

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

**“ Aplicación de lodos de digestión anaerobia del  
residual vacuno en cultivos hortícolas”**

*Tesis presentada en opción al título académico de*

***Master en Biotecnología***

*Mención Ambiental*

Autor: Ing. Julia Izquierdo Berroa

Tutores: Dra. Rosa C. Bermúdez Savón  
MSc. Suyén Rodríguez Pérez

*Santiago de Cuba, Abril del 2003*

## INDICE

<b>I.</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>II.</b>	<b>Revisión bibliográfica</b>	4
II.1.	La Agricultura Urbana	4
II.1.1.	Concepto. Relación con la Agro-ecología y el Desarrollo Sostenible.	4
II.1.2.	Estructura de la Agricultura Urbana.	6
II.1.2.1.	Subprograma de Hortalizas y Condimentos frescos	6
II.1.2.2.	Subprograma de materia orgânica.	8
II.2.	Tecnología de la Digestión Anaerobia.	10
II.2.1.	Lodos de digestión anaerobia.	12
<b>III.</b>	<b>Materiales y Métodos</b>	14
III.1.	Materiales, reactivos y equipos.	14
III.2.	Métodos	15
III.3.	Desarrollo de los experimentos.	16
<b>IV.</b>	<b>Resultados y discusión</b>	20
IV.1.	Caracterización química y biológica de los sustratos	20
IV.2.	Producción en cepellones.	23
IV.3.	Producción en organopónicos	27
IV.4.	Valoración económica.	30
<b>V.</b>	<b>Conclusiones</b>	33
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones</b>	34
<b>VII.</b>	<b>Bibliografía</b>	35
<b>VIII.</b>	<b>Anexos</b>	

*Dedico esta tesis a:*

*Dios porque la fé me mantuvo con ánimo ante las dificultades .*

*Mi querida familia especialmente a mi mamá y mis dos hijas por su comprensión , sacrificios y paciencia .*

*Al colectivo de trabajadores del Centro de Estudio de Biotecnología Industrial de la Universidad de Oriente por todo su apoyo.*

## *AGRADECIMIENTOS .*

*Agradezco a todas las personas que de una forma u otra me han apoyado para la culminación exitosa de esta tesis y de manera muy especial a :*

*La Dra. Rosa Catalina Bermúdez Savón por su asesoría y exigencia así como su apoyo permanente .*

*MSc. Suyén Rodríguez Pérez quien dedico mucho tiempo e inteligencia con paciencia y bondad en la asesoría de esta tesis .*

*Profesor Titular , MSc. Reynaldo Quiñónez del Departamento Agropecuario de la Universidad Central de las Villas “ Martha Abreu “ por su asesoría en el procesamiento estadísticos de los datos.*

*Ing. Hermelo Sánchez García por su apoyo espiritual y material durante todo el transcurso de la Tesis.*

*Mi querida hermana Hortensia Quijala Berroa por su dedicación tanto en la casa como en el trabajo.*

*Ing José Angel Lacerra Espino e Ing. Ivvon Saborit Oroceno mis inestimables compañeros de trabajo y especiales amigos de siempre.*

*Don Miguel Parrón cooperativista de la Cooperativa de Crédito y Servicios Roberto Macias que recicla sus residuos agrícolas mediante la tecnología de digestión anaerobia desarrollando una producción ecológica .*

*Colectivo de trabajadores del Instituto de Suelos .Dirección Provincial Santiago de Cuba y de la UBPC Luis Manuel Pozo.*

*Eric ,Edgar , Maiquel y en general al colectivo de trabajadores del Centro de Biotecnología Industrial de la Universidad de Oriente .*

## INTRODUCCION .

El acelerado proceso de deforestación , de erosión , de la pérdida de la fertilidad natural de los suelos , la dependencia del agricultor hacia los insumos externos , la pérdida de la diversidad biológica aumenta la vulnerabilidad agrícola y han reducido la seguridad alimentaria , estos fenómenos unido al incremento de la población y al éxodo negativo hacia la ciudad sentó las bases para el inicio de la producción en la ciudades con lo cual se desarrolla la Agricultura Urbana como una agricultura en armonía con la naturaleza de bajos insumos externos con base agro ecológica donde el reciclaje de la materia orgánica y la aplicación de biofertilizantes son componentes vitales en este sistema .

Mediante estas técnicas se recuperan las áreas improductivas y se restituye o se mantiene la fertilidad de los suelos y los sustratos para la producción hortícola . La demanda de materia orgánica generada es alta y resulta necesario la aplicación con éxitos de soluciones compatibles con los recursos existentes en cada comunidad.

La tecnología de biogás se desarrolla principalmente con la finalidad de obtener energía y abono pero últimamente en el mundo esta técnica esta priorizando la producción de abonos .Se plantea que el lodo residual que se obtienen en los digestores resulta de excelente calidad , ricos en nutrientes , hormonas , vitaminas y aminoácidos que pueden favorecer el desarrollo de las plantas y que incluso tienen efecto repelente contra las plagas . Por su alto contenido de materia orgánica se ha recomendado para el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos y de pH en suelos ácidos y además incrementar la retención de agua . En el Boletín de la Universidad Autónoma de México ( 2000 ) refieren que los biosólidos son capaces de regenerar lugares agotados por las prácticas agrícolas ,por la erosión o por la actividad minera . Se ha recomendado para una amplia gama de cultivos anuales , bianuales y perennes ,gramíneas , forrajeras ,leguminosas , frutales y hortalizas.

La integración de esta tecnología con las otras técnicas biotecnológicas asegurarían la sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo y fomentaría el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agro ecosistemas .

Por estas razones resulta de gran interés el estudio de las potencialidades de este residual en la Agricultura Urbana teniendo en cuenta las experiencia que existen en el mundo de su aplicación en cultivos hortícolas .

## PROBLEMA :

El necesario incremento de la producción de alimentos en la ciudad de forma ecológica y sostenible impulsada por el Sistema de Agricultura Urbana le confiere gran importancia y valor a los abonos orgánicos que son el sostén para la recuperación de áreas improductivas así como para el mejoramiento y conservación de la fertilidad de los sustratos y los suelos de tal forma la aplicación de los lodos residuales de digestión anaerobia resulta ser una tecnología atractiva para integrar este sistema.

## HIPÓTESIS :

La utilización de los lodos de digestión anaerobia de residual vacuno como fuente de abono orgánico o biabono pueden contribuir al fomento y desarrollo de cultivos hortícolas de forma sostenible .

## Objetivo General .

Utilización de lodos de digestión anaerobia de residual vacuno como sustrato en cultivos hortícolas en la producción de cepellones y en condiciones de organopónico en la Agricultura Urbana .

## Objetivos Específicos.

- Evaluar la influencia de lodos de digestión anaerobia de residual vacuno como sustrato en la producción de cepellones de cultivos hortícolas
- Utilización del lodo de digestión anaerobia como biabono solo y combinado con el biofertilizante *Rhizobium* en el cultivo de la Habichuela ( *Vigna phaseolis* , L ) en condiciones de cepellón y organopónico en diferentes épocas de siembra.
- Utilización del lodo de digestión anaerobia como biabono en el cultivo de la Remolacha ( *Beta vulgaris* , L ) en condiciones de organopónico en diferentes épocas de siembra
- Reciclar el lodo de digestión anaerobia de tal forma que su utilización y eliminación causen el menor impacto ambiental , contribuyendo así a una agricultura sostenible.

## **AGRICULTURA URBANA**

### **1.1 La Agricultura Urbana. Concepto . Relación con la Agro ecología y el Desarrollo Sostenible .**

La Agricultura Urbana en Cuba se define como la producción de alimentos dentro del perímetro urbano aplicando métodos intensivos . Teniendo en cuenta la relación hombre , cultivo, animal, medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante los 12 meses del año, basadas en practicas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos . 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 practicas orgánicas , que no contaminan el ambiente , en el uso racional de los recursos de cada territorio y en una comercialización directa con el consumidor . Esto ha demandado el desarrollo de un grupo de actividades y criterios sostenibles en la Agricultura , teniendo en cuenta que el desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Núñez, 2002 ),llevando este concepto al contexto agrícola , se entiende por Agricultura sostenible, un conjunto de prácticas agrícolas en las que se diseñan agroecosistemas socialmente justos, culturalmente aceptables , naturalmente sanos y económicamente viables. (Universidad para todos. Tabloide , 2002 ) .

Socialmente justos , cuando la organización productiva y los objetivos del bienestar social son compatibles con los valores culturales y éticos .

Naturalmente sanos , cuando el sistema de prácticas adoptado no utiliza agrotóxico y mantiene los principios de conservación del medio ambiente .

Económicamente viable, cuando el sistema de practicas adaptado y los recursos naturales en uso producen una rentabilidad razonable y establece con alta productividad y eficiencia a través del tiempo un beneficio al productor , consumidor y estado.

La producción de hortalizas en las diferentes modalidades productivas que se ha implementado en todo el país a través del Movimiento Nacional de la Agricultura Urbana , cumple con los principios de sostenibilidad generales evaluados , refiriéndose a este concepto Campanioni y col , 2001 , consideraron que esta agricultura 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 .

Tiene sus propias características , que la diferencian de la agricultura convencional como ejemplo su diversidad y cantidad de actores sociales que participan en su desarrollo . Esto le infiere un matiz especial al extensionismo , donde se pueden innovar modelos de gestión o estilos 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 que se desarrolla obliga al productor a realizar constantes ajustes en las técnicas a utilizar para crear las mejores condiciones a las plantas o a los animales en la producción . Por su ubicación geográfica y destino de consumo es una agricultura de bajos insumos , que no permite el uso de agro tóxicos , con extrema economía en el uso del agua y exquisito cuidado en la fertilidad de sus tierras , manejo de cultivo y animales de lo que se infieren que es una agricultura ecológica , según define De Salguy, 1999 , la Agricultura Ecológica consiste en un compendio de técnicas agrarias que excluye el uso de productos químicos y de síntesis ( fertilizantes químicos , productos fitosanitarios como plaguicidas y herbicidas ) es un método de producción que tiene en cuenta los conocimientos tradicionales de la agricultura y que integra los progresos científicos de todas las disciplinas agronómicas , que tienen como objetivo preservar el medio ambiente , mantener o aumentar la fertilidad del suelo así como proporcionar alimentos con todas sus propiedades naturales de máxima calidad y cantidad suficiente , además de contribuir en gran medida a dar una respuesta a las principales preocupaciones sociales y medioambientales ,en este caso el agroecosistema para la producción de hortalizas conformado por las modalidades de organopónicos , huertos intensivos, parcelas y patios , cada una de ellas basadas en principios generales comunes y aspectos tecnológicos particulares se desarrollan bajo este criterio .

Entre las premisas que condicionaron su desarrollo se cita :

- Alta demanda de los productos alimenticios que generaron las grandes concentraciones de la población , mucho de los cuales las hortalizas frescas son de fácil deterioro y alto costo de transportación
- La producción de hortalizas y otros exige el empleo de abundante fuerza de trabajo , la que se encuentra en la ciudad ya que el 75 % de la población cubana es urbana.

La Agricultura Urbana se rige por un conjunto de principios a partir de lo cual se definen los objetivos específicos y sus estructuras , dentro de estos principios se encuentran los siguientes :

- Uso intensivo de la materia orgánica preservando la fertilidad de los suelos y los sustratos .
- Integración multidisciplinaria e intensa aplicación de la ciencia y la Técnica .
- Mantener un suministro de productos frescos y garantizar una producción balanceada de no menos de 300g per cápita diaria de hortalizas

Este principio se establece como forma de contribuir a la satisfacción diaria de vitaminas y minerales a la población para el mantenimiento de una buena salud dado a que el consumo de hortalizas se ha incrementado a nivel mundial ( Tabla No ). Algunos países como China ya en el 2001 alcanzaron cifras superiores a 300 kg/per cápita/año, mientras que en América Central, del Sur y África del Sur las cifras no sobrepasan los 56 Kg. / per cápita /año , en Cuba , considerado como país en vía de desarrollo mediante este sistema de producción ha logrado aumentos en este sentido ( Tabla No. ) y en la Provincia Santiago de Cuba en estos momentos se encuentra por encima del promedio establecido por la FAO ( tabla No. )

Carlos Lage ( 1998 ) evaluando el Impacto de la Agricultura Urbana manifestó que la ha tenido un impacto positivo en la población porque incrementó significativamente el nivel de alimentos, esencialmente de vegetales , de forma tal que de una producción mínima de 90 mil quintales en el año 1994 , creció a 3 millones de quintales en 1997 , demostrando la posibilidad de dar saltos productivos en la Agricultura , además tiene beneficios secundarios porque proporciona empleo , elimina gastos de transportación y se reciben los alimentos frescos , producidos de forma ecológica en compatibilidad con el Medio Ambiente. La versatilidad de la tecnología utilizadas en la Agricultura Urbana han permitido mantener las producciones estable durante todo el año .

## **1.2 Estructura de la Agricultura Urbana**

### **⇒ Estructura organizativa .**

Esta actividad esta dirigida por el grupo Nacional de Agricultura Urbana , el cual está Integrado por especialistas , funcionarios y productores procedentes de distintos ministerios e instituciones , tanto científicas como de producción ejerce su influencia hasta el nivel de base a través de los grupos provinciales y municipales.

### **⇒ Estructura Productiva .**

Consta de 28 Subprogramas que abarcan temas específicos como la producción de hortalizas , plantas medicinales , condimentos, granos , frutas y crianzas de animales, producción de materia orgánica y Ciencia y técnica para la capacitación de sus recursos humanos.

## **1.3- Subprograma de Hortalizas y Condimentos frescos .**

Fue la primera actividad realizada por la Agricultura Urbana , contempla la producción de no menos de 30 millones de quintales de hortalizas frescas con rendimiento superiores a 20 Kg / m<sup>2</sup> / año en los organopónicos , 10 Kg / m<sup>2</sup> / año en las parcelas y patios . Se planificó cerrar el año 2000 con un área de 5m<sup>2</sup> / habitantes dedicadas a esta producción .Para lograr estas metas es de suma importancia la obtención de posturas sanas que garanticen la continuidad de la producción hortícola motivo por lo cual se introducen los sistemas de cultivos protegidos para la obtención de cepellones .

### **Tecnología de Producción de Cepellones .**

Para incrementar la productividad del área disminuyendo el tiempo que se mantiene ocupado por cultivo es necesario lograr la producción de posturas fuera del área , lo que significa en el caso de las hortalizas un ahorro del 25 % al 50 % del tiempo de la ocupación del cantero. Las condiciones climáticas de Cuba no permiten llevar posturas al campo a raíz desnuda durante los meses más calurosos y fuertes lluvias , por lo que se necesita producciones en condiciones protegidas por la tecnología de cepellón ( posturas con raíces cubiertas ) las que al llevarlas al campo soportan el estrés del trasplante orgánico y son más

sanas por las condiciones protegidas en que se producen donde inciden menor ataque de plagas y enfermedades . Además le ofrece al productor la seguridad de obtener las posturas en el momento preciso , se garantiza suministro constante de posturas de alta calidad independientemente de las condiciones climáticas ( Instructivo Técnico , 2000 )

El Cepellón consiste en una cobertura de sustrato alrededor de las raíces de la postura . Para la formación de un Cepellón consistente se puede utilizar sustratos de distintos componentes que logren mantener un suministro adecuado de fósforo a la postura y permita el desarrollo radicular , por lo que el sustrato es el componente esencial en esta tecnología para la obtención de posturas de calidad con rentabilidad , definiéndose sustrato a todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, cantero o cama, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular y puede o no intervenir en la nutrición vegetal.

Usualmente en el mundo para la producción de cepellón se recomienda como sustratos la turba pero , durante las ultimas cuatro décadas las técnicas culturales aplicadas a la producción de cultivos hortícolas han experimentados cambios tecnológicos rápidos acentuados en Europa , EU etc , con el fin de ofrecer nuevos productos y sistemas , aumentar la productividad de los cultivos y la calidad de las cosechas , se está produciendo una sustitución de forma gradual del cultivo tradicional en el suelo por cultivo en sustratos haciéndose extensivo no solo a la producción de cultivos hortícolas en invernaderos , sino además al desarrollo de plántulas en semilleros ,

Las principales razones del desarrollo de nuevos componentes sustratos son debidos a la creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables y al impacto ambiental negativo con relación a la extracción de la turba y la consecuencia al deterioro medioambiental ( salinización , enfermedades , agotamiento de los suelos agrícolas ) estando enfocada la mayor parte de las investigaciones hacia un mayor aprovechamiento de los residuos ( Konduru y col , 1999 ) , por otra parte la turba es un recurso no renovable y además constituye un costo importante ( 0,10 –0,20 dólares USA/ L de sustrato) en la producción de plántulas , especialmente en semillas de bajo valor como la Lechuga ( *Lactuca sativa* , L ) , el apio ( *Apium graveolens*,L ) , el repollo ( *Brassica oleracea*, L , o la cebolla ( *Allium cepa* , L ) , lo que dificulta la adopción de esta tecnología . A nivel mundial se le han buscado sustituto a la turba entre los que aparece como alternativa el serrín En Argentina se han observado resultados satisfactorio en cultivo sin suelo de tomate ( *Lycopersicum esculentum*, Mill ) , pepino ( *Cucumis sativus* , L ) y fresas ( *Fragaria x anassa Duch*) utilizando como sustrato hasta un 25 % de serrín , en mezcla con perlita , porcentaje que puede elevarse hasta un 50 % si el serrín es previamente compostado ( Gariglio et al , 2002; ) , además se investiga en la utilización de nuevos materiales muy diversos tales como restos de cosecha y subproductos de la industria agroalimentaria ( cascarilla de arroz , fibra de coco , corteza de frutas secas etc ) que pueden utilizarse una vez condicionado como sustratos transformados por diversas técnicas como compostaje ,caracterizados y sin problemas de contaminación y pueden ser utilizados como abonos orgánicos en suelos agrícolas ( invernaderos o al aire libre ) .

El factor clave para que las plantas de cultivo sin suelos sean viables con buenos resultados en rendimiento y producción , está en parte condicionado por la calidad del sustrato elegido, ello hace necesario conocer las propiedades generales de sus principales componentes mediante el análisis físico químico , ya que pueden interferir en el proceso de nutrición mineral de las plantas , previa utilización de un sustrato de un cultivo sin suelo es necesario conocer sus propiedades físicas para ajuste en e programa de riego y químicas para los programas de

fertilización y biológica ( estabilidad biológica del material , presencia de sustancias bioestimuladoras del crecimiento , fitotóxica etc ( Ansorena , 1994 )

Faure ( 1982 ) señala que la importancia de los sustratos es tal que se celebran congresos anualmente en los principales países que tienen una horticultura avanzada y estos están en la mayoría de los programas de los centros de investigación Agrícola del mundo.

En Cuba actualmente se recomienda un sustrato compuesto por un 50 % de humus , 25 % de Cachaza y 25 % de paja de arroz o estiércol vacuno. Es importante que la materia orgánica tenga buena riqueza de nutrientes, además contengan sustancias activas que son bioestimulante y tienen propiedades fitosanitarias y ser rica en una microflora edáfica beneficiosa ( Campanioni y col , 2002 ) .

### **SUBPROGRAMA DE MATERIA ORGANICA .**

El cultivo de hortalizas en condiciones de organopónicos conlleva una intensidad en el tiempo para lograr altos rendimientos anuales con buena calidad de la cosecha. Esta premisa indica que se debe mantener el sustrato con un nivel alto de fertilidad y propiedades físicas de porosidad, retención de agua y aireación capaces de mantener estables los rendimientos. Estas condiciones se logran en las mezclas cuando se preparan por primera vez pero en la medida en que se desarrolla la explotación las condiciones pueden variar .Las investigaciones llevadas a cabo indican que al cabo de dos años de cultivo continuo los valores de fósforo y potasio pueden bajar hasta la mitad para el primero y hasta en tres veces para el potasio , igual ocurre con el contenido de materia orgánica fácilmente degradable que puede variar desde un 45% al inicio hasta el 15-20% después de 2 años sin aplicaciones sistemáticas .Este fenómeno se ve reflejado directamente en el rendimiento y se reportan disminuciones en tomate de 7,5 kg/m<sup>2</sup> hasta 3,5 kg/m<sup>2</sup> al cabo de 3 siembras sin aplicación de materia orgánica adicional ( Instructivo Técnico par la producción en Organopónico , 1999 )

En todas las provincias existen disponibilidad de materiales que algunas industrias desechan o que simplemente la naturaleza posee de manera abundante y económica. La elección de la fuente orgánica, los otros materiales acompañantes, las proporciones de cada uno y el manejo posterior para la conservación en los sustratos constituyen los aspectos esenciales en el mantenimiento de altos rendimientos . Las fuentes orgánicas pueden ser diversa ( **Tabla No.**) y la elección de una de ellas dependerá de varios aspectos tales como:

- Calidad nutrimental
- Disponibilidad territorial
- Costo de transportación

Debido a la magnitud y a la importancia y al poco uso que aun se le da al potencial existente se creo el Subprograma de Materia Orgánica que se ocupa de la organización , fomento y desarrollo de toda la actividad y de asegurar su acopio , procesamiento , conservación y distribución ( GNAU, 2000 ) . En sus lineamientos se plantea la aplicación

sistemática de la materia orgánica mediante el uso de todas las alternativas locales y el desarrollo de programas territoriales que aseguren este insumo . Se recomienda la mayor proliferación posibles de unidades ubicadas en las fuentes de materia orgánica en la unidad de producción agrícola para acercar este producto al consumidor , además se considera que existe un insuficiente procesamiento de los residuos urbanos y su conversión en abonos orgánicos para la conservación y manejo de la fertilidad de los suelos y los sustratos , este factor se considera decisivo para el desarrollo perspectiva de la Agricultura Urbana atendiendo a que el potencial productivo de las áreas disponibles para la producción de alimentos ya sea para los cultivos o la crianza de animales esta en relación directa con el nivel de fertilidad que tengan los suelos y los sustratos , de forma tal que se hace imprescindible devolver los nutrientes extraídos por la cosecha anterior y crear las condiciones de fertilidad requerida para la obtención de altos rendimientos en las próximas siembras ( Peña , 1995 ) .

La cantidad de materia orgánica acopiada , procesada y aplicada se encuentra entre los indicadores a evaluar para perfeccionar los niveles de sostenibilidad de la Agricultura Urbana .

En la Provincia Santiago de Cuba a pesar de notarse incrementos en la aplicación de materia orgánica ( **Tabla No.**  ) el Grupo Territorial de Agricultura Urbana valora de forma general que es necesario avanzar mas pues lo producido resulta insuficiente.

## CONSERVACION DE LA FERTILIDAD EN LA AGRICULTURA URBANA.

Se recomiendan dos vías fundamentales :

### ➤ Aplicación de material orgánico

**Materia Orgánica.** Las aplicaciones pueden hacerse de una vez en el año en cantidad aproximada de 10 kg/m<sup>2</sup> equivalente a una capa de 2 cm de grosor. También pueden hacerse fraccionadas, es decir, repartir la cantidad total (10 kg/m<sup>2</sup>/año) en cada cosecha que se recoja o cada 2 o 3 . En fin, lo importante está en no dejar más de 6 meses sin aplicar alguna cantidad de materia orgánica

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 ( Labrador y Guibertecu y col , 1961 citado por Raigón ,2002 )

### ➤ Aplicación de Biofertilizantes .

Los biofertilizantes pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo , aunque en poblaciones bajas y que al incrementarse sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas los nutrientes necesarios mediante su actividad biológica ( Martínez Viera , 1999 ). También pueden obtenerse por macroorganismos como es el caso del Vermicompost a partir de la Lombriz de tierra , por tanto como biofertilizante se conoce el uso directo o

indirecto de organismos vivos para suplir en parte o totalmente el uso de fertilizantes minerales. Datos de la FAO (1992) indican que la tierra disponible no será suficiente para dar sustento a la población mundial ascendente y realizando un estudio detallado de esta situación consideró necesario el aumento de la producción de lo cual un 60 % de esta debe provenir de las mejoras de los rendimientos y una de las vías más prometedoras para lograr tal objeto es el uso de las técnicas biotecnológicas que permiten utilizar la capacidad de diversos microorganismos capaces de fijar o solubilizar elementos esenciales para la vida de las plantas como el Nitrógeno y el Fósforo pronosticando el incremento de los procesos biológicos como medida para contribuir a elevar los rendimientos y la calidad en los cultivos.

Da Silva (1987) enfatizó que debido a la importancia de esta técnica y con el objetivo de poner la biotecnología al servicio del desarrollo rural diversas organizaciones como la UNESCO, PNUMA y la FAO han establecido convenios de colaboración creando varios centros de recursos microbiano (MIRCEN) en distintas partes del mundo a efectos de catalogar y preservar los microorganismos de importancia económica y enseñar a la mano de obra del país a servirse de ellos.

Según Lacasa (1990) uno de los medios más importantes para lograr producciones altas con un menor costo preservando al mismo tiempo los recursos naturales, lo constituye el uso de los procesos biológicos para la nutrición de las plantas y cita como ejemplo la Fijación Biológica del Nitrógeno Atmosférico (FBN), Steward (1977) reconoce como género más importante para este fin los asociativos como el *Rhizobium* con una capacidad de fijación promedio entre 200 kg/ha/año y 500 kg/ha/año.

El efecto benéfico de las inoculaciones sobre el rendimiento de calidad de los cultivos está ampliamente reconocida y encuentra gran aceptación entre los países europeos (Handi 1985). Este criterio coincide con lo planteado por los autores Zhang y Col (1996) y Malik y col (1997) y señalaron el uso de diversos microorganismos con capacidad de fijar nitrógeno con la finalidad de incrementar la producción de múltiples cultivos.

La aplicación de biofertilizantes a partir de diversos microorganismos también es recomendada por su efecto fitosanitario porque protegen a las raíces contra hongos patógenos del suelo, lo que permite disminuir además de los fertilizantes minerales los pesticidas químicos; por ello, es fundamental su introducción en Producciones Ecológicas (Internet 2000).

En Cuba (Funes 1997) indica como a partir de 1989 el gobierno tuvo una política de promover una nueva ciencia agrícola acorde con la escasez de recursos y necesidad de autosuficiencia alimentaria enfatizando las investigaciones en el empleo de la gran capacidad de los organismos biológicos para realizar tareas que afectan los productos químicos y comienzan a desarrollarse los Biofertilizantes, los cuales conjuntamente con los bioplaguicidas constituyeron el alma para sistemas sofisticados del manejo biológico del Agroecosistema según Rosset y Benjamín (1993). Funes (1997) se refirió a la capacidad de estos organismos biofertilizantes para mejorar la fertilidad, obtener cosechas más productivas, económicas y a tono con el ambiente y la naturaleza sin contaminar suelos, aire y agua, produciendo alimentos más sanos sin excesivos gastos energéticos ni inversión de capital, Rosset (1998) considera necesario el empleo de estos biofertilizantes para el fomento de una agricultura de sustitución de insumos con un enfoque agroecológico.

Ramírez (1998) señaló que hoy en el mundo con diferentes tecnologías son producidas en cantidades comerciales productos biofertilizantes a base de diferentes microorganismos y que en Cuba era necesario investigar en base a la obtención de productos biofertilizantes

sólidos, concentrados y mezclados que respondan a más de una necesidad . Por estas razones y teniendo en cuenta que la necesidad vital de la alimentación se incorporo la aplicación de biofertilizante en el sistema de Agricultura Urbana.

El movimiento de agricultura Urbana ha sentado las bases para demostrar la posibilidad de producir alimentos en las ciudades de manera sostenible , siendo hoy un importante abastecedor de alimentos , gracias al apoyo del estado y el esfuerzos de sus actores sociales y actualmente cuenta con un elevado nivel organizativo que permitirá lograr mayores niveles productivos .

## **TECNOLOGÍA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA .**

Se considera que la digestión anaerobia es conocida desde hace cien años pero solamente en los últimos veinte años es que se ha logrado su introducción a gran escala convirtiendo los procesos anaerobios en una tecnología competitiva para el tratamiento de aguas residuales ( Viña ,1998 ) . Esta tecnología es recomendada por diversos autores para la reducción de la contaminación causada por las aguas residuales de la industria cafetalera ( Forum Biogas ,1992 ; 1995; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia ,1995 ; Lorente y Miranda , 1998 ; Bello y col ,1998 ; Rodríguez y col , 2000 ) y además se recomienda para el tratamiento de las aguas residuales de la industria alimenticia ( Shi Daominig y Foster , 1993 ) y para la eliminación de residuales sólidos , considerada por Díaz y col (1999 ) como una tecnología muy viable , Bermúdez y col (1999 ) señaló que la digestión anaerobia es de los tratamientos de residuos la más ampliamente recomendada por las ventajas que poseen de producir energía ( biogás ) , poco volumen de residuos ( lodos ) utilizables como biabono , alimento animal y en la lombricultura . En todos los casos se demuestra que es aplicable a un sistema sostenible a pesar de los diferentes mecanismos de biodegradación de los diferentes tipos de residuos .

Alonso ( 1985 ) consideró que la biodegradación contribuye a disminuir los problemas sanitarios y producen lodos residuales que pueden ser económicamente rentables como mejoradores de suelo y complemento alimenticio para animales .

Países como la India y China son líderes en la Biometanación en las comunidades rurales , Senez (1987 ) señala que en la India funcionan ya un millón de digestores sencillos y baratos y más de siete millones en China y que es de esperar que la producción de biogás en las mismas explotaciones agrícolas se extienda y considera que los países en desarrollo deben de concentrar sus esfuerzos dentro de la agricultura en el ámbito de la bioconversión de productos y desechos agrícolas con vista a producir energía y alimentos . Este autor considera que la producción de biogás también se está desarrollando en países industrializados y más generalmente en las grandes ciudades y en las regiones agrícolas densamente pobladas , por otra parte Sasson ( 1987 ) señala la necesidad de promover la cooperación entre países en desarrollo e industrializado en esta línea de trabajo .

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y MICROORGANISMOS QUE INTERVIENEN.

En el proceso de digestión anaerobia , la materia orgánica contenida en el fango o agua residual es transformada en los gases metano y dióxido de carbono . Este proceso biológico natural es realizado por grupos o comunidades de bacterias en recipiente cerrados o reactores. Se realiza a través reacciones bioquímicas que transcurre tanto consecutiva como simultáneamente y cuyo proceso se pueden dividir en 3 etapas :

### ◆ Hidrólisis y fermentación .

Durante esta fase se verifica la hidrólisis ( licuefacción ) y posterior fermentación de las sustancias orgánicas de elevado peso molecular como lípidos , proteínas e hidratos de carbonos . Estas sustancias quedan transformadas o reducidas a otros compuestos orgánicos de cadena molecular más cortas , principalmente en ácidos grasos volátiles y gases CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> . Si se parte de un polisacárido por ejemplo ,el proceso sería ,

Polisacáridos → Glucosa → Ácido graso + gas  
Una de las reacciones sería :

Glucosa → Ácido Butírico → Dióxido de Carbono + Hidrógeno .

Este metabolismo anaerobio lo realizan bacterias de crecimiento rápido ( formadoras de ácido ) que fermentan la glucosa para producir los mencionados ácidos . El PH de la operación suele ser inferior a 7 .

En esta fase intervienen los siguientes microorganismos ( Géneros citados por Balch et al , 1979 y Jones et al , 1987 )

- Degradan la celulosa : Acetivibrio , Clostridium , Ruminococcus
- Degradan la hemicelulosa : Clostridium , Ruminococcus , Cellulomonas , Thermoanaerobacter ( termófila ) .
- Degradan almidón : Clostridium , Butyrivibrio , .
- Degradan Pectina : Clostridium , Eubacterium .
- Degradan Proteína : Butyrivibrio , Clostridium , Selemonas

### ◆ Fase acetogénica ,

Las bacterias acetogénicas convierten las moléculas orgánicas de pequeño tamaño y los ácidos grasos volátiles en ácido acético e hidrógeno . Siguiendo el ejemplo anterior la reacción sería :

Ácido Butírico + Agua → Ácido acético + Hidrógeno .

Intervienen los microorganismos :

- Methanobacillus omelianskii
- Syntrophobacter Wolinii
- Methanospirillum sp.

- Desulfibrio sp .

◆ Fase metanogénica .

Las bacterias metanogénicas ( anaerobias estrictas ) son esenciales para este tipo de digestión , por ser los únicos microorganismos que pueden catabolizar anaerobiamente el ácido acético y el hidrógeno para dar productos gaseosos en ausencia de energía lumínica y oxígeno. El PH debe de estar entre 6,6 y 7,6 . Las reacciones finales que se verificarían según el ejemplo anterior sería :



### **OTROS GRUPOS IMPORTANTES DE BACTERIAS .**

- Bacterias reductoras de Sulfato ( DSR ) .

Constituyen un grupo de bacterias anaerobias obligatorias que exhiben una gran variación de morfología y fisiología pero es común la habilidad de reducir sulfatos

- Bacterias que degradan Compuestos Aromáticos ( cultivos Mixtos )
- Las Bacterias que oxidan Metano

### **ENZIMAS QUE INTERVIENEN EN LA DESCOMPOSICIÓN ANAEROBICA.**

En cuanto a los procesos enzimáticos que se llevan a cabo en el caso de la degradación del material orgánico por vía aerobia se diferencia sustancialmente de los que ocurren en el metabolismo oxidativo de las bacterias anaerobias . Según Archer , 1983 el primer grupo poseen enzimas conocidas como superoxidasas , dismutasa , catalasas y peroxidasas con producto altamente tóxico como O<sub>2</sub> , radical hidroxilo ( OH<sup>-</sup> ) y Hidrógeno peroxidasa ( H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ) respectivamente formado durante el metabolismo oxidativo. En anaerobiosis el metabolismo de flavoproteínas juega un rol fundamental . La formación de superóxido es tóxico a las bacterias anaerobias en las cuales las enzimas antes mencionadas están usualmente ausentes . Algunas anaerobias obligadas pueden sobrevivir expuesto a oxígeno debido a la presencia de enzimas que la protegen , sin embargo ellas no pueden crecer en presencia de oxígeno molecular además elevada concentración de nitritos o nitratos pueden inhibir el crecimiento de estas bacterias ( Kiener , 1983 ) . Estudios realizados por Daniel et al ( 1987 ) reflejan que en la bioenergía de las bacterias anaerobias juega un importante papel el sistema Hidrogenasa , además poseen coenzimas que son importantes en la formación de metano, esta incluyen coenzima M , coenzima F<sub>420</sub> , factor P<sub>430</sub> , componente B de metyl reductasa sistema metanofuran , metanopterin y factor F móvil .

Las bacterias que hidrolizan celulosa producen la enzima celulasa que puede ser extracelular . Celulasa es una enzima compleja compuesta de 4 enzimas mayores, a saber: endoglucanasa , exoglucanasa , celobiohidrolasa y celobiasa . Las bacterias varían en la cantidad de enzima que secretan y en la cantidad de celulosa que degradan .

En las bacterias reductoras de sulfato ( DSRB ) la reducción del sulfato es completamente independiente del proceso respiratorio , envuelve la adenyly sulphate reductasa como la enzima clave ( Stille and Truper , 1984 ) . Intervienen citocromo de tipo b y c en la reducción del sulfato.

Como se puede observar en estos procesos anaerobios actúan diferentes enzimas , coenzimas según la fase y los microorganismos presentes . A pesar de que todas estas son importantes se considera válido destacar la actividad de la celulolasa porque existe correlación entre la actividad de esta enzima y varios procesos fisiológicos de las plantas como la abscisión foliar , inicio de la germinación y la responsable de la producción de fitormonas ( Giorgini, 1992 )

### Lodos de Digestión anaerobia

Como subproducto de la tecnología de digestión anaerobia se obtienen lodos residuales y se considera de gran importancia el conocimiento del efecto que causan en cultivos de interés económico teniendo en cuenta la necesidad de producción de alimentos en comunidades agrícolas y urbanas . Existen algunas experiencias en este aspecto , en el Forum de Biogás ( 1992 ) expresan como la materia orgánica obtenida después del proceso de digestión es un abono de excelente calidad y significa que este es una de las mejores vías para lograr conectar los campesinos hacia producciones orgánicas , Gatzert y col (1993 ) señalaron que los residuos sólidos pueden utilizarse como fertilizantes en el campo. Martínez y col (1978) determinaron que los lodos pueden utilizarse como sustitutos de fertilizantes químicos , Pérez y col ,2000 plantean que los lodos son ricos en material orgánico y mineral , Izquierdo y col , 2002 caracterizó lodos de digestión anaerobias de diferentes fuentes de residuos y concluye que los mismos son de calidad igual o superior a los abonos orgánicos tradicionalmente utilizados en la agricultura cubana . Barker ( 1936,1941 ) ; Verastegui y Mateo ( 1979 ) ; Chung (1975 ) ; Peña (1983 ) coinciden en señalar que el biabono produce mejor rendimiento que el abono fresco o degradado por vía aerobia porque la descomposición anaerobia es mucho más eficiente en la conservación del Nitrógeno , Fósforo y Potasio que este material y es más rico en microflora que contribuye a mejorar los resultados en las plantas . Chung (1975 ) afirma que en la descomposición aerobia el Nitrógeno se reduce en un 18 % mientras que en la anaerobia solo en un 1 % y que las pérdidas de Carbono total son reducidas de un 33% a un / % . BurRador (1979 ) también observó que el biabono proporciona mejores rendimientos que el estiércol fresco . Carrión ( 1980 ,1981 ) obtuvo resultados superiores en el rendimiento de la Lechuga y la Coliflor comparando con estiércol fresco y rendimientos similares con fertilizantes químicos .

Carrión y col (1981 ) comunicaron obtener mejor desarrollo y rendimiento del cultivo de la Papa tanto con el uso del efluente líquido como con la parte uente líquido como con la parte ó la factibilidad de este biabono en la producción de posturas de café teniendo los mejores resultados con una proporción de una parte de lodo y tres de suelo , Marchéim y col (1997) considera que el biabono tiene un valor comercial por el efecto que produce el desarrollo de las plantas y determinó efectos estimulativos sobre *Paseolus aureus* y

plantas ornamentales e identificó la presencia de la fitohormona auxina , se ha determinado incremento en los niveles de estas fitohormonas durante el proceso de digestión anaerobia y se consideran responsable de la estimulación sobre el desarrollo de las plantas (Marchaim y col ,1983 ; Konsterber y col ,1995 ), Izquierdo y Miranda (1999 ) reportaron estimulación en la germinación , crecimiento de las plantas , reducción del ciclo vegetativo e incremento en los rendimientos en cultivo del Pepino en condiciones de Organopónico utilizando un sustrato formado por un 75 % de lodo y un 25 % de suelo frente a un sustrato de idéntica proporción de suelo y cachaza descompuesta aerobicamente . Supermard y col , 1995 y Estefanous y col , 1998 estudiando la eficacia del lodo de digestión como fuente de Nitrogeno para el cultivo de *Zea mays* , L concluyeron que con este se alcanza rendimientos y calidad de la mazorca que cuando se aplica fertilizante químico , sin embargo a largo plazo las combinaciones de este con fertilizante resulto mejor y no se causo cambios en la propiedades del suelo en cuanto a PH y volumen de sodio .

En cuanto su efecto sobre los suelos Fernández (1987 ) expresó que los lodos son considerados excelentes mejoradores y acondicionadores del terreno son producto capaces de mejorar las propiedades físico - químicas del suelo y que posee un magnifico efecto sobre la acidez y cita que áreas que recibieron aplicaciones de 12 a 48 t de biabono tuvieron concentraciones más elevadas de fósforo , Potasio , Calcio , Magnesio indicando que el biofertilizante hace mayor retención de estos nutrientes después de su aplicación en el terreno , además de poseer efecto residual y acción fitosanitaria .

El uso de estos lodos como sustitutos de productos químicos resulta de gran importancia porque el uso de fertilizantes y plaguicidas pueden dar como resultado la desestabilización ecológica del suelo ( Socarrás ,1998 ) , por lo cual la aplicación de la materia orgánica permite crear un medio para el desarrollo agrícola sostenible ( Durán , 1998 ) .

Berriz (2000 ) señala que el potencial de biogás en Cuba en las condiciones actuales proviene de unos 78 millones de metros cúbicos de vertimientos biodegradables por lo que el uso de esta técnica resulta de gran beneficio como enérgico , descontaminante y por la producción adicional de biofertilizante rico en potasio y activo como mejorador de suelo los que nos da la idea de la amplia perspectivas del uso de estos lodos en nuestro país en la rama agrícola al igual que en el resto del mundo donde según Quintero ( 2000 ) el uso de los productos agrobiológicos presupone un aumento de su consumo .

Por estas razones resulta de interés el la evaluación del efecto de la utilización de los lodos residuales en cultivos hortícolas en la Agricultura Urbana .

# BIBLIOGRAFIA

- Alonso , A . Perspectivas de la Biotecnología en México . Biotecnología y Energía . Ed Fundación Javier .Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología . México . 1985 . pág 445.
- Archer, D. B. 1983 . Microbiological bases of process control in methanogenic fermentation of soluble wastes. *Enzimas . Microbiology technical . 5 :162 -170 .*
- Atlas , M. y R. Bartha. 2002. *Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental . Ed. Pearson Educación . S. A. Madrid*
- Barker , H. A. 1936 . The Biochemistry of methane formation studies on methane - producing bacteria . *Arch. Microbial . 404 p. 696 p.*
- Bancharatneetoo,1995. Utilization of effluent from biogas production as nitrogen fertilizer for guinea grass and mungbean (*Vigna radiata* L , Wilczek ) grown on Kamphaeng Saen soil series . Kasetsart Univ. Graduate School . Bangkok. Thailand . 159 leaves.
- Barker , H. A. 1941. Methane Fermentation . Biochemical activities of methane bacterium omeliansky . *Journal of Biology - Chemist . 153 p.*
- Batch , W. E. ; Fox , G. E. ; Margun , L. J. ; Wase, C. R. And Wolfe, R. S. 1979 . Methanogenesis . Reevaluation of a unique biological group. *Microbiol . Rev. 43 : 260 - 276.*
- Beckers, M 1997. New possibilities for food industry development in Latvia. *Tecniskas zinatnes . 289 ( 12 ) : 3 – 8 . Latvia .*
- Bello - Mendoza , R . y Castillo M. F. Start-up of an Anaerobic Hybrid (UASB / Fille ) Reactor Treating Wastewater from a coffee Processing Plant . *Anaerobic . Environmental Microbiology ( 1998 ) 4 , 219 -225 .*
- Benrebh , F; R. P. Tyaezi ; D. Prevost . Wastewater sludge as a substrate for growth and carrier for Rhizobium .The effect of slurry conditions on survival of sinorhizobium meliloti. *Bioresour Technology 83 ( 2 ) : 141 –151 .*
- *Environmental Microbiology ( 1998 ) 4 , 219 -225 .*
- Benrebh , F; R. P. Tyaezi ; D. Prevost .Growth of alfalfa in sludge amended soil and inoculated with rhizobia produced in sludge. *Journal Environment Quality . 31 ( 4 ) : 1339 –1348.*
- Bermudez , S. Rosa ; Rodriguez , P. Suyen ; Terris, Adys ; Perez ,s. Rosa ; Martinez , A. Mirna ; García ,d. Nuria . 1999. Digestión Anaerobia . Una alternativa sostenible para residuos líquidos y sólidos . I Simposio Nacional de Fuentes Renovables de Energía . CIES 99 . Libro Resumen . Stgo de Cuba . Cuba .
- Berriz , L.; Madruga , E. 200.Cuba y las fuentes renovables de energía . Cuarta Edición .Ed Cuba Solar . Hab. Cuba . pág 11.
- Biogás Fórum .1992 . / II No. 50 . Biogas Project of Fushan Farm in Hangzhou . Ed . Borda . Bremen . Alemania . pág. 23 .
- Biogás Fórum .1995 . / II No. 61 .Reducing Watter Contaminetium caused by Coffee Industria with Anaerobic Digestion Technology. Ed . Borda . Bremen . Alemania . pág. 23 . Biogás Fórum .1992. / II No. 50 . Biogas Project of Fushan Farm in Hangzhou . Ed . Borda . Bremen . Alemania . pág. 8 .
- BurRador , M. 1979 . Manual de Biogás . Primera Edición . La India . 57 p .

- Carrión P. G. 1980. Efecto del biabono sludge en el desarrollo y el rendimiento de la lechuga . Convenio ITINTEC - UNTC . Cajamarca . Lima . Perú . 20 p.
- Carrión P. G. 1981. Efecto del biabono sludge en el desarrollo y el rendimiento de la coliflor. Convenio ITINTEC - UNTC . Cajamarca . Lima . Perú . 27 p.
- Carrión P. G. ; Calderón , C. N. 1981. Efecto del biabono líquido y sólido en el desarrollo y el rendimiento del cultivo de la papa ( *Solanun tuberosum* Var Mariva ) en el valle de Cajamarca . ITINTEC ( Instituto de Investigaciones de Tecnología Industrial y de Normas Técnicas ) . Lima . Perú .
- Chaisilt-Thongioo , 1995 . Efficiency of some selected organic wastes as nitrogen fertilizer for Chinese kale ( *Brassica chinenseis*, L ) and baby corn ( *Zea mays* , L ) planted in Kamphaeng Saen soil series. Kasetsart University . Bangkok. Graduate School . Thailand . 211 pag.
- Chung N. 1975. Smoll Methane generatir for waste disponel Managing Livestock Waste . Proc. Internacional Symposium . 238 pp.
- Criterios para trabajar con enzimas . htm
- Daniel , S. L. Sparling, R. And Sprott , G. D. 1984. The bioenergetics of methanogenésis . Bioch. Biophys. Acta . 768. 113 - 163 .
- Díaz , R . ; Rolando Aida ; Dell Angelica ; Juan C. B. Modelo de Transferencia de una Tecnología Alternativa para el Tratamiento de residuos Agropecuarios . I Simposio Nacional de Fuentes Renovables de Energía . CIES 99 . Libro Resumen . Stgo de Cuba . Cuba .
- Durán , J. L. 1998. Degradación y Manejo ecológico de los suelos Tropicales haciendo énfasis en los de Cuba . Agricultura Orgánica . Edic ACAO . Asociación Cubana de Técnicos Agrónomos y Forestales . Año 4 . No, 1 . pág 7 -11 .
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia .1995. Concertación de Tecnología para el tratamiento de aguas residuales de Finca Cafetaleras . Propuesta Técnica . pág 1-3 .
- Etefanous-A.N.; Khalil-M.A.; Riad-F.W.1998. Influence of biogas manure on root - Knot nematodes and grow of tomato . Egyptian –Journal of Agricultura Research . Egypt . 7 ( 2 ) : 507 – 519 .
- Favaro,J. C. ;Buyaiti, M. A. ; Acosta M. R. 2002. Evaluación de sustratos a base de Serrín de Sacáceas ( *Salix* sp ) compostado para la produccion de plantones . Investigación Agraria . Producción y Protección de vegetales . 17 ( 3 ) : 367 – 373.Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria . Madrid España.
- Gatze, L. ; Adrian , C. ; Van Haandul , M. 1993. Renewable Energy Sources for fiels and electricity . Ed by Thomas B. Johan . Island. Press . Washintong. USA .
- Hernández , A. 1987. Biogás . II Forúm Nacional de Energía . Hab . Cuba . pág 120 - 126.
- GNAU , 2000. Lineamientos para los Subprogramas de la Agricultura Urbana . Grupo Nacional de Agricultura Orgánica . Ministerio de la Agricultura . Hab . Cuba 46pp.
- Guía Técnica para la producción protegida de hortalizas en Casa de Cultivo Tropical con Efecto Sombrilla . 1999 . Ministerio de la Agricultura . Asociación Nacional de Cultivos Varios . Instituto de Investigaciones Horticolas Liliana Dimitrova. Hab. Cuba. 52 pp.
- Gusmailina, I y; Komarayati , S. 1994 . Biogas production from varios industry waste. 2 Seminar Hasil Peneletian dan Pengembangan Bioteknologi. Bogor . Indonesia . 6 – 7 September 1994.
- Hernández , V. C. Biogas . II Forum de Biogas . Hab . Cuba. Pag 120 .

- Instructivo Técnico de Organopónicos . 1995 . Ministerio de la Agricultura . Hab. Cuba . 54 p.
- Izquierdo , B. Julia ; Miranda H. 1999 . Efecto de la aplicación de lodos residuales de biogás sobre el cultivo del Pepino ( Cucumis sativus , Lin ) Var Hatuey . I Simposio Nacional de Fuentes Renovables de Energía . CIES 99 . Libro Resumen . Stgo de Cuba . Cuba .
- Izquierdo, B. Julia Elena , P. R. Suyen , T. B. Adys. Valoración de la calidad de lodos de digestión anaerobia para el mejoramiento de suelos cafetaleros y la Producción de posturas . Rev. Café y Cacao. 3 ( 2 ) : 56 –57 . Cuba .
- Juarez , J. J. y Rampinelli .Z. C. 2000. Utilizacão de Enzimas em Meio Orgânico. Enzimas immobilizadas e suas aplicaões em síntese orgânica. Biotecnología . Ciencia y Desarrollo. Año III . N0 16 . Sep - Oct. pág 32.
- Jones , W. J. ; Nagle , D. P. and Whitman W. S. 1987 . Methanogen and the diversity of Archaeobacteria . Microbol . Rev. 51 : 135 -177 .
- Kiener , A. and Leisinger , T. 1983 . Oxigen sensitivity of methanogenic bact. Syst Appl . Microbiolo. 4 : 305 -312 .
- Kolman , . 2002. **Agraecologia . Ed ACTAF. Hab. Cuba . pag.**
- Kostenber , D. ; Marchain ,U ; Watad ,A. A. and Epstein , E.1995 . Biosynthesis of Plant Hormonas during Anaerobic Digestion of Instant Coffee Waste , Plant Growth Regl. . vol 17 pp.127 - 132.
- Laboratory Manual . 1988. Microbiological Aspects of Anaerobic Digestion . Ed by D. R. Ranade and R. V. Gadre . Maharastra Association for the cultivation of Science . Research Institute India
- Lorente , F. Marina , Miranda , R. F. 1998 . Planta de Biogás en Granada . Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua . Año XII . No. 24. Pág 6 -9 .
- Manual Para Casas de Cultivo Protegido .1999 . Ministerio de la Agricultura . Asociación Nacional de Cultivos Varios . Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Hab. Cuba. 58 pp.
- Marchaim , U. ; Kestenberg , D. ; Epstein E. Auxin and phenols in Anaerobic Thermophilic Digestion of Coffee Wastes and their synergistic effect in Horticultura. Microbiology . vol 66 No. 5 1997 . pág .578 - 582.
- Marchaim , U. Anaerobic Digestion of Agricultural Wastes : The Economics Lie in Effluent Use Proc , 3 rd Int. Symp. On Anaerobic Digestion . Boston . USA. 1983 . pp 343 -355.
- Martínez , Ana María . 1978 . Experiencias sobre biometanación en el Instituto de Investigaciones Eléctricas . Cuernavacas .Morelos . México.
- Mujzer, T. 1996. Production of de biogas and organic manure from waste materials of animal origen . Magyar Allatorvosok Lapja . 51 ( 7 ) : 424 – 425 . Hungary .
- Nagarwale , N. 1982 . Estudios on thermophilic Anaerobic Cellulotic Bacteria . Ph. D. Thesis . University of Pune. Pune . India .
- Nápoles , R. S. Tabares , G. Carracedo , C. Castillo , S. Bustamante , C. 1989. Utilización de desechos de la planta de biogás en la producción de posturas de C. canephora var Robusta . Ciencia y Técnica en la Agricultura . Café y Cacao . ( 11) 1 : 57 - 59 .
- Núñez , S. A. 2002. Tema de Debate. Cuba , Amanecer del tercer milenio . Ciencia .Sociedad y Tecnología . Ed. Debate. S . A. Madrid . España .Pág. 57 .
- Paez , M. O. 1999 . Biobonos. Uso alternativo de residuales orgánicos sólidos y líquidos . Ed CIC –DECAP. Hab. Cuba . pag 12 , 18 .

- Patel , G. B. and Mackeinse , C. R. 1982. Metabolism of *Acetivibrio celluloticus* during optimized growth on glucose , cellobiose and cellulose . *Europ. J. Appl. Microb. Biotech* . 16 : 212 –218.
- Peña , E. 1983 . Aplicación del Biogás y biabono . . Cajamarca . Perú. .
- Peña , Elizabeth , 1995 . Cachaza como sustrato en organopónico . II Encuentro Nacional de Agricultura Organica . Instituto de Ciencia Animal . Habana . Cuba.
- Peña , Elizabeth .2002 . Manual para la Producción de Abonos Organicos en la Agricultura Urbana. Ed. INIFAT. Hab. Cuba . pág. 9 , 22 , 76 – 80 .
- Perez , J. L. ; Lezcano , P. ; Bermudez C. 2000 . Una nota sobre la potencialidad nutricional de lodos provenientes de digestores de Biogás . *Rev. Cubana de Química* . ( XII ) 1 : 78 -79 .
- Prayoon-Peertanain ; Supamard-Panichasakpatana. 1996 . Fourth year application of effluent of biogas production as nitrogen source for guinea grass ( *Panicum maximun* , Jacq . Waste utilization for agriculture production. Bangkok. Thailand . pag 1 -8.
- Prayoon-Peertanain ; Supamard-Panichasakpatana. 1996. Application of effluent from biogas production as nitrogen source for mugbean ( *Vigna radiata* L , Wilczek ) planted after guinea grass ( *Panicum maximun* . Waste utilization for agriculture production. Bangkok. Thailand . pag 9 –14.
- Quintero , R. R .2000 .Tecnología más limpia por medio de la Biotecnología . *Biotecnología Aplicada* . (17 ) 1 : 48 . Ed. Elfos . Hab. Cuba .
- Razo - Flores , E. 1998 . The fate of N - Substitud Aromatic Compounds under Methanogenic conditions . *TIP. Rev . Especializada en Ciencias Químicas y Biológicas* . 1 ( 2 ) : 80 - 86 . 1998.
- Rodriguez , P. S. ; Perez , S. Rosa ; Fernández , B. M. 2000 . Estudio de la biodegradabilidad anaerobia de las aguas residuales del beneficio húmedo del café . *Interciencia* . Caracas . Venezuela . pág 386 .
- Rozzi , A. 1986 . Estado del arte sobre la digestión anaerobia . Tercer Seminario DAAR Junio . España . pág 13 -15 .
- Sakka , K. Tetsuya Kimura , Shuichi Karita , Kunio Ohmaya. 2001 . Molecular Breeding of Cellulolytic Microbes , Plants and Animals for Biomass Utilization . *Kagaku-soho* . Jun 2001 . No. 671. Pág 216 .
- Sasson , A. La Biotecnología y el Tercer Mundo . 1987 . *El Correo de la Unesco* . Marzo . Año XL . Ed UNESCO . París . Francia . pág 23 - 29 .
- Senez , C. J. La nueva Biotecnología . Promesas y realizaciones . *El Correo de la Unesco* . Marzo . Año XL . Ed UNESCO . París . Francia . pág 4 - 6 .
- Shi Daoming y Fuster , C. F. 1993 . An examination of the Start - up a thermophase upflow sludge Blanket Reactor Treating a Synthetic Coffee Waste . *Environmental technology* . Vol 14 .pp 965 -972 .
- Socarrás , A. A. 1998 . La vida del suelo un indicador de su fertilidad . *Agricultura Orgánica* . Edic ACAO . Asociación Cubana de Técnicos Agrónomos y Forestales . Hab . Cuba . pág 12 .
- Standart Methods . 1995. For the examination of waatewater. Edited by Andrew D. Eaton ; Lenore S. Clescarl; Arnold, E. Greenberg.19<sup>th</sup> Edition.
- Stille , W and Truper , H. G. 1984. Adenylyl sulphate reductase in some new sulphate reducing bacteria . *Arch Microbiol* . 137 : acteria . *Ach Microbiol* . 137 : orres , M. J. 1998 . *Bioética y Salud Ambiental* . *TIP. Rev . Especializada en Ciencias Químicas y Biológicas* 1 (1 ) : 43 - 47 .

- Supamard-Panichasakpatana. ; Chaisit-Thongioo 1995. Efficiency of some selected organic Waste as nitrogen sources for baby corn ( *Zea mays* , L ) . planted in Kamphaeng Saen soil . Kasetsart Universidad. Bangkok. Thailand. 7 pag .
- Vegarizones , G. M. 1990 . Depuración anaerobia de aguas residuales en la mejora del Medio Ambiente . Medio Ambiente , Ingeniería y Empleo . Ed MOPU ( Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo ) . Madrid . España . pág. 487 - 505 .
- Verastegui , I. J . y Mateo B. M: 1979 . Producción de biogás a partir de desechos orgánicos . Parte I . Planta Piloto de Biogás a escala familiar . ITINTEC ( Instituto de Investigaciones de Tecnología Industrial y de Normas Técnicas ) . Lima . Perú. 222 pág.
- Villar , P. V. Y Santos , R. A. 1970 . Tratado de Bioquímica . Tercera Edición . Volúmen II . Ed . Rev. Hab . Cuba.
- Viña , S. M . 1998 . Design of Anaerobic Reactor . V Taller y Seminario Latinoamericano de Aguas Residuales . Viña del Mar . Chile . pág 12 .
- Wood, J. M. 1974 .Las enzimas y el Medio Ambiente . Ed Limusa . México . 47 p .

## **BIBLIOGRAFIA DE BIOFERTILIZANTES.**

- Allen, U.M. Experiments en soil bacterioliy Burgess Pub. CU., Minn. Minnesota.
- Altieri, M. A. ( 1998 ) . Biodiversidad . Sustento y Cultura .Ed . Redes . México . pag 18-19 .
- Anairad, F. ( 1989 ) . La Simbiosis Micorrizica Endotrófa Vesículo Arbuscular . Boletín de Reseñas . Forestales . Ed . CIDA . Hab. Cuba . pág 12.
- Arzola , P. N. ( 1997 ) . Enmiendas y fuentes alternativas de Nutrición para la caña de azúcar . Ed . SERFE. Cuso 1. INICA. Hab . Cuba. pág 20-26
- Bouza , N. (1983 ) . Las Micorrizas Versiculo - Arbusculares . Boletín de Reseñas . Ed . CIDA. Hab . Cuba . pág 25 .
- Button G. Freihofer V. Influence of extracelulluler polysacaharides on the toxicity of caoper and cadmium toward klebsiulle a erugenes. *Microbial Ecol* 4:119-125 (1978) .
- Cabrera C.; Lacerra J., Sánchez C., Acevedo A., Caro P., Cupull R., Turiño Marta y Pérez C. 1999. Comportamiento de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* en plantaciones establecidas de *Coffea arabica* L. en diferentes zonas de la planta. Simposio Internacional de Café y Cacao . Programa Conferencia y Resúmenes . Cuba Café. Stgo de cuba . Cuba. Pág. 60.
- Carrillo C.A., Juares M. Juana, Ruiz L.D. Muller G.R. 2000. Aumento del Rendimiento del Tomate (*Lycopersicum esculentum* Willd) cuando la raíz se desarrolla colonizada por microorganismos. Rev. Biotec Aplicada. (17 ) 3 : 171 -176 . Ed. Elfos / Scientist . Hab. Cuba.
- Cupull R. Sánchez C. y Andreu C. M. 1999. Efecto del Trichoderma y Azotobacter en la producción de posturas de café. Simposio Internacional de Café y Cacao. Programa. Conferencia y Resúmenes. Cuba Café 25-27 Nov. Stgo. de Cuba - Cuba. Pág. 58.
- Da Silva , E. J. ( 1987 ) . Nuestros amigos los microbios. Un Programa de la Unesco para la Biotecnología al Servicio del Desarrollo. Ed. UNESCO . París . Francia. Pág 10.

- Devron , J. J. ( 1985 ) . Los diversos Organismos que Fijan Nitrógeno. Manual de Fijación Simbiótica del Nitrógeno Leguminosa/ Rhizobium. Ed. FAO. Roma . Italia. Pág. 1- 4 .
- GRAIN ( 1998 ) . Los cultivos Tránsgénicos invaden el Sur . Biodiversidad, Sustento y Cultura . Ed. REDES. México. Pág 9.
- FAO ( 1993 ) . La diversidad de la naturaleza un patrimonio valioso . Rev Biodiversidad Ed FAO. Roma. Italia Pág. 18.
- Funes F, 1997. Experiencia Cubana en Agroecología Rev Agric. Org. Año 3 No. 2 y 3 Agosto-Dic. Ed. ACTAF,.Habana. Cuba.
- Hamdi, Y. A. ( 1985 ) La fijación del nitrógeno en la Explotación de los Suelos . Boletín de Suelos de la FAO 49 . Roma Italia . pág 5, 9, 11.
- Internet a . ( 2000 ) . Como se hace Agricultura Ecológica. Diseño de Finca y de Cultivo. [http : // www2.uji.es/crie/agri/como.htm](http://www2.uji.es/crie/agri/como.htm)
- Lacasa , M. (1990) . Fertilizantes de origen biológicos . Ed. CIDA. Hab . Cuba . 32 p.
- Malik, Bilal, R y Mehnaz S, Rasul G, Mirza Ali S. (Asociación of nitrogen fixing plant growth promoting rhizobacteria (PGR) with kaller grass and rice, plant soil, 1997; 194:37-44.
- Martinez V.R. (1989) . Resultados obtenidos en condiciones de Producción mediante la aplicación de un método biotecnológico que permite incrementar los rendimientos en el cultivo del tomate sobre suelos ferralíticos rojos INFORME. INIFAT. Hab. CUBA.
- Martinez V.R. 1991. Resultados informados por algunas Emp. de Cultivos Varios donde se aplicó el biopreparado en Base de la bacterias *A. Chroococcum* . Informe. INIFAT. Hab. CUBA.
- Marquez A. M. Bonet R, Simon - Pujol M.D. Fuste M.C. 1990. Congregado F. Remoral of oracnium by an exopolysaccharide from Pseudomona Sp. App Microbiol. Biotech 34:429-413 C.
- Mayea, S. S. ( 1996 ) . Tecnología para la producción de Compost ( Biotierra ) a partir de la inoculación con microorganismos en diversos restos vegetales.Ed . CIDA. . MINAGRI. Hab . Cuba. pág.15 - 17 .
- Olivares J. J. (1991) . Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes .Vol II. Fijación de Nitrógeno y Micorriza. Ed . Consejo Superior de Investigaciones Científicas . Madrid. España . pág 77 - 78 .
- Raini M.M. 1996. Biosurfactant - facilitated remediations of metal - contaminated soil.VII Curso avanzado sobre procesos biotecnológicos "Biotec. Ambiental". Vet. 14-18, 1996. Cuernavaca Morelos, Mexico. Pág. 59.
- Raini M.M. 1996. Biosurfactant - facilitated remediations of metal - contaminated soil.VII Curso avanzado sobre procesos biotecnológicos "Biotec. Ambiental". Vet. 14-18, 1996. Cuernavaca Morelos, Mexico. Pág. 59.
- Ramirez Orlando y Col. 1998. Problemática en la introducción de los Biofertilizantes en los Sistema de Producción de la Provincia Holguín.. Rev. Caminos para la extensión Agropec. en Holguín. Ed DAT/UAG - ETIAH. Guadalupe - Cuba. Pág. 87-91.
- Rodriguez , Maritza y col ( 1999 ) . Efecto de la aplicación de Azotobacter sobre injertos de café. I Simposio Internacional de Café y Cacao . Resúmenes . Stgo de Cuba : Cuba.
- Rosset, P y Benjamín , M. (1993) . Two Step backward one step forward Cuban's ntionwide experiment with organic agricultu Global Exchange. San Francisco.
- Rosset, P.M. La crisis de la Agricultura convencional , la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico (1998) . Police Brief. November 1998. ED. Food First. Pág 6 .

Stewart W.D. Blue - green algae. In a Triatise on dinitrogen fixation, . Section III Biology. (eds R.W.F. Hardy and W.S. Silver). John Wiley and Sons Interscience Pub. Nueva York. Londres 63-123 .

Samón A.; Pérez A., Valladares R. 1999. Efecto de la aplicación de diferentes estimuladores del crecimiento sobre esquejas de cafetos . Simposio Internacional de Café y Cacao .Programa Conferencia y Resúmenes . Cuba Café . Stgo de Cuba . Cuba .Pág. 59 .

Scott J.A. Palma S. Cadmiun Biosurption by bacteriel exopuly seceheride Biotech left 10:21-24. 1928.

Zhay F. Narjes P, Hynes R.K. Smith D.H. Plant Growth promoting rhizobacteria and Saybean (*Glycine max* (L) Herr nodulation and nitrógeno fixation at subrapte mal root, zona temp. Ann Bot. 1996, 77:453-9.

## BIBLIOGRAFIA .

- Ansorena , J. 1994 . Sustratos . Propiedades y caracterización .EdsMundi. Prensa. Madrid. 172 p

- Boronat , M et all 2002. Caracterización Química de materiales orgánicos para su aprovechamiento como sustrato en cultivo sin suelo . Rev AgroVergel., Fruticultura , Hortalizas y Floricultura . Año XXI .No. 250. Octubre. España. Pág. 572 – 577

- Faure , A.1982 . Los sustratos en horticultura intensiva. Rev. Agrícola Vergel. Fruticultura.Horticultura.Floricultura. Año I .Sep .No. 9.Ed. España .

-Konduru, S , Evans, M.R. , Stamps, R.H. 1999. Coconut hus and processing effect on chemical and physical propierties of coconut coir dust. Host Sciencie 34 ( 1 ) : 88-90

## BIBLIOGRAFÍA

-De Salguy , 1999 La Agricultura biológica ,técnica eficaz y no contaminante. Ed Acribia .S.A. Zaragoza. España . 129 p.

- Raigón , M. D. , Domínguez , G. A . Carot, S.y Vidal , E . 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. Enero 2002 . pág 26 -31

RESUMEN

CONCLUSIONES

INTRODUCCION

MATERIALES Y METODOS

CAPITULO I . PARTE GENERAL

CAPITULO II .PARTE ESPECIAL

Tabla : Valores promedios obtenidos para diferentes índices morfológicos de la Habichuela (*Vigna phaseolis L., var. Lina*), inoculando el biofertilizante *Rhizobium* en los dos sustratos ensayados.

Parámetros	Sustratos	
	Lodo + <i>Rhizobium</i>	Mezcla + <i>Rhizobium</i>
Largo del tallo (cm)	12,22	11,37
Diámetro del tallo (cm)	1,14*	0,72
Longitud de la raíz (cm)	5,00	5,50
Número de hojas (u)	5	6*
Longitud de las hojas (cm)	6,43	6,33
Ancho de las hojas (cm)	4,00	4,00
Peso verde de la raíz ( g )	0,32	0,40
Peso verde del tallo ( g )	0,75	0,91
Peso verde de la hoja ( g )	1,10	1,10
Peso seco de la raíz ( g )	0,04	0,04
Peso seco del tallo ( g )	0,06	0,06
Peso seco de la hoja ( g )	0,10	0,09

La **Mezcla** de sustratos está constituida por humus:cachaza:estiércol (50:25:25)

\*: diferencias significativas entre los valores de una misma columna ( $\alpha=0.05$ )

Tabla : Evaluación del efecto de los diferentes sustratos probados sobre la germinación de diferentes cultivos hortícolas.

Tipo de hortaliza	Nombre común	Nombre científico	% de germinación	
			Lodo	Mezcla
<b>De hojas</b>	Col	<i>Brassica oleraceae</i> Var. KKKros	100	100
<b>Fruto</b>	Ají	<i>Capicum annun</i> Var. Chay	98	98
	Berenjena		98	98
	Habichuela	<i>Vigna unguiculata</i> Var. Lina	96	94
	Pepino	<i>Cucumis sativas</i> Var. Point-set	98	94
	Tomate	<i>Lycopersicum sculentum</i> Var. Evita	100	100
<b>Bulbo</b>	Cebolla	<i>Allium cepa</i> Var. Texas	100	100
	Remolacha	<i>Beta vulgaris</i> Var. Crosby	98	96

*La mezcla de sustrato esta compuesta por humus: cachaza: estiércol vacuno (50:25:25)*

Tabla : Evaluación de la calidad de los frutos de los cultivos probados en canteros (organopónicos) empleando como sustratos humus y lodos anaerobios.

**Remolacha (Beta vulgaris)**

Parámetros	Siembra de Primavera		Siembra de Frío	
	Humus	Lodo	Humus	Lodo
Largo (cm)	16,0	16,7	16,3	18,9*
Ancho (cm)	7,4	7,4	6,2	7,9*
Peso (g)	74,41	78,72*	77,25	78,58*

**Habichuela (Vigna unguiculata )**

Parámetros	Siembra de Primavera		Siembra de Frío	
	Humus	Lodo	Humus	Lodo
Largo (cm)	28,31*	24,1	30,2	31,1
Ancho (cm)	1,4	1,5	1,3	1,3
Peso (g)	9,39	8,55	8,36	9,22*

*Con inoculación de Rhizobium*

Parámetros	Siembra de Primavera		Siembra de Frío	
	Humus	Lodo	Humus	Lodo
Largo (cm)	26,7	25,8	31,6	33,3*
Ancho (cm)	1,5	1,8*	1,5	1,8
Peso (g)	8,71	8,57	10,43	11,03*

\*: Valores del parámetro analizado con diferencias significativas entre los tratamientos (tipo de sustrato) para  $\alpha = 0.05$

Tabla : Resultados del efecto de los dos sustratos empleados, sobre la evaluaciones morfológicas de diferentes cultivos en condiciones de cepellón.(Se presentan las medias de 25 datos donde el CV < 15 %).

Índice	Sustrato	Cultivos							
		Col	Tomate	Ají	Pepino	Berenjena	Habichuela	Cebolla	Remolacha
Largo del tallo (cm)	1	1,63	8,75	4,30	5,60	5,47	8,60	-	3,13*
	2	1,74	8,55	4,70	7,50**	5,51	9,50*	-	2,73
Diámetro del tallo (cm)	1	0,45	0,36	0,38	0,83**	0,31	0,62	-	0,59
	2	0,45	0,40*	0,39	0,80	0,29	0,78	-	0,57
Longitud de la raíz (cm)	1	9,60	8,56	6,60	11,84	7,95	4,40	5,82	5,40
	2	11,10	9,58**	7,17	12,86**	8,20	5,00**	6,12	6,00
Número de hojas (u)	1	5	4	6	4	4	3	3	4
	2	5	4	6	5	4	5*	3	6*
Longitud de las hojas (cm)	1	4,15	-	2,76	4,60	3,42	5,40	15,40	3,65
	2	5,00	-	2,66	5,20**	3,20	5,70	16,40	3,67
Ancho de las hojas (cm)	1	2,80	-	1,70	4,50	2,63	3,30	0,43	1,70
	2	3,23**	-	1,60	5,07	2,50	3,80*	0,53	1,70
Peso verde del tallo ( g )	1	0,200	0,400	0,340	1,750	0,240	0,046	-	0,230
	2	0,220	0,410	0,370	2,480	0,300	0,050	-	0,180
Peso verde de la raíz ( g )	1	0,450	0,240	0,250	1,690	0,300	0,009	0,050	0,063
	2	0,530	0,300	0,370	1,840	0,320	0,032**	0,040	0,065
Peso verde de la hoja ( g )	1	1,040	0,380	0,200	2,160	0,47*	0,700	0,310	0,490
	2	0,930	0,430	0,250	2,230	0,340	0,900	0,300	0,520
Peso seco del tallo ( g )	1	0,009	0,033	0,009	0,002	0,018	0,040	-	0,015
	2	0,010	0,041	0,007	0,080**	0,017	0,046	-	0,015
Peso seco de la raíz ( g )	1	0,042	0,023	0,030	0,001	0,020	0,014	0,009	0,018
	2	0,043	0,031	0,028	0,014	0,020	0,026	0,006	0,013
Peso seco de la hoja ( g )	1	0,006	0,042	0,025	0,070	0,050	0,060	0,021	0,008
	2	0,008	0,053	0,028	0,040	0,052	0,080	0,021	0,004

Sustratos 1 → mezcla empleada habitualmente en los organopónicos, constituidos por humus: cachaza: estiércol (50:25:25)

2 → lodo anaerobio proveniente de estiércol vacuno.

\* : valor sinificativo para  $\alpha = 0.05$

\*\* : valor sinificativo para  $\alpha = 0.01$

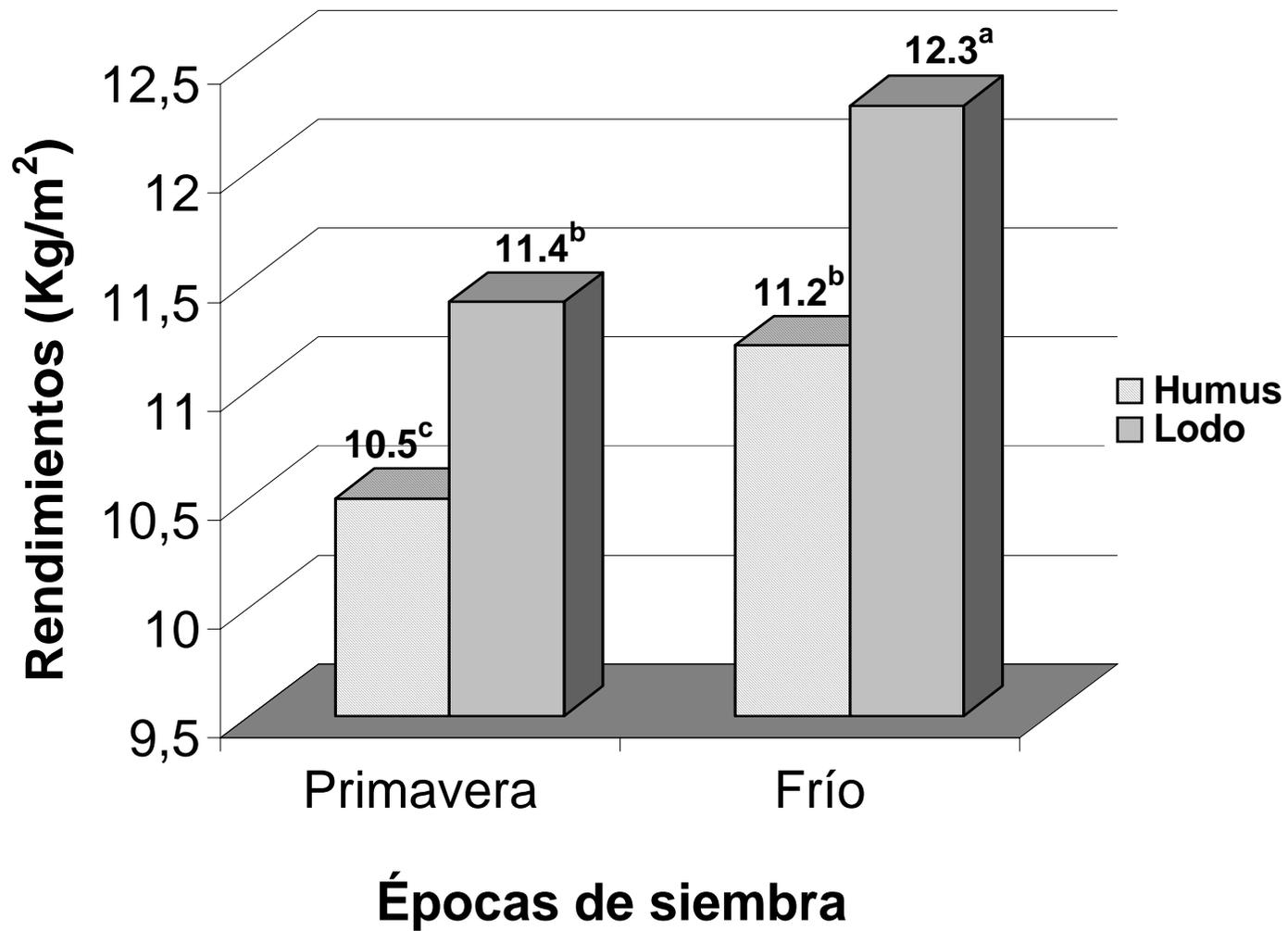


Fig. . Resultados de los rendimientos obtenidos en el cultivo en organopónico de la Remolacha (*Beta vulgaris L.*) sobre los dos sustratos ensayados (humus y lodo anaerobio).

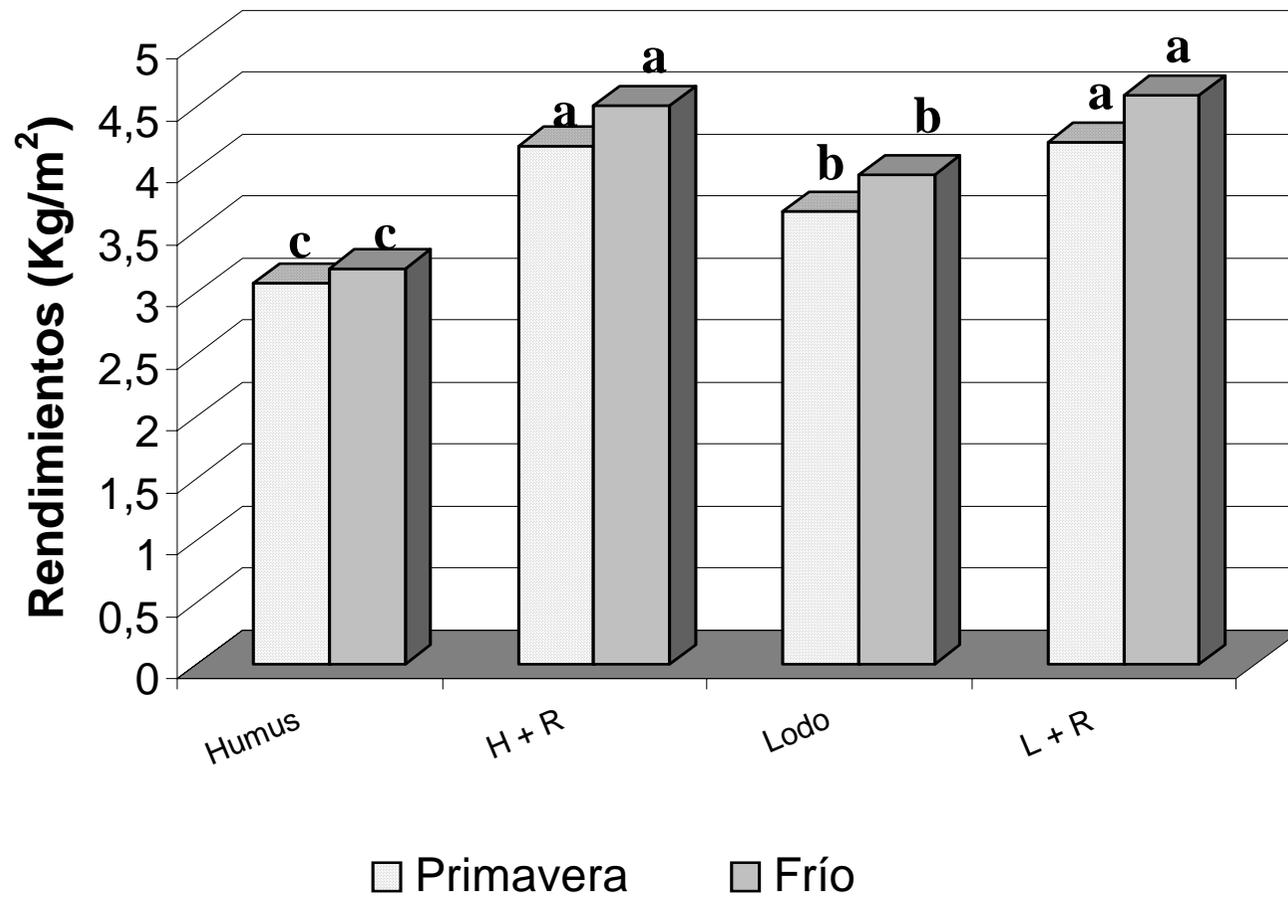


Fig. Rendimientos obtenidos en el cultivo de la Habichuela (*Vigna phaseolis L., var. Lina*) empleando como materia orgánica los sustratos humus de lombrices (H) y lodo anaerobio (L); evaluando además la incidencia de la inoculación con *Rhizobium* (H + R; L + R).



