



UNIVERSIDAD DE
ORIENTE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CENTRO DE ESTUDIOS DE BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL



BIOTECNOLOGIA
INDUSTAL

Tesis Presentada en Opción al Título Académico de
Máster en Biotecnología
Mención Biotecnología Ambiental

***Efectos de *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre el crecimiento y la
productividad de hortalizas en condiciones de organopónico.***

Autor: Ing. Sucleidis Nápoles Vinent.

Tutor: Dra.C Teresa de los Milagros Orberá Ratón

Santiago de Cuba
2013
“Año 55 de la Revolución”



Agradecimientos

Muchas son las personas que han hecho posible la realización de este trabajo y es a ellas a quienes le estoy muy agradecida.

Quiero agradecer infinitamente a mi tutora Dr.C Teresa Orberá Ratón, por brindarme su ayuda incondicional en todo momento.

A la Dr.C Suyén Rodríguez Pérez por haber confiado en mi.

Al excelente claustro de profesores de la Maestría en Biotecnología. A ti Catalina por ser ejemplo de consagración y abnegación.

A mis dos hijos Rubiel y Roisbel por su valioso apoyo y no poder contar con mi presencia cuando más lo necesitaban.

A mis compañeros de la Facultad y del departamento de Ciencias específicas.

A mis compañeros de la VII Edición de la Maestría en Biotecnología.

A los compañeros del laboratorio de suelo provincial y en especial a su director Juan Carlos.

A los especialistas de cultivos varios y agricultura urbana de la delegación provincial de la agricultura, así como a Dasnay especialista del instituto de meteorología provincial, por toda la información brindada..

A obreros y directivos del organopónico La Ketty y la parcela experimental CNEA por su apoyo para la realización exitosa de esta investigación.

A la dirección, profesores y técnicos del laboratorio perteneciente a la Facultad de Ingeniería Química por su colaboración.

A todos los que están en mi corazón y que bien lo saben.

A mi Revolución.

A todos gracias.



Dedicatoria

*A mi padres y familia por ser tan
especial*

*A mi dos hijos queridos que este sueño sea ejemplo para sus vidas pues ellos son el
motivo de todos mis quehaceres.*



Pensamiento

“La agricultura es la única fuente constante, cierta y enteramente pura de riquezas.”

José Martí

Resumen



RESUMEN

La presente investigación se realizó en los meses comprendidos entre enero– julio del año 2012 y tuvo como objetivo evaluar los efectos que ejerció la aplicación del bioproducto elaborado a partir de la bacteria rizosférica *Brevibacillus bortelensis* B65, sobre la germinación en condiciones de casa de cultivo y el crecimiento y desarrollo de plantas adultas a cielo abierto, de los cultivos de berenjena (*Solanum melongena* L) variedad FHB-1 y de ají (*Capsicum annum* L) variedad Chay línea 3. Los experimentos se realizaron en dos localidades diferentes de forma paralela: en la parcela experimental del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) de la Universidad de Oriente, localizada en la ciudad de Santiago de Cuba y en el organopónico La Ketty, ubicado en el poblado El Caney, a 5, 6 kilómetros de la ciudad de Santiago de Cuba. En el semillero se determinó, el porcentaje de germinación de las semillas, la altura y la masa húmeda de las posturas, la longitud del tallo y de la raíz principal, así como la masa húmeda de las raíces, tallos y hojas. Las mediciones en plantas adultas se realizaron a los 45 d después del trasplante (fase de crecimiento). En esta etapa se midió la altura de la planta, el número de hojas y flores y el grosor del tallo. De igual manera se hicieron determinaciones a los 75 d (fase de inicio de cosecha, berenjena y fase final, ají) del número de flores y de frutos por planta, así como peso de los frutos, el número de frutos por planta y el rendimiento de los frutos. Las mediciones a los 100 d (fase final, para la berenjena) incluyeron el número de frutos por planta, el diámetro del tallo, así como la longitud, peso promedio y rendimiento de los frutos. Los resultados obtenidos revelaron mayor altura de las plantas, mayor número de flores y frutos, mayor talla y peso de los frutos cosechados y mayor peso de las raíces de berenjena y de ají. Estos efectos fueron significativos en las plantas tratadas con el biopreparado de B65. Lo anterior nos permitió sugerir que las condiciones ambientales existentes en el organopónico La Ketty favorecieron no solo los parámetros que determinan la estimulación del crecimiento vegetal, sino también los efectos beneficiosos que ejerció la bacteria B65 sobre el desarrollo de las plantas.



ABSTRACT

This letter investigation was carried out in the months understood between February- July of the year 2012 and it you had like objective evaluate the effects that it you exercised the application of the [bioproducto] elaborated starting from the bacteria rhizosphere *Brevibacillus bortelensis* B65, on the growth of the cultivations of eggplant (*Solanum melongena* L) variety FHB-1 and of pepper (*Capsicum annum* L) variety Chay line 3, the who they proceed of the National Institute of Fundamental Investigations of the Tropical Agriculture (INIFAT). The experiments were carried out in two different locations, the experimental parcel of the National Center of Applied Electromagnetismo (CNEA) of the University of East, located in the city of Santiago from Cuba and organoponic The Ketty, located in the inhabited The Caney, to 5, 6 kilometers of the city of Santiago from Cuba. The evaluations were carried out in 3 corresponding stages to the phases of nursery, flowering and fructification of each cultivation, in the who specific parameters for each one of the cultivations were determined. The gotten outputs revealed old height of the plants, old number of flowers and fruits, senior size and peso of the harvested fruits and senior peso of the roots of eggplant and of pepper in this area of cultivation. These goods was significant in the had dealings with plants the [biopreparado] of B65. The anterior allowed us to suggest that the environmental existent conditions in the organoponic The Ketty favored doesn't sole the parameters that determine the [estimulación] of the vegetable growth, but also the beneficial effects that it you exercised the bacteria B65 on the development of the plants.

LEYENDA

BAFE: bacterias aerobias formadoras de endosporas

RPCV: rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

ECV: actividad estimuladora del crecimiento vegetal

RIS: resistencia inducida del sistema general

AIA: auxina

BSP: bacterias solubilizadoras de P.



Indice

INDICE

	<i>Página</i>
CAPITULO I. INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
II.1. Importancia, características botánicas y fisiológicas de los cultivos de ají (<i>Capsicum annuum</i> L) y berenjena (<i>Solanum melongena</i> L).	6
II.1.1 Importancia, características botánicas y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de ají.	6
II.1.1.1. Importancia del cultivo.....	6
II.1.1.2. Características botánicas.....	7
II.1.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.....	8
II.1.2 Importancia, taxonomía y morfología del cultivo de berenjena.....	9
II.1.2.1. Importancia del cultivo.....	9
II.1.2.2. Característica botánica del cultivo.....	10
II.1.2.3. Requerimientos edafoclimáticos.....	10
II.2 Efectos beneficiosos de las bacterias rizosféricas sobre las plantas.....	11
II.2.1.1 Interrelación entre las bacterias rizosféricas y el vegetal.....	11
II.2.1.2 Características y actividad estimuladoras de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.....	14
II.2.1.3 Papel de las especies: <i>Bacillus</i> , <i>Paenibacillus</i> y <i>Brevibacillus</i> en la estimulación del crecimiento vegetal.....	15
II.2.1.3 Efecto de las hormonas (AIA y etileno) suministradas por RPCV.....	17

II.2.1.4 Efecto del fosfato liberado por la actividad de las RPCV, en la productividad de los cultivos.....	20
II.2.1.4 Uso de las RPCV en la agricultura.....	23
II.2.2 Efecto del sustrato orgánico en el crecimiento vegetal.....	24
II.2.2.1 Principales fuentes abono orgánico empleadas.....	24
II.2.2.2 Los abonos orgánicos como portadores de nutrientes.....	25
II.2.3 Principales características del sistema del cultivo organopónico.....	27
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.....	28
III.1 Ubicación de los experimentos.....	28
III.2. Cultivos utilizados.....	28
III.3 Preparación del del inóculo de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65.....	28
IV Inoculación de las semillas con el biopreparado bacteriano y cultivo de los semilleros de berenjena y de ají.....	29
V. Cultivo de las plantas adultas.....	29
VI. Diseño de los experimentos.....	30
VII. Atenciones culturales.....	30
VIII. Evaluación de los parámetros estimuladores del crecimiento vegetal.....	31
VIII.1. Escala de semillero.....	31
VIII.2. Plantas adultas.....	31
VIII.3. Análisis estadístico.....	32
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	37
IV.1 Influencia de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65 en la germinación, el crecimiento y el desarrollo de los cultivos de ají y berenjena en fase de semillero.....	37
IV.1.1 Efectos sobre la germinación.....	37
IV.1.2 Efectos sobre el crecimiento de las plántulas:	38
IV.1.3 Efectos sobre el peso de raíz, tallo y hojas:.....	40
IV.2. Influencia de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65 en el crecimiento de plantas adultas de berenjena y ají.....	41
IV.2.1 Altura de las plantas.....	41

IV.2.2 Floración.....	41
IV.2.3 Formación de frutos.....	42
IV.3.Efectos de los ecosistemas agrícolas seleccionados sobre las propiedades PGP de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65.....	44
IV.4. Efecto del biopreparado <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65 en el rendimiento de los cultivos berenjena y ají.....	45
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	
V.1.1 Influencia de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65 sobre la germinación.....	
V.1.2 Efectos del biopreparado bacteriano sobre el crecimiento de las plántulas.....	48
V.1.3 Incidencia de <i>Brev. borstelensis</i> B65 sobre el peso de raíz, tallo y hojas.....	49
V.2. Influencia de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65 en el crecimiento de plantas adultas.....	50
V.3 Efectos del sustrato sobre las propiedades PGP de <i>Brevibacillus borstelensis</i> B65.....	51
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	55
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES.....	56
CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	
ANEXOS.....	



Introducción

INTRODUCCION.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años Cuba ha mantenido una tendencia sostenida hacia el desarrollo de la agricultura agroecológica, siendo su mejor representante la implantación del Programa Nacional de Agricultura Urbana. Este sistema posee un claro sentido de sostenibilidad, que establece en su metodología la producción sustentable sobre la base de las prácticas de la agricultura orgánica (Companioni *et al.*, 2005). Numerosos cultivos se producen en parcelas, huertos intensivos, granjas urbanas e hidropónicos, entre otros. El papel protagonista se concentra en los organopónicos, los cuales suministran el 60% de las hortalizas y vegetales frescos que se consumen en nuestro país (Wright, 2009), destinados al establecimiento de regímenes adecuados en la alimentación de la población.

Las hortalizas son cultivos de alta demanda popular debido a sus múltiples usos, en el mundo se destinan alrededor de 8000 ha de tierra a la producción de estas especies vegetales. Dentro de los beneficios que aportan a la nutrición predominan el elevado contenido de vitaminas y minerales, aspecto que revela el papel indispensable del consumo de hortalizas en la dieta humana (Sánchez *et al.*, 2010; Pozo *et al.*, 2010). Otras de las ventajas de consumir hortalizas es la presencia de fibras dietéticas en las mismas, aspecto que facilita la fisiología de la digestión en humanos y previene las enfermedades asociadas a estos procesos (<http://www.alimentacioncomunitaria.org/>). Entre los cultivos hortícolas producidos a gran escala por los organopónicos de Santiago de Cuba, se encuentran dos miembros de la familia *Solanaceae*: el ají o pimiento (*Capsicum annum L*) y la berenjena (*Solanum melongena L*) (Alarcón *et al.*, 2010).

El ají es oriundo de América Central y se cultiva en varios países del mundo bajo condiciones de clima tropical. En Cuba el ají se produce en todas las provincias. Se consume como hortaliza cruda y cocida y posee innumerables propiedades medicinales. Los frutos del ají son fuentes de vitaminas A, B, C y E, carotenos, minerales, aceites esenciales y antioxidantes (Chapman, 2007; Vijayalakshmi *et al.*, 2010; <http://www.fao.org/>). Los ajíes son conocidos en las farmacopeas por su utilidad en el tratamiento del reumatismo y

INTRODUCCION.

las neuralgias. El alcaloide capsicina, presente en el fruto, evita la fragilidad capilar, de ahí que los mismos se utilicen en la prevención y curación de las hemorroides, a pesar de su acción irritante local (Chapman, 2007).

La berenjena es oriunda de países de Asia y es la tercera especie de solanácea más cultivada en el mundo, después de la papa y el tomate. Sus niveles de producción alcanzan valores superiores a los 40 millones de toneladas por año (Hurtado *et al.*, 2012). Los frutos de la berenjena poseen propiedades hipocolesterolémicas, antioxidantes y antifúngicas (Das *et al.*, 2010). El 90% del consumo de este vegetal se concentra en China y la India (Doganlar *et al.*, 2002) y en nuestro país, S. de Cuba es una de las provincias de mayor tradición en la incorporación de la berenjena a la dieta de la población. Otros autores, citados por Das *et al.* (2010), informaron el uso de la berenjena en el control del sangrado intestinal, como antídoto en intoxicaciones causadas por el consumo de setas venenosas, como purgantes y en el tratamiento de las hemorroides.

El cultivo del ají y la berenjena bajo condiciones de organopónico se realiza sin la adición de productos agroquímicos. La fertilización, tanto a escala de semillero como en la fase de planta adulta, se lleva a cabo a través de la adición de susbtratos orgánicos como el humus de lombriz y el compost (Wright, 2009). Los principales aportes del humus al desarrollo vegetal están dados por el incremento del contenido de minerales como el nitrógeno, fósforo y calcio, así como en el mejoramiento de la estructura del suelo (Hidalgo *et al.*, 2006). Otros metabolitos que influyen directamente sobre el crecimiento de las plantas, entre ellos fitohormonas, vitaminas y factores nutricionales, no están presentes en los bioabonos de origen orgánico, aunque si pueden ser suministrados a los cultivos a través de la actividad fisiológica de las rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (PGPR, del Inglés *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) (Compant *et al.*, 2010).

Las PGPR pueden estimular el crecimiento de las plantas, incrementar los rendimientos productivos y reducir el estrés biótico y abiótico sin provocar enfermedades (Compant *et al.*, 2010). Entre los grupos de bacterias rizosféricas que ejercen efectos beneficiosos sobre los cultivos se encuentran las bacterias aerobias formadoras de endosporas (AEFB),

INTRODUCCION.

antiguamente miembros del género *Bacillus*. Los estudios realizados en este grupo, han hecho énfasis en el papel que ejercen las especies de *Bacillus* y *Paenibacillus* en la solubilización de fosfatos inorgánicos, en el aumento del contenido de nitrógeno en el suelo a través de la mineralización de sustratos orgánicos y de la fijación asimbiótica de N molecular, así como en la producción de fitohormonas como ácido indolacético y giberelinas (Kumar *et al.*, 2011). Estas últimas son sustancias que influyen en los procesos fisiológicos de plantas a concentraciones sumamente bajas (Dobbelaere *et al.*, 2003, Hayat *et al.*, 2010).

Existen pocos trabajos en la literatura que refieran el papel beneficioso que ejercen los miembros del género *Brevibacillus* en el crecimiento de las plantas, a pesar de formar parte de la microflora rizosférica y endofítica de diversos cultivos. Orberá *et al* (2012) evaluaron las potencialidades estimuladoras del crecimiento vegetal, que mostró en condiciones *in vitro* el aislado procedente de rizosfera de caña de azúcar *Brevibacillus borstelensis* B65, las cuales resultaron válidas para recomendar el uso de esta bacteria como bioinoculante, *Brevibacillus borstelensis* B65 produce además enzimas celulasas, las cuales le permiten crecer sobre sustratos ricos en material de origen vegetal, como los fertilizantes empleados en los organopónicos, lo cual facilita el incremento de sus poblaciones y potencia sus efectos sobre los cultivos. Sin embargo, los efectos que ejerce esta bacteria sobre la germinación, el crecimiento vegetal y el rendimiento de los cultivos no han sido explorados, lo cual constituye el **problema científico** central de la presente investigación.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se formuló la siguiente **hipótesis de trabajo**: La inoculación de la bacteria estimuladora del crecimiento vegetal *Brevibacillus borstelensis* B65 en semillas de berenjena y de ají, favorecerá la germinación, los parámetros de crecimiento y la productividad de estos cultivos bajo condiciones de organopónico.

Si se demuestra el efecto estimulador del crecimiento vegetal en los cultivos berenjena y de ají a partir de la inoculación de *Brevibacillus borstelensis* B65 en semillas

Para corroborar esta hipótesis se planteó el siguiente **objetivo general**:

INTRODUCCION.

Evaluar los efectos que produce sobre la germinación, el crecimiento y el rendimiento productivo de cultivos de berenjena y de ají bajo condiciones de organopónico, la bacteria *Brevibacillus borstelensis* B65.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de la bacteria rizosférica *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre la germinación y el crecimiento de berenjena y ají en fase de semillero bajo condiciones de cultivo controlado.
2. Determinar los efectos de la bacteria B65 sobre los indicadores del crecimiento y la reproducción en plantas adultas de berenjena y ají cultivadas a cielo abierto en dos áreas de cultivo diferentes.
3. Evaluar los efectos de la bacteria B65 sobre los rendimientos productivos de berenjena y ají cultivados a cielo abierto en dos áreas de cultivo diferentes.

Aportes de la Tesis

Se demostró por primera vez el efecto favorable sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de ají y berenjena que presenta la bacteria *Brevibacillus borstelensis* B65.

Los resultados presentados en esta investigación muestran por primera vez el efecto estimulador en el crecimiento, floración, formación y del rendimiento de los frutos, que ejerció un aislado rizosférico, solubilizador de fosfatos y productor de las fitohormonas etileno y ácido indolacético, perteneciente a la especie *Brevibacillus borstelensis*, en cultivos de solanáceas de interés agroalimentario.

Se informó el efecto favorable de la formulación del bioproducto destinado a la estimulación del crecimiento vegetal y al incremento de los rendimientos productivos en cultivos de importancia económica.

INTRODUCCION.



Revisión Bibliográfica

CAPITULO II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

II.1. IMPORTANCIA, CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y FISIOLÓGICAS DE LOS CULTIVOS DE AJÍ (*Capsicum annuum* L) Y BERENJENA (*Solanum melongena* L)

II.1.1 Importancia, características botánicas y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de ají.

II.1.1.1. Importancia del cultivo.

Los ajíes se consumen frescos o asados como hortalizas. Aportan nutrientes a la dieta, frescos o secos, como los pimentones, por sus propiedades colorantes naturales y por su sabor picante para condimentar diferentes comidas y los platos típicos de la cocina de diferentes países. www.alimentacioncomunitaria.org/.

Los ajíes son muy ricos en vitamina C y E. El consumo de un pimiento maduro mediano satisface tres veces las necesidades diarias de vitamina C de una persona adulta, lo cual es más agradable y natural que tomarse una pastilla y también aporta betacarotenos y vitaminas K y del complejo B, en menor proporción. Los pimientos rojos o maduros contienen mayor cantidad de vitaminas y minerales que los verdes. Los ajíes son conocidos en las farmacopeas y en la industria farmacéutica, por sus propiedades para combatir el reumatismo, los lumbagos y las neuralgias (Chapman, 2007).

II.1.1.2. Características botánicas.

Las investigaciones arqueológicas realizadas en México indican que los ajíes ya eran consumidos por sus habitantes hace más de siete mil años. Los cubanos, por lo general, llamamos ajíes a todas las especies y variedades del género *Capsicum*, incluyendo los ajíes pimiento o pimienta, los cuales pertenecen a la especie *Capsicum annuum* L y a la familia *Solanaceae* (www.infoagro.com/cultivo/).

El Ají Chay Línea-3: Es una planta de más de 70 cm de altura, con el fruto de color verde que cambia a rojo brillante durante la madurez, alargado, de 5 a 9 cm de longitud. Puede sembrarse durante todo el año, aunque por sus características, debe sembrarse preferiblemente en los meses de marzo a abril. Es resistente a los patógenos que atacan a este cultivo. Presenta un sistema radicular pivotante y profundo. El tallo principal es

cilíndrico, de crecimiento limitado y erecto, su parte inferior es leñosa creciendo verticalmente numerosas ramificaciones, algunas de las cuales pueden crecer de la propia base de la planta. Posee hojas enteras, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente, su inserción en el tallo tiene lugar de forma alterna. Las flores se forman en las ramificaciones de los nudos del tallo, se pueden presentar 2 a 3 flores por nudo, son pequeñas y constan de una corola blanca, regularmente con 6 sépalos o pétalos blancos y 6 estambres; el ovario es supero, di o trilocular y el estigma se encuentra a nivel de las anteras, lo cual facilita la autofecundación (www.infoagro.com/cultivo).

II.1.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. Los límites de temperatura para esta especie se encuentran entre 18 y 32 °C. A temperaturas por encima de 32 y 35 °C, las flores presentan el fenómeno de la heterostilia, por lo que tiene necesidades termoperiódicas que varían con las distintas fases del crecimiento y el desarrollo. Es una planta muy exigente a la luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración; así como a la humedad del suelo. La humedad relativa (HR) óptima oscila entre el 50% y el 70%, valores por encima de estos favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. En cuanto a los suelos es exigente a la fertilidad y a las buenas propiedades físicas como la estructura. Los mayores rendimientos se obtienen en aquellos suelos o substratos artificiales de buen drenaje externo e interno, es intolerante a una concentración elevada de sales minerales, por lo que se deben ejecutar medidas que contrarresten su salinidad (www.infoagro.com/cultivo).

II.1.2 Importancia, taxonomía y morfología del cultivo de berenjena.

II.1.2.1. Importancia del cultivo.

La berenjena es oriunda de países de Asia. Sus niveles de producción alcanzan valores superiores a los 40 millones de toneladas por año, el 90% del consumo de este vegetal se concentra en China y la India así como entre los países árabes de Irán, Turquía y otros (Doganlar *et al.*, 2002). La berenjena ocupa el lugar principal, de miles de platos procedentes de las cocinas de todo el mundo, sin contar los que surgen a diario producto de la creatividad de la familia en su propia casa (Hurtado *et al.*, 2012). Los principales beneficios de este cultivo, vienen dados por sus efectos antioxidantes y en disminuir los niveles de colesterol en la sangre (Doganlar *et al.*, 2002). Además se recomienda como diurética, para combatir el insomnio y en el tratamiento de las hemorroides (Das *et al.* 2010).

II.1.2.2. Característica botánica del cultivo.

La berenjena (*Solanum melongena* L) es la tercera especie de solanácea más cultivada en el mundo, después papa y el tomate. Se considera como una planta herbácea, su tallo es muy ramificado presentando tejidos lignificados que le dan un aspecto arbustivo y anual. Su sistema radicular es muy potente y muy profundo. Las hojas son enteras, grandes, con nerviaciones que presentan espinas y envés cubierto de una vellosidad grisácea, causante en ocasiones de alergias, encontrándose insertadas de forma alterna en el tallo. En las flores el número de pétalos, sépalos y estambres oscila entre 6 y 9 siendo de color violáceo. Tanto el pedúnculo como el cáliz poseen abundantes espinas, los estambres presentan anteras muy desarrolladas de color amarillo que se sitúan por debajo del estigma, dificultando la fecundación directa. El fruto es una baya alargada o globosa, de color negro, morado, blanco, blanco jaspeado de morado o verde presentando pequeñas semillas de color amarillo ([www.infoagro.com/cultivo de la berenjena/](http://www.infoagro.com/cultivo_de_la_berenjena/)).

II.1.2.3. Requerimientos edafoclimáticos.

Es un cultivo de climas cálidos y secos, por lo que soporta bien las temperaturas elevadas, siempre que la humedad sea adecuada, llegando a tolerar hasta 40-45°C y un valor promedio comprendido entre 23-25°C. La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 65%. Es una planta muy exigente a la luminosidad, requiere de 10 a 12 horas de

luz. En suelos ácidos presenta problemas de crecimiento y producción, es menos resistente a la salinidad del suelo y del agua de riego que otros cultivos, siendo más sensible durante las primeras fases del desarrollo ([www.infoagro.com/cultivo de la berenjena/](http://www.infoagro.com/cultivo_de_la_berenjena/)).

II.2 EFECTOS BENEFICIOSOS DE LAS RIZOBACTERIAS SOBRE LAS PLANTAS.

II.2.1.1 Interrelación entre las bacterias rizosféricas y el vegetal.

El término rizobacterias se refiere a las poblaciones bacterianas que colonizan el área de las raíces (Barea *et al.*, 2005). La riqueza y diversidad de estos grupos microbianos se favorecen por los exudados radicales que constituyen fuentes de nutrientes y energía para su desarrollo (Gray y Smith, 2005). A diferencia de los rizobios, estos grupos establecen interacciones de mayor complejidad con las plantas y como consecuencia, los efectos que ejercen sobre su crecimiento y el rendimiento de los cultivos son mucho más amplios. (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

Dicha asociación se inicia como respuesta al llamado “efecto rizosférico”, el cual sucede a través de un intercambio de señales que se disparan a partir de la interacción microbio-planta, con resultados claramente benéficos para los dos (Rodríguez a, 2012). Cerca del 40% del carbono fijado en la fotosíntesis, en la parte aérea de la planta, puede ser excretado a la rizosfera, lo que afecta positivamente a la mayoría de las bacterias que ahí habitan (Rosenblueth, *et al.*, 2006).

Las bacterias rizosféricas se clasifican, teniendo en cuenta los estratos sucesivos en los cuales se ubican, en: [1] bacterias que habitan en el suelo que se encuentra próximo a las raíces, [2] bacterias que colonizan el rizoplano; [3] bacterias que residen en los espacios que forman las células corticales en el interior de las raíces y [4] bacterias que habitan dentro de las células de las raíces, en estructuras especializadas denominadas nódulos (Hayat *et al.*, 2010). Se concibe también el término espermosfera para nombrar a la zona que rodea a la semilla en estado de germinación, donde los microorganismos desarrollan una intensa actividad que afecta el futuro desarrollo de la planta; en los últimos tiempos

se considera que en esta fase comienza realmente la actividad rizosférica (Dibut, 2009).

II.2.1.2 Actividad estimuladoras de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Dentro de las poblaciones rizosféricas que han sido estudiadas se encuentran las bacterias aerobias formadoras de endosporas, (BAFE) ó (AEFB, del inglés *aerobic endospore forming bacteria*) denominadas también como Rizobacterias Promotoras del crecimiento del vegetal (PGPR, del inglés *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*: Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal) (Mc.Spandden, 2004; De-Bashan, 2007).

Las BAFE se caracterizan por una amplia versatilidad fisiológica, que incluye capacidad de utilizar diversas fuentes nutricionales, amplios rangos de temperatura de crecimiento y pH, así como una potente actividad antagonista. Las variaciones cuantitativas y cualitativas en estas características, su tamaño microscópico y su ubicuidad en los suelos, les facilita la colonización de los más diversos hábitats (McSpadden, 2004). Estos microorganismos poseen además una potente herramienta ecofisiológica, que es la capacidad de formar endosporas como parte de su ciclo de vida, las cuales son estructuras resistentes a condiciones ambientales extremas (Khan *et al.*, 2009). Además inciden sobre el crecimiento de las plantas a través de complejos mecanismos fisiológicos, desarrollan funciones de gran beneficio para las plantas como son: la producción de fitohormonas, disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno y la inducción de resistencia (De-Bashan, 2007).

Las especies BAFE que poseen el más amplio espectro inhibitorio de microorganismos causantes de enfermedades, son aquellas que combinan varios mecanismos de control biológico y/o liberan más de una sustancia antimicrobiana (do Vale *et al.*, 2010; Kumar *et al.*, 2009a). Hay numerosos reportes (Arrebola *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2009) de especies de *Bacillus* y *Paenibacillus* que expresan actividades antagónica. En trabajos recientes de Choudhary y Johri (2008) reportaron RIS, por especies de *Bacillus*, proceso mediante el cual las BAFE estimula los mecanismos de defensa de la planta sin causarle daño claro (Choudhary *et al.*, 2009; Ongena *et al.* 2009 a., 2009 b; Kumar *et al.*, 2011).

Se ha usado la BAFE también en la remediación de suelos contaminados (Zhuang *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2004, 2005;). Importante géneros de bacterias pueden realizar bioremediación, incluye *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Metanobacterias*, *Ralstonia* y *Deinococcus*, etc. (Milton, 2007). El género *Brevibacillus* también se ha encontrado en suelos agrícolas, desempeñando un papel primordial en la biorremediación de metales tóxicos (Ruiz– Lozano y Azcón, 2011).

En bacterias del género *Bacillus*, aisladas a partir de suelos y residuos agrícolas utilizados como bioabonos se determinó producción de enzimas pectinolíticas (Jayani *et al.*, 2005) así como en aislados rizosféricos de *Paenibacillus* y *Brevibacillus* se detectó celulasas extracelulares (Maki *et al.*, 2009; Jaroszuk – Scise *et al.*, 2011). Estas enzimas facilitan la penetración de las bacterias endofíticas a los tejidos internos de las raíces, a través de la degradación de las paredes de las células vegetales, las cuales constituyen barreras de la colonización en la rizosfera (Vessey 2003; Compant *et al.*, 2010; Hayat *et al.*, 2010). Las bacterias celulolíticas son las responsables del incremento de los rendimientos productivos en cultivares de arroz y promueven el reciclaje de nutrientes en estas áreas y en los bosques de manglares (Hayat *et al.*, 2010; Tabao y Monsalud, 2010). En investigaciones reciente de aislamiento de la cepa *Brevibacillus borstelensis* B65 de la rizosfera del cultivo de caña de azúcar mostró *in vitro*, el más amplio espectro de propiedades estimuladoras del crecimiento vegetal evaluadas en esta experiencia: capacidad de solubilizar fosfato de calcio, actividad celulolítica y pectinolítica, actividad antifúngica así como excreción de cantidades elevadas de las fitohormonas etileno y ácido indolacético (Orberá *et al.*, 2011).

II.2.1.3 Efecto de las hormonas (AIA y etileno) suministradas por RPCV.

El crecimiento de la planta promovido por RPCV es atribuido a la síntesis y exportación de fitohormonas (Hayat *et al.*, 2010). Los cuales son compuestos orgánicos que actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Existen 5 grupos de fitohormonas producidas por bacterias rizosféricas llamadas auxinas, giberelinas, citoquinas, etileno y ácido abscísico (Zahir *et al.*, 2004; Hayat *et al.*, 2010).

En experimentos mediante la aplicación de hormonas exógenas han demostrado que la dormancia de muchas semillas puede ser superada (Barceló *et al.*, 2010). Las fitohormonas, Influyen en los procesos fisiológicos del vegetal estimulando el crecimiento, el desarrollo así como las actividades metabólicas en cantidades pequeñas (Dobbelaere *et al.*, 2003). La fisiología de la planta es afectada por hormonas de la bacteria en maneras diferentes, dependiendo del papel fisiológico jugado por las mismas en los tejidos de la planta al cambiar el nivel y la concentración de la hormona que se produjo (Kumar *et al.*, 2011).

La producción de niveles elevados de auxinas se determinó en aislados de *Bacillus* y *Paenibacillus* (Joseph *et al.*, 2007; Egamberdieva, 2008; Ahmad *et al.* 2008). Estudios recientes demuestran el incremento de los niveles de enraizamiento en semillas vegetativas con aislados de *P.polymyxa*, *B.subtilis*, *B.megaterium* y *B.simplex* (Tsavkelova, *et al.*, 2007; Ertuk *et al.*, 2010).

El etileno es un regulador del crecimiento de la planta potente que afecta muchos aspectos de crecimiento de la planta, desarrollo, y senescencia (Hayat 2010). Es una hormona inusual, dado que es un hidrocarburo simple ($H_2C=CH_2$) que a temperatura ambiente, es un gas. Es sintetizado en las plantas, los hongos y las bacterias (Hayat 2010).

La influencia del etileno ha sido demostrado que es el responsable en muchas plantas, de la germinación de la semilla, abscisión, dominancia apical, ángulo de la rama, brote de crecimiento, espigamiento, hipertrofia de tejidos, flujo del látex, crecimiento de la raíz, alargamiento del tallo, floración, senescencia y maduración de frutos. Muchas enzimas que participan en algunos procesos fisiológicos del vegetal son reguladas por etileno, ejemplo: en la abscisión (celulasa y poligaraturonasa), maduración de frutos (celulasa, clorofilasa, invertasa, lacasa, deshidrogenasa, malasa y poligaraturonasa) y en la senescencia (ribonucleasa), (Barceló *et al.*, 2010).

Las BAFE contienen la enzima ACC-desaminasa (Raddadi *et al.*, 2008; Sgroi *et al.*, 2009) la cual podría suprimir o acelerar la síntesis del etileno endógeno y así facilitaría alargamiento de la raíz mejorando el crecimiento y rendimiento de planta (Zafar-ul-Hye 2008; do Vale *et al.*, 2010). RPCV con ACC-desaminasa usualmente da resultados muy

consistentes en la mejorar del crecimiento de la planta y del rendimiento, resultando buen candidato para la formulación de biofertilizante (Shaharoon *et al.*, 2006a, 2006b).

II.2.1.4 Efecto del fosfato liberado por RPCV, en la productividad de los cultivos.

El P es el segundo nutriente mineral que más normalmente limita el crecimiento de plantas terrestres (Vessey, 2003). Es el elemento menos móvil en la planta y en la tierra con respecto a otros macro nutrientes. Varios procesos importantes de la fisiología vegetal están asociados a la nutrición del P, resultando determinante para el desarrollo de las plantas (Khan *et al.*, 2009).

Desempeña una función fundamental en la división celular y es parte elemental en compuestos proteicos de alta valencia, influye en la formación de raíces y semillas, siendo un regulador principal de todos los ciclos vitales de las plantas. Su carencia se manifiesta por un retraso en la floración y una baja producción de frutos y semillas. Un exceso puede provocar la fijación de elementos como el cinc en el suelo (Mohammadi *et al.*, 2012). De igual manera, el P incide en la fijación biológica de N₂ en las leguminosas, en la calidad y el rendimiento de los cultivos, así como la resistencia de las plantas a las enfermedades (Khan *et al.*, 2009).

Las plantas adquieren al fósforo de la solución de la tierra especialmente en formas de iones fosfato H_2PO_4^- a pH ácido y HPO_4^- a pH elevado; forma parte de los ácidos nucleicos, adenosin-fosfatos (AMP, ADP, ATP) y piridín nucleótidos (NAD, NADP) por lo que participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo, procesos anabólicos y transferencia de las características hereditarias. Su deficiencia, por lo tanto, provoca severas alteraciones del metabolismo y desarrollo vegetal. El P forma parte también de otros componentes de las plantas como piridoxal fosfato, que actúa como coenzima de los sistemas de transaminación, y ácido fítico, principal forma de reserva de fósforo en las semillas (Barceló *et al.*, 2010).

La retención del fósforo en los suelos depende de varios factores, entre ellos es de particular interés el pH, pues los fosfatos están asociados a Fe, Al y Mn en los suelos ácidos (pH 3.5 y 5.5), mientras que en suelos alcalinos (pH 8) se combina con el Ca y en

los ligeramente ácidos o neutros (pH 6–7) aumenta la disponibilidad de fosfatos solubles, además se pueden encontrar unidos a las arcillas como caolinita o montmorillonita (Khan *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2009; Rodríguez b, 2012). También puede ser adsorbido por el barro o integrarse a la materia vegetal formando compuestos orgánicos fosforados recalcitrantes (Khan *et al.*, 2007; Jorquera *et al.*, 2011).

Se les concede a las BAFE enormes potencialidades para la utilización de las grandes reservas que existen de este elemento en el suelo (Khan *et al.*, 2009). La solubilización de P orgánico e inorgánico en la rizosfera es el modo más común de acción donde se encuentra implicado las RPCV, aumentando la disponibilidad de P en la rizosfera (Vessey, 2003; Yazdani *et al.*, 2009).

II.2.2 EFECTO DEL SUSTRATO ORGÁNICO EN EL CRECIMIENTO VEGETAL.

II.2.2.1. Los abonos orgánicos como portadores de nutrientes

El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos. Los cuales aseguran que los residuos orgánicos al ser aplicados al suelo mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas, resolviendo el problema de la fertilidad del suelo, además de aumentar la capacidad de resistencia a factores ambientales negativos. (Alvarado *et al.*, 2012).

El uso de abonos orgánicos y de la materia orgánica del suelo se han asociado tradicionalmente con la fertilidad (Hidalgo *et al.*, 2006); son portadores de nutrientes en baja concentración (tabla No.1, anexo), por lo que sería necesario aplicar grandes dosis para suministrar los nutrientes suficientes, pero hay ocasiones en que pueden resultar superiores a los químicos por la forma regular de suministrarlos a la planta, lo que puede estar acorde con las necesidades de la misma, además de resguardarlos contra la lixiviación (Rodríguez b, 2012).

La fertilización orgánica, tanto a escala de semillero como en la fase de planta adulta, se lleva a cabo a través de la adición de sustratos orgánicos como el humus de lombriz y el compost (Wright, 2009). Los principales aportes del humus al desarrollo vegetal están dados por el incremento del contenido de minerales como el nitrógeno, fósforo y calcio, así como en el mejoramiento de la estructura del suelo (Tabla No 1, anexos). Su adecuada relación carbono/nitrógeno lo diferencia de la mayoría de los abonos orgánicos, permitiendo una mejor disponibilidad de nitrógenos para la planta, reduciendo también su lixiviación. Su riqueza en oligoelementos aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo, (Hidalgo *et al.*, 2006).

Otros metabolitos que influyen directamente sobre el crecimiento de las plantas, entre ellos fitohormonas, vitaminas y factores nutricionales, no están presentes en los bioabonos de origen orgánico, aunque si pueden ser suministrados a los cultivos a través de la actividad de las RPCV. En estudios realizados con el empleo de RPCV en el cultivo de remolacha en casa de invernadero, se obtuvieron incremento en el área foliar, longitud de la raíz y rendimiento de 15.5-20.8, 12.3-16.1, 9.8-14.7 % en los experimentos de bajo y alto contenido de materia orgánica respectivamente (Caknakci *et al.*, 2006).

II.2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DEL CULTIVO ORGANOPÓNICO.

La palabra organopónico no sólo se debe al uso de sustratos orgánicos, sino al uso de prácticas compatibles con la agricultura orgánica o natural (Companioni, 2003). El cultivo organopónico es una modalidad de agricultura útil para las condiciones en que no se dispone de un suelo cultivable fértil y se quiere utilizar este espacio para la producción vegetal de forma intensiva y bajo principios de producción orgánica (Companioni, 2005; Rodríguez, 2003).

Un organopónico es una especie de huerta en la que se siembran y cultivan las plantas sobre un sustrato formado por suelo y materia orgánica mezclados en un contenedor y que se basa en los principios de una agricultura orgánica (Rodríguez *et al.*, 2011). La adopción del cultivo organopónico requiere ser adaptada a las condiciones de cada

localidad. Sin embargo sus principios y prácticas culturales poseen rasgos generales que le convierten en una modalidad de cultivo practicable en las más diversas condiciones. Los organopónicos pueden destinarse a la producción de vegetales frescos, plantas medicinales y condimentosas (Alarcón *et al.*, 2010).

El fomento de los organopónicos demanda en la actualidad la aplicación de los métodos y procedimientos de cultivo que permitan obtener con la mayor autogestión posible los mayores rendimientos por unidad de superficie y calidad de las cosechas, basándose en un sistema de producción orgánica (Rodríguez, 2003; Rodríguez *et al.*, 2010). En Cuba se diferencia el organopónico del huerto intensivo, solo porque en este último sí se utiliza el suelo del lugar, aunque puede ser mejorado, pero sin ningún contén o pared lateral. Los contenedores pueden ser de distintos tipos y materiales, siendo lo mas frecuente su construcción sobre el suelo empleando solo los contenes* laterales (Rodríguez *et al.*, 2010), (figura No.1, anexo).



Material¹es y Mé¹todos

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.

III.1. Ubicación de los experimentos

La investigación se realizó durante los meses enero- julio 2012 en el organopónico La Ketty y en la parcela experimental del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). El organopónico La Ketty, en un centro de referencia de la agricultura urbana de la Empresa Agropecuaria Santiago y se localiza en el poblado El Caney, a 5,7 Km de la ciudad de Santiago de Cuba. La parcela experimental del CNEA, se localiza en la sede Julio Antonio Mella de la Universidad de Oriente, ubicada al oeste de la Ciudad de Santiago de Cuba.

III.2. Cultivos utilizados

Se utilizaron cultivos de berenjena (*Solanum melongena* L), variedad FHB-1 y de ají chay línea 3 (*Capsicum annum* L), ambos procedentes del Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), La Habana.

III.3. Preparación del inóculo de *Brevibacillus borstelensis* B65

Para la preparación del inóculo de *Brevibacillus borstelensis* B65, la bacteria se cultivó en Caldo Nutritivo BIOGEN, a pH 7 y a 30°C durante 18 h, en agitación a 50 rpm. El cultivo crecido se sometió posteriormente a centrifugación a 5000 rpm para concentrar la biomasa celular y esta se resuspendió en agua destilada previamente esterilizada, hasta alcanzar una concentración celular de 10^7 UFC mL⁻¹, la cual se ajustó utilizando el método turbidimétrico.

IV. Inoculación de las semillas con el biopreparado bacteriano y cultivo de los semilleros de berenjena y de ají

Trescientas semillas de cada especie vegetal fueron embebidas durante 15 minutos en la suspensión de *Brev. borstelensis* B65. Inmediatamente después, las semillas inoculadas fueron sembradas en bandejas de 254 alveolos, en un sustrato orgánico consistente en una mezcla de humus de lombriz de tierra y suelo (1:1). Las plantas se cultivaron durante un mes, comprendido entre febrero y marzo de 2012, bajo condiciones de cultivo protegido en casa de tapado (Anexo 1). El suelo utilizado fue de tipo pardo sin carbonato típico. La caracterización de los sustratos se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Delegación de la Agricultura de Santiago de Cuba. La mezcla orgánica final utilizada para el cultivo de los semilleros contenía un 4,72% de N total y 3,02% de N orgánico; 1,89% de P y 9,42% de K. El contenido de materia orgánica fue de un 2% y el de ácido húmico fue de 12,52%. Se detectó la presencia de los siguientes cationes (en ppm): Ca (163), Mg (93), Na (48), Fe (4,2), Zn (0,14), Mn (3,0) y Cu (0,05). El pH fue de 6,7.

V. Cultivo de las plantas adultas

Las posturas de berenjena y de ají de 25 días de crecidas, fueron trasplantadas hacia dos áreas de organopónico, en las cuales se cultivaron a cielo abierto durante tres meses, en el período comprendido entre marzo y julio de 2012. En el organopónico La Ketty las plantas se sembraron en canteros tradicionales ubicados a nivel del suelo, en un sustrato orgánico consistente en una mezcla de suelo y estiércol vacuno (1:1). En la parcela experimental del CNEA las plantas se trasplantaron a canteros conformados de gualderas en forma de canal, alejados del suelo, sobre un sustrato orgánico consistente en una mezcla de suelo y compost (1:1) (Anexo 2). Los resultados de la caracterización química de ambos sustratos se reflejan en la tabla 3.

VI. Diseño de los experimentos

El diseño de los experimentos a escala de semillero se estableció en parcelas simples con 2 tratamientos, T1 (control) correspondiente a las plántulas crecidas a partir de semillas sin inocular con el biopreparado de *Brevibacillus borstelensis* B65 y T2 (tratadas), el cual corresponde a las posturas crecidas a partir de semillas inoculadas con el biopreparado de B65. Para la determinación de los parámetros estimuladores del crecimiento vegetal se escogieron 10 plantas al azar por cada tratamiento evitando el efecto de borde, las cuales constituyeron las réplicas.

Para los experimentos realizados con la plantas adultas en cultivo a cielo abierto, se estableció un diseño experimental en parcelas simples con 2 tratamientos, T1 (plantas control, procedentes de posturas crecidas a partir de semillas sin inocular con B65) y T2 (plantas tratadas, procedentes de posturas crecidas a partir de semillas sin inocular con B65). Se realizaron 4 réplicas por cada tratamiento (R1 – R4). Para la estimación de los parámetros estimuladores del crecimiento vegetal, se seleccionaron 20 plantas de cada tratamiento (5 por cada réplica) y se desecharon las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde.

VII. Atenciones culturales

Para el cultivo a cielo abierto de las plantas adultas, las posturas trasplantadas se sembraron en canteros a doble hilera, la berenjena con un marco de plantación de 0,90 x 0,50 m y el ají de 0,90 x 0,25 m. El área de los canteros del organopónico La Ketty fue de 21,6 m² y de los del CNEA de 12 m². El rendimiento se determinó en metros cuadrados para ambos experimentos.

Ambos cultivos fueron tratados con un sistema de riego *microyet* y en ambas localidades se siguieron las atenciones culturales establecidas por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) para el cultivo de la berenjena y del ají, las cuales se refieren en el Manual Técnico para Organopónicos y Huertos Intensivos del 2011.

Fueron recogidos los valores de temperatura máxima, mínima y media, así como la humedad relativa y las precipitaciones mensuales durante el período comprendido entre enero y julio del 2012, determinados en la Estación Meteorológica de la Universidad de Oriente (Anexo 3).

VIII. Evaluación de los parámetros estimuladores del crecimiento vegetal

- VIII.1. Escala de semillero: Las posturas se cultivaron durante 25 días. Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas, la altura y la masa húmeda de las posturas, la longitud del tallo y de la raíz principal, así como la masa húmeda de las raíces, tallos y hojas.

Las raíces fueron lavadas antes del pesaje con agua corriente a baja presión para evitar pérdidas durante la eliminación del suelo, posteriormente se secaron con papel de filtro y se conservaron tapadas con papel periódico húmedo para evitar la desecación mientras eran pesadas. Las hojas se separaron primeramente del resto de los órganos y posteriormente fueron contadas y pesadas en balanza analítica.

Para determinar el porcentaje de germinación se hicieron conteos de las plantas germinadas cada tres días. Los parámetros longitudinales se midieron con regla graduada y el pesaje se realizó en una balanza analítica.

- VIII.2. Plantas adultas: En el cultivo de berenjena las mediciones se realizaron a los 45 d después del trasplante (fase de crecimiento). En esta etapa se midió la altura de la planta, el número de hojas y flores y el grosor del tallo. De igual manera se hicieron determinaciones a los 75 d (fase de inicio de cosecha) del número de flores y de frutos por planta. Las mediciones a los 100 d (fase final) incluyeron el número de frutos por planta, el diámetro del tallo, así como la longitud, peso promedio y rendimiento de los frutos.

En el cultivo de ají se realizaron mediciones a los 45d después del trasplante (fase de crecimiento e inicio de la floración), de la altura de las plantas, el número de hojas y de flores y el diámetro del tallo. A los 75d (fase final) se evaluó el peso de los frutos, el número de frutos por planta y el rendimiento de los frutos.

IX. Análisis estadístico

El procesamiento estadístico de los datos experimentales, se realizó a través de un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA-I). La comparación de las medias con diferencias significativas a un valor de $p < 0,05$, se realizó a través de la prueba de Tukey. Se realizó un análisis de regresión simple a un 95% de significación estadística. Se utilizó el paquete estadístico *Statgraphics Plus 5.1* para Windows.



Resultados

CAPITULO IV. RESULTADOS.

IV.1. Influencia de *Brevibacillus borstelensis* B65 en la germinación, el crecimiento y el desarrollo de los cultivos de ají y berenjena en fase de semillero.

IV.1.1 Efectos sobre la germinación: El cultivo de semillas de berenjena y ají en un substrato orgánico formado por una mezcla de humus de lombriz y tierra (1:1), mostró el efecto estimulador de la germinación en el tiempo, que ejerció el biopreparado confeccionado con la bacteria *Brev. borstelensis* B65 sobre ambas especies vegetales. En el cultivo de berenjena al igual que en el de ají, el porcentaje de plántulas germinadas a partir de semillas tratadas con B65 fue significativamente superior en las mediciones realizadas a los 3, 6, 9, 12 y 15 días después de sembradas (Figura 1a y b). Las semillas de ají tratadas con la bacteria mostraron un 8% de germinación a los 3 días después de sembradas a diferencia de las no tratadas, en las cuales se observó la germinación a partir del sexto día (Figura 1b). De igual manera, el porcentaje total de semillas germinadas en ambos cultivos (15 días) fue significativamente superior en las unidades tratadas con el biopreparado bacteriano. La bacteria B65 incrementó la germinación de las semillas de berenjena en un 12% y de ají en un 8% por encima de sus respectivos controles (Figura 1a y b).

IV.1.2. Efectos sobre el crecimiento de las plántulas: Las plántulas de berenjena y ají crecidas a partir de semillas tratadas con el biopreparado de *Brev. borstelensis* B65, poseen mayor tamaño que las procedentes de semillas no tratadas con la bacteria. Las posturas de berenjena crecidas a partir de semillas tratadas con B65, mostraron diferencias significativas y altamente significativas en la altura total de la planta y en la longitud de la raíz respectivamente a un 95% de confianza, en comparación a los controles sin tratar con la bacteria. El incremento de tamaño del tallo en posturas inoculadas con la bacteria respecto al control, no fue estadísticamente significativo (Figura 2a). Las plántulas de ají procedentes de semillas tratadas con B65, mostraron diferencias altamente significativas en la altura total de la planta y en la longitud de las raíces respecto a los controles. En este caso, el aumento de la altura del tallo fue significativo en posturas procedentes de semillas tratadas con la bacteria, a un 95% de confianza (Figura 2b).

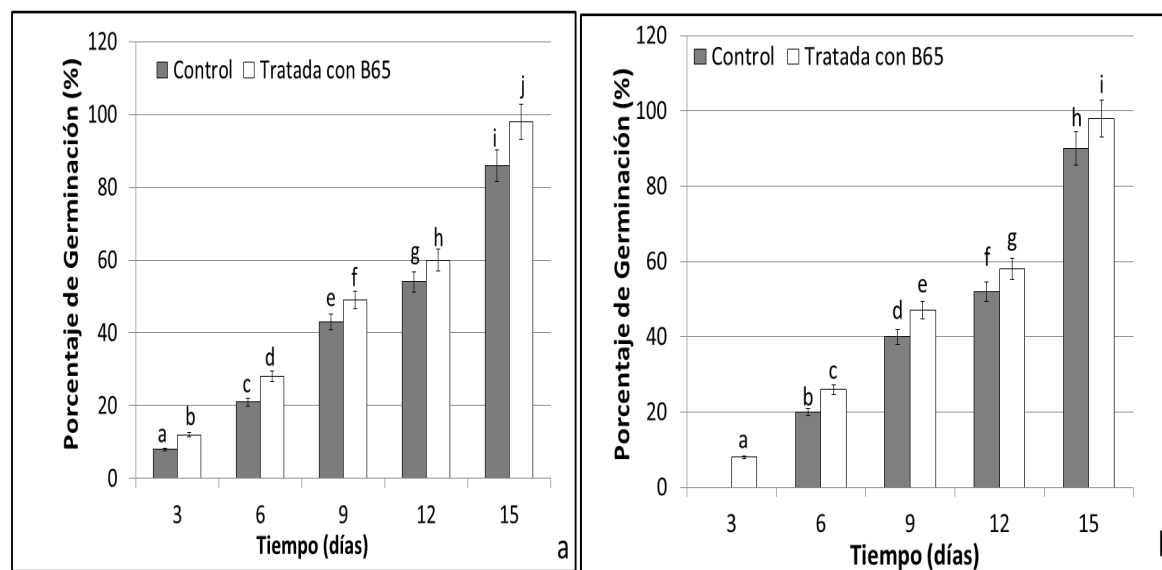


Figura 1: Efecto de *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre el vigor germinativo (días) poder germinativo (%) a) semillas de berenjena y b) ají en condiciones de cultivos protegidos, El experimento se realizó en el organopónico la Ketty (Caney, S.de Cuba), febrero 2012.

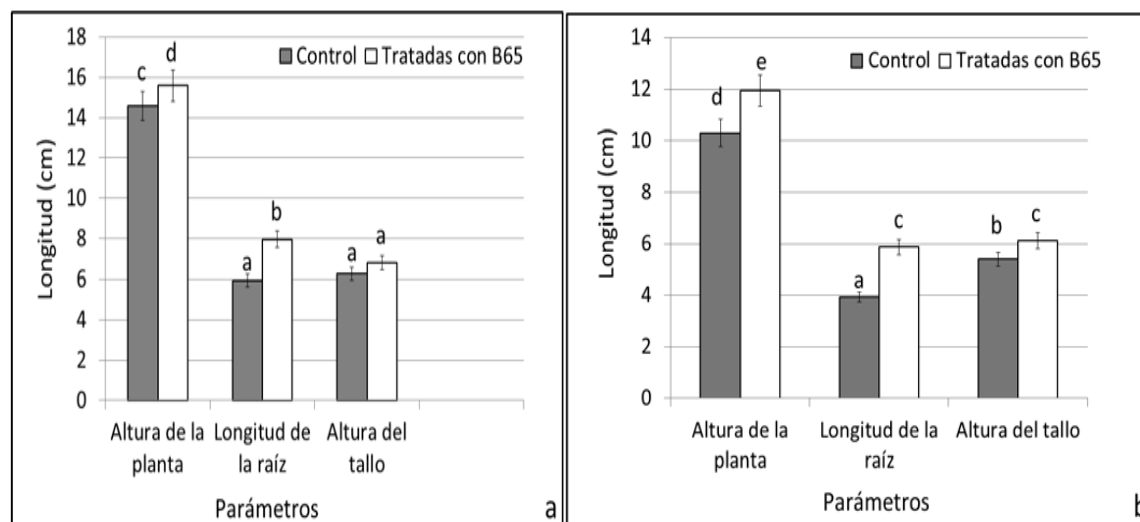


Figura 2: Evaluación del efecto del biopreparado bacteriano *Brebivacillus borstelensis* B65 sobre el tamaño de las posturas de los cultivosa) berenjena FH-1 y b) ají chay línea 3 en condiciones de cultivo protegido (organopónico La Ketty), entre los meses de enero – marzo de 2012. Las barras sobre las columnas representan la desviación estándar (σ) a un 5% de error. Los datos fueron recogidos en plantas de 25 días de sembradas.

El tratamiento de semillas de berenjena con *Brev. borstelensis* B65 favoreció el crecimiento de las plántulas en fase de semillero (25 días de edad), cultivadas en un sustrato orgánico y bajo condiciones ambientales controladas. Los resultados obtenidos muestran un incremento altamente significativo en la longitud de las raíces de berenjena a diferencia del tallo (Figura 2a y b). El análisis de correlación entre la altura de la planta y la longitud del tallo de las plántulas sin tratar y tratadas con el biopreparado bacteriano, mostró la no existencia de correlación entre estos valores (Figura 3A), demostrando que la longitud del tallo no influyó en el tamaño de las posturas (Figura 3A). El análisis realizado entre la altura de la planta y la longitud de la raíz en las plántulas de berenjena del control sin tratar con la bacteria, tampoco mostró correlación. Sin embargo, el análisis de correlación correspondiente a la longitud de las plantas y a la longitud de las raíces de berenjena tratadas con B65, mostró un coeficiente de correlación moderadamente elevado (0,632) (Figura 3B). Lo anterior nos permitió corroborar que uno de los efectos de *Brev. borstelensis* B65 en la germinación de la berenjena consistió en favorecer el crecimiento de las raíces y como consecuencia el aumento del tamaño de las posturas.

IV.1.3. Efectos sobre el peso de raíz, tallo y hojas: El biopreparado confeccionado con *Brev. borstelensis* B65 aumentó el peso de las raíces, de los tallos y de las hojas en los cultivos de berenjena y ají en fase de semillero. Las posturas de berenjena de 25 días de crecidas, procedentes de semillas tratadas con la bacteria, mostraron un incremento altamente significativo en el peso de la raíz y de las hojas a diferencia del peso del tallo, cuyo aumento no fue estadísticamente significativo (Figura 4a). Las plántulas de ají tratadas con B65 también mostraron diferencias altamente significativas en el peso de las raíces y las hojas. El aumento del peso del tallo de estas posturas en presencia de la bacteria, fue significativo respecto al control sin tratar, a diferencia de lo ocurrido en berenjena (Figura 4b).

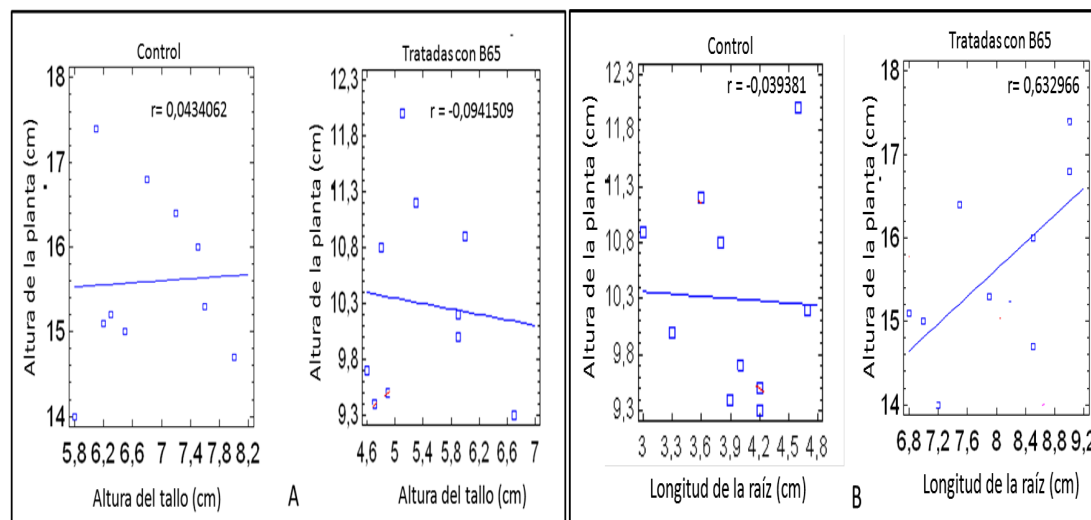


Figura 3: Correlación lineal entre la altura de la planta vs. altura del tallo (A) y la altura de la planta vs. longitud de la raíz (B) en cultivos de berenjena sin tratar y tratados con *Brev. borstelensis* B65. (r): coeficiente de correlación.

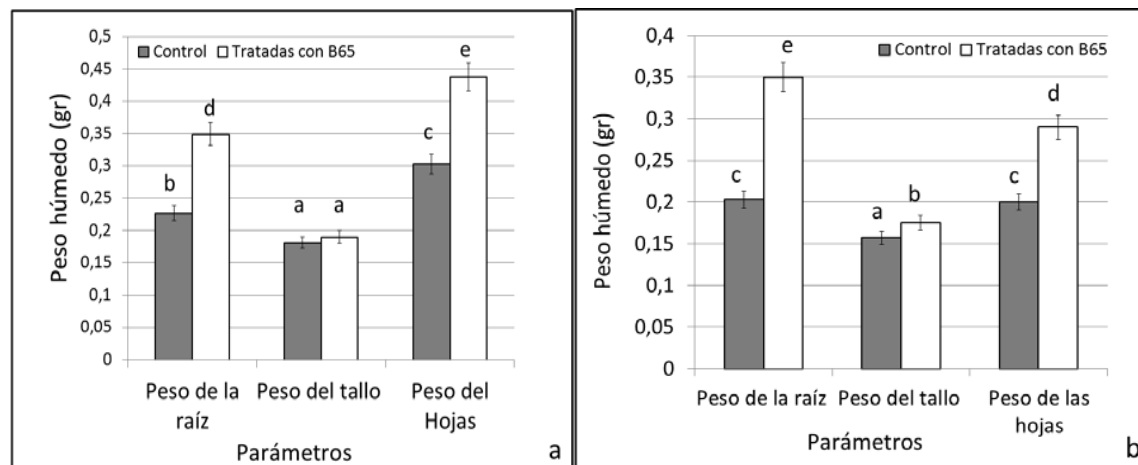


Figura 4: Efecto de un biopreparado elaborado con la bacteria *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre el peso de la raíz, del tallo y de las hojas de las plantas en semilleros de berenjena (a) y ají (b). El experimento fue realizado en el organopónico La Ketty, en condiciones de cultivo protegido, entre los meses de enero – marzo de 2012. Las barras sobre las columnas representan la desviación estándar (σ) a un 5% de error. Los datos fueron recogidos en plantas de 25 días de sembradas. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas

a

 p $\leq$

0,05.

IV.2. Influencia de *Brevibacillus borstelensis* B65 en el crecimiento de plantas adultas de berenjena y ají

IV.2.1 Altura de las plantas: La altura de las plantas de berenjena y de ají (45d), sembradas en dos localidades diferentes, mostró valores significativamente superiores en las posturas procedentes del organopónico La Ketty. El aumento de tamaño en las plantas de ambos cultivos tratadas con B65, fue altamente significativo respecto a sus controles en las procedentes del organopónico La Ketty y significativo en las cultivadas en la parcela experimental del CNEA (Figura 5).

IV.2.2 Floración: El número de flores existentes en las plantas de berenjena (45 y 75 d) y de ají (45 d) fue significativamente superior en las posturas procedentes del organopónico La Ketty (Figura 6 a y b) tratadas y sin tratar con el biopreparado. Las plantas de berenjena cultivadas en La Ketty, tratadas con B65, también mostraron un aumento altamente significativo de este parámetro; a diferencia de las procedentes del CNEA, en las cuales la diferencia en el número de flores a los 45 d no fue significativa, ni siquiera respecto al control de los 75 d correspondiente a la máxima floración del cultivo. Solo se apreció un incremento altamente significativo en el número de flores existentes en plantas de 75 d de edad tratadas con el biopreparado bacteriano (Figura 6a). En las plantas de ají tratadas con B65 procedentes del organopónico La Ketty, también se observó un aumento significativo del número de flores respecto al control no tratado. Las plantas tratadas con la bacteria y cultivadas en el CNEA mostraron un aumento del número de flores respecto al control, pero este no fue estadísticamente significativo (Figura 6b).

RESULTADOS

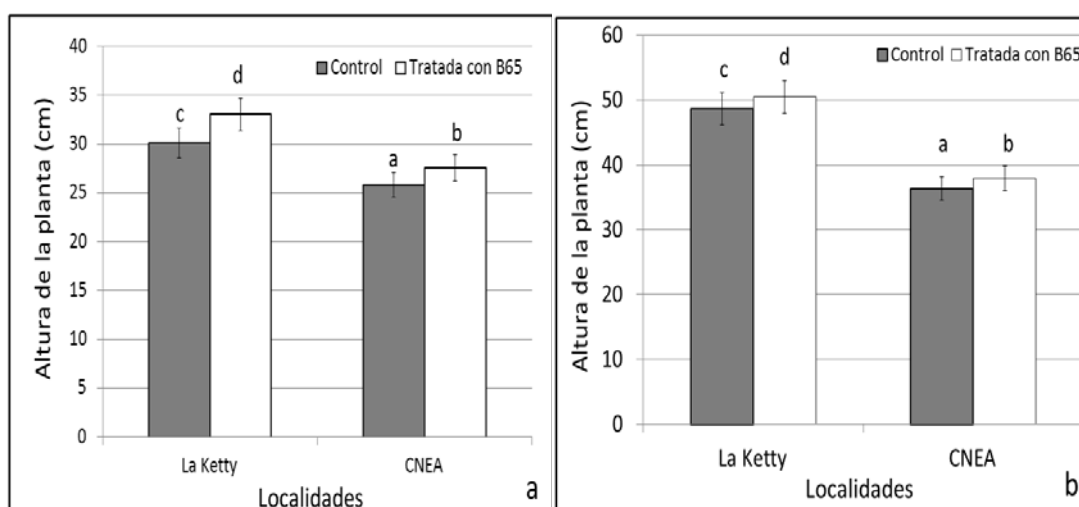


Figura 5: Efecto de un biopreparado elaborado con la bacteria *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre altura de las plantas de berenjena (a) y ají (b). El experimento fue realizado en el organopónico La Ketty y la parcela experimental CNEA en condiciones de organopónico, a los 45d trasplantadas.

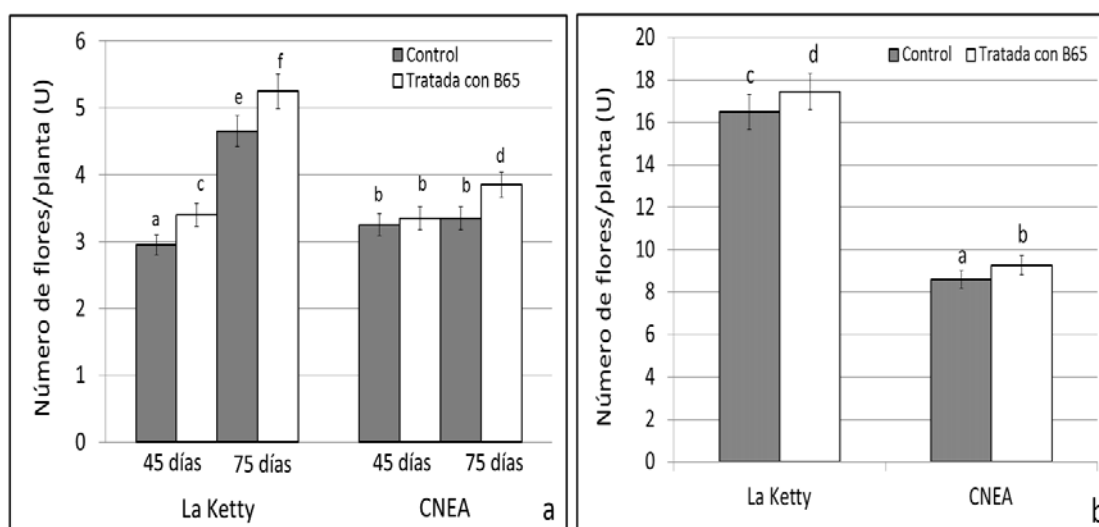


Figura 6: Efecto de un biopreparado elaborado con la bacteria *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre número de flores/planta (U), (a) berenjena (45 y 75 d) y (b) ají (45 d). El experimento fue realizado en el organopónico La Ketty y la parcela experimental CNEA en condiciones de organopónico.

IV.2.3 Formación de frutos: La cantidad de frutos formados en plantas de berenjena de 75 y 100 días fue superior en los muestreos realizados en el organopónico La Ketty. Los resultados procedentes de esta localidad, indican que la cantidad de frutos formados en plantas de 100 días (etapa de cosecha de la berenjena), tratadas con la bacteria, fue significativamente superior respecto al control. Los frutos colectados en La Ketty procedentes de plantas tratadas con la bacteria mostraron además mayor talla, con diferencias altamente significativas a un 95% de confianza y un incremento significativo del peso, respecto a los controles no tratados con la bacteria. Los resultados recogidos en la parcela experimental del CNEA, evidenciaron mayor cantidad de frutos a los 100 días en plantas tratadas con *Brev. borstelensis* B65, aunque sin diferencias significativas respecto al control no tratado. Sin embargo, la talla y el peso de los mismos si aumentaron significativamente respecto a sus controles (Tabla 1).

La formación de frutos en los cultivos de ají, fue significativamente superior en las plantas cultivadas en el organopónico La Ketty respecto al CNEA. También se hizo evidente un incremento significativo del número y peso de los frutos, procedentes de plantas tratadas con B65 en ambas localidades, específicamente en las cultivadas en la parcela experimental del CNEA. Estos últimos mostraron además un aumento altamente significativo del peso respecto a los controles sin tratar con la bacteria (Tabla 2).

IV.2.4 Peso de la raíz:

El peso promedio de las raíces de plantas adultas de berenjena (100d, etapa de cosecha) cultivadas en el organopónico La Ketty, fue significativamente superior, tanto en los controles como en las plantas tratadas con B65. También se observó un incremento altamente significativo en el peso de las raíces de las plantas tratadas con la bacteria en ambas localidades, respecto a sus respectivos controles (Tabla 3).

En el cultivar de ají se apreció un aumento significativo del peso de las raíces en las plantas adultas (75d, etapa de cosecha) cultivadas en La Ketty, respecto al CNEA. Asimismo las

raíces de las plantas tratadas con la bacteria mostraron un aumento del peso altamente significativo, respecto a sus controles respectivos (Tabla 3).

IV.3. Influencia de *Brevibacillus borstelensis* B65 en el rendimiento de los cultivos berenjena y ají.

Los resultados alcanzados sobre los rendimientos de ambos cultivos con la aplicación de la bacteria B65 y sin esta; al ser analizados por separados se observa en el caso de la berenjena, los frutos procedentes de las plantas crecida a partir de las semillas inoculadas con la bacteria, cultivadas en ambas localidades de estudio (La Ketty y el CNEA), resultó significativamente el incremento del rendimiento respecto a los procedentes del control. Los frutos de berenjenas evaluados en la parcela experimental perteneciente al CNEA tuvo similares valores a los logrados históricamente en la producción de este cultivo en Cuba (3,5 – 4,5 Kg/m²). En el organopónico La Ketty se alcanzó un incremento significativo, cuyo valores eran más alto en relación al rendimiento máximo planteado para el cultivo de la berenjena en Cuba, obteniéndose 4.51 kg/m² en el control mientras que en las inoculadas se obtuvo 5.13 kg/m²., siendo superiores los obtenidos en la parcela de la Ketty a los logrados en la parcela del CNEA (Tabla 4).

El ají chay presentó una respuesta similar a la obtenida en el cultivo de la berenjena en cuanto a los frutos colectados de las plantas crecida a partir de las semillas inoculadas con la bacteria respecto al control. Los frutos de ají chay procedentes de las semillas inoculadas con la bacteria cultivadas en ambas localidades, siendo estas por debajo del crecimiento del cultivo de berenjena, los valores alcanzados fueron por debajo de los valores históricos informado para este cultivo en Cuba (1,5 – 2,0 Kg/m²). Los frutos de ají chay perteneciente a las plantas tratadas cultivadas en el organopónico La Ketty, los valores de rendimientos obtenidos (1.48 kg/m²), estuvieron cerca del históricamente registrado (Tabla 4).

DISCUSION

TABLA 3: Efectos de *Brevibacillus borstelensis* B65 en el número en el peso húmedo de la raíz (kg) de los cultivos berenjena y ají chay en la fase adulta para ambas localidades. La diferencia estadística significativa entre los tratamientos fue para $p \leq 0,05$. ND.

LOCALIDAD	Peso húmedo (Kg)			
	Berenjena		Ají	
	Control	Tratadas con B65	Control	Tratada con B65
La Ketty	0,102 c	0,111 d	0,047 c	0,055 d
CNEA	0,085 a	0,093 b	0,034 a	0,039 b

TABLA 4: Efectos de *Brevibacillus borstelensis* B65 en el rendimiento (Kg /m²) de los cultivos berenjena y ají chay para ambas localidades. La diferencia estadística significativa entre los tratamientos fue para $p \leq 0,05$. ND.

LOCALIDAD	Rendimiento (Kg/m ²)			
	Berenjena		Ají	
	Control	Tratadas con B65	Control	Tratada con B65
La Ketty	4.511 c	5.12 d	1.072 c	1.478 d
CNEA	3.373 a	4.23 b	0.939 a	1,109 b

DISCUSION



Discusión

Capítulo V. Discusión

V.1.1 Influencia de *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre la germinación

La presente investigación constituye un informe novedoso sobre el efecto estimulador de la germinación de semillas de berenjena y de ají, ejercido por una bacteria de la especie *Brevibacillus borstelensis*; así como su posible relación con la capacidad que posee la cepa estudiada (*Brev. borstelensis* B65) de liberar al medio las fitohormonas etileno y ácido indolacético, la cual fue informada por Orberá *et al* (2012). Ambas hormonas vegetales pueden influir sobre varios procesos fisiológicos de la planta, entre ellos la germinación (Baca y Elmerich, 2003). Los trabajos más recientes sobre la actividad estimuladora del crecimiento vegetal (ECV) de bacterias aerobias formadoras de endosporas de la clase *Bacilli* (BAFE), solo hacen referencia a especies de los géneros *Bacillus* y *Paenibacillus* productoras de auxinas y a sus efectos sobre el aumento del tamaño de la planta y del peso de las raíces, en cultivos de cebada (Çakmakçi *et al.*, 2007), guisante y trigo (Egamberdieva, 2008), kiwi (Erturket *et al.*, 2010) y maíz (Marques *et al.*, 2010). Un estudio publicado por (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009) reveló el incremento del porcentaje de germinación en semillas de arroz tratadas con rizobacterias productoras de indoles, aunque los niveles se mantuvieron por debajo de los resultados obtenidos en esta experiencia con B65. Además, los autores de dicho trabajo no informaron la identidad de los aislados, los cuales al parecer no pertenecen a la clase *Bacilli*, pues se describieron como bacterias Gram negativas no formadoras de endosporas.

Brevibacillus borstelensis B65 aumentó el vigor germinativo de las semillas de berenjena y ají, y en el caso de este último, aceleró la emergencia de la planta a partir de su estado de dormancia. El etileno actúa sobre la división celular, razón por la cual acelera la germinación (Pessarakli, 2001), contribuye al enraizamiento en el suelo de las semillas germinadas y a la emergencia de las yemas en especies de solanáceas como la papa (Schooley, 1996). Pessarakli (2001) planteó la posibilidad de que el etileno producido por

los microorganismos del suelo asociados a las plantas, contribuya a activar la germinación y a regular el crecimiento de las plántulas germinadas, entre otras funciones.

El efecto ejercido por B65 al acelerar el inicio de la germinación de las semillas de ají, el cual no se puso de manifiesto en las de berenjena, también podría estar relacionado con los niveles de etileno liberados por la bacteria. Lo anterior coincide con lo expuesto por Pessarakli (2001), quien puntualizó que la incidencia de esta hormona sobre la ruptura de la dormancia en las semillas, es un fenómeno dependiente de especies. De hecho, la respuesta de las plantas a la acción del etileno depende de numerosos factores, entre los que predomina la presencia o no de receptores específicos para la fitohormona en las células de las diferentes especies vegetales (Blankenship, 2001).

La bacteria *Brev. borstelensis* B65 también es capaz de excretar ácido indolacético (AIA) al medio extracelular (Orberá *et al.*, 2012). El AIA es una de las hormonas vegetales de mayor importancia por los efectos reguladores que ejerce sobre el ciclo y la división celular y actúa sobre la elongación y la diferenciación de las células en la zona de crecimiento activo de la raíz. Las características anteriormente referidas, permitieron asociar los efectos que ejerció B65 sobre el vigor de la germinación de las semillas con los niveles de AIA producidos por la bacteria, lo cual se manifestó a través del incremento del porcentaje de semillas germinadas de berenjena y ají respecto a sus controles, explicado anteriormente.

V.1.2. Efectos del biopreparado bacteriano sobre el crecimiento de las posturas en fase de semillero

La incidencia de la bacteria rizosférica B65 sobre el crecimiento de las raíces de berenjena lo cual se aprecia en la Figura 3, puede estar relacionada con las características de la bacteria. *Brevibacillus borstelensis* B65 es una bacteria aislada de rizosfera de caña de azúcar, de ahí que al ser inoculada en los cultivos debe colonizar preferentemente las raíces, en las cuales ejerce sus efectos positivos para el desarrollo de las plantas. Entre estos predomina el aumento del contenido de fósforo asimilable por las raíces a través de la

solubilización de fosfato de calcio, así como la producción de AIA (Orberá *et al.*, 2012). Numerosas evidencias explican el papel que ejercen las auxinas y principalmente el AIA en el control del gravitropismo de la raíz y de la formación de raíces (Baca y Elmerich, 2003). El geotropismo está directamente relacionado con el crecimiento de las plantas (Pessarakli, 2001), lo cual sugiere que los efectos que ejerció *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre el crecimiento de las posturas de berenjena, provienen de su asociación a las raíces cuya elongación estimuló a través de la liberación de AIA. En numerosos estudios sobre la producción de hormonas en RPCV han reportado la importancia del ácido indolacético (AIA) en el desarrollo de las raíces (Aloni *et al.*, 2006).

V.1.3. Incidencia de *Brev. borstelensis* B65 sobre el peso de raíz, tallo y hojas en posturas de berenjena y de ají en fase de semillero

La incidencia de *Brev. borstelensis* B65 sobre el peso de la raíz en posturas de berenjena y de ají en fase de semillero, confirman los efectos de la bacteria sobre el desarrollo de la planta, pero principalmente sobre el aumento de la longitud de las raíces explicado anteriormente. En la figura 4 se aprecia que la ganancia de peso del tallo fue inferior en ambos cultivos e incluso en berenjena no fue significativo, aspecto que confirma la poca incidencia de la bacteria en el desarrollo de dicha estructura y como consecuencia en la escasa influencia del tallo en el crecimiento de la planta. La bacteria B65 ejerció un efecto determinante en el enraizamiento de las posturas germinadas, tanto en el crecimiento como en el aumento de la biomasa total de las raíces.

Existen otros elementos de la fisiología de *Brev. borstelensis* B65, además de la producción de fitohormonas, que pudieron determinar sus efectos sobre la ganancia en tamaño y sobre el desarrollo de las raíces de las posturas de berenjena y ají en esta experiencia. La bacteria B65 es capaz de incrementar el contenido de fosfato y de fuentes de nitrógeno combinado en los sustratos de crecimiento de las plantas. Este microorganismo posee elevados índices de solubilización de fosfato de calcio (Orberá *et al.*, 2012), el cual está presente en los suelos agrícolas. De igual manera, la especie *Brev. borstelensis* posee potencialidades para la

mineralización de las fuentes de nitrógeno orgánico presentes en sustratos como el humus de lombriz, a través de la producción extracelular de enzimas celulasas, las cuales fueron detectadas además por Orberá *et al* (2012) en B65, y de proteasas, que son típicas de la especie bacteriana (Lian *et al.*, 2006).

V.2. Influencia de *Brevibacillus borstelensis* B65 en el crecimiento de plantas adultas de berenjena y de ají

El tratamiento de semillas de berenjena y ají con un biopreparado elaborado con la bacteria rizosférica *Brev. borstelensis* B65 y su posterior cultivo en condiciones de organopónico, evidenció los efectos estimulantes de la bacteria sobre diversos parámetros que determinan el crecimiento y desarrollo de ambos cultivos. Las plantas de 45 d de berenjena y de ají mostraron un aumento significativo en la altura, en el número de flores y en la cantidad de frutos cosechados. Estos últimos además tenían mayor talla y peso. De igual manera, se determinó un incremento significativo del peso de las raíces en plantas adultas de berenjena y de ají, tratadas con el biopreparado bacteriano. Estos resultados revelaron las propiedades estimuladoras del crecimiento vegetal que posee la cepa B65 y avalan sus posibles aplicaciones como bioestimulante en los cultivos de interés agroalimentario, producidos en los programas de agricultura orgánica.

Brevibacillus borstelensis B65 fue aislada de raíces de caña de azúcar, en un medio de cultivo exento de fuentes de N combinado y aunque no se determinó su actividad nitrogenasa, posee potencialidades para suministrar nitrógeno combinado a las plantas como bacteria diazotrófica de vida libre (Orberá *et al.*, 2012). El aporte de N combinado de las bacterias que realizan fijación no asociativa de nitrógeno en la rizosfera de gramíneas, como es el caso de B65, no es comparable al de los rizobios asociados a los cultivos de leguminosas; sin embargo, las bacterias rizosféricas en general poseen otras potencialidades que las hacen atractivas para la formulación de inoculantes de interés agrícola (Baldani y Baldani, 2005). La cepa B65 puede contribuir además, al aumento del contenido de P en los suelos y sustratos agrícolas, lo cual se explicó anteriormente. La solubilización de fosfatos

inorgánicos es el mecanismo de estimulación del crecimiento vegetal más importante (Chabot *et al.*, 1998, citado por Ahmed y Shahab, 2011); de hecho el P es después del N, el segundo nutriente limitante para el desarrollo de las plantas (Khan *et al.*, 2009). El uso de bacterias solubilizadoras de P (BSP) contribuye al crecimiento vegetal aumentando la eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno (Mohammadi, 2012). La influencia de las bacterias solubilizadoras de P de la clase *Bacilli* sobre el aumento del tamaño global de plántulas germinadas y de plantas adultas, así como del rendimiento de los granos, fue informada en experiencias de inoculación de plantas ornamentales del género *Lilium* y de cereales con cepas de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonassp* (Arriaga *et al.*, 2009; Mohammadi, 2012). Recientemente se publicaron datos que muestran el aumento del tamaño de las plantas, del número de hojas, del peso de la raíz y de la velocidad de la floración, en cultivos de girasol tratados con una mezcla elaborada a partir de *Azospirillum*, *Bacillus* y fertilizantes químicos (100%) (Mostafa y Abo-Baker, 2010). Los estudios con BSP de la clase *Bacilli* se han concentrado en la realización de evaluaciones *in vitro* de actividad solubilizadora (Khan *et al.*, 2009). Una cepa de *Brev. borstelensis* aislada a partir de compost, la cual mostró una elevada actividad solubilizadora de fosfatos en condiciones *in vitro* fue aislada por (Chang *et al.*, 2009), sin embargo en esta experiencia tampoco se hizo referencia a la aplicación de cepas de esta especie como inoculantes.

Otra de las propiedades fisiológicas que posee la cepa B65 es la producción de fitohormonas etileno y ácido indolacético (Orberá *et al.*, 2012). Los efectos positivos ejercidos por B65 sobre la germinación de las semillas de berenjena y de ají y su relación con los niveles de etileno producidos por la bacteria, se explicaron en detalle anteriormente. La estimulación que ejerció directamente *Brevibacillus borstelensis* B65 sobre el aumento del tamaño de las plantas y de la longitud de las raíces, también pudo estar influenciada por los niveles de AIA excretados por la bacteria. Numerosos trabajos han informado el efecto de bacterias rizosféricas del género *Bacillus* sobre el desarrollo foliar y el aumento del tamaño de tallos y raíces de cultivos de trigo, guisantes y kiwi (Egamberdieva, 2008; Rojas *et al.*, 2010; Erturk *et al.*, 2010), pero no existen datos similares sobre el uso de cepas del género *Brevibacillus* productoras de auxinas u otras hormonas en general.

Los resultados presentados en esta investigación muestran por primera vez el efecto estimulador del crecimiento, de la floración, de la formación y del rendimiento de los frutos, que ejerció un aislado rizosférico, solubilizador de fosfatos y productor de las fitohormonas etileno y ácido indolacético, perteneciente a la especie *Brevibacillus borstelensis*, en cultivos de solanáceas de interés agroalimentario.

V.3. Efectos del sustrato sobre las propiedades PGP de *Brevibacillus borstelensis* B65.

Las relaciones organismo – planta – ambiente constituyen elementos determinantes en la efectividad en campo de los inoculantes biológicos (Kumar *et al.*, 2011). En esta investigación se utilizaron los mismos cultivares de berenjena (FHB-1) y de ají Chay (línea 3) procedentes del Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), en ambas localidades. Los semilleros de ambos cultivos se prepararon en condiciones homogéneas y controladas en el organopónico La Ketty. Por otro lado, el organopónico La Ketty se localiza en la periferia, a 5,7 Km de la ciudad de Santiago de Cuba, de ahí que tampoco existen variaciones climáticas relevantes entre este y la parcela experimental del CNEA. Además, el cultivo a cielo abierto en campo se realizó entre los meses de Marzo a Julio, en los cuales la Estación Meteorológica de la Universidad de Oriente registró valores promedio de temperatura de 27,54 °C y 66,4% de humedad relativa, los cuales corresponden a condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la berenjena y del ají (<http://www.abcagro.com/hortalizas>). Durante el período de observaciones la humedad relativa media fue de 70%, la cual está comprendida entre la adecuada para el normal desarrollo de ambos cultivos, favoreciendo en este sentido el trabajo experimental. Las precipitaciones no incidieron en los experimentos, ya que en ambas localidades se contó con sistemas de riego; y durante el transcurso de los mismos no se presentaron lluvias que pudieran afectarlos.

Lo anterior nos permitió considerar que ni los cultivares de berenjena y de ají utilizados ni las condiciones climáticas, fueron los factores determinantes en las variaciones observadas

en el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas en las dos localidades estudiadas. Los efectos beneficiosos de PSB en el crecimiento del vegetal varían significativamente, dependiendo de las condiciones ambientales de la bacteria aislada, planta hospedera y de las condiciones del suelo (Şahin *et al.*, 2004; Cakmakci *et al.*, 2006).

En investigaciones anteriores por (Cakmalci *et al.*, 2006) informan que el crecimiento de las plantas promovido por la inoculación RPCV varia con el contenido de materia orgánica en el suelo. Los compuestos orgánicos pueden ser usados como carbón y fuente de energía por los microorganismos ya que su crecimiento y actividad es particularmente intenso en la rizosfera. Generalmente el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo son influenciados por las propiedades de materia orgánica del suelo (Clegg *et al.*, 2003; Marschner *et al.*, 2003). También el crecimiento y actividad metabólica de los microorganismos del suelo es limitada por la disponibilidad de nutrientes, por lo que los factores nutricionales pueden afectar el número de bacterias en la rizosfera (Welbaum *et al.*, 2004).

En la sección de materiales y métodos se hizo referencia al tipo de sustrato utilizado en el cultivo de las plantas adultas de los cultivos en La Ketty (mezcla de tierra y estiércol vacuno) y en el CNEA (mezcla de tierra y compost). La caracterización de ambos sustratos, realizada previa al cultivo en los Laboratorios de la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura de Santiago de Cuba, reveló que estos poseen valores elevados de P insoluble, siendo mayores en el organopónico La Ketty (22,29 mg/100 g) que en el CNEA (15,6 mg/100 g). Tomando en consideración la actividad solubilizadora de fosfatos inorgánicos que mostró *Brev. Borstelensis*B65 en condiciones *in vitro*, podemos inferir que esta bacteria fue capaz de liberar mayores niveles de fosfatos solubles en la zona de las raíces de ambos cultivos en el organopónico La Ketty, incrementando la absorción de P por las plantas y de esta manera ejerció un efecto más beneficioso sobre el crecimiento y el desarrollo global de las mismas. Los valores de pH determinados en los sustratos de cultivo de ambas localidades (7,1 en La Ketty y 7,2 en el CNEA), se encuentran bien próximos a los valores óptimos establecidos para el cultivo de la berenjena (6 – 7, <http://www.abcgro.com/hortalizas/berenjena.asp>) y de ají (6,5-7,

<http://www.abcagro.com/hortalizas/pimiento.asp>), con lo cual no consideramos la incidencia de este factor en las variaciones apreciadas en ambos cultivos.

El cultivo de plantas de berenjena y de ají en dos localidades diferentes, el organopónico La Ketty y la parcela experimental del CNEA, reveló la existencia de condiciones agronómicas más favorecedoras para el desarrollo de ambos cultivos en el organopónico La Ketty. Los resultados obtenidos revelaron mayor altura de las plantas, mayor número de flores y frutos, mayor talla y peso de los frutos cosechados y mayor peso de las raíces de berenjena y de ají en esta área de cultivo. Estos efectos no solo se hicieron evidentes en los controles, también se observaron en las plantas tratadas con el biopreparado de B65 (Figuras 6 y 7; Tablas 1-3). Lo anterior nos permitió sugerir que las condiciones ambientales existentes en el organopónico La Ketty favorecieron no solo los parámetros de que determinan la estimulación del crecimiento vegetal, sino también los efectos beneficiosos que ejerció la bacteria B65 sobre el desarrollo de las plantas.

V.4. Efecto del biopreparado *Brevibacillus borstelensis* B65 en el rendimiento de los cultivos berenjena y ají.

Se incrementaron significativamente los rendimientos de los cultivos de berenjena y ají chay en ambas localidades de estudio, por el biopreparado bacteriano *Brev. Borstelensis* B65. Fue de especial interés el resultado alcanzado en el cultivo de berenjena cuyo rendimiento de las frutas en las plantas sin tratar, se afectó considerablemente de ahí que podemos considerar que esa inoculación con B65 podría ser una alternativa beneficiosa, debido al aumento de la disponibilidad de nutrientes (Puente *et al*, 2010; Mohammadi, 2012). Altos rendimientos en cultivos resultaron por la solubilización del P fijado al suelo (Zaidi, *et al.*, 2003; Mohammadi, K. 2011). Convertir fosfatos insolubles (orgánico e inorgánico) en una forma accesible a la planta es un rasgo importante de las RPCV en el incremento del rendimiento de la planta (Iguala *et al.* 2001; Rodríguez *et al.* 2006). Con la inoculación de bacterias solubilizadoras de P puede aumentar el rendimiento de la cosecha hasta el 70 % (Cabello, *et al.*, 2005), como es el caso de la caña de azúcar, maíz y trigo que incrementaron a 12.6, 50 y

DISCUSION

20 % respectivamente (Mohammadi, 2012). Con la inoculación de la RPCV se han obtenido significativos incrementos en el crecimiento y rendimientos de importantes cultivos agronómicamente los cuales han sido reportados por (Asghar *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2006; Figueiredo *et al.*, 2008; Araújo 2008). En el uso de las RPCV se ha hallado un papel potencial en desarrollar sistema agrícolas sustentable (Zahir *et al.*, 2004; Lucas *et al.*, 2004a, b; Saravana- kumar *et al.*, 2008; Shoebitz *et al.*, 2009).



Conclusiones

CONCLUSIONES

El bioproducto confeccionado con *Brevibacillus borstelensis* B65 puede ser utilizado como bioestimulante en semilleros de berenjena y ají chay cultivados en organopónico, debido a sus efectos sobre la emergencia a partir del estado de dormancia, la germinación y el desarrollo de las posturas.

El bioproducto de *Brevibacillus borstelensis* B65 incrementa el tamaño de la planta, el número de hojas y de frutos, la longitud y peso de las raíces de las plantas adultas de berenjena y de ají cultivadas en organopónico, por lo que puede ser utilizado como inoculante para la producción de hortalizas en los programas de la agricultura urbana.

La composición nutricional del sustrato utilizado en el organopónico la Ketty favorecieron el crecimiento de los cultivos de berenjena y de ají; así como las propiedades estimuladoras del crecimiento vegetal de *Brevibacillus borstelensis* B65.

La aplicación del bioproducto bacteriano permitió incrementar los rendimientos de los cultivos de ají y berenjena, cuyos valores para el cultivo de la berenjena alcanzó un incremento más alto en relación al rendimiento máximo planteado en Cuba.



Recomendaciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RECOMENDACIONES

Utilizar como inoculante el biopreparado bacteriano rizosférico *Brevibacillus Borstelensis* B65 en los cultivos de berenjena FHB-1 y de ají chay línea 3.

Aplicar el biopreparado elaborado a partir de la cepa bacteriana *Brevibacillus Borstelensis* B65 a otros cultivos hortícolas que han de ser cultivados en condiciones de organopónico, para evaluar su efecto.



Bibliografía

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Ahmad F., Ahmad I., Khan M.S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res.*, 163: 173 – 181.
2. Ahmed N., Shahab S. (2011). Phosphate Solubilization: Their Mechanism Genetics and Application. *The Internet Journal of Microbiology*. Volume 9 Number 1. 23pp. (DOI: 10.5580/2327).
3. Alarcón M. O. (2010). Manual práctico de agricultura familiar Santiago de Cuba. Biblioteca ACTAF. Habana.
4. Aloni R, Aloni E, Langhans M, Ulrich CI (2006) Role of cytokinin and auxin in shaping root architecture: regulating vascular differentiation, lateral root initiation, root apical dominance and root gravitropism. *Ann Bot* 97:883–893.
5. Alvarado K. R., Matos K. T., Blanco A. I. (2012). Evaluación de cinco sustratos en el desarrollo de estacas de Ruda (*Ruta chalepensis*: Rutaceae). *Revista de la asociación Cubana de técnicos agrícolas y forestales*. Año 18 No.41. ISSN 1028-2130.
6. Amaro A. O., García A. J., García C. O., Corría C. E., Matamorros E. M., (2010). Pastos y forrajes. Editorial asociación cubana de producción animal, ISBN: 978-959-7207-10-8. p (21-24).
7. Araújo, FF. (2008). Inoculacao de sementes com *Bacillus subtilis* formulado con farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodao. . *Cienc Agrotec* 32. 456-462.
8. Arrebola E, Jacobs R, Korsten L (2010) Iturin A is the principal inhibitor in the biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 against postharvest fungal pathogens. *J Appl Microbiol* 108:386–395.
9. Arriaga R., González Huerta MA, Castillo González AM, Olalde Portugal V, Reyes Reyes BG, Aguilera Gómez LI. (2009). Respuesta de *Lilium* sp. Al fósforo y su relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *PHYTON*; 78: 91 – 100.
10. Ashrafuzzaman M., Akhtar F., Razi M., Anamul Md. Zahurul M., Shahidullah
11. S.M., Meon S. (2009). Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology*; 8(7): 1247 – 1252.
12. Asghar HN, Zahir ZA, Arshad M, Khaliq A (2002) Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in brassica juncea. *Biol Fertil Soils* 35(23):1–237.
 13. Baca B.E., Elmerich C. (2003). Microbial production of plant hormones. En: Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations. C. Elmerich y W.E. Newton (eds). Kluwe Academic Publishers. The Netherlands.
 14. Bae M., Kim M.Y. (1997). A New Alkalophilic Bacterium Producing Ethylene. *J. Microbiol. Biotechnol.* 7(3): 212 – 214.
 15. Baldani JJ, Baldani VLD. (2005). History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*; 77(3): 549-579.
 16. Barceló J. C., Nicolás G. R, Sabater B. G., Sánchez R. T. (2010). Fisiología Vegetal, Tomo II. p(538-539).
 17. Barea J. M., Pozo M.J., Azcón R., Azcón –Aguilar C. (2005). Microbial co-operation in the rhizosphere. *J. Exper. Botany*, 56 (417):1761–1778.
 18. Beneduzi A., Peres D., Beschoren da Costa P., Bodanese M.H., Pereira L.M. (2008). Genetic and phenotypic diversity of plant-growth-promoting *Bacilli* isolated from wheat fields in southern Brazil. *Res. Microbiol.*, 159: 244- 250. (a)
 19. Beneduzi A., Peres D., Vargas L.K., Bodanese – Zanetini M.H., Passaglia L.P.P. (2008). Evaluation of genetic diversity and plant growth promoting activities of nitrogen – fixing *Bacilli* isolated from rice fields in South Brazil. *App. Soil Ecol.*, 39: 211 – 220. (b)
 20. Blankenship S. (2001). Ethylene Effects and the Benefits of 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly*; 108, 3pp.
 21. Çakmakçı R., Döğmez M.F., Erdogan U. (2007). The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Barley Seedling Growth, Nutrient Uptake, Some Soil Properties and Bacterial Counts. *Turk Journal of Agriculture For*; 31: 189 – 199.
 22. Çakmakçı R., Döğmez M.F., Aydın A., Sahin F. (2006). Growth promotion of

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry* 38 1482–1487
www.elsevier.com/locate/soilbio.
23. Chapman D.B., (2004). Efecto la cachaza y biobras 16 sobre algunas propiedades edáficas e indicadores del crecimiento y productividad del pimiento (*capsicum annum*, l.) en condiciones de huerto intensivo. Tesis de maestria. UO
24. Chen YP, Rekha PD, Arun AB, Shen FT, Lai WA, Young CC (2006) Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl Soil Ecol* 34:33–41 Chin-A-Woeng TFC, Bloemberg GV, Lugtenberg BJJ Phenazines and their role in biocontrol by *Pseudomonas* bacteria. *New Phytol* 157:503–523.
25. Chen XH, Koumaoutsi A, Scholz R, Borriss R (2009) More than anticipated-production of antibiotics and other secondary metabolites by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *J Mol Microbiol Biotechnol* 16:14–24.
26. Choudhary D. K., Johri B.N. (2009). Interactions of *Bacillus* spp and plants – With special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiol. Res.*, 164: 493 - 513.
27. Choudhary DK, Johri BN (2008) Interactions of *Bacillus* spp. and plants – with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiol Res* 164:493–513.
28. Clegg, C.D., Lovell, R.D.L., Hobbs, P.J., 2003. The impact of grassland management regime on the community structure of selected bacterial groups in soils. *FEMS Microbiology Ecology* 43, 263–270.
29. Coelho M., da Mota F., Portilho N., Evodio I., Paiva E., Soares A., Seldin L. (2007). Diversity of *Paenibacillus* spp in the Rhizosphere of Four Sorghum (*Sorghum bicolor*) Cultivars Sown with Two Contrasting Levels of Nitrogen Fertilizer Assessed by rpoB- Based PCR-DGGE and Sequencing Analysis. *J. Microbiol. Biotech.* 17(5):753-760.
30. Companioni N. C., (2003). La producción orgánica de hortalizas. Manual de agricultura orgánica sostenible. ISBN 959-246-099-X. (58-62)p.
31. Companioni N., Ojeda Y., Páez. E y Murphy C. (2005). La agricultura urbana en cuba. *Desarrollo alternativo AC desal.* 19:21:18.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

32. Compant S., Clément Ch., Sessistch A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology & Biochemistry*; 42: 669 – 678.
33. Compant, S., Kaplan, H., Sessitsch, A., Nowak, J., Ait Barka, E., Clément, C., 2008. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN: from the rhizosphere to inflorescence tissues. *FEMS Microbiology Ecology* 63, 84e93.
34. Das J., Prasad J. L., Srivastava R. B., (2010). *Solanum melongena*: A potential source of antifungal agent. *Indian J Microbiol* 50(Suppl 1):S62–S69 DOI: 10.1007/s12088-010-0004-2.
35. De-Bashan, L.E., Holguin, G., Glick, B.R. and Bashan, Y.(2007) Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna. Control biológico, planta- microorganismo.* (Eds.) Ferrera-Cerrato, R., and Alarcon, A. Capítulo 8. Editorial Trillas, Mexico City, Mexico, p. 170-224.
36. Dobbelaere S, Vanderleyden J, Okon Y (2003) Plant growth- promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit Rev Plant Sci* 22:107–149.
37. Doganlar S., Frary A., Daunay M.Ch., Richard N. L., Steven T.(2002). A Comparative Genetic Linkage Map of Eggplant (*Solanum melongena*) and Its Implications for Genome Evolution in the Solanaceae by the Genetics Society of America.
38. do Vale M., Seldin L., de Araújo F.F., de Lima R. (2010). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications. En: D.K. Maheshwari (edit.), *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
39. Dibut B. (2003). Biofertilizantes y bioestimuladores. Métodos de inoculación. *Manual de agricultura orgánica y sostenible*. ISBN 959-246-099-X. p (17-23).
40. Dibut B. (2009). Biofertilizantes como insumos en Agricultura Sostenible. En: Libro Resumen XXIV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología (XXIV RELAR) y I Conferencia Iberoamericana de Interacciones Beneficiosas Microorganismo-Planta- Ambiente (I IBEMPA). La Habana.
41. Egamberdieva D. (2008). Plant Growth Promoting Properties of Rhizobacteria

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Isolated from Wheat and Pea Grown in Loamy Sand Soil. Turk Journal of Biology; 32: 9 – 15.
42. Erturk Y., Ercisly S., Haznedar A., Çakmakçi R. (2010). Effects on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting and root growth of kiwifruit (*Actinidiadeliciosa*) stem cuttings. Biology Research; 43: 91 – 98.
 43. Figueiredo MVB, Burity HA, Martinez CR, Chanway CP (2008) Alleviation of water stress effects in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation *Paenibacillus* x *Rhizobium tropici*. Applied Soil Ecol 40:182–188.
 44. Gray E.J., Smith D.L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. Soil Biol. Biochem., 37:395–412.
 45. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. Ann. Microbiol., 60:579–598.
 46. Hidalgo P. R., Matta F. B., Harkess R. L. (2006). Physical and Chemical Properties of Substrates Containing Earthworm Castings and Effects on Marigold Growth. HortScience; 41(6): 1474 – 1476.
 47. Huang XD, El-Alawi Y, Penrose DM, Glick BR, Greenberg BM (2004) A multiprocess phytoremediation system for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soils. Environ Pollut 130:465–476.
 48. Huang XD, El-Alawi Y, Gurska J, Glick BR, Greenberg BM (2005) A multi-process phytoremediation system for decontamination of persistent total petroleum hydrocarbons (TPHs) from soils. Microchem J 81:139–147
 49. Hurtado M., Vilanova S., Plazas M., Gramazio P., Hemal F., Ramya F., Prohens J.,(2012).Diversity and Relationships of Eggplants from Three Geographically Distant Secondary Centers of Diversity. PLoS ONE 7(7): e 41748. doi:10.1371/journal.pone.0041748.
 50. Igual JM, Valverde A, Cervantes E, Velázquez E (2001) Phosphate- solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. Agronomie 21:561–568.
 51. Jaroszuk –Scise J., Kurek E., Slomka A. (2011). Activities of cell wall degrading enzymes in autolyzing cultures of three *Fusarium culmorum* isolates: growth-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- promoting, deleterious and pathogenic to rye (*Secale cereale*). *Mycologia*, 103(5): 929-945.
52. Jayani R.S, Saxena S., Gupta R. (2005). Microbial pectinolytic enzymes: A review. *Proc. Biochem.*, 40: 2931–2944.
53. Jorquera M.A., Crowley D.E., Marschner P., Greiner R., Fernández M.T., Romero D., Menezes-Blackburn D., Mora M.L. (2011). Identification of b-propeller phytase-encoding genes in culturable *Paenibacillus* and *Bacillus* spp from the rhizosphere of pasture plants on volcanic soils. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 75: 163–172.
54. Joseph B., Ranjan Patra R., Lawrence R. (2007). Characterization of plant growth promoting rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Intern. J. Plant Prod.*, 1(2):142 – 15.
55. Khan AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS, Rasheed M. (2009). Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and Their Role in Crop Production. *Journal of Agriculture Biological Science*; 1(1): 48 – 58.
56. Khan M.S., Zaidi A., Wani P.A. (2007). Role of phosphate – solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 27:29-43.
57. Kumar A., Prakash A., Johri B. N. (2009). *Bacillus* as PGPR in Crop Ecosystem. Capítulo 2. En: D.K. Maheshwari (edit.) *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems*. Pp. 37 –59. (a)
58. Kumar A., Prakash A., Johri B.N. (2011). *Bacillus* as PGPR in Crop Ecosystem. En: D. K. Maheshwari (ed), *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystem*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. Pp. 37 – 59.
59. Lian L.H., Tian B.Y., Xiong R., Zhu M.Z., Xu J., Zhang K.Q. (2006). Proteases from *Bacillus*: A new insight into the mechanism of action for rhizobacterial suppression of nematode populations. *Letters in Applied Microbiology* (doi:10.1111/j.1472-765X.2007.02184.x).
60. Lucas GJA, Probanza A, Ramos B, Colon Flores JJ, Gutierrez Mañero FJ (2004a) Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Lupinus albus* L. cv. Multolupa. *Eng Life Sci*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 7:1–77.
61. Lucas GJA, Probanza A, Ramos B, Palomino MR, Gutierrez Mañero FJ (2004b) Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. *Agronomie* 24:169–176.
 62. Lugtenberg B., Kamilova F. (2009). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annu. Rev. Microbiol.*, 63:541–556.
 63. Magnani G.S., Didonet C.M., Cruz L.M., Picheth C.F., Pedrosa F.O., Souza E.M. (2010). Diversity of endophytic bacteria in Brazilian sugarcane. *Gen. Mol. Res.*, 9(1):250 – 258.
 64. Maki M., Leung K.T., Qin W. (2009). The prospects of cellulose -producing bacteria for the bioconversion of lignocellulosic biomass. *Int. J. Biol. Sci.*, 5: 500 – 516.
 65. Marques A., Pires C., Moreira H., Rangel A., Castro P. (2010). Assessment of the plant growth promotion abilities of six bacterial isolates using *Zea mays* as indicator plant. *Soil Biology and Biochemistry*; 42: 1229 – 1235.
 66. Marschner, P., Kandeler, E., Marschner, B., 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 453–461.
 67. McSpadden B.B. (2004). Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp in Agricultural Systems. *Phytopathol.*, 94: 1252 –1258.
 68. Milton HSJ (2007) Beneficial bacteria and bioremediation. *Water Air Soil Pollut* 184:1–3
 69. Mirabal L.A., Ortega E., Rodés R., Fernández L., Pérez E. (2000). Another nitrogen-fixing microorganism in sugarcane stalks: *Bacillus brevis*. *Cultiv. Tropicales*, 21(4): 9–12.
 70. Mohammadi, K. 2011. Soil, plant and microbe interaction. Lambert Academic Publication. 120 pp.
 71. Mohammadi K. (2012). Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and Their Role in Crop Production. *Resources and Environment*; 2(1): 80-85.
 72. Mostafa GG, Abo-Baker AA. (2010). Effect of Bio- and Chemical Fertilization on

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at South Valley Area. *Asian Journal of Crop Science*; 2(3): 137 – 146.
73. Ongena M, Henry G, Adam A, Jourdan E, Thonart P (2009). Plant defense reactions stimulated following perception of *Bacillus* lipopeptides. In: Weller D, Thomashow L, Loper J, Paulitz T, Mazzola M, Mavrodi D, Landa BB, Thompson J (eds) 8th International PGPR Workshop. Portland, USA, p 43. a
74. Ongena M., Jacques Ph. (2009). *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends Microbiol.*, 16 (3):115 – 125. b
75. Orberá Ratón T.(2011). Bacterias rizosféricas de la calse *Bacillus* con potencialidades para la estimulación del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. UO
76. Orberá Ratón T.M., Yano R., Rodríguez Gámez O., SegalFloh E. I., SerratDíaz M.J., Ramos Barbosa H. (2012). Isolation and characterisation of aerobic endospore forming *Bacilli* from sugarcane rhizosphere for the selection of strains with agriculture potentialities. *WorldJournal of Microbiology and Biotechnology*; 28: 1593 – 1603.
77. Pessarakli M. (edit). (2001). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. NewYork.
78. Pozo V.J. (2010). Efectos del bioestimulante Pectinol 6200 en el crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicum lycopersicum*. Mill) variedad Vita en condiciones de organopónico. Tesis de Maestria. UO.
79. Puente M.L.; Garcia J. E; Rubio E. Perti cari A. (2010). Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculante en trigo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. No 116.
80. Raddadi N., Cherif A., Boudabous A., Daffonchio D. (2008). Screening of plant growth promoting traits of *Bacillus thuringiensis*. *Ann. Microbiol.*, 58 (1) 47-52.
81. Rodríguez A. N. (2003).Elementos básicos para la construcción de organopónicos y fomento de huertos intensivos. Manual de agricultura orgánica sostenible. ISBN 959-246-099-X. p (75-76).
82. Rodríguez A., Companioni N. C., Fresneda J. B., Estrada J. O., (2010). Sustratos. Características y Conservación de la fertilidad. Manual técnico para organopónicos,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- huertos intensivos y organoponía semiprotegida. sexta edición. p 30.
83. Rodríguez A., Companioni N. C., Fresneda J. B., Estrada J. O., (2011). Abonos orgánicos. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. séptima edición. p 160.
84. Rodríguez H, Fraga R, Gonzalez T, Bashan T (2006) Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant Soil* 287:15–21.
85. Rodríguez P.A.F. (2012). Compendio sobre microbiología. Universidad técnica de esmeraldas Luis Vargas Torres. 175-179p. (a).
86. Rodríguez P.A.F. (2012). Compendio sobre ciencias del suelo Universidad técnica de esmeraldas Luis Vargas Torres. (175-177)p. (b).
87. Rojas Contreras A, Rodríguez Dorantes AM, Montes Villafán S, Pérez Jiménez S. (2010). Evaluación de la promoción del crecimiento de *Cynodon dactylon* L. Por rizobacterias productoras de fitohormonas aisladas de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Polibotánica*; 29: 131 – 147.
88. Rosenblueth, M., Martínez-Romero, E., 2006. Bacterial endophytes and their interaction with hosts. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 827e837.
89. Ruiz–Lozano J.M., Azcón R. (2011). *Brevibacillus*, Arbuscular Mycorrhizae and Remediation of Metal Toxicity in Agricultural Soils (Capítulo 12). En: N. A. Logan y P. De Vos (edts). *Soil Biology*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
90. Saleh S, Huang XD, Greenberg BM, Glick BR (2004) Phytoremediation of persistent organic contaminants in the environment. In: Singh A, Ward O (eds) *Soil biology*, vol. 1. Applied bioremediation and phytoremediation. Springer, Berlin, pp 115–134
91. Sánchez K., Alarcón O.M., Serrat M. D. Efecto del hidrolizado péctido de café en algunos indicadores del crecimiento y productividad del cultivo del pepino HA 454 en condiciones protegidas. Tesis de maestría. UO 2010.
92. Schooley J. (1996). *Introduction to Botany*. Ed. Delmar Publishers, New York. 406pp.
93. Shaharoon B, Arshad M, Zahir ZA (2006a) Effect of plant growth promoting

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Lett Appl Microbiol* 42:155–159
94. Shaharoona B, Arshad M, Zahir ZA, Khalid A (2006b) Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol Biochem* 38:2971–2975
95. Şahin F, Çakmakçı R, Kantar F (2004) Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil* 265:123–129.
96. Saravana kumar D, Lavanya N, Muthumeena B, Raguchander T, Suresh S, Samiyappan R (2008) *Pseudomonas fluorescens* enhances resistance and natural enemy population in rice plants against leaf folder pest. *J Appl Entomol* 132(6):469–479.
97. Sgroi V., Cassán F., Masciarelli O., Del Papa M. F., Lagares A., Luna V. (2009). Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting (PGPB) or stress homeostasis- regulating (PSHB) bacteria associated to the halophyte *Prosopis strombulifera*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, [DOI 10.1007/s00253-009-2116-3].
98. Shobbitz M, Ribaudó CM, Pardo MA, Cantore ML, Ciampi L, Curá JA (2009) Plant growth promoting properties of a strain of *Enterobacter ludwigii* isolated from *Lolium perenne* rhizosphere. *Soil Biol Biochem* 41(9):1768–1774.
99. Silva VN, Silva LESF, Figueiredo MVB (2006) Atuação de rizó bios com rizobactérias promotoras de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Acta Sci Agron* 28:407–412.
100. Tabao N.S.C., Monsalud R.G. (2010). Screening and optimization of cellulase production of *Bacillus* strains isolated from Philippine mangroves. *Philippine J. Sys. Biol.*, IV: 79 – 87.
101. Tsavkelova E.A., Cherdyntseva T.A., Botina S.G., Netrusov A.I. (2007). Bacteria associated with orchid roots and microbial production of auxin. *Microbiol. Res.* 162: 69 –76.
102. Vessey J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- and Soil, 255: 571–586.
103. Vijayalakshmi K, Shyamala R, Thirumurugan V, Sethuraman M, Rajan S, Pulok SB, Mukherjee K. (2010). Physico – Phytochemical investigation and Anti-inflammatory screening of *Capsicum annum* L and *Hemidesmus indicus* (Linn.) R.Br. *Ancient Science of Life*; 29(4): 35 – 40.
104. Welbaum, G.E., Sturz, A.V., Dong, Z., Nowak, J., 2004. Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23, 175–193.
105. Wright J. (edit) (2009). *Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity: Lessons from Cuba*. London.
106. Yazdani M., M. A. Bahmanyar, H. Pirdashti and M. A. Es- maili. 2009. Effect of Phosphate solubilization microorgan- isms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). *Proc. World Acad. Science, Eng. Technol.* 37:90-92.
107. Zaidi, A., M. S., Khan and M. Amil. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Eur. J. Agron.* 19:15-21.
108. Zahir AZ, Arshad M, Frankenberger WT Jr (2004) Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in Agriculture. *Adv Agron* 81:97–168.
109. Zafar-ul-Hye M. (2008). Improving nodulation in lentil through co-inoculation with rhizobia and ACC-deaminase containing plant growth promoting Rhizobacteria. PhD Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, p 198.
110. Zhuang XL, Chen J, Shim H, Bai Z (2007) New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int* 33:406–413.

OTROS SITIOS VISITADOS:

http://www.alimentacioncomunitaria.org/.../alimentos_hortaliza_frutos.html –(Mayo 25, 2013).

www.infoagro.com/cultivo_aji/ (Enero 25, 2013)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[www.infoagro.com/cultivo berenjena/](http://www.infoagro.com/cultivo/berenjena/)(Enero 29, 2013)

<http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2010.954.983> (Febrero 4, 2013)

<http://www.abcagro.com/hortalizas/>(Abril 4, 2013)

<http://www.abcagro.com/hortalizas/berenjena.asp>) (Marzo 4, 2012)

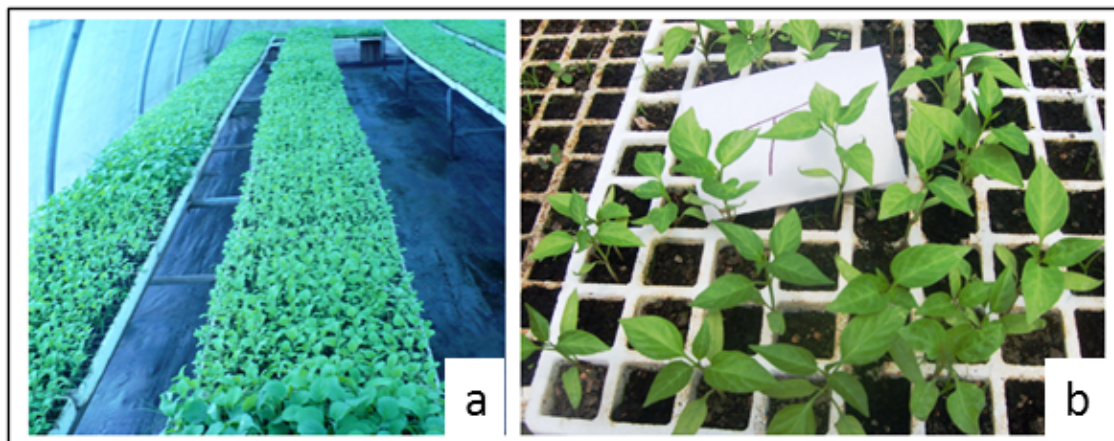
<http://www.abcagro.com/hortalizas/pimiento.asp>), (Marzo 4, 2012)

([http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/\\$file/98-3p04.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/$file/98-3p04.pdf))(Mayo 12, 2013)

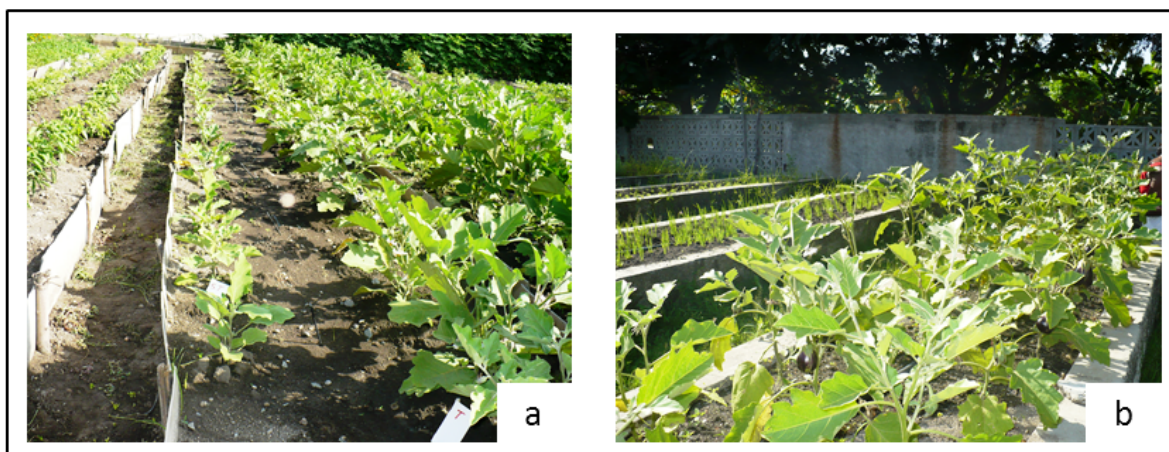


Anexos

Anexo 1. Esquema de un cantero de organopónico (Tomado Rodríguez *et al.*, 2010). Contenes *: barreras o paredes laterales de distintos materiales, ya sea madera, concreto u otra que encierra el sustrato impidiendo su desplazamiento y facilitando su manejo y conservación.



Anexo 2 Imágenes que muestran los semilleros de berenjena y de ají sembrados en bandejas en el organopónico *La Ketty* bajo condiciones controladas en casa de tapado



Anexo 3 Cultivo de berenjena a cielo abierto en el organopónico *La Ketty* (canteros tradicionales) [a] y en la parcela experimental del *Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado* (canteros con gualderas) [b]

Anexo 4 Aportes de los elementos N_2 , P_2O_5 , K_2O (Kg/T) de algunas fuentes de materia orgánicas. (Tomado del manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida, 2011).

Fuentes	Nitrógeno	Fósforo P_2O_5	Potasio K_2O
Estiércol vacuno	2.9 a 11.5	1.7 a 3.0	1.0 a 5.0
Estiércol porcino	6.0 a 11.5	4.0	2.6 a 6.0
Estiércol ovino	5.5	3.1 a 4.0	1.5 a 11.0

Cachaza	14.9 a 21.0	12.5 a 23.0	4.4 a 12.3
Gallinaza	12.0	6.5	3.8
Humus de lombriz	15.0	5 a 7.5	3.0 a 7.0
Compost	10.7	8.4	10.2
Cascarilla de arroz	4.8 a 7.5	0.8 a 1.5	3.1 a 5.3
Cáscara de café	8.0	1.7	20.7

Anexo 5. Características químicas de los substratos orgánicos utilizados en el organopónico La Ketty y en la parcela experimental del CNEA para el cultivo de la berenjena y del ají.

Áreas	Substrato	pH	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)	Carbono orgánico (mg/L)
Organopónico La Ketty	Suelo y estiércol vacuno (1:1)	7,1	22,29	161,6	1,33
Parcela experimental del CNEA	Suelo y compost (1:1)	7,2	15,67	105,26	1,72

Anexo 6 Valores de temperatura, humedad relativa y precipitaciones recogidos en la ciudad de Santiago de Cuba correspondientes al año 2012. Datos colectados en la Estación Meteorológica de la Universidad de Oriente.

Parámetros climatológicos													
Temperatura promedio (°C)	22,3	25,8	25,8	26,5	27,8	28,8	28,8	29,2	28,7	27,4	26,1	25,7	26,9
Temperatura máxima (°C)	28,7	31,6	31,6	31,6	32,8	33,2	34,8	34,1	34,4	33	-	-	-
Temperatura mínima (°C)	16,4	21,3	21,2	22,5	23,7	24,9	24,2	25,1	24,5	23,9	-	-	-
Humedad relativa (%)	75	64	64	67	67	69	65	67	69	75	71	74	68,9
Precipitaciones (mm)	19,4	6,4	56,6	65,1	119,5	120,3	66,6	125,1	120,1	193,7	43,8	19	79,6



Anexo 7 Imágenes que muestran el efecto rizósferico del biopoducto en el las plantas adultas del cultivo de ají chay línea 3



Anexo 8 Imágenes que muestran el efecto rizósferico del bioproducto en el las plantas adultas del cultivo de berenjena FH-1.