compatible, (ACTAF- IIPF-MINAG (2008).

Se han propuesto algunas posibles soluciones a los problemas ambientales creados por los sistemas agrícolas, intensivos en capital y tecnología a partir de investigaciones que tienen como fin evaluar sistemas alternativos. El principal foco está puesto en la reducción o eliminación de agroquímicos, a través de cambio en el manejo, que aseguren la adecuada nutrición y protección de las plantas empleando fuentes de nutrición orgánicas y un manejo integrador de plagas, respectivamente.

Muchos agricultores se identifican orgullosamente a sí mismos como "ambientalistas originales", y explican que cuidan de su tierra y de los demás recursos naturales. La amplia mayoría de los agricultores no dañarían el suelo, su agua o ganado de manera intencional, si se reduce el costo de los insumos, los agricultores pueden aumentar las ganancias y ayudar a mantener económicos, los productos alimenticios.

Por las razones señaladas, muchos agricultores han adoptado técnicas agrícolas alternativas para reducir los riesgos que se relacionan con los productos químicos. Sin embargo, "La agricultura alternativa no es algo sencillo. Las prácticas agrícolas alternativas a menudo requieren de más información, mano de obra especializada, tiempo y habilidades de administración, por unidad de producción, que la agricultura tradicional. (Funes y col, 2001).

La agricultura alternativa no es un conjunto de prácticas o técnicas de administración bien definidas, puede ponerse en práctica en establecimientos agrícolas pequeños o grandes y es compatible con diferentes tipos de maquinaria. "Se trata más bien de una variedad de opciones tecnológicas y de administración, que se aplican en aquellos establecimientos que se están esforzando por reducir costos, proteger la salud y la calidad del medio ambiente, y mejorar las interacciones biológicas y procesos naturales beneficiosos," Sin embargo, sus técnicas no pueden aplicarse de manera uniforme en todos los cultivos ni en todas las regiones del país. Los diferentes climas y suelos afectan los costos y la viabilidad de los sistemas alternativos.

La idea de la agroecología es ir más allá del uso de prácticas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía, haciendo énfasis en los sistemas agrícolas complejos, en los cuales las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biológicos proveen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos.

Existen muchas fincas diseñadas y manejadas con principios agroecológicos. El éxito de tales propiedades está basado en la aplicación de los siguientes principios ecológicos. (Funes y col, 2001):

-Aumentar el reciclaje de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.

-Asegurar condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente **a través del manejo de materia orgánica** y aumentando la actividad biológica del suelo.

-Minimizar las pérdidas debidas a flujo de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, la cosecha, el agua y el manejo del suelo a través del aumento de cobertura.

-Diversificar específica y genéticamente el agroecosistemas en tiempo y espacio.

-Aumentar las interacciones biológicas y **los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad**, promoviendo procesos y servicios ecológicos fundamentales.

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* a partir de diferentes subproductos agroindustriales (pulpa de café, cáscara de cacao, cáscara de coco, aserrín y otros), 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 agotado (pleurotina) que representa el 40-50%, el cual al reciclarlo puede constituirse en complementos de la dieta animal y fertilizante o abono orgánico para la agricultura.

Problema

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.

Hipótesis

Con el empleo de la pleurotina de la pulpa de café como abono orgánico se puede aportar al desarrollo de cultivos hortícolas de forma sostenible.

Objetivo general

Utilizar la pleurotina de la pulpa de café como abono orgánico en cultivos hortícolas en condiciones de organopónicos en la Agricultura Urbana.

Objetivos específicos

- Evaluar la pleurotina como abono orgánico en el cultivo de cebollino, ajo puerro y habichuela.
- Evaluar la aplicación de la pleurotina como abono orgánico solo y combinado con humus en la fase de adaptación de vitroplantas de plátano.
- Analizar las ventajas económicas y ambientales de la pleurotina como abono orgánico.

II. Revisión Bibliográfica

La pulpa de café representa el 40% del café que se despulpa. Por su composición química rica en azúcares, ella presenta potencialidades que son atractivas para ser empleadas como materia prima en diferentes procesos o tecnologías de fermentación en estado sólido (FES) como son: producción de bioabono, producción de biogás, alimento animal, y como sustrato puro o mezclado en producción de setas comestibles. Estas tecnologías permiten utilizar un sustrato disponible y barato, eliminar la contaminación y a su vez generar beneficios en el orden económico, social y ambiental (Bressani, 1979; Bermúdez y col., 1999; Roussos y col., 2000; Martínez-Carrera y col., 2000; Chang, 2007).

Entre los microorganismos estudiados y empleados para la biotransformación de compuestos antes mencionados y a la vez producir setas comestibles dándole valor a la pulpa de café; está el *Pleurotus* spp. Al igual que la pulpa de café, subproductos agrícolas como la viruta de madera y las cáscaras de cacao y coco son empleados como sustratos naturales en FES, reportándose fundamentalmente como materias primas para la producción de setas comestibles (Poppe, 2005; Howard, 2003) por su composición de lignina, celulosa, hemicelulosa y otros. (Tabla 1)

II.1 La agricultura urbana y la suburbana

En los últimos años se ha desarrollado en Cuba un fuerte movimiento agrícola en las ciudades y asentamientos poblacionales, en búsqueda de soluciones al problema de la seguridad alimentaría nacional, que se denomina Agricultura Urbana. El objetivo de este movimiento es obtener la máxima producción de alimentos diversos, frescos y sanos en área disponibles anteriormente improductivas.

Esta producción se basa en prácticas orgánicas, que no contaminan el medio ambiente, en el uso racional de los recursos de cada territorio y en una comercialización directa con el consumidor; tiene un claro sentido de sostenibilidad, fundamentalmente en lo concerniente al amplio uso de la materia orgánica y de los controles biológicos, así como su principio de territorialidad que se observa en el aseguramiento de los insumos necesarios para la producción en cada provincia. Sus propias características, la diferencian de la agricultura convencional o de grandes extensiones, como por ejemplo; su diversidad y cantidad de actores sociales que participan en su desarrollo, lo que le infiere un matiz especial al extensionismo, donde se pueden innovar modelos de gestión o estilo de trabajo que conduzcan a alcanzar niveles de sostenibilidad dentro de cada territorio. Es una agricultura participativa, popular, en la cual la gran heterogeneidad de las condiciones en

que se desarrolla, obliga al productor a realizar constante ajustes en las técnicas a utilizar, para crear las mejores condiciones a las plantas o los animales en producción, por su ubicación geográfica y destino de consumo. Es una agricultura de bajos insumos, que no permite el uso de agrotóxicos, con extrema economía en el uso del agua, y exquisitez en el cuidado de la fertilidad de sus tierras, manejos de los cultivos y de los animales (Funes y col, 2001).

La agricultura urbana ha recibido y recibe una atención priorizada por la máxima dirección del Ministerio de la Agricultura y del Gobierno del país (Companioni y col, 2001).

Todo el accionar de la agricultura urbana se rige por un conjunto de principios a partir de los cuales se definen los objetivos específicos y su estructura, que tienen en cuenta varios principios básicos, entre ellos se destacan los relacionados con el objetivo de esta investigación: uso intensivo de la materia orgánica y los controles biológicos preservando la fertilidad de los suelos y sustratos, máxima utilización de todo el potencial existente para producir alimentos, fundamentalmente la fuerza laboral, el uso de residuos o subproductos para la nutrición vegetal y animal, y la distribución uniforme por todo el país.

Es un sistema con una estructura organizativa y productiva que consta de varios subprogramas que abarcan temas específicos como **la producción de hortalizas**, plantas medicinales, **condimentos**, granos, frutas, crianzas de animales; **producción de materia orgánica** y ciencia y técnica para la capacitación de sus recursos humanos, constituye uno de los ejemplos más representativos de las producciones, agroecológicas, orgánicas, sostenibles y sustentables.

II.1 1 Agricultura Sostenible

Es un concepto integrador de la economía y la ciencia aplicado a la agricultura.

Es utilizar adecuadas tecnologías con racionalidad, para lograr altos rendimientos sin degradar el suelo, ni contaminar las aguas y la atmósfera, que los recursos perduren a largo plazo con el máximo empleo de recursos propios y el mínimo de inversiones.

Una agricultura sustentable es aquella que logra realizar, el manejo y conservación de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales de manera de asegurar la satisfacción de las necesidades humanas de forma continuada para la presente y futuras generaciones.

Tal desarrollo sustentable conserva el suelo, el agua y recursos genéticos animales y vegetales; no degrada el medio ambiente; es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente

aceptable, además el empleo de productos biológicos con amplio espectro de acción, es decir, no únicamente como controles biológicos de agentes fitopatógenos, sino además como biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento vegetal no sólo se propicia la sanidad de los cultivos, sino también la sanidad del suelo, lo cual es muy importante si se tiene en consideración que de la fertilidad de un suelo depende su vida y ésta a su vez de un suministro continuo y diversificado de materia orgánica; así como de otras técnicas de cultivo y manejo de los suelos.

Por tanto la sostenibilidad y su sinónimo sustentabilidad se refieren al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

La agroecológica, promueve una agricultura natural, toma en cuenta el conocimiento empírico generacionalmente adquirido por el pequeño agricultor y donde la experimentación está comenzando a diseñar un enfoque holístico, pero muchas veces no todavía confirmado científicamente, (Funes y col, 2001).

II. 2 Los fertilizantes orgánicos en los cultivos.

Uno de los aspectos más importante para la sostenibilidad de los sistemas ecológico de producción es el equilibrio de la fertilidad del suelo, su uso indiscriminado provoca cambios en las condiciones para la vida en el suelo, destrucción de las asociaciones microbianas y los cambios de su actividad funcional y bioquímica, como fenómeno resultante aparecen la degradación paulatina de la fertilidad de los suelos, la contaminación del ambiente y la obtención de productos con menor calidad para el consumo humano y animal.

El sistema integrado orgánico de nutrición vegetal es el suministro de nutrientes a las plantas a un nivel óptimo que sostenga la productividad de los cultivos y la optimización de todas las fuentes de nutrientes orgánicos de forma integrada: abonos orgánicos, biofertilizantes, residuos de cosechas e industriales y abonos verdes. Se refiere fundamentalmente a los abonos orgánicos.

Abono orgánico es todo compuesto de origen natural que tenga propiedades fertilizantes o mejoradoras del suelo, y que no ha sido obtenida a través de un proceso de síntesis química. Son aquellos cuyos elementos nutritivos, parcial o completamente, se encuentran en forma de compuestos orgánicos de origen animal o vegetal, que aunque constituyen la fuente principal de las reservas de humus en el suelo, no todos juegan el mismo rol. Por ejemplo la mineralización de los estiércoles ocurre más intensivamente que los materiales turbosos, por lo que su participación en la formación de humus es menor que estos últimos, (Paneque y Calaña, 2004). Es decir, son

todos los materiales de origen orgánico que pueden ser transformados y usados con fines agrícolas: restos de cosecha (Plátano, maíz, frijol, etc.), cachaza, lodos residuales, residuales sólidos orgánicos urbanos, etc.

Los abonos orgánicos con estructura química y composición microbiana estabilizada, evitan el rompimiento del equilibrio biológico, facilitan una entrega programada de nutrientes y garantizan la incorporación de sustancias húmicas. Su aplicación tiene grandes ventajas; disgregan las arcillas en suelos compactos (los hacen mas sueltos), producen agregación en suelos ligeros y arenosos, aumentan la permeabilidad del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua del suelo, reducen la evaporación de agua, reducen la salinidad, producen CO₂ por oxidación y favorecen la fotosíntesis, estimulan la microflora del suelo, favorecen la capacidad germinativa de las semillas, estimulan el desarrollo radical, mejoran la calidad de la planta y el fruto, generan fuente de empleo a la comunidad, su manejo es sencillo, es fácil entender como se hacen, se aprovechan los materiales orgánicos residuales, no dañan el suelo, y cambia la costumbre de utilizar sólo el fertilizante químico. (Martínez Rodríguez, 2006).

El uso de estos fertilizantes orgánicos en la producción agrícola se ha convertido en una práctica internacional; sin embargo, en la actualidad ha cobrado un gran auge el uso de productos ecológicamente inocuos. Partiendo de esto, varias instituciones científicas cubanas han estado trabajando en la aplicación de ellos por no ser nocivos para el medio ambiente y por los beneficios que reportan a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El equilibrio de esta fertilidad orgánica, es uno de los aspectos más importante para la sostenibilidad de los sistemas ecológicos de producción, estos no muestran resultados espectaculares a corto plazo, sin embargo, a mediano y largo plazo se establece un equilibrio en los nutrientes del suelo y aumenta la capacidad productiva de forma sostenible, sin la necesidad de importar altos insumos externos para mantener la fertilidad; son utilizados por el hombre de forma empírica desde tiempos inmemoriales, al adicionarles a las plantas los desechos producidos por sus propias cosechas y estas se favorecían notablemente, más tarde, con el desarrollo de la ciencia se ha podido profundizar en las innumerables cualidades que poseen estos abonos. (Funes y col, 2001).

En las fuentes alternativas de abonos orgánicos se recomienda la utilización de abonos biodegradables para minimizar las pérdidas de nutrientes. Los abonos orgánicos provienen de la materia orgánica la cual se forma de las raíces de las plantas muertas, restos recién cortados de

hojas, frutos, tallos, ramas, cuerpos de insectos, gusanos y otros animales muertos; así como de microorganismos (metabolitos y biomasa) y de los distintos productos de la descomposición de restos animales y vegetales conocidos como fuentes orgánicas para la nutrición de las plantas. (Calero y col, 2008).

El compost, la lombricultura o vermicompost y los abonos verdes son tres de los abonos orgánicos más generalizados. Los dos primeros, permiten aprovechar los “desperdicios” de los cultivos y animales y convertir la materia orgánica en humus. ACTAF - IIPF-MINAG (2008).

El uso de estiércoles, cachaza, abono verde, compost, biotierra, humus de lombriz, residuos de centro de acopio, aguas residuales, cultivos de cobertura, biofertilizantes y el lodo de digestión anaerobia, ha contribuido a sustituir en distintos grados, los fertilizantes químicos, al incremento de los rendimientos y a mejorar las propiedades físicas de los suelos.

En las acciones que deben ser consideradas para evitar el proceso de degradación de los suelos y la pérdida de calidad de la materia orgánica en estos, tiene una importancia capital, la aplicación de los abonos orgánicos, especialmente los que tienen una estructura química y composición microbiológica establecida, ya que evitan el deterioro del equilibrio microbiano y facilitan un suministro “programado de los nutrientes”, a la par que garantizan la incorporación de sustancias húmicas al sistema coloidal del suelo(captura de carbono), Martínez,(2006).

Los avances obtenidos en la introducción y establecimiento de las tecnologías de producción de abonos orgánicos han sido importantes, aunque los niveles de producción actuales no satisfacen aún las necesidades crecientes de la producción para hacer sostenibles los rendimientos.

La fertilización en una agricultura ecológica debe ir encaminada a restituir o elevar el potencial productivo de un suelo y no a aportar nutrientes para un cultivo concreto, por consiguiente la fertilización mediante aporte de sustancias de naturaleza orgánica es más completa regular y equilibrada ya que una vez humificada, se mineraliza poco a poco lo que supone para la planta un aporte de sales elementales de forma gradual (Raigón ,2002)

La utilización de las diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos propician un aporte variado de nutrientes, ya que un solo abono no posee todos los elementos químicos-orgánicos necesarios para la nutrición del suelo; el uso combinado de esta fuente proporciona mayor capacidad de aporte tanto de macro como microelementos; los rendimientos que se obtienen son mayores cuando se combinan diferentes fuentes y el aumento de la cobertura del suelo y sustrato, conserva su fertilidad, evita la erosión y compactación.

Se tienen expresados los rangos a tener en cuenta para evaluar la calidad de los fertilizantes orgánicos (Rodríguez, 2006):

Superior: más del 50% de MO y C/N 15 a 10

Primera: 40 a 49% de MO y C/N 20 a 15

Segunda: 30 a 39% de MO y C/N 25 a 20

Tercera: menos de 30% de MO y C/N mayor de 25

El empleo indiscriminado de productos biológicos de diferentes orígenes, pudiera traducirse en un daño irreparable al medio ambiente si éstos no se aplican sobre bases científicas. Para mejorar o por lo menos mantener la fertilidad y la actividad biológica del suelo, la base de los programas de fertilización debe sustentarse en la utilización de materiales biodegradables de origen microbiano, vegetal o animal producido en las entidades orgánicas.

Los sustratos se preparan a base de mezclas de diferentes materiales degradados de la capa vegetal, en dicha mezcla un componente esencial es el suelo porque en él se encuentra la vida biológica, es decir microorganismos (diferentes cepas rizobacterianas) que hacen posible la nutrición de las plantas y además están presentes otros nutrimentos para las mismas. (Rodríguez Nodals, 2005).

II.2.1 En la producción de hortalizas

Las hortalizas son cultivos de alta demanda popular debido a sus múltiples usos. Su producción ha ido creciendo paulatinamente en el ámbito de la agricultura urbana y suburbana, debido entre otros factores, al trabajo sistemático del grupo nacional, al nivel técnico que han adquirido los productores, así como el hábito de consumo por la población, por lo que ya se tienen valoraciones acerca de las características que deben de cumplir los suelos para este fin (Rodríguez y col, 2007), y se observa que **aportando materia orgánica** se mejoran la mayoría de ellas.

El mejoramiento del suelo para el cultivo de Hortaliza, se puede realizar a través del **aportate de materia orgánica**, como estiércol, compost, turba, humus de lombriz, etc. Entre otros beneficios, estos abonos se deben aplicar al inicio de cultivar una tierra, como año tras año. Las investigaciones indican que, al cabo de 2 años de cultivos continuos sin aplicarle nutrientes al suelo, los valores de fósforo y potasio pueden bajar hasta la mitad, para el primero y hasta 3 veces, para el segundo. Igual ocurre con el contenido de materia orgánica fácilmente degradable,

que puede variar desde 45 % al inicio, hasta 15 a 20 % después de 2 años sin aplicaciones sistemáticas.

Este fenómeno se ve reflejado, diariamente en el rendimiento y se reportan disminuciones, en tomate, de 7,5 kg/m² hasta 3,5 kg/m² al cabo de 3 siembras sin aplicación de materia orgánica adicional.

Es indispensable restituir al suelo, para evitar su deterioro, todos los elementos fertilizantes que las cosechas le toman y los elementos asimilables que desaparecen luego de las aplicaciones de abonos, ya que los rendimientos de las cosechas son proporcionales a la cantidad del elemento fertilizante, que se encuentra al mínimo en el suelo en relación con las necesidades de las plantas. La insuficiencia de un elemento asimilable en el suelo reduce la eficacia de otros elementos y, por consiguiente, disminuye el rendimiento de las cosechas.

La materia orgánica constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas. La conservación y el manejo de los mismos, pueden ser la vía más económica para optimizar la nutrición vegetal y desempeña por tanto, un papel importante en la calidad de los suelos y sustratos. En este sentido el uso intensivo de abono orgánico es un factor determinante para la sostenibilidad de los rendimientos agrícolas.

La fertilidad y los rendimientos estables se pueden mantener utilizando aplicaciones de enmiendas orgánicas y prácticas fitotecnias.

Las aplicaciones de enmiendas orgánicas, constituyen una buena opción para mantener estable el rendimiento de los cultivos y también para mejorar las condiciones de fertilidad y propiedades físicas de los sustratos.

II.2.2 Producción de semillas (aclimatación)

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).

La micropropagación "in vitro" presenta grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales de propagación 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 %.

En esta propagación comercial pueden identificarse cinco etapas del proceso bien definidas, con sus objetivos específicos, se argumentará las últimas fases, enraizamiento y aclimatación por estar estrechamente vinculada con la investigación realizada.

El objetivo del enraizamiento es preparar las plántulas para su reestablecimiento 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.

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.

En el proceso normal de micropropagación, los brotes y plantas son cultivados en medios de cultivo con azúcares, vitaminas y otras sustancias orgánicas, lo que determina el desarrollo heterótrofo o mixótrofo de los mismos (nula o baja capacidad fotosintética). Sin embargo, durante la fase de adaptación (aclimatación) estas plantas están forzadas a ser completamente autótrofas y sintetizar los compuestos orgánicos necesarios a partir de minerales, agua, CO₂ y luz. 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.

Las técnicas de aclimatación deben dirigir los cambios hacia una reducción en la humedad relativa, aumento de la intensidad luminosa, crecimiento autótrofo y ambiente séptico característico del campo.

Sin embargo, por las características anteriormente descritas de las plantas propagadas in vitro es necesario tener una serie de cuidados durante su manipulación y trasplante a sustrato.

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.

Entre las características que debe cumplir un sustrato se tienen:

1) estabilidad física, no debe perder sus cualidades físicas hasta transcurrido un tiempo razonable. Por ejemplo que no se apelmace con demasiada rapidez.

2) densidad, el sustrato debe ser ligero para facilitar el manejo y transporte de los contenedores.

3) aireación, las raíces para desarrollarse necesitan una buena aireación, cuando se riega, una parte del agua drena dejando un espacio que ocupa el aire, este espacio debe ser como mínimo un 20 % del volumen total y a veces más.

4) acidez, para la gran mayoría de las plantas el pH óptimo se sitúa entre 5.5 y 6.5.

5) sanidad, debe estar libre de patógenos de cualquier tipo que puedan dañar las plantas.

6) capacidad de retención de nutrientes, los nutrientes se aportan generalmente por el agua de riego, el sustrato debe ser capaz de retenerlos, la medida de la capacidad de retención es la capacidad de intercambio iónico, que indica la facilidad con que el sustrato retiene y cede iones.

Un sustrato óptimo debe tener entre 15 y 50 meq/100 cm³.

7) capacidad de retención de agua, el sustrato debe retener la mayor cantidad de agua posible sin poner en peligro la aireación.

8) humedad, si se seca el sustrato, este debe ser capaz de volverse a humedecer con facilidad.

9) fertilidad, la planta debe encontrar en el sustrato los nutrientes que necesita, aunque estos pueden suministrarse externamente.

Entre los materiales que se utilizan en la preparación de sustratos se encuentran la turba, arenas y gravas, residuos de plantas y otros.

Otros productos orgánicos: Se utilizan también con mucha frecuencia los compost a partir de residuos agrícolas y el humus de lombriz. Para su empleo deben realizarse diagnósticos para asegurarse de que no contengan plagas o enfermedades perjudiciales para el cultivo. Se emplean en proporciones de 25 a 50 %.

En general, la cantidad de materiales disponibles para la adaptación de plantas es enorme y depende de las zonas de producción. Dado el alto volumen que se utiliza y el bajo valor de estos productos, deben buscarse fuentes de abasto localizadas en las cercanías de las instalaciones para adaptación.

II. 3 Aprovechamiento de subproductos agrícolas.

Durante el desarrollo de las actividades productivas de la mayoría de los cultivos agrícolas y de los procesos industriales relacionados con su transformación se generan grandes cantidades de residuos que por lo general son considerados subproductos de muy baja importancia económica, dentro los que predominan los de naturaleza lignocelulósica, subproductos fibrosos de interés como posible fuente directa de alimentos para animales, en la producción de alimentos para consumo humano y para la producción de energía y de fertilizantes (Rodríguez y Jaramillo, 2005).

Una forma de realizar la transformación de estos residuos para su aprovechamiento es mediante el cultivo de setas comestibles, ya que en ella, se incorpora los principios de la microbiología, la tecnología ambiental y la fermentación sólida para la bioconversión de subproductos agrícolas, una fuente valiosa de materia prima que debe ser aprovechada, explotando las propiedades de los microorganismos, en alimento para humanos. Desde inicios de esta década, varios investigadores han trabajado en la temática de aprovechamiento de los subproductos agrícolas e industriales, utilizando a los microorganismos como agentes protagonistas de esta utilización. (Quintero, 1985; Bermúdez, 1999; Garcías, 2008).

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, 1999)

Dentro de los productos lignocelulósicos de origen agroindustrial susceptibles de ser utilizados como sustratos en la Fermentación en Estado Sólida (FES), empleando *Pleurotus ostreatus*, se destacan: pulpa de café (Martínez-Carrera, 1987), la paja de caña (Klibansky,1993), la paja de arroz, (Gutiérrez,1995), hojas de plátano, (Guzmán 1993), paja de maíz, (Acosta-Urdapilleta, 1988), diferentes tipos de hierbas ; pulpa de café, la cáscara de cacao y cáscara de coco (Bermúdez, 2001). La FES brinda la posibilidad de producir por vía biotecnológica y de forma combinada, setas comestibles de *Pleurotus spp*, forraje beneficiado, pleurotina (Tabla 1); siendo

la única biotecnología que permite obtener mediante bioconversión de los residuos agrícolas alimento humano y alimento animal. La FES es además, la única biotecnología que reduce al mínimo los subproductos y residuos contaminantes y se considera como una de las vías de mayor sostenibilidad para el aprovechamiento de residuos sólidos.

En la agricultura el sustrato remanente obtenido luego del cultivo de las setas comestibles, puede ser aprovechado en la producción de hortalizas, re-utilización para el cultivo de hongos, como complemento en alimentación animal de granja y peces, manejo de plagas y en la biorremediación (Gutiérrez, 1998, Rinker 2002). En la mayoría de los casos, sin embargo su aprovechamiento ha sido desestimado y no recibe ningún uso posterior (Batista et al. 2000, Rinker 2002, De León et al. 2004), por esta razón, se buscan nuevas y mejores alternativas de aprovechamiento que hagan atractivo su reuso, recuperación o reciclaje, y en particular como fertilizante orgánico. Como fertilizante: puede emplearse en la horticultura como un componente de las mezclas de suelos, para enriquecerlo, (Delmastro S, Curvetto NR, 2008).

III. Materiales y Métodos

III.1 Materiales, reactivos y equipos utilizados en la investigación

Materiales:

- Pesas.
- Sacos.
- Pomos de 20 litros.
- Cubos.
- Matraces aforados de 50, 100 y 250 mL.
- Semillas y bulbos de plantas.
- Tenedor para remover el suelo.
- Pico.
- Rastrillo.
- Azadón.
- Pomos de 1 litro.
- Pipetas.
- Desecadora.
- Tamiz.
- Regaderas.

- Bandejas de poliespuma de 70 alvéolos (Cepellón)

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 %.

Equipos:

- Estufa. Frank Sborezumbi
- Mufla. 1300 Barnstead Thermolyne. Barnstead Internacional USA.
- Plancha eléctrica (MLW LP300)
- Balanza analítica. Labor Musgeripaper Muvek LB - 1050
- Balanza Técnica (OWA Labor)
- Espectrofotómetro. (UV/VLS (Shangai optical Instrument factory 53 WBI)
- PH- metro. (MLW AT3)
- Sistema de riego por microaspersión

III.2.1 Caracterización de la pleurotina y el humus

La pleurotina de la pulpa de café utilizada procede de diferentes ciclos productivos de setas comestibles:

Pleurotina L₁: procede de la cosecha de Diciembre del 2008.

Pleurotina L₂: procede de la cosecha de Febrero del 2009.

Pleurotina L₃: procede de la cosecha de Junio del 2009

Posteriormente se secaron al sol, durante tres días, se muele y se tamiza seleccionando para las experiencias el tamaño de partícula de 2 mm - 0,42 mm. En las Figuras 1 y 2 se presentan la pulpa de café y la pleurotina.

Humus de lombriz, procedente del Centro Provincial de Lombricultura de Santiago de Cuba.

El desarrollo experimental de la presente investigación, se realiza en la parcela del Organopónico semiprotegido de la Biofábrica Santiago de la Empresa de Semillas Varias, perteneciente al Ministerio de la Agricultura y el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente, específicamente en la Planta de Investigación - Producción de setas comestibles. Las experiencias de campo se realizaron en el período comprendido de Julio a Diciembre del 2009.

Durante el desarrollo del trabajo, para analizar la efectividad y calidad de la pleurotina y el humus, que se utilizaron como abono orgánico, se procedió a realizar la caracterización bromatológica y de minerales de los mismos.

Estas determinaciones se realizaron como servicios científico – técnico en dos laboratorios:

-Laboratorio Regional de Suelos de la ETICA. Se realizaron las determinaciones, empleando las técnicas que convencionalmente se realizan a los suelos, nitrógeno, fósforo, potasio.

Laboratorio analítico del CEBI, se realizó el análisis para la caracterización química de los sustratos utilizados (Pleurotina de Café y Humus). Se determinó: Cenizas, Cafeína, y Materia orgánica, los resultados se reportan en % base seca, y son promedio de tres determinaciones.

Determinación de Cenizas Totales

La incineración de la porción de ensayo en una atmósfera oxidante y posteriormente se pesa el residuo obtenido (ISO 2171:2002).

Determinación de Cafeína

Método espectofotométrico UV (Shufen, 1990)

pH se determina en el equipo pH Metro – Conductímetro

Materia orgánica: para tener el cálculo de materia orgánica se le restan las cenizas a la materia seca.

Los minerales se determinaron en el Laboratorio Regional de Suelos, ETICA.

Determinación de Nitrógeno Total.

Por el método Kjeldahl. Este método se basa en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, para convertir el nitrógeno orgánico en iones amonio que se transforman en amoníaco por alcalinización, el amoníaco se destila y se valora; con la cual se calcula el nitrógeno.

Fósforo. Se determinó por el método colorimétrico y el **potasio** se determinó por Fotometría de Llama en el equipo Corwing inglés.(APHA, 1998)

Determinación de la relación C/N

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 Standart Methods, 1998.

III.3 Desarrollo de los experimentos: cultivo hortícola y aclimatación

Las experiencias se realizaron en parcelas de los cultivos semiprotegidos de la Biofábrica Santiago, ubicada en la Carretera de Siboney Km. 6. La Redonda, de la Provincia Santiago de Cuba., en el período comprendido de Julio a Diciembre 2009. Las semillas empleadas en el desarrollo de este experimento, proceden de la Empresa de Semillas Varias, Santiago.

Se desarrolló los cultivos hortícolas sobre canteros enriquecidos con Pleurotina de pulpa de café (L₁, L₂ y L₃) comparado con humus, empleado como sustrato control.

III.3.2.Los datos climatológicos de temperatura promedio, presión promedio, precipitaciones se solicitaron en el Centro de Meteorología y aparecen en el Anexo 1.

III.3 .1 Tipo de suelo y sus características:

El suelo es Renzina Roja, típico, se encuentra en la categoría agroproductiva IV (muy poco productiva), sustentado sobre caliza dura, carbonatado, medianamente profundo (20-50 cm), con fuerte erosión y muy pedregoso. Son suelos recomendados para la siembra de forestales y ganadería.

III.3.3 Siembra del ajo puerro chino (*Allium chinense* G. Don) y semillas de cebollino de la familia *Aliáceas* del género (*Allium fistulosum* L.) variedad Ever Green y la habichuela Lina.

Para la realización de la investigación se utilizó un diseño de bloque al azar, por triplicado, es decir, con tres réplicas.

Se trabajó en canteros de un metro cuadrado, por triplicado para cada abono, agregándole 20 g del sustrato por planta. En el Ajo porro y Cebollino se conformaron los canteros con dimensiones de 1 m². La medición del peso de sustrato, se realizó en una lata con una capacidad de 20 g de pleurotina por cada bulbo sembrado a 10 cm de distancia para cada abono, comparándose el desarrollo y rendimiento de las mismas. (ver Fig.3)

Para el ajo porro la experiencia se desarrolló en dos etapas, sembrándose en la primera etapa L₁, L₂ y humus y en la segunda L₃ y humus.

En la Habichuela Lina, la conformación de los canteros se realizaron a un 1 m² de dimensión, por triplicado, y se emplearon los siguientes abonos L₂, mezcla (L₂: H) y Humus a una dosis de 20 g por planta distancia de siembra 2 hileras. La siembra se realizó a una distancia de 20 cm (ver Fig.4), comparando crecimiento vegetativo y calidad del fruto.

En el crecimiento vegetativo las observaciones se realizaron cada 7 días, y en la cosecha cada 3 días, según Rodríguez, 2007. 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.

Durante el crecimiento vegetativo se realizaron aplicaciones del estimulante foliar Bayfolan cada 7 días, aplicado a una dosis de 100 mL para 16 litros de agua en una mochila.

III.3.4 Aclimatación

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 vitroplantas de Plátano de la variedad Gran enano.

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, Pleurotina L₃, L₂, mezcla (L₂: Humus) y Humus.

Con los sustratos secos se procede según la metodología establecida en el Instructivo técnico de la Micropropagación del Plátano, 2004 (Anexo3).

III.4 Análisis estadístico

Para el estudio del fertilizante orgánico (pleurotina) se emplea un diseño experimental completamente aleatorizado realizándose un ANOVA de clasificación simple con tres replicas,. En este caso la unidad experimental lo constituyó el cantero de 1 m de ancho x 1 m de largo x 0.3 m de alto, en la cual se añaden 20 g de pleurotina por hueco para la siembra, empleando el fertilizante orgánico e humus de lombriz como control. 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.

Los datos fueron analizados estadísticamente por el Procesador de Datos STATGRAPHICS PLUS versión 5.0 para Windows, sistema operativo, en caso de existir diferencias entre las medias, se compararan según la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % (Zar JH, 1999) (Cochran, W. y G. Cox, 1990).

IV. Resultados y discusión

Las pleurotinas empleadas se obtuvieron del cultivo de la cepa CCEBI 3024 sobre pulpa de café, (Tabla 2), para evaluar la calidad de los resultados se emplean de tres lotes diferentes llamados

L₁, L₂ y L₃, analizando respectivamente los siguientes resultados : días de cultivo, eficiencia biológica (EB) Eficiencia biológica, EB definida como la relación en por ciento del peso de las setas frescas y el peso seco del sustrato.

$$EB = (\text{peso de las setas frescas} / \text{peso del sustrato seco}) \times 100 \quad (1)$$

y tasa de producción. Tasa de producción, TP definida como la relación en por ciento de la eficiencia biológica y los días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción.

$$TP = (\text{eficiencia biológica} / \text{días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción}) \times 100 \quad (2)$$

La pleurotina L₁ se cosecho a los 35 días después de la siembra, la eficiencia biológica obtenida es igual a 34.45 % y la tasa de producción de 0,9, en el caso de la pleurotina L₂ se cosecho a los 47 días, con una eficiencia biológica de 86,9 % y su tasa de producción es igual a 1,9, y la pleurotina L₃ se cultivo a los 60 días, tiempo establecido para la cosecha, eficiencia biológica de 119,3 % y su tasa de producción de 2. Como puede observarse la muestra L₁, que se cosecho antes del tiempo establecido es la que presenta menor EB, indica un grado de biodegradación menor.

Con el fin de conocer las cualidades de todos los sustratos, las pleurotinas y el humus se le realizaron la caracterización química.

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.

La caracterización química de los abonos orgánicos empleados (Tabla 3), muestra que la composición de nitrógeno de la pleurotina de café duplica el del humus de lombriz y el potasio también se encuentra en valores superiores. Se conoce que los hongos comestibles son capaces de degradar prácticamente cualquier residuo vegetal, 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. (Sánchez y Royse, 2002; Rinker, 2002).

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que la presencia de nitrógeno, también está asociada a las enzimas ligninolíticas presentes en la pleurotina (Howard, 2003).

La evaluación cuantitativa de la actividad enzimática ligninolítica de la pleurotina de café con diferentes cepas de *Pleurotus* fue realizada por (García, 2008) y se observó en todo momento mayor actividad de enzima lacasa que manganeso peroxidasa y versátil peroxidasa., en el caso de la cepa empleada en este trabajo la CCEBI 3024 los ordenes son entre $7,47 \cdot (10^2) - 2,5(10^2) \text{ Ug}^{-1}$ de sustrato seco. Estas enzimas tendrán una forma de actuación diferente a la de los iones nitrato, nitrito y otros.

La disminución observada del contenido de fósforo y potasio con respecto a la pulpa de café, se explica por Rodríguez y Jaramillo, (2005), debido a la asimilación de alto contenido de potasio y fosfato asimilable por parte del hongos, en su crecimiento y desarrollo. En el caso del potasio se puede observar en la pleurotina L₁, que su contenido es mayor debido a que presenta menor grado de biodegradación, reflejándose en los resultados obtenidos en la tasa de producción.

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 constantes de nutrientes a las plantas.

Las Pleurotinas de café (L₁, L₂, L₃) presentan un contenido de materia orgánica de: L₁=82,31%, L₂=89,80% y L₃=87,56%, 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 de las Pleurotinas de café 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)

La relación carbono nitrógeno (C/N) y el pH en los compuestos orgánicos son los que determinan cuando una materia orgánica esta 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.

Las Pleurotinas de café (L₁, L₂, L₃) presentan una relación C/N (14,97, 15,36, 14,89), 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), se considera ya descompuesto, estabilizado y apto para ser utilizado en el campo como fertilizante orgánico. 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 8,6; 8,1; 7,1 unidades para L₁, L₂ y L₃ respectivamente, que según lo establecido, las Pleurotinas 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 a las plantas.

IV.2 Cultivo Ajo porro (*Allium Porrum L*) empleando Pleurotina y Humus en condiciones de Organopónico

IV.2.1 Cinética de crecimiento de la parte aérea de las plantas de Ajo Porro

En la Fig. 5 se presenta la cinética de crecimiento de la parte aérea de las plantas de Ajo Porro, utilizando como abono orgánico las Pleurotinas de la pulpa de café (L₁ y L₂) y Humus de lombriz como control; se observa que las plantas sembradas en humus, en el primer corte a los 30 días de sembradas, alcanzaron una longitud en las hojas mayor, y/o igual a 32,5 cm de largo

promedio, seguida por la pleurotina (L_2) cuya longitud en las hojas fue de 30 cm, alcanzando el menor valor la pleurotina (L_1) igual a 20 cm; esto se debe a que los bulbos de Ajo Porro utilizados para la siembra, procedían de un cantero que estaba fertilizado con humus de lombriz; debido al cambio de fertilizante orgánico, las plantas recién sembradas sufrieron un estrés o retardo en el crecimiento durante los primeros 30 días de sembradas.

Ya en el segundo corte que se realizó a los 60 días posteriores a la siembra, se observó un cambio en la velocidad de crecimiento, alcanzando el valor más alto en el crecimiento, L_1 , con un valor igual a 39,7 cm, seguida del L_2 con crecimiento fue igual a 27,9 cm, y el humus igual 27,8 cm. Las plantas abonadas con pleurotina a partir del segundo corte, mantiene un crecimiento progresivo muy diferenciado del humus. La pleurotina L_2 en el tercer corte, es la que alcanza mayor crecimiento igual a 38,2 cm, seguida del L_1 con 36,1 cm de longitud y la más pequeña es el humus. Los resultados demuestran que la pleurotina tiene efecto fertilizante en las plantas, ya que, se incrementa en el contenido de ciertos minerales, debido a las pérdidas de compuestos solubles durante la fase de fermentación del sustrato y a las pérdidas de materia seca de este durante la fase de respiración del hongo, lo cual hace que los valores de estos parámetros se concentren (García, 1999) y los nutrientes pasen a formar moléculas más simples, favoreciendo la asimilación de los nutrientes por el sistema radicular de las plantas.

IV.2.2 Parámetros morfológicos de las plantas de Ajo Porro al término de los 90 días de cultivo.

Analizando los datos obtenidos de las mediciones, peso de las hojas cortadas (g) al terminar los 90 días de cultivo (Tabla 4) se observa, que el mayor valor corresponde al obtenido con la aplicación de la Pleurotina (L_2), seguida del Humus, reportando el menor valor el L_1 , siendo significativas las diferencias entre las muestras como se refleja en el análisis estadísticos realizado.

La determinación del peso seco de las hojas cortadas (g) para la pleurotina (L_1 y L_2) y el humus, refleja un incremento significativo de la biomasa de la planta sometida a la influencia de la pleurotina, que es rica en proteínas debido al existencia de micelio de *Pleurotus*, además, de estar biodegradada al presentar una disminución de elementos tóxicos y antinutricionales que estaban presentes en la pulpa de café inicial, encontrándose el humus el que menor valor de peso seco de las hojas cortadas (g) presenta, estadísticamente no hay diferencias significativas y se encuentran dentro del mismo grupo homogéneo.

Al realizar el análisis sobre la influencia que ejerce la pleurotina sobre el peso (g) de los bulbos recogidos del Ajo porro (*Allium porrum* L), se observa que la aplicación de la pleurotina (L₂) presenta mejor respuesta en cuanto a la ganancia en peso de esta estructura, (Tabla 4), llegando alcanzar un valor de 308,6g, siendo este valor superior al alcanzado por el humus (276,4 g), indicando que no hay diferencias significativas entre los dos por encontrarse dentro del mismo grupo homogéneo, pero al comparar el humus con la pleurotina (L₁) presentan diferencias significativas, lo mismo ocurre cuando se compara el L₂.

Los valores obtenidos en la cantidad de bulbos recogidos al terminar los 90 días de cultivos indican que los mejores resultados los reporta el humus, pero el análisis estadístico refleja que no existen diferencias significativas entre el humus y la pleurotina (L₂), tampoco existe diferencias entre las pleurotinas (L₂ y L₁), por el contrario si existe diferencias entre el humus y la pleurotina (L₁) como se puede observar en la (Tabla4).

En cuanto al peso (g) de las plantas, el mayor valor lo reporta la pleurotina (L₂),seguida por el humus, entre los dos sustratos hay diferencias significativas en el análisis estadísticos y el menor peso se encontró en la pleurotina (L₁), al compararla con las anteriores presenta diferencias significativas.

Se refleja el rendimiento (kg/m²) de cada una de las muestras, en los diferentes cortes que se hicieron, lo que refleja una mayor productividad en las plantas bajo la influencia de la pleurotina (L₂) con respecto al humus, diferenciándose entre ellos de forma significativa. Según el Manual Técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida 2007. Los rendimientos por corte para este tipo de cultivo oscilan entre 0,3 y 0,5 kg/m² y los rendimientos obtenidos son mayores de 0,3, lo cual sugiere que es posible la aplicación de este sustrato en los cultivos de especies alimenticias con buen rendimiento en organopónicos.

Se evidenció que las pleurotinas utilizadas son de fácil aplicación, logrando un suministro de nutrientes a las plantas a un nivel óptimo, que sostenga la productividad de los cultivos, debido a que aumenta la permeabilidad del suelo, mejoran la calidad de las plantas y frutos, además, que producen CO₂ por oxidación y favorecen la fotosíntesis. La composición química de la Pleurotina de la pulpa de café, demuestra que la misma reúne todas las características para utilizarse como fertilizantes. Trabajos similares a esto son reporta, (Valdés y col 1999, Izquierdo y col, 2003).

IV.2.3 Cinética de desarrollo de la planta de Ajo Porro en L₃ y humus.

Analizando los datos de la Fig.6 donde se compara el desarrollo de las plantas sembradas en Pleurotina L₃ y el Humus, la longitud de las hojas en el cultivo de Ajo Porro para ambos abonos, las plantas presentan un crecimiento similar en el primer corte realizado a los 28 días de cultivo o en la cuarta semana, alcanzando en L₃ una longitud de 25,6 cm y en el humus de 25,3 cm diferencia que no es significativa, aunque la pleurotina alcanzó el mayor valor en el crecimiento.

Luego se realizó el segundo corte en la quinta semana, con la aplicación de la pleurotina L₃, se logra mayor crecimiento, con una altura igual a 25,5 cm y el humus con 24,8 cm, comportándose el crecimiento de las plantas en los dos abonos bastante estables; ya a partir de la sexta a la novena semana de corte los valores del crecimiento de las plantas sembradas en humus son mayores que con L₃, aunque las diferencias no son significativas, lo que demuestra que la pleurotina L₃ produce un efecto beneficioso y estimulante en la fisiología y desarrollo de las plantas de ajo porro chino (*Allium chinense* G. Don), por tener un balance adecuado de nutrientes, comportándose como fertilizante orgánico y acondicionador de suelos.

IV.2.4 Parámetros morfológicos de las plantas de Ajo Porro en L₃ y humus al término los 90 días de cultivo.

En la Tabla 4a se presentan los resultados obtenidos, al compararse los dos abonos (Pleurotina L₃ y Humus) al término de los 90 días de cultivo, se observa que no hay diferencias significativas entre ellos en cuanto al peso de las hojas cortadas (g), peso seco de las hojas cortadas (g), peso (g) de los bulbos recogidos, peso (g) de toda la planta y en el rendimiento (kg/m²), este comportamiento similar en el incremento significativo de la biomasa de las plantas sometida a la influencia de estos abonos, es propiciado por la cantidad de elemento fertilizante (macro y micronutrientes), incorporados al suelo, propiciado de esta forma que las plantas asimilen la concentración adecuada para lograr un buen crecimiento foliar y radicular, favoreciendo el incremento de los procesos fotosintéticos y la fabricación de las sustancias de reservas que luego serán trasladada para su almacenamiento en los bulbos.

Al comparar la cantidad de bulbos recogidos, el mayor valor corresponde con la aplicación del humus, siendo significativa la diferencia entre ellos como refleja el análisis estadístico realizado, demostrando que no es un parámetro esencial que pueda influir en el desarrollo y rendimiento del cultivo, lo cual indica la posibilidad de utilizar uno u otro abono, sin detrimento en el desarrollo de este cultivo en dependencia de la disponibilidad de la fuente en el territorio

IV. 2.5 Parámetros morfológicos de las plantas de de cebollino empleando Pleurotina y Humus a los 90 días de cultivo

En la tabla 5 se reflejan los resultados obtenidos del cebollino a los 90 días de cultivo, en la misma se observa que los mayores valores en cuanto a los parámetros morfológico del cultivo por m² se obtuvieron con los sustratos de las Pleurotinas (L₁ y L₂), estos no presentaron diferencias significativa al compararse con el humus. En cuanto al rendimiento agrícola, se aprecia el mayor valor en los sustratos L₁ y L₂, con una producción de 0,2 kg/m², por debajo del establecido en el Manual técnico para organopónicos y Huertos Intensivos (2007), donde se establece que el rendimiento para esta variedad es de 0,7-1 (kg/m²) en la siembra por semillas.

Estos bajos rendimientos, están basados en los problemas primarios surgidos a la hora de la siembra, donde muchos bulbos se pudrieron provocando una despoblación en la plantación, siendo la más afectada las que se sembraron en humus.

En base a los resultados alcanzados se puede plantear que no hay diferencias significativas en este cultivo para ninguno de los parámetros estudiados, lo que indica la posibilidad de utilizar uno u otro sustrato en la producción de hortalizas en organopónico. Por el elevado contenido de materia orgánica y nutrientes que pueden reducir el empleo de fertilizantes comerciales de mayor costo e impacto negativo sobre el ambiente, además, da la posibilidad de utilizar ambos sustratos sin perjuicio para la calidad de las plantaciones, logrando un buen desarrollo foliar, sin detrimento en el desarrollo de este cultivo, en dependencia de la disponibilidad de la fuente en el territorio.

IV.2.6 Cinética de desarrollo de las plantas de Habichuela comparando dos abonos L₂ y humus

Para obtener buenas producciones, es conveniente conocer determinados detalles acerca de la fisiología y ecología de esta especie. El éxito de la producción dependerá de la calidad de la semilla y del sustrato utilizado, ya que las plantas extraen continuamente del suelo las sustancias que contienen los alimentos que necesitan, y los transforman en productos vegetales, determinando así una disminución constante en la reserva mineral del terreno. La Fig 7 muestra el comportamiento de la altura de las plantas de Habichuela comparando dos abonos L₂ y Humus, se observa que la velocidad de crecimiento es similar para ambos abonos, la alturas para el L₂ es

igual a 53,6 cm y para el humus de 57,7 cm, no se reflejan en los resultados diferencias significativa, además no se observaron síntomas de desnutrición provocadas en la planta por la ausencia de determinados elementos, lo que demuestra que se le suministraron de forma óptima los elementos nutritivos.

IV.2.7 Cinética de desarrollo del vástago foral de las plantas de Habichuela comparando dos abonos L₂ y humus.

La Fig 8 muestra el desarrollo del vástago floral de las plantas de Habichuela comparando dos abonos, L₂ y humus, se observa que no existe diferencias en el crecimiento del vástago para ambos abonos, en L₂ se alcanzó una altura igual a 55,3 cm y en humus de 55,6 cm. Los resultados obtenidos están en correspondencia con lo planteado por Rodríguez (2007), plantea que la Habichuela Lina presenta un crecimiento del vástago floral igual 55 cm. Se confirma que la pleurotina contiene los nutrientes esenciales para que las plantas logren un desarrollo completo, ya que pueden satisfacer sus necesidades nutricionales y lograr una mayor eficiencia en el proceso fotosintético, además, de procesos fisiológicos normales que se realizan en la planta como, fijación de CO₂, producción de fotosintatos que mejorarían la conversión metabólica de éstos en otras estructuras como aminoácidos y proteínas, y así en el balance general del carbono, para poder realizar la síntesis de los compuestos que pasan a formar parte de la estructura vegetal, además de los procesos de síntesis celular, lo que explica el efecto observado sobre el crecimiento y desarrollo de la planta con una intensificación de la floración y fructificación de las mismas.

Trabajos similares lo han realizado en plantaciones con coles y "eggplant" (Abdallah 2000).

IV.2.8 Parámetros morfológicos de la calidad de la habichuela y su rendimiento

En la Tabla 6 se representan los valores de los parámetros morfológicos de la calidad del fruto, referido al largo y ancho de las vainas y al rendimiento alcanzado; de los datos obtenidos, en el análisis estadístico reflejan que no hay diferencias significativas entre ambos abonos, permitiendo plantear que el comportamiento de ambas fuentes orgánicas son semejantes en los rendimientos y en la buena calidad de los frutos, lo que demuestra que se puede emplear Pleurotina como abono orgánico en la agricultura, en los cultivos hortícolas en organopónicos y huertos intensivos, ya que mejora las condiciones en el suelo, para recibir el cultivo, por estar relacionada con sus

propiedades físicas, como, tamaño de las partículas, porosidad, densidad y consistencia; además también influye las características químicas, nutricionales y biológicas que presentan estos sustratos, ya que reducen la temperatura del suelo, evita la formación de costra superficiales, estimula la actividad biológica, disminuye la pérdida por evaporación y aumenta la humedad disponible.

1V. 3 Aplicación de la pleurotina como abono orgánico sólo y combinado con humus en la fase de adaptación de vitroplantas de plátano.

Los resultados de los parámetros morfológicos del desarrollo de las vitroplantas en diferentes abonos orgánicos se presentan en la Tabla 7. Para los sustratos empleados, no se observó diferencias significativas en el desarrollo vegetativo de las plantas en cuanto a número de hojas; para el ancho de las hojas entre la mezcla y humus no hay diferencias, pero si son diferentes con respecto a la pleurotina L₂ y L₃. En cuanto al largo de las hojas se refleja una marcada diferencia entre L₂ y L₃ con respecto al humus y la mezcla, sin embargo al comparar estos dos últimos entre ellos, no existe diferencias significativas según en el análisis estadístico realizado.

Con respecto al número de raíces entre los abonos, no se observa diferencias. Sin embargo, para el largo de ellas, solo no hay diferencias entre el humus y la mezcla, lo que parece indica que es necesario evaluar también la mezcla del humus con L₃.

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 tales como:

- 1) Estabilidad física.
- 2) Capacidad de retención de nutrientes.
- 3) Capacidad de retención de agua.
- 4) Fertilidad.

El sustrato favoreció el desarrollo foliar y radicular en las plantas cultivadas, cuestión de importancia debido a que este cultivo esta considerado como de alta demanda de nutrientes lo que puede verse favorecido al dispones 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).

Un sustrato muy suelto, con poca capacidad de retención de agua y que precise riegos frecuentes, será más propenso al lavado de sales, por que existe la tendencia a regarlos por encima de la capacidad de retención. La programación de fertilización diaria, puede hacerse con fertiirrigación o empleando un aspersor manual. Siempre la aplicación del fertilizante deberá hacerse después del último riego. Lo fundamental en esta etapa es que las plantas formen un buen sistema radical, debido a que su nutrición, dependerá durante mucho tiempo y en gran parte de la efectividad de sus raíces. Este periodo 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 el individuo no alcance la fase adulta.

En base a los requerimientos y la demanda del cliente, las vitroplantas pueden comercializarse en el mismo recipiente en que han sido aclimatizadas o extraerlas del recipiente y transportarlas en cajas de plástico o cartón hasta su destino final (figura 9 y 10). Cuando la aclimatización se hace en bandejas de prolipropileno endurecido, es preferible para la biofábrica vender las plantas ya extraídas de la bandeja pues hacerlo de otra manera ocasiona grandes pérdidas y roturas de las bandejas, en el proceso de la transportación.

IV.4 Valoración económica y ambiental

IV. 4.1 Valoración económica

Para la Agricultura Urbana y Suburbana, las necesidades reales de materia orgánicas para fines agrícolas son superiores a la disponibilidad que se tiene, lo cual resulta una alternativa viable y atractiva de valoración de la pleurotina de la pulpa de café 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 54 545 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 pleurotina, 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 12 pesos/ton, 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 62 pesos /ton. En tanto la obtención de la pleurotina dura solo 60 días, y ya se ha obtenido un alimento humano, las setas comestibles.

IV.4.2 Valoración ambiental.

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

El beneficio del cultivo café en las zonas montañosas mayoritariamente se realiza por vía húmeda para garantizar un grano de mayor calidad, este beneficio va acompañado de la creación de subproductos: pulpa, mucílago, pergamino, jugos, aguas de lavado, etc, convirtiéndose en contaminante del medio ambiente, si no se cumple con el proceso de gestión de la contaminación. Una jerarquía lógica de gestión de la contaminación, esta 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 (Fig.9) (Tabloide, 2006, Protección ambiental y producción + limpia).

El cultivo de las setas comestibles *Pleurotus ostreatus*, 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 (pleurotina) 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.

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. (Fig.10) (Tabloide, 2006, Protección ambiental y producción + limpia).

Conclusiones

- ❖ La utilización de la pleurotina de pulpa de café como abono orgánico es una alternativa más para la producción cultivos hortícola a partir de subproductos agroindustriales, para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo de una agricultura orgánica.
- ❖ la Pleurotina, aplicado en huertos, produce un efecto beneficioso y estimulante en la fisiología y desarrollo de las plantas de ajo porro, cebollino y habichuela, comportándose como un fertilizante orgánico y como un acondicionador de suelos.
- ❖ Se destaca que en la adaptación de las vitroplantas la aplicación más efectiva de la Pleurotina de la pulpa de Café es la mezcla del Humus y L2 a una concentración de 1:1 con los mejores valores de indicadores de crecimiento como abono orgánico

Recomendaciones

- ❖ Continuar el estudio de estabilidad de la Pleurotina a un tiempo mayor de un año después de obtenida.
- ❖ Desarrollar la Lombricultura utilizando la Pleurotina de pulpa de café como sustrato.
- ❖ Hacer extensiva la aplicación de la Pleurotina de la pulpa de café como abono orgánico a otros cultivos de interés agropecuario.

Bibliografía

1. Abdallah, M.M.F., M.F.Z. Emara and T.F. Mohammady. (2000). Open field interplanting of oyster mushroom with cabbage and its effect on the subsequent eggplant crop. *Annals of Agricultural Science Cairo* 45, Vol1, pp281-293.
2. ACTAF- MINAG (2007). Manual Técnico para ogranopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Biblioteca ACTAF. La Habana.,184p

3. APHA. (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Edition, Washington D.C, USA. 1193op.
4. Agramonte P, Jiménez T, Dita R (1998) Aclimatización. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las plantas. Ediciones GEO, Santa Clara. Cuba. 400p
5. Bermúdez RC, Cárdenas JR, Serrat M, García N, Gross P, Orberá T. (1999) Caracterización técnica socio económica y ambiental de las despulpadoras de café de la provincia Santiago de Cuba. Informe Técnico de Proyecto Nacional de Ciencia y Técnica “Valorización de los residuales del café”. Centro Estudios Biotecnología Industrial, Universidad de Oriente.120p.
6. Bressani R. (1979) Factores antifisiológicos de la pulpa de café. *En: Pulpa de café: composición, tecnología y utilización.* Braham JB y Bressani R. (eds.) International Development Research Center Ottawa, Canadá. pp: 143-152.
7. Calero, B., Martínez, F. Abonos Orgánicos. Instituto de Investigaciones de Pasto y Forrajes del Ministerio de la Agricultura (IIPF- MINAG) La Habana 2008 .57p
8. Calvo L y Sánchez-Vázquez J. (1993) Producción de hongos comestibles en condiciones rústicas bajo un cacaotal y utilizando cáscara de coco como sustrato. *En: Proceeding of 11th Internacional Cocoa Research Conference 18-24 July.* Cocoa Producers Alliance, Yamoussoukro, Ivory Coast.
9. Chang ST. (2005) Mushroom biology the impact on mushroom production and mushroom products *En: 5th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, Shanghai, RP China.*
10. Chang ST. (2007) Mushroom cultivation using the “ZERI” principle: potential for application in Brazil. *Micología Aplicada International, 19, Vol 2, pp:33-34.*
11. Companioni Nelso, Ojeda Yanet. (2001) La Agricultura Urbana en Cuba. TRANSFORMANDO EL CAMPO CUBANO Avances de la Agricultura Sostenible pp.93-126 Curso de Protección Ambiental y producciones más limpias. Universidad para Todos (2006) Grupo de Edición de Editorial Academia. La Habana. Cuba. Parte1y2
12. Fertilizacion%20en%20Cultivos%20Hortícolas en [www.fertilizando.com\(2009\)/..](http://www.fertilizando.com(2009)/..)
13. Funes y col, 2001. Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible p286

14. García N, (1999) Producción de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* sobre subproductos del café y del cacao. Tesis de Master en Biotecnología. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Universidad de Oriente. 90p.
15. García N. (2008) “Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentación en estado sólido de la pulpa de café con *Pleurotus* spp.”. Tesis Doctoral. Universidad de Oriente
16. González, S., (1994). Estudio técnico-económico de la producción de hongos comestibles a partir de la pulpa de café. Trabajo de Diploma. Facultad de Economía. Universidad de Oriente.
17. Gutiérrez, I.; L. González; M. Klibansky., (1995). Cultivo de hongos comestibles en diferentes sustratos de desechos. *En: Memorias de la Conferencia Mundial sobre Biomasa para la Energía, el Desarrollo y el Medio Ambiente, La Habana.*
18. Gutiérrez I y González AL. (1998) Caracterización de residuos del cultivo de hongos comestibles para alimento animal. *Revista ICIDCA XXXII* , No 1, pp 84-91.
19. Guzmán, G. y otros, (1993). *El cultivo de los hongos comestibles*. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F 290p.
20. 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, pp602-619.
21. Izquierdo J, Bermúdez RC (tutora). (2003) Aplicación de lodos de digestión anaerobia de residual vacuno en cultivos hortícolas. Tesis de Master en Biotecnología. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Universidad de Oriente. 40p.
22. Klibansky, M. *et al.*, (1993). Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowaster. *Acta Biotechnol. 13*, pp 71-78.
23. Kolman, E. Agroecología. (2002) Editorial ACTAF. Ciudad de la Habana, Cuba. 196p.
24. López RI, Delmastro S, Curvetto NR. (2008) Spent oyster mushroom substrate in a mix with organic soil for plant pot cultivation. *Micología Aplicada Internacional. Vol 20*, No 1, pp17-26.
25. Martínez-Carrera, D., 1987. Design of a mushroom farm for growing *Pleurotus* on coffee pulp. *Mush. J. Tropics*, 7, pp 13-23.

26. Martínez Rodríguez. Abonos orgánicos y su contribución a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en Cuba. Rev. Agricultura Orgánica. 2006 Año 12 , No2, pp40-41.
27. Orellana R. (2002). Agricultura orgánica. ¿Una definición absoluta? Rev. Agricultura Orgánica. Año 8, No2, pp33-37.
28. Orellana R. (2008). Fracción orgánica ligera del suelo como indicador agroecológico .Rev. Agricultura Orgánica. Año 14 ,No2,pp 40-41
29. Ortega G, Martínez E, Otero M, González AL, Torres E, Álvarez I. (1997) Caracterización química y residual del sustrato residual y cuerpos fructíferos en la producción de hongos comestibles. Revista ICIDCA XXXI (3):42-54.
30. Paez, O; Bas, R (1999) Bioabonos. Uso alternativo de residuales orgánicos sólidos y líquidos. CIC -DECAP. Ciudad Habana. 51p.
31. Pandey A, Soccol CR, Nigam P, Brand D, Mohan R, Roussos S. (2000) Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal Vol 6, No 2, pp153-162.
32. Paneque y Calaña (2004) Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para la evaluación y aplicación Rev. Agricultura Orgánica. Año 10 ,No2, 2004,p 27
33. Pérez JN. (1998) Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las plantas. Ediciones GEO, Santa Clara. Cuba. 400p
34. Quevedo PR . (2004) Utilización de los lodos de digestión anaerobia como bioabono en plantas ornamentales. Tesis de Master en Biotecnología. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Universidad de Oriente. 54p.
35. Quintero, R., (1985). *Prospectivas de la biotecnología en México*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 320p.
36. Raigón , M. D. , Domínguez , G. A . Carot, S.y Vidal , E . .(2002) Comparación de parámetros de calidad en hortalizas de hojas anchas bajo sistema de producción ecológica y convencional . Rev. Agro Vergel . Fruticultura . Hortaliza .Floricultura . Año XXI . No 241. pp 26 -31.
37. Rinker DL (2002) ""Handling and using spent mushroom substrate around the world". In Mshroom Biology and Mushroom Products. Sanchez et al eds. pp 43-61

38. Rinker DL, ZERI, Woo S. (2005) Capítulo 9 Manejo post-cosecha. Reciclado del sustrato gastado (residual) de hongo ostra. *En: Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del hongo ostra.* Publicado por MushWord, Corea, pp202-207.
39. Rodríguez S, Terry A, Izquierdo J, Bermúdez RC. (2003). Utilización de lodos anaerobios como bioabono. *Rev. Agricultura Orgánica, Año 9 , No 1, pp19-21*
40. Rodríguez Nodals, A. Indicadores generales sobre Agricultura Urbana. *En: Curso de Maestría sobre Agricultura Urbana, 2005 La Habana, 20 p.*
41. Rodríguez Nodals, A., et .al (2006) Instructivo Técnico sobre el Cultivo Semiprotegido. Ministerio del Azúcar, La Habana, 55 p.
42. Rodríguez N y Jaramillo V. (2005) Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *Boletín Técnico No.27. Centro Nacional de Investigaciones del Café. CENICAFE, Chinchiná-Caldas-Colombia. 56p.*
43. Rodríguez, N; Zuluaga, J. (1994) Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. *Cenicafé. Vol 45 , No3, pp 81-92*
44. Sánchez JE y Royse D. (2002) La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* Editorial ECOSUR /LIMUSA, México.
45. Shufen, L. I. ; J. Berger and S. Hartliano, (1990). *Analitic Chimia Acta 232. p.409-412.*
46. Traba JA, Marañón A, Bermúdez RC, Verdecía M, Santana M, Fernández M. (1994) Caracterización de residuales sólidos del café, especie *Coffea arábica* L. *Ciencia 45:375–380.*
47. Valdés W., Rodríguez S., Cárdenas J. R., (1999). Utilización de los lodos de digestión como bioabonos para el cultivo de especies hortícolas. *Rev. INTERCIENCIA, Vol. 24, No 3, pp 21-25.*
48. Zar JH. (1999) *Bioestatistical analysis.* Prentice Hall. Upper Saddler River. New Jersey, EUA. 289p.

-Tablas

Tabla1. Resultados de procesos de bioconversión (%) de *Pleurotus* spp sobre pulpa de café.

| Sustrato | Setas | Sustrato remanente (Pleurotina) | CO₂ y H₂O |
|------------------|--------------|--|--|
| Pulpa de café* | 27,2 | 56,7 | 16,1 |
| Pulpa de café** | 17,0 | 27,0 | 56,0 |
| Pulpa de café*** | 5,44 | 49,8 | 44,8 |

* García, 1999

**Martínez-Carrera y col, 2000.

***Zuluaga y col, 1994

Tabla 2. Eficiencias Biológicas (EB) y Tasas de Producción de las Pleurotinas.

| Pleurotinas | Días de cultivo | Eficiencias Biológicas (%) | Tasa de Producción |
|--------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| L-1 | 35 | 34,45 | 0,9 |
| L-2 | 47 | 86,9 | 1,9 |
| L-3 | 60 | 119,3 | 2,0 |

Tabla 3. Caracterización química de la Pleurotina de pulpa de café y el Humus de lombriz empleados

| Abonos | pH | MO | Cenizas | Cafeína | C (%) | N | P | K | C / N |
|--------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|--------------|----------|----------|----------|--------------|
| L-1 | 8,6 | 82,31 | 17,69 | 0,05 | 47,74 | 3,16 | 0,16 | 4,40 | 14,97 |
| L-2 | 8,1 | 89,80 | 10,20 | 0,06 | 52,08 | 3,39 | 0,16 | 1,99 | 15,36 |
| L-3 | 7,1 | 87,56 | 12,44 | 0,05 | 50,78 | 3,41 | 0,14 | 1,74 | 14,89 |
| Humus ₁ | 6,7 | 76,87 | 23,13 | | 44,58 | 1,68 | 0,58 | 0,06 | 26,53 |
| Humus ₂ | 6,8 | 84,28 | 15,72 | | 48,88 | 1,71 | 0,62 | 0,06 | 29,01 |
| Humus de Lombriz* | | | | | | | | | 10-15 |
| Compost vegetal* | | | | | | | | | 10-15 |

- En cursiva , los resultados de la ETICA, en el laboratorio regional de suelos. Están dados en % base seca, son promedio de dos determinaciones.

* Referenciados en García, 1999

Tabla 4. Parámetros morfológicos de las plantas de Ajo Porro al término de los 90 días de cultivo (para L₁ , L₂).

| Parámetros morfológicos | Pleurotina de pulpa de café | | Humus de Lombriz |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|
| | L ₁ | L ₂ | |
| Peso de las hojas cortadas (g) | 235,0± 11a | 481,1± 55,3 c | 323,2 ± 27b |
| Peso seco de las hojas cortadas (g) | 4,3 ± 0,8 a | 4,8 ± 4,4a | 4,0 ± 0,7a |
| cantidad de bulbos recogidos (U) | 82 ± 5 a | 94 ± 12 ab | 102 ± 3 b |
| Peso (g) de los bulbos recogidos | 159,7 ± 13,8 a | 308,6 ± 35,4 b | 276,4 ± 2,1 b |
| Peso (g) de toda la planta | 394,7 ± 12,9a | 789,7 ± 90,2c | 599,6 ± 28,6b |
| Rendimiento (kg/m ²) | 0,39 ± 0,01a | 0,79 ± 0,09 c | 0,60 ± 0,03 b |

Se reflejan los valores promedios de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras iguales, refiere no existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias (Prueba de Duncan, $p < 0,05$).

Tabla 4a. Parámetros morfológicos de las plantas de Ajo Porro al término de los 90 días de cultivo (para L₃).

| Parámetros morfológicos | L₃ | Humus |
|-------------------------------------|----------------------|----------------|
| Peso de las hojas cortadas (g) | 240,4± 36,1a | 305,3 ± 49,2 a |
| Peso seco de las hojas cortadas (g) | 6,4 ± 1,1 a | 7,6 ± 2,2 a |
| Cantidad de bulbos recogido (U) | 40 ± 2 a | 68 ± 4 b |
| Peso (g) de los bulbos recogidos | 156,5 ± 13,9 a | 152,1± 21,5 a |
| Peso (g) de toda la planta | 396,9 ± 49,9 a | 457,4± 70,5 a |
| Rendimiento (kg/m ²) | 0,40 ± 0,05 a | 0,46 ± 0,07 a |

Se reflejan los valores promedios de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras iguales, refiere no existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias (Prueba de Duncan, $p < 0,05$).

Tabla 5. Parámetros morfológicos de las plantas de cebollino a los 90 días de sembrado

| Sustrato | Peso completo (g) | # de bulbos | Peso de los bulbos (g) | Ancho de las hojas (cm) | Largo de las hojas (cm) | Peso de las hojas (g) | Rendimiento (kg/m²) |
|-----------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| L ₁ | 272,5 | 16 | 61,6 | 1,7 | 45,7 | 210,9 | 0,2 |
| L ₂ | 319,5 | 12 | 64,5 | 1,4 | 44,7 | 255,0 | 0,2 |
| Humus | 182,6 | 9 | 37,9 | 1,6 | 39,8 | 144,7 | 0,1 |

Tabla 6. Parámetros morfológicos de la calidad de la habichuela y su rendimiento

| Abono | Largo (cm) | Grosor (mm) | Rendimiento (kg/m²) |
|----------------|-------------------|--------------------|--|
| L ₂ | 32,9± 1,5 | 7,4± 0,2 | 3,2± 0,2 |
| Humus | 27,3± 6,4 | 7,3± 0,5 | 3,4± 0,2 |

No hay diferencias entre L2 y Humus

Tabla 7. Aplicación de la pleurotina como abono orgánico sólo y combinado con humus en la fase de aclimatización de vitroplantas de plátano.

| Aclimatización de las vitroplantas | | | | | |
|---|--------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Parámetros morfológicos | | L₂ | L₃ | Mezcla (L₂ : H) | Humus |
| Tallo | Altura | 17,8± 1,7 a | 16,0± 1,2 a | 23,2± 1,8 b | 24,2±1,6 b |
| Hojas | Número | 6,0 ± 1 a | 6,0±1 a | 7,1± 0,8 a | 7,0±0,9 a |
| | Ancho | 6,1± 1,1 a | 4,9±1,1 a | 8,0± 0,5 b | 8,0±0,6 b |
| | Largo | 12,0 ± 2,0 a | 10,3± 1,5 a | 15,7±1,7 b | 15,8±1,7 b |
| Raíces | Número | 6 ± 0 a | 5,4± 0,5 a | 6,0±0 a | 6,0±0 a |
| | Largo | 13,2 ± 2,0 b | 9,1±1,0 a | 17,4± 1,5 c | 17,0±1,6 c |

Se reflejan los valores promedios de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras iguales para , refiere no existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias (Prueba de Duncan, $p < 0,05$).

Figura



Fig. 1 Pulpa de café.



Fig. 2 Pleurotina de pulpa de café.

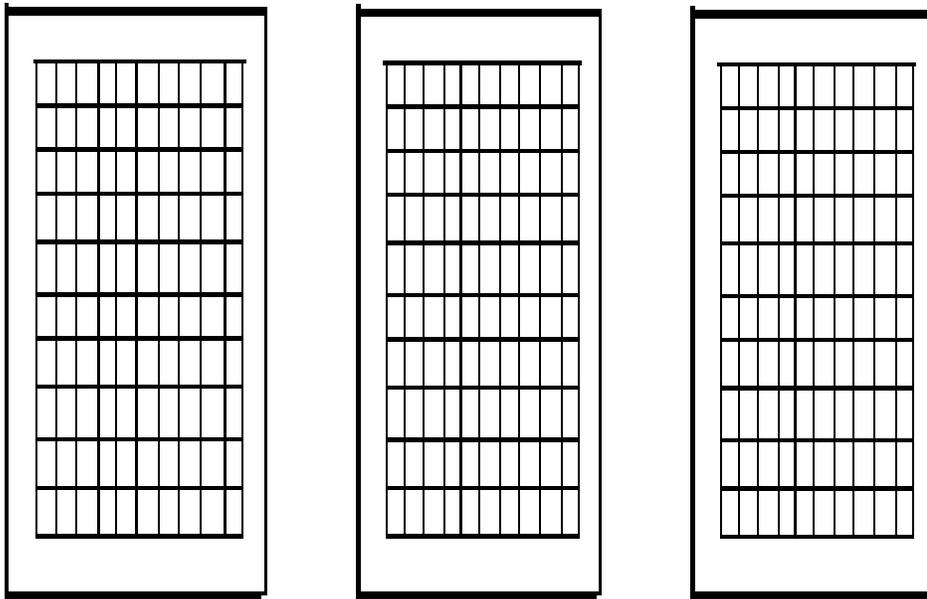


Fig. 3 Experimento de Cebollino y Ajo porro

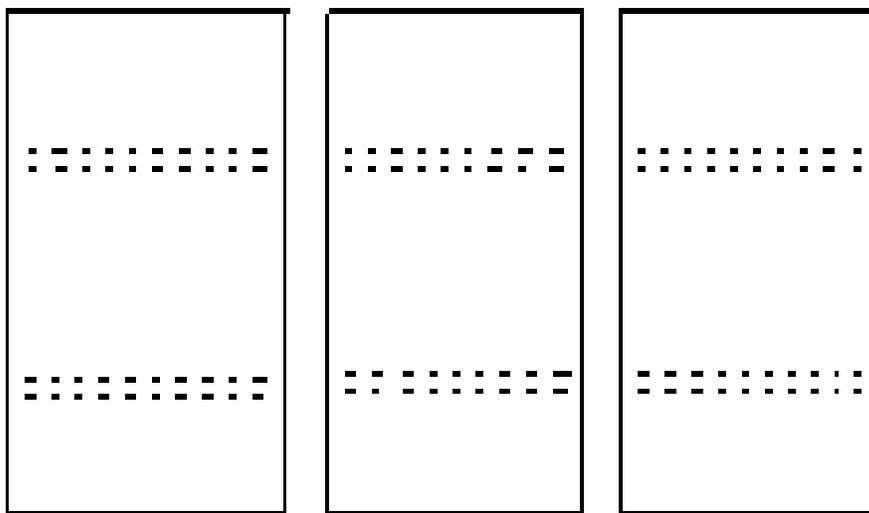


Fig. 4 .Experimento de la Habichuela.

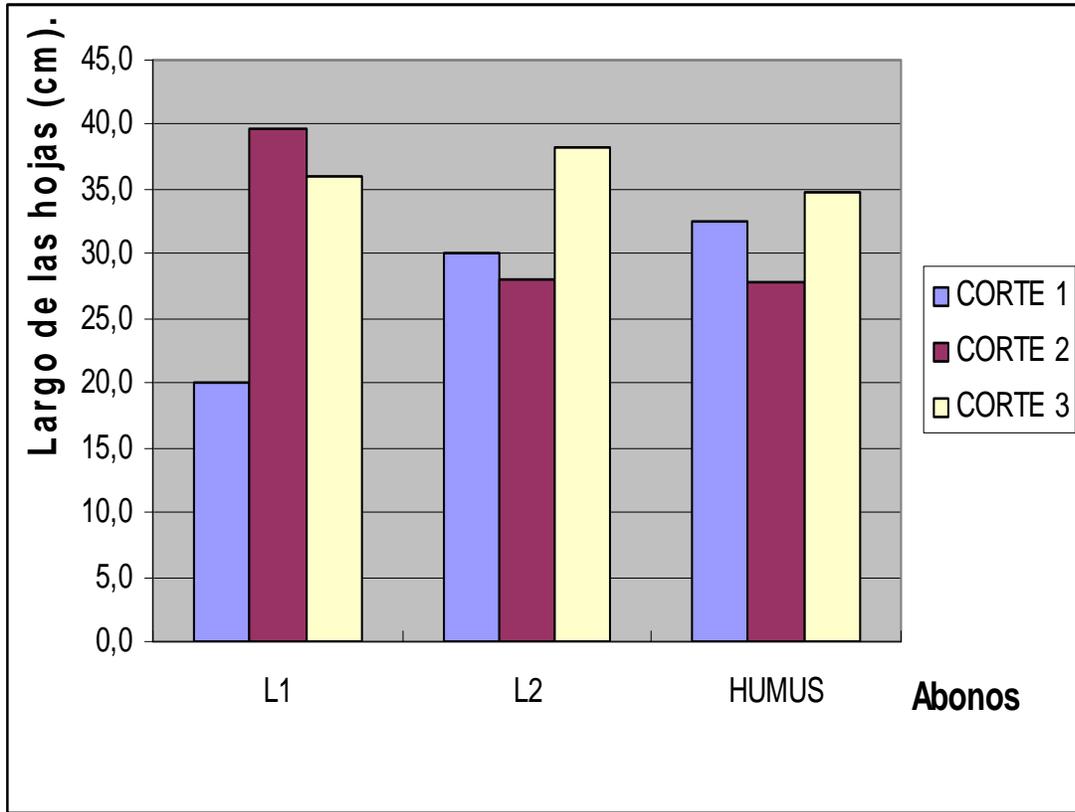


Fig.5. Cinética de crecimiento de la parte aérea de las plantas de Ajo Porro para L₁, L₂.

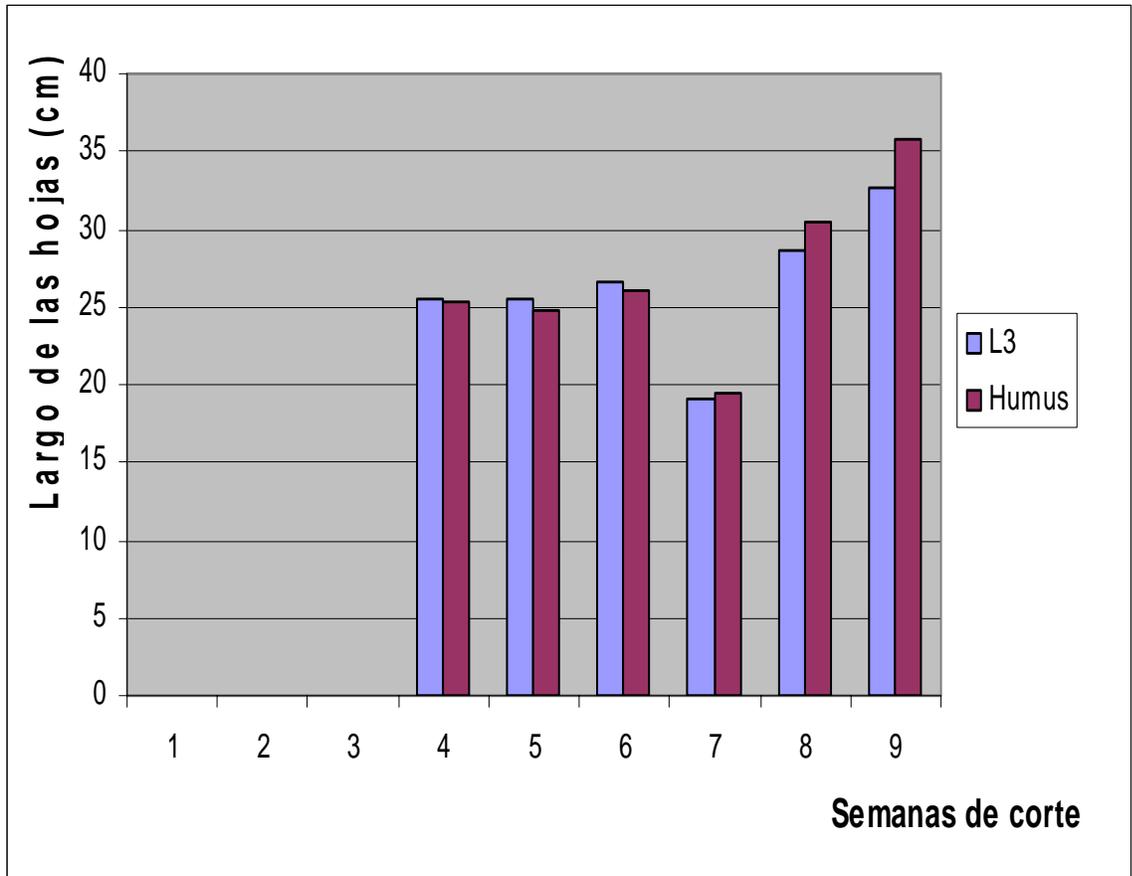


Fig.6. Cinética de desarrollo de las plantas de Ajo Porro comparando dos abonos L₃ y Humus

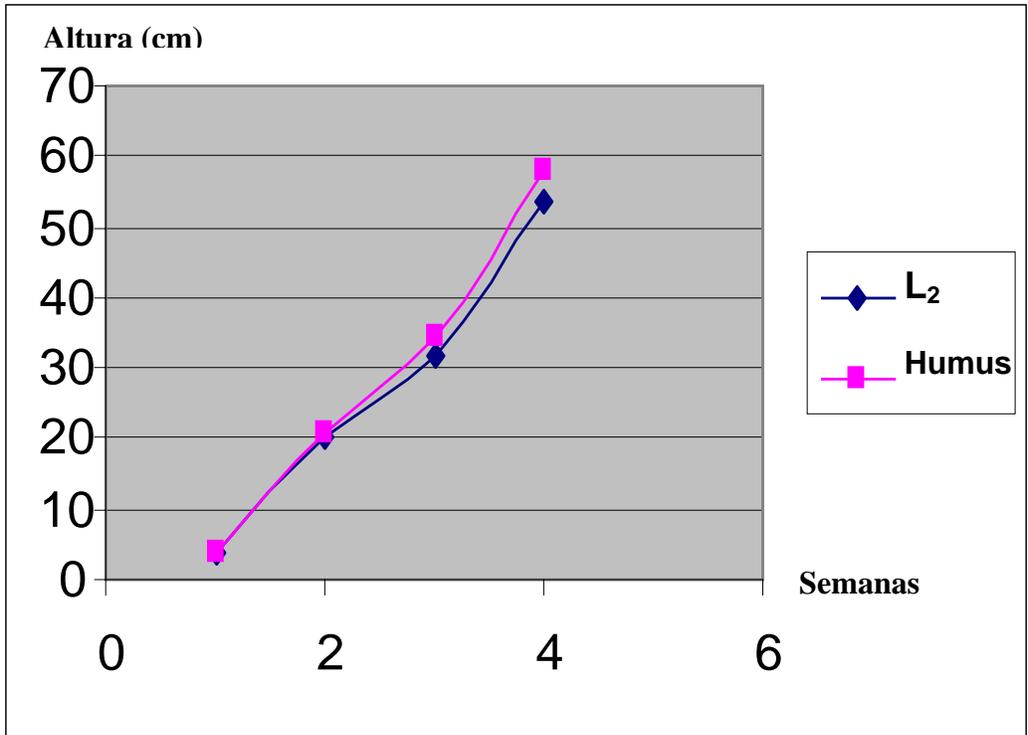


Fig.7 Cinética de desarrollo de las plantas de Habichuela comparando dos abonos L₂ y Humus

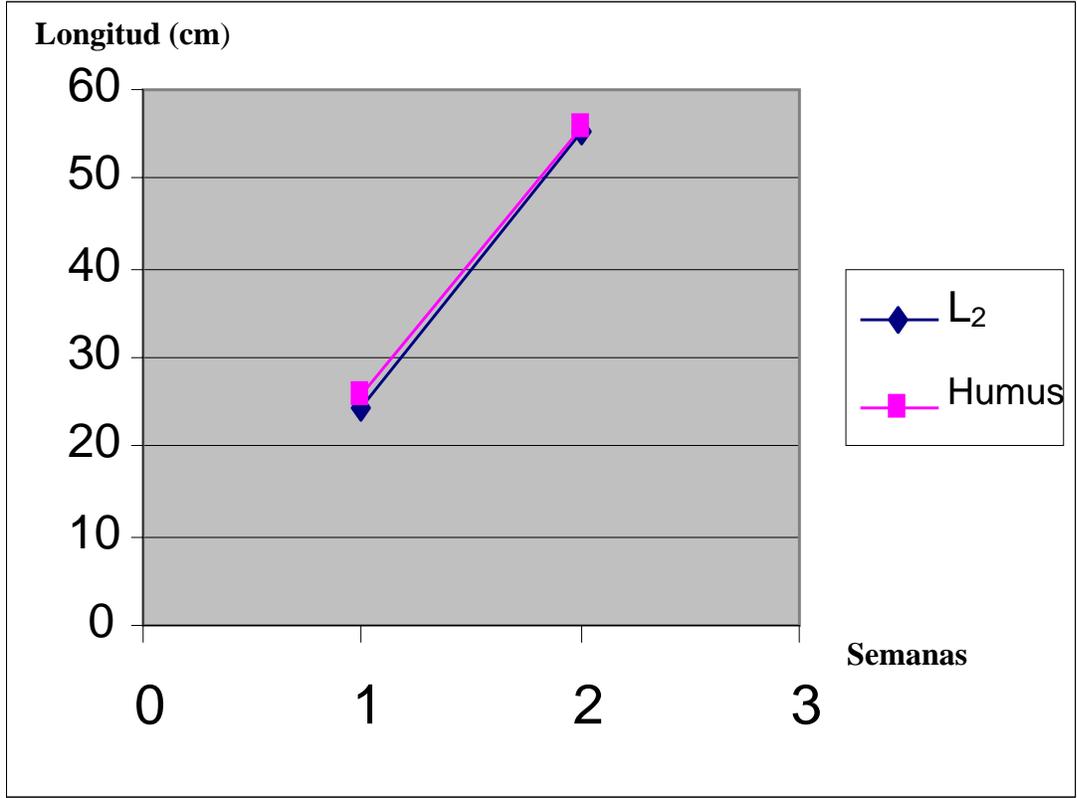


Fig.8 Cinética de desarrollo del vástago foral de las plantas de Habichuela comparando dos abonos L₂ y Humus



Fig. 9 Plantas del clon Gran Enano transportadas en cajas de cartón hasta su destino final.



Fig.10 Formas de empaque y preparación de vitroplantas para el embarque, transportadas en cajas de plástico

|

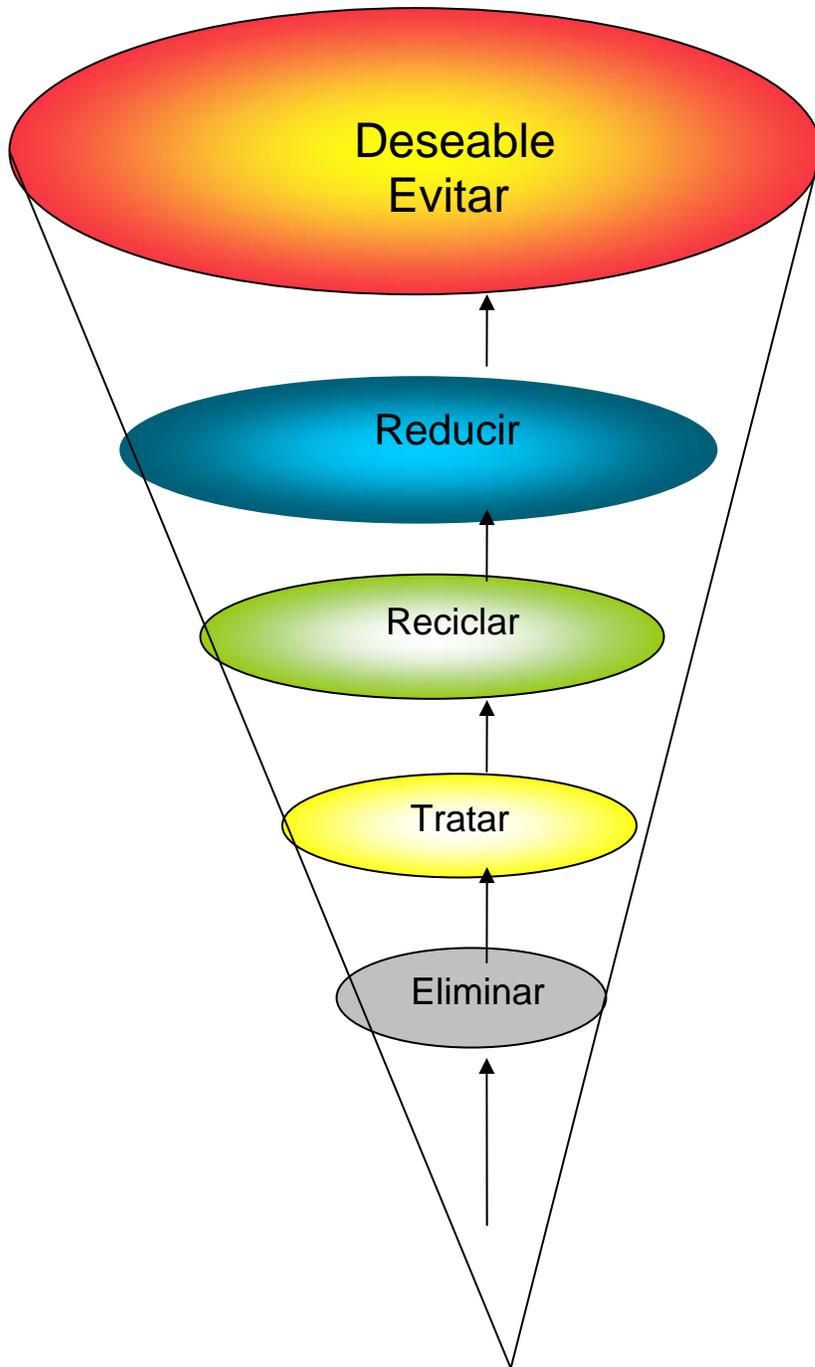


Fig.11 Gestión de la contaminación. Jerarquía de las operaciones

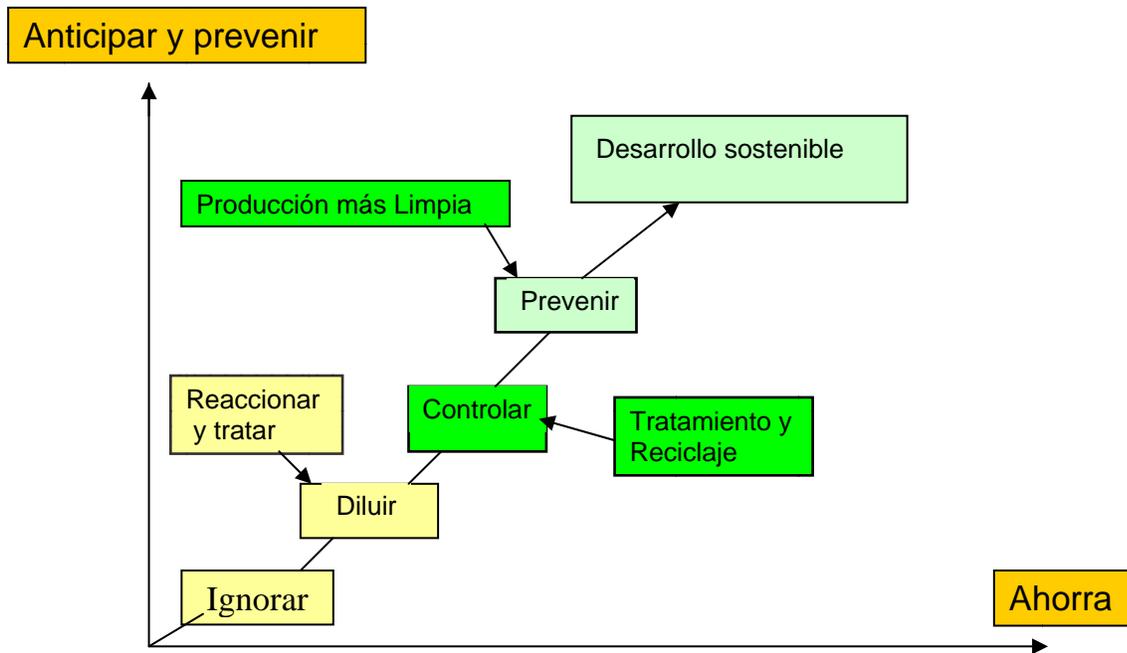


Fig.12 Estrategias para solucionar la contaminación

ANEXO 2

Cultivos y variedades utilizadas:

Cultivo: Ajo puerro

Familia: Aliáceas

Variedad: chino (*Allium chinense* G. Don).

Se utilizan materiales criollos, que pueden ser cultivados durante todo el año. Esta especie es la que presenta el tallo más persistente de todos los *Allium* comestibles, se esparce por rizoma, formando densos plantones. Hojas de color verde oscuro, estrechas, lineales y ligeramente aquilladas por debajo. El escapo foral es sólido y tiene 2 o más ángulos a través de toda su longitud. Las flores son blancas, ampliamente abiertas y en forma de estrella.

Época de siembra, normal Septiembre-Marzo, óptima Octubre-Diciembre.

Duración del ciclo económico en días: por cortes.

Rendimiento(kg/m²):0.3-0.5/cortes.

Distancia de siembra: 10cm.

Tipo de siembra: Directa.

Cultivo: Cebollino

Familia: *Aliáceas*.

Género (*Allium fistulosum* L.)

Variedad: Ever Green.

Esta variedad se caracteriza por un follaje de color verde oscuro y las plantas no presentan multiplicación lateral por yemas por lo que no es posible la formación de una macolla. Se siembra a partir de semilla botánica introducida.

Época de siembra: normal Septiembre-Mayo, óptima Octubre-Enero (2 corte).

Duración del ciclo económico en días: 75-80

Rendimiento(kg./m²):0.7 a 1.

Distancia de siembra: 10cm.

Tipo de siembra: Directa

Cultivo: Habichuela.

Familia: Fabáceas.

Género: Vigna.

Variedad: Lina

Es de crecimiento determinado, por lo que no necesita tutores. Las vainas presentan buena exposición para la cosecha y crecen separada del suelo. Por la forma de crecimiento de la planta, se facilitan las labores de cultivos, Inicia la cosecha entre 48 a 52 días, presenta semillas de color crema rayada en rojo; las flores son de color violeta y las vainas verdes oscuro. La altura del vástago foral es de 51cm, la longitud de vaina, de 34,1 y el peso, de 7,4g. se puede sembrar todo el año, pero su época es de mayo hasta octubre.

Época de siembra, normal todo el año, óptima Mayo-Octubre.

Duración del ciclo económico en días: 60 a 90.

Rendimiento (kg/m^2): 2,5-3,5.

Distancia de siembra: 2hilera a 20cm.

Tipo de siembra: Directa

ANEXO 3**Instructivo de la Micropropagación del plátano, 2004****Fase IV. Aclimatación.**

Los objetivos primarios de la fase de aclimatación son: lograr 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 etapa 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.

En el proceso normal de micropropagación los brotes y plantas son cultivados en medios de cultivo con azúcares, vitaminas y otras sustancias orgánicas, lo que determina el desarrollo heterótrofo o mixótrofo de los mismos (nula o baja capacidad fotosintética). Sin embargo, durante la fase de adaptación estas plantas están forzadas ser completamente autótrofas y sintetizar los compuestos orgánicos necesarios a partir de minerales, agua, CO_2 y luz. 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 y crecimiento como son :

1. Hojas : anatomía interna mal estructurada, estomas que no cierran normalmente y desarrollo deficiente de la cutícula. Esto hace que las plantas sean más susceptibles al stress por pérdida de agua y por tanto deben desarrollar nuevas hojas adaptadas a las nuevas condiciones.

2. Tallo : Menor contenido de tejido de soporte (colénquima y esclerénquima),

3. Raíces : raíces poco funcionales, ausencia de raíces secundarias. En ocasiones existe una conexión vascular incompleta entre tallo y raíces que impide el transporte eficiente de agua y nutrientes. Como resultado de esto prácticamente las plantas deben desarrollar todo el sistema radical nuevo durante la etapa de aclimatación.

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.

Otra de las soluciones para reducir la susceptibilidad de las plantas en este período pudiera ser la producción *in vitro* de plántulas con una mayor similitud a la morfología de las plantas aclimatadas, pues se conoce que en la fase III se puede inducir un determinado grado de autotrofia en las plantas o de mayor rusticidad o adaptabilidad al trasplante.

2.1 Manejo de las vitroplantas:

Las técnicas de aclimatación deben dirigir los cambios hacia una reducción en la humedad relativa, aumento de la intensidad luminosa, crecimiento autótrofo y ambiente séptico característicos del campo.

Sin embargo, por las características anteriormente descritas de las plantas propagadas *in vitro* es necesario tener una serie de cuidados durante su manipulación y trasplante a sustrato :

- Disminución progresiva de la humedad relativa. Para esto es recomendable destapar los frascos varios días antes del trasplante o mantener las plantas por 24 o 48 horas en bandejas con agua destilada.
- Lavar cuidadosamente las plantas para eliminar restos de agar de los brotes y raíces.
- Clasificar las plantas por tamaños y de ser posible individualizar brotes múltiples (caña de azúcar).
- Sumergir las plantas en una solución fungicida (Benomyl).
- Mantener humedad relativa alta (80-90 %) durante la primera o segunda semanas y reducir la intensidad luminosa.
- A partir de la segunda semana incrementar progresivamente la luz y espaciar los riegos.
- Iniciar la fertilización tan pronto se haya establecido el sistema radicular. Esto normalmente ocurre a las 2 ó 3 semanas.

2.2 Instalaciones utilizadas para la aclimatación.

La mayoría de las veces que se planifica un área de aclimatación de vitroplantas se piensa en instalaciones costosas como invernaderos con control de temperatura, humedad relativa, CO₂, iluminación, etc. Sin embargo, con excepción de climas extremadamente fuertes, se pueden producir plantas con instalaciones mucho más sencillas. Para ello debe tenerse en cuenta el tipo de planta que se va a adaptar, con sus requerimientos ambientales y el clima de la zona. Posteriormente se decidirá que tipo de instalación es la más adecuada para cumplir con estos propósitos

- **Umbráculos**

Son las instalaciones más sencillas y de menor costo inicial y de mantenimiento. Para su construcción pueden utilizarse distintos materiales, pero lo más común es el empleo de tuberías galvanizadas con un tejido de alambres al cual se sujeta la malla plástica de sombreo. Pueden utilizarse otros materiales, dependiendo de las disponibilidades locales, como puede ser madera o tallos de bambú para la construcción de instalaciones más rústicas.

La malla utilizada para sombra es fabricada generalmente con polipropileno, polietileno o PVC. Difieren además en la forma del trenzado, el color y otros aditivos que influyen en la resistencia y durabilidad.

Los umbráculos tienen la desventaja de su poca protección contra el viento y las lluvias típicas de áreas tropicales, alcanzándose en ocasiones altos niveles de mortalidad por estas causas.

Para solucionar este inconveniente puede colocarse una cubierta de plástico de poco espesor (nylon) por debajo de la malla de sombreado y se emplea un techo a dos aguas o en forma de túnel que permita una rápida evacuación del agua e impida su acumulación. El incremento en la temperatura que pudiera ocurrir durante el verano al utilizarse esta doble cubierta, puede contrarrestarse con el empleo de nebulizadores o atomizadores y en último caso con sistemas de distribución forzada de aire.

- **Invernaderos**

Este tipo de instalación es de mayor complejidad y alto costo inicial, permite una mayor independencia con relación al clima, pues en ellos es posible controlar los principales parámetros ambientales para el crecimiento de las plantas.

Dentro de los invernaderos pueden identificarse dos grupos : los que tratan de aprovechar el clima de la zona con el menor costo posible y los invernaderos que utilizan sistemas activos de manejo climático.

Invernaderos sin control de clima : Pueden ser construidos de vidrio o de plástico, pero el segundo es el más empleado por su menor costo, la cubierta plástica puede ser tipo tejido flexible (polietileno, PVC) o de planchas rígidas (poliéster, policarbonato o PVC). El techo puede ser en forma de túnel o techo a dos aguas. Las estructuras se construyen de tubería galvanizada, hormigón pretensado, perfiles normalizados o madera.

El principal problema de estos invernaderos es el incremento de la temperatura y para solucionar este inconveniente se pueden aplicar algunas variantes sencillas:

- Doble pared de plástico : La colocación de una segunda capa permite por lo general amortiguar las diferencias de temperatura. El problema de esta doble cubierta es la reducción de la luz, lo que puede ser un problema en algunas especies. Las instalaciones de doble pared con aire inflado están muy difundidas en la actualidad en EEUU.
- Instalación de sombreado interior : Se colocan mallas de sombreado en el interior del invernadero y estas pueden desplegarse o recogerse según se necesite. Estas mallas generalmente son de color negro, aunque en los últimos años se ha recomendado el uso de las blancas o traslúcidas

porque difunden más luz y además devuelven parte de la radiación sobrante al exterior, muy conveniente en verano para no incrementar la temperatura interior.

- **Sistemas de nebulización :** Son sistemas que distribuyen agua pulverizada, con tamaños de partículas entre 12 y 15 micras (alta presión, 50-80 atm) o 130-150 micras (media presión, 4-15 atm). También se pueden emplear sistemas de baja presión (1-5 atm) con emisores de plástico. En los sistemas de alta presión al ser tan pequeñas las partículas se quedan en suspensión en el aire el tiempo suficiente para que, si la temperatura es elevada, se evaporen sin caer al suelo o las bandejas.

Invernaderos con control activo de clima : La construcción de este tipo de instalación ha alcanzado un notable desarrollo, existe una industria capaz de suministrar una amplia gama de diseños, materiales de cubierta, control climático y otras instalaciones complementarias. Pueden sofisticarse tanto como se desee, control por microcomputadoras, sensores de CO₂, luz, temperatura, etc.

Debido a su alto costo su utilización solo se justifica en climas fríos, donde tienen mayor aplicación. En climas tropicales o subtropicales no es necesario acudir a este tipo de instalaciones.

2.3 Sustrato.

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.

Características que debe cumplir un sustrato:

- **Estabilidad física.** No debe perder sus cualidades físicas hasta transcurrido un tiempo razonable. Por ejemplo que no se apelmace con demasiada rapidez.
- **Densidad.** El sustrato debe ser ligero para facilitar el manejo y transporte de los contenedores.
- **Aireación.** Las raíces para desarrollarse necesitan una buena aireación. Cuando se riega, una parte del agua drena dejando un espacio que ocupa el aire. Este espacio debe ser como mínimo un 20 % del volumen total y a veces más.
- **Acidez.** Para la gran mayoría de las plantas el pH óptimo se sitúa entre 5.5 y 6.5.

- Sanidad. Debe estar libre de patógenos de cualquier tipo que puedan dañar las plantas.
- Capacidad de retención de nutrientes. Los nutrientes se aportan generalmente por el agua de riego, el sustrato debe ser capaz de retenerlos. La medida de la capacidad de retención es la Capacidad de Intercambio iónico, que indica la facilidad con que el sustrato retiene y cede iones. Un sustrato óptimo debe tener entre 15 y 50 meq/100 cm³.
- Capacidad de retención de agua. El sustrato debe retener la mayor cantidad de agua posible sin poner en peligro la aireación.
- Mojabilidad. Si se seca el sustrato, este debe ser capaz de volverse a mojar con facilidad. A menudo cuando se utiliza turba deben añadirse otros productos que mejoren su mojabilidad.
- Fertilidad. La planta debe encontrar en el sustrato los nutrientes que necesita, aunque estos pueden suministrarse externamente.

Materiales que se utilizan en la preparación de sustratos

La cantidad de materiales disponibles para la adaptación de plantas es enorme y depende de las zonas de producción. Dado el alto volumen que se utiliza y el bajo valor de estos productos, deben buscarse fuentes de abasto localizadas en las cercanías de las instalaciones para adaptación.

- Turba : Por sus buenas cualidades es el material base para cualquier sustrato. Debe tenerse muy en cuenta el origen y grado de descomposición de la turba, pues con el tiempo las turbas van perdiendo sus características físicas, se hacen más oscuras y se apelmazan. Las turbas claras (rubias) suelen ser mejores. También debe tenerse en cuenta la salinidad y pH. Si el pH está entre 3,5 y 4,5 la turba es buena, de 4,5 a 5,5 es mediana y por encima de 5,5 no debe utilizarse.
- Arenas y gravas : Se utilizan en pequeñas cantidades en algunas mezclas para dar un poco de peso y mejorar la estructura. La proporción es de una parte de arena por 3 o 4 de turba u otro componente orgánico.
- Materiales sintéticos : Son varios los materiales sintéticos que pueden utilizarse como la vermiculita, perlita lana de roca (rock wool), zeolita. Cada uno tiene características propias que deben conocerse antes de su empleo. La perlita es una roca volcánica que a alta temperatura se expande dando un producto ligero, estéril, de pH 7 a 7,5 muy útil para airear el sustrato. La vermiculita es un tipo de arcilla que tras un proceso de alta temperatura se

expande dando un producto de alta capacidad de intercambio iónico o sea de retener nutrientes. También tiene una buena aireación y aporta potasio y magnesio. La lana de roca es de estos materiales el más expandido en la actualidad, por su ligereza, facilidad de intercambio iónico y facilidad en la manipulación. La zeolita previamente cargada con sales minerales es otra opción, aunque con respecto a los demás materiales industriales su peso es mayor, por lo que debe emplearse en pequeñas proporciones.

- Residuos de plantas : Entre los más utilizados están las fibras procedentes de residuos de cortezas de árboles (pino), la fibra de coco y el aserrín. Las fibras en general se utilizan en proporciones variables entre un 25 y 50 %. Cuando se utilizan las cortezas o fibras deben suministrarse cantidades suplementarias de nitrógeno. Cuando se emplee aserrín debe ser previamente composteado con fertilizantes ricos en nitrógeno y asegurarse de que no haya sido tratado con productos químicos.
- Otros productos orgánicos : Se utilizan también con mucha frecuencia los compost a partir de residuos agrícolas y el humus de lombriz. Para su empleo deben realizarse diagnósticos para asegurarse de que no contengan plagas o enfermedades perjudiciales para el cultivo. Se emplean en proporciones de 25 a 50 %.

Bibliografía.

Ballester, R. y A. González. 1983. Comprobación de la eficiencia de nuevos medios de cultivo en el enraizamiento de plantines de caña de azúcar (*Saccharum sp. híbrido*) obtenidos por cultivo de tejidos. Trabajo de Diploma. Universidad Central de las Villas. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Conger, B. and J.Carabia. 1978. Callus induction and planted regeneration in orchardgrass. *Crop. Science*. 18(1):157.

Hu, C.V.; Wang, J.P.1983. Meristem, shoot tip and bud culture. In: Handbook of Plant Cell. Ed By Evans, D.A.; Ammirato, P.V.; Yameda, Y. p 256-290.

Jiménez, E, 1995. Propagación *in vitro* de la caña de azúcar (*Saccharum sp híbrido*). Tesis de Doctorado. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central de Las Villas.

Jiménez M. R. y M. Caballero R. : El cultivo industrial en plantas, en macetas. Ediciones de Horticultura. S. L. Reus. España. 664 pag 1990.

Lane, W.D. 1979. *Physiol. Plant.* 45:260:264.

Maretzki, A.; Hiraki, P. 1980. Sucrose promotion of roots formation in plantlets regeneration from callus of *Saccharum sp.* *Oyton* 38(1):85-86.

Murashige, T. 1982. Regeneration of plants . *California Agriculture* 36(8):19-20.

Vazquez, B.E.; Torres, G.S. 1981. *Fisiología Vegetal. Crecimiento y Desarrollo.* Ed. Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. p. 317-362.

Wang, P.J. 1978. Clonal multiplication of *Cryptomeria japonica* D.Don "in vitro". In: *Studies and Essays in Commemoration of the Golden Jubilee of Academia Sinica, Taipei, Taiwan:* 559 - 566.

ANEXO 4

Datos originales que dan lugar a las tablas.

Tabla. Desarrollo del Ajo porro en los abonos pleurotina L₁ y L₂ y Humus

| Longitud de las hojas (cm) | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Tipo de cultivo: Ajo porro | | | |
| | L1 | L2 | HUMUS |
| 1er. corte | 20 | 35 | 30 |
| | 18 | 25 | 32,5 |
| | 22 | 30 | 35 |
| promedio | 20,0 | 30,0 | 32,5 |
| error | 2,0 | 5,0 | 2,5 |
| | | | |
| 2do. corte | 32,3 | 27,8 | 27,5 |
| | 43 | 28,8 | 28 |
| | 43,8 | 27,2 | 28 |
| promedio | 39,7 | 27,9 | 27,8 |
| error | 6,4 | 0,8 | 0,3 |
| | | | |
| 3er. corte | 35,4 | 37 | 34,1 |
| | 32,6 | 37,2 | 33,7 |
| | 40,2 | 40,5 | 36,5 |
| promedio | 36,1 | 38,2 | 34,8 |
| error | 3,8 | 2,0 | 1,5 |
| | | | |

| | | | |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|
| | | | |
| | L1 | L2 | HUMUS |
| 1er. corte | 20,0 | 30,0 | 32,5 |
| 2do. corte | 39,7 | 27,9 | 27,8 |
| 3er. corte | 36,1 | 38,2 | 34,8 |

Tabla. Desarrollo del Ajo porro en los abonos pleurotina L₃ y Humus

| Comparación entre L3 y humus | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|--------|----|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tipo de cultivo: Ajo porro | | | | | Longitud de las hojas (cm) | | | | |
| Mes | Julio | Agosto | | | Septiembre | | | | |
| Día | 28 | 4 | 11 | 18 | 25 | 8 | 15 | 22 | 29 |
| L3 | | | | 20,2 | 26,2 | 21,0 | 31,2 | 35,3 | 43,3333 |
| | | | | 28,7 | 27,7 | 19,7 | 29,5 | 31,8 | 40,0333 |
| | | | | 27,8 | 22,7 | 16,7 | 25,3 | 30,8 | 40,2333 |
| Promedio | | | | 25,6 | 25,5 | 19,1 | 28,7 | 32,7 | 41,2 |
| Error | | | | 4,7 | 2,6 | 2,2 | 3,0 | 2,4 | 1,9 |
| Humus | | | | 25,5 | 26,8 | 22,3 | 31,8 | 36,8 | 45,6667 |
| | | | | 23,0 | 21,2 | 19,3 | 29,3 | 33,3 | 43,6 |
| | | | | 27,5 | 26,5 | 16,7 | 30,3 | 37,2 | 46,7667 |
| Promedio | | | | 25,3 | 24,8 | 19,4 | 30,5 | 35,8 | 45,3 |
| Error | | | | 2,3 | 3,2 | 2,8 | 1,3 | 2,1 | 1,6 |

Tabla resumen del Cebollino a los 90 días de sembrado.

| Abono | Peso completo (g) | # bulbos | Peso bulbos(g) | Ancho de las hojas (cm) | Largo de las hojas (cm) | Peso de las hojas (g) | Rendimiento (Kg/m²). |
|----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|
| L₁ | 272,5 | 16 | 61,6 | 1,7 | 45,7 | 210,9 | 0,2 |
| | 46,1 | 4 | 12,8 | 1,0 | 37,7 | 33,3 | 0,03 |
| | 579,5 | 29 | 134,6 | 1,6 | 53,6 | 444,9 | 0,4 |
| L₂ | 206,0 | 11 | 45,7 | 1,7 | 51,4 | 160,3 | 0,2 |
| | 319,5 | 12 | 64,5 | 1,4 | 44,7 | 255,0 | 0,2 |
| Humus | 182,6 | 9 | 37,9 | 1,6 | 39,8 | 144,7 | 0,1 |

Tabla. Parámetros morfológicos **de las plantas de** Habichuela Lina comparada en dos abonos pleurotina L₂ y Humus.

| Cinética de crecimiento de la planta | | | | |
|--------------------------------------|--------|---|----------------|-------|
| Parámetros morfológicos | | | L ₂ | Humus |
| Planta | Altura | 1 | 4 | 4 |
| | | 2 | 20,1 | 20,7 |
| | | 3 | 31,6 | 34,4 |
| | | 4 | 53,6 | 57,7 |
| Vástago | Altura | 1 | 24,2 | 25,8 |
| | | 2 | 55,3 | 55,6 |

Tabla. Parámetros morfológicos de las plantas de Habichuela Lina sembradas en la pleurotina L₂.

| Calidad del fruto | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|---------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Parcela | Fecha | Media de las parcelas L-2 | | | | | | | |
| | | Pequeña | | Mediana | | Grande | | X largo | x grosor |
| | | Largo | Grosor | Largo | Grosor | Largo | Grosor | | |
| x1 | 16-12 | 24,8 | 7,2 | 36 | 7,7 | 42,8 | 8,0 | 34,5 | 7,6 |
| x2 | 16-12 | 21,3 | 6,6 | 34,2 | 6,9 | 43,2 | 7,5 | 32,9 | 7 |
| x3 | 16-12 | 21,7 | 7,1 | 35,5 | 6,8 | 45,5 | 6,9 | 34,2 | 6,9 |
| | | | | | | | | 33,9 | 7,2 |
| x1 | 18-12 | 24 | 8 | 35,2 | 7,9 | 42,5 | 7,9 | 33,9 | 7,9 |
| x2 | 18-12 | 24,8 | 7,6 | 34 | 7,9 | 42 | 7,9 | 33,6 | 7,8 |
| x3 | 18-12 | 26,2 | 7,6 | 35,3 | 7,7 | 45,7 | 7,7 | 35,7 | 7,7 |
| | | | | | | | | 34,4 | 7,8 |
| x1 | 21-12 | 19,3 | 7,2 | 30,2 | 7,5 | 39,8 | 7,6 | 29,8 | 7,4 |
| x2 | 21-12 | 22,5 | 7,7 | 34,2 | 7,3 | 42,7 | 7,8 | 33,1 | 7,6 |
| x3 | 21-12 | 21,8 | 7,5 | 32,3 | 7,5 | 40,3 | 7,7 | 31,5 | 7,6 |
| | | | | | | | | 31,5 | 7,5 |
| x1 | 23-12 | 24,3 | 7,6 | 33,3 | 7,3 | 40,8 | 7,2 | 32,8 | 7,4 |
| x2 | 23-12 | 25,8 | 7,2 | 35,5 | 6,9 | 42,2 | 7,8 | 34,5 | 7,3 |
| x3 | 23-12 | 25,2 | 6,9 | 33,5 | 7 | 42,7 | 7,4 | 33,8 | 7,1 |
| | | | | | | | | 33,7 | 7,3 |
| x1 | 26-12 | 22,5 | 7,2 | 33,8 | 7,3 | 42,7 | 7,4 | 33 | 7,3 |
| x2 | 26-12 | 22,3 | 7,5 | 30,7 | 7,3 | 40,3 | 7,6 | 31,1 | 7,5 |
| x3 | 26-12 | 19,2 | 7,3 | 28,8 | 7,4 | 39,3 | 7,3 | 29,1 | 7,3 |
| | | | | | | | | 31,1 | 7,4 |
| promedio | | 23,0 | 7,3 | 33,5 | 7,4 | 42,2 | 7,6 | 32,9 | 7,4 |
| error | | 2,2 | 0,3 | 2,1 | 0,4 | 1,9 | 0,3 | 1,5 | 0,1 |

**Tabla.
Lina**

| Parcelas L-2 | | | |
|---------------------|----------------|------------------------|-----|
| Fecha | Parcela | Rendimiento/kgs | |
| 16-12 | 1 | 1,1 | |
| 16-12 | 2 | 1,0 | |
| 16-12 | 3 | 1,0 | 3,2 |
| 18-12 | 1 | 1,0 | |
| 18-12 | 2 | 1,1 | |
| 18-12 | 3 | 0,9 | 3,1 |
| 21-12 | 1 | 1,0 | |
| 21-12 | 2 | 1,0 | |
| 21-12 | 3 | 1,1 | 3,1 |

Rendimiento de la Habichuela sembradas en la pleurotina L₂.

| | | | |
|-----------------|---|------------|------------|
| 23-12 | 1 | 1,1 | |
| 23-12 | 2 | 1,1 | |
| 23-12 | 3 | 1,2 | 3,5 |
| 26-12 | 1 | 1,1 | |
| 26-12 | 2 | 1,0 | |
| 26-12 | 3 | 1,1 | 3,2 |
| total | | | 16,0 |
| promedio | | 1,1 | 3,2 |
| error | | 0,1 | 0,1 |

Tabla. Parámetros morfológicos de las plantas de Habichuela Lina sembradas en la pleurotina Humus.

| Calidad del fruto | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-----------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Parcela | Fecha | Media de las parcelas Humus | | | | | | X largo | x grosor |
| | | Pequeña | | Mediana | | Grande | | | |
| | | Largo | Grosor | Largo | Grosor | Largo | Grosor | | |
| x1 | 9-12 | 26,2 | 7,8 | 34,5 | 7,7 | 42,3 | 7,6 | 34,3 | 7,7 |
| x2 | 9-12 | 25,7 | 7,4 | 36,7 | 7,6 | 42,3 | 7,5 | 34,9 | 7,5 |
| x3 | 9-12 | 25,2 | 7,5 | 35,8 | 7,7 | 41,5 | 7,4 | 34,2 | 7,5 |
| | | | | | | | | 34,5 | 7,6 |
| x1 | 13-12 | 26,3 | 7,8 | 35,3 | 7,7 | 41,7 | 7,6 | 34,4 | 7,7 |
| x2 | 13-12 | 23,3 | 7,7 | 32,3 | 7,6 | 42,5 | 7,7 | 32,7 | 7,7 |
| x3 | 13-12 | 22,2 | 7,6 | 31 | 7,9 | 39,7 | 7,8 | 31 | 7,8 |
| | | | | | | | | 32,7 | 7,7 |
| x1 | 16-12 | 16,8 | 7 | 29,7 | 7,1 | 35,2 | 7,3 | 27,2 | 7,1 |
| x2 | 16-12 | 13,5 | 7,5 | 24,5 | 7,5 | 35 | 7,2 | 24,3 | 7,4 |
| x3 | 16-12 | 13,5 | 7,5 | 24,3 | 7,3 | 34,8 | 7,3 | 27,9 | 7,4 |
| | | | | | | | | 26,5 | 7,3 |
| x1 | 18-12 | 17,5 | 7,3 | 26,7 | 7,4 | 38 | 7,3 | 27,4 | 7,3 |
| x2 | 18-12 | 11 | 7,3 | 23 | 7,7 | 31,7 | 7,4 | 21,9 | 7,5 |
| x3 | 18-12 | 12,2 | 7,4 | 25,3 | 7,4 | 26,7 | 7,3 | 21,4 | 7,4 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | | | | | | | 23,6 | 7,4 |
| x1 | 21-12 | 11,2 | 6,5 | 21,2 | 6,5 | 28,8 | 6,2 | 20,4 | 6,4 |
| x2 | 21-12 | 13,2 | 6,6 | 19,8 | 6,5 | 30 | 6,4 | 21 | 6,5 |
| x3 | 21-12 | 9 | 6,4 | 16,2 | 6,4 | 22,5 | 6,4 | 15,9 | 6,4 |
| | | | | | | | | 19,1 | 6,4 |
| promedio | | 17,8 | 7,3 | 27,8 | 7,3 | 35,5 | 7,2 | 27,3 | 7,3 |
| error | | 6,4 | 0,5 | 6,4 | 0,5 | 6,4 | 0,5 | 5,9 | 0,4 |

Tabla. Rendimiento de la Habichuela Lina sembradas en Humus.

| Humus | | | |
|-----------------|----------------|------------------------|-------------|
| Fecha | Parcela | Rendimiento/kgs | |
| 9-12 | 1 | 1,2 | |
| 9-12 | 2 | 1,1 | |
| 9-12 | 3 | 1,3 | 3,6 |
| 13-12 | 1 | 1,1 | |
| 13-12 | 2 | 1,2 | |
| 13-12 | 3 | 1,1 | 3,4 |
| 16-12 | 1 | 1,2 | |
| 16-12 | 2 | 1,2 | |
| 16-12 | 3 | 1,2 | 3,6 |
| 18-12 | 1 | 1,2 | |
| 18-12 | 2 | 1,1 | |
| 18-12 | 3 | 1,1 | 3,3 |
| 21-12 | 1 | 1,1 | |
| 21-12 | 2 | 1,0 | |
| 21-12 | 3 | 0,9 | 3,0 |
| total | | | 16,9 |
| promedio | | 1,1 | 3,4 |
| error | | 0,1 | 0,3 |
| | | | |

Tabla resumen. Parámetros morfológicos de la calidad de la habichuela y su rendimiento

| Tabla resumen Habichuela | | | | |
|---------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| Abono | Peso(kg) | Largo(cm) | Grosor(cm) | Rendimiento(kg) |
| L2 | 16,0 | 32,9 | 7,4 | 3,2 |
| Humus | 16,9 | 27,3 | 7,3 | 3,4 |

Tabla. Parámetros morfológicos de la calidad de la habichuela y su rendimiento

| Parámetros morfológicos de la calidad de la habichuela y su rendimiento | | | | | |
|--|---|-----------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| Tabla resumen Habichuela | | | | | |
| Abono | | Peso(kg) | Largo(cm) | Grosor(cm) | Rendimiento(kg) |
| L2 | 1 | 3,2 | 33,9 | 7,2 | 3,2 |
| | 2 | 3,1 | 34,4 | 7,8 | 3,1 |
| | 3 | 3,1 | 31,5 | 7,5 | 3,1 |
| | 4 | 3,5 | 33,7 | 7,3 | 3,5 |
| | 5 | 3,2 | 31,1 | 7,4 | 3,2 |
| | | 16,0 | 32,9± 1,5 | 7,4± 0,2 | 3,2± 0,2 |
| Humus | 1 | 3,6 | 34,5 | 7,6 | 3,6 |
| | 2 | 3,4 | 32,7 | 7,7 | 3,4 |
| | 3 | 3,6 | 26,5 | 7,3 | 3,6 |
| | 4 | 3,3 | 23,6 | 7,4 | 3,3 |
| | 5 | 3,0 | 19,1 | 6,4 | 3,0 |
| | | 16,9 | 27,3± 6,4 | 7,3± 0,5 | 3,4± 0,2 |

Tabla. Adaptación de las vitroplantas de plátano
Variedad: Gran enano.
Abono: Humus

| Variedad: Gran enano | | Cantidad : 35 | | | Fecha de Siembra: | |
|-----------------------------|------------------|----------------------|------------|-------------|--------------------------|-------------|
| Humus | | | | | | |
| Clasificación | | Hojas | | | Raíces | |
| | Altura del tallo | Número | ancho/cm | largo/cm | número | largo |
| Pequeña | | | | | | |
| 1 | 22 | 6 | 7 | 13 | 6 | 15 |
| 2 | 22,4 | 7 | 8 | 15 | 6 | 16 |
| 3 | 23 | 6 | 8 | 15 | 6 | 15 |
| | 22,5 | 6,3 | 7,7 | 14,3 | 6,0 | 15,3 |
| Mediana | | | | | | |
| 1 | 24 | 6 | 7 | 14 | 6 | 17 |
| 2 | 24,5 | 7 | 8 | 16 | 6 | 17,3 |
| 3 | 24,7 | 7 | 8 | 16 | 6 | 17,5 |
| | 24,4 | 6,7 | 7,7 | 15,3 | 6,0 | 17,3 |
| Grande | | | | | | |
| 1 | 25,3 | 8 | 9 | 18 | 6 | 18 |
| 2 | 25,8 | 8 | 9 | 18 | 6 | 18,7 |

| | | | | | | |
|-----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 3 | 26 | 8 | 8 | 17 | 6 | 18,9 |
| | 25,7 | 8,0 | 8,7 | 17,7 | 6,0 | 18,5 |
| | | | | | | |
| promedio | 24,8 | 7,2 | 8,1 | 16,3 | 6 | 17,6 |
| error | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 1,5 | 0 | 1,1 |

Tabla. Adaptación de las vitroplantas de plátano

Variedad: Gran enano.

Abono: Mezcla del L₂ y Humus

| | | | | | | |
|---|------------------|---------------------|----------|----------|--------------------------|-------|
| Variedad: Gran enano | | cantidad: 35 | | | Fecha de Siembra: | |
| Mezcla del L₂ y Humus | | | | | | |
| Clasificación | | Hojas | | | Raíces | |
| | Altura del tallo | Número | ancho/cm | largo/cm | número | largo |
| Pequeña | | | | | | |
| 1 | 20,3 | 7 | 7 | 12 | 6 | 15 |
| 2 | 21,5 | 6 | 8 | 15 | 6 | 15 |
| 3 | 22 | 6 | 8 | 15 | 6 | 17 |
| | | 6,3 | | | | |
| Mediana | | | | | | |
| 1 | 23,2 | 7 | 7 | 15 | 6 | 17 |
| 2 | 23,7 | 7 | 8 | 16 | 6 | 18 |
| 3 | 24 | 7 | 8 | 16 | 6 | 18 |
| | | 7 | | | | |
| Grande | | | | | | |
| 1 | 24,5 | 8 | 8,5 | 17 | 6 | 18 |
| 2 | 25 | 8 | 9 | 18 | 6 | 19 |

| | | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|------------|------------|-------------|----------|-------------|
| | 3 | 25 | 8 | 8 | 17,6 | 6 | 19 |
| | | | 8 | | | | |
| promedio | | 23,9 | 7,1 | 8,1 | 16,4 | 6 | 18,0 |
| error | | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 1,2 | 0 | 0,8 |
| | | | | | | | |

Tabla. Adaptación de las vitroplantas de plátano

Variedad: Gran enano.

Abono: Pleurotina L₂

| | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|---------------------|----------|----------|--------------------------|-------|--|
| Variedad: Gran enano | | cantidad: 35 | | | Fecha de Siembra: | | |
| Pleurotina L₂ | | | | | | | |
| Clasificación | | Hojas | | | Raíces | | |
| | Altura del tallo | Número | ancho/cm | largo/cm | número | largo | |
| Pequeña | | | | | | | |
| 1 | 16 | 6 | 5 | 10 | 5 | 10 | |
| 2 | 16 | 6 | 5 | 10 | 5 | 12 | |
| 3 | 16 | 6 | 5 | 10 | 5 | 12 | |
| | | | | | | | |
| Mediana | | | | | | | |
| 1 | 17,6 | 6 | 6 | 12 | 6 | 13 | |
| 2 | 17,9 | 6 | 6 | 12 | 6 | 13 | |
| 3 | 18 | 6 | 6 | 12 | 6 | 13 | |
| | | | | | | | |
| Grande | | | | | | | |
| 1 | 19,1 | 6 | 7 | 13 | 6 | 15 | |
| 2 | 19,6 | 6 | 8 | 15 | 6 | 15 | |

| | | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|----------|------------|-------------|----------|-------------|
| | 3 | 19,8 | 6 | 7 | 14 | 6 | 16 |
| promedio | | 18,3 | 6 | 6,4 | 12,6 | 6 | 13,9 |
| error | | 1,3 | 0 | 1,0 | 1,6 | 0 | 1,5 |

Tabla. Adaptación de las vitroplantas de plátano

Variedad: Gran enano.

Abono: Pleurotina L₃

| | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|---------------------|----------|----------|--------------------------|-------|--|
| Variedad: Gran enano | | cantidad: 35 | | | Fecha de Siembra: | | |
| Pleurotina L₃ | | | | | | | |
| Clasificación | | Hojas | | | Raíces | | |
| | Altura del tallo | Número | ancho/cm | largo/cm | número | largo | |
| Pequeña | | | | | | | |
| 1 | 14,3 | 6 | 4 | 9 | 5 | 9 | |
| 2 | 14,7 | 6 | 3 | 9 | 5 | 8 | |
| 3 | 14,8 | 6 | 4 | 9 | 5 | 7 | |
| | | | | | | | |
| Mediana | | | | | | | |
| 1 | 16 | 6 | 5 | 10 | 5 | 9 | |
| 2 | 16,3 | 6 | 5 | 10 | 5 | 9,2 | |
| 3 | 16,5 | 6 | 5 | 10 | 5 | 9,3 | |
| | | | | | | | |
| Grande | | | | | | | |
| 1 | 17 | 6 | 6 | 12 | 6 | 10 | |
| 2 | 17 | 6 | 6 | 12 | 6 | 10,1 | |

| | | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|----------|------------|-------------|------------|------------|
| | 3 | 17 | 6 | 6 | 12 | 6 | 10,2 |
| promedio | | 16,4 | 6 | 5,3 | 10,7 | 5,4 | 9,3 |
| error | | 0,8 | 0 | 0,8 | 1,3 | 0,5 | 1,1 |

