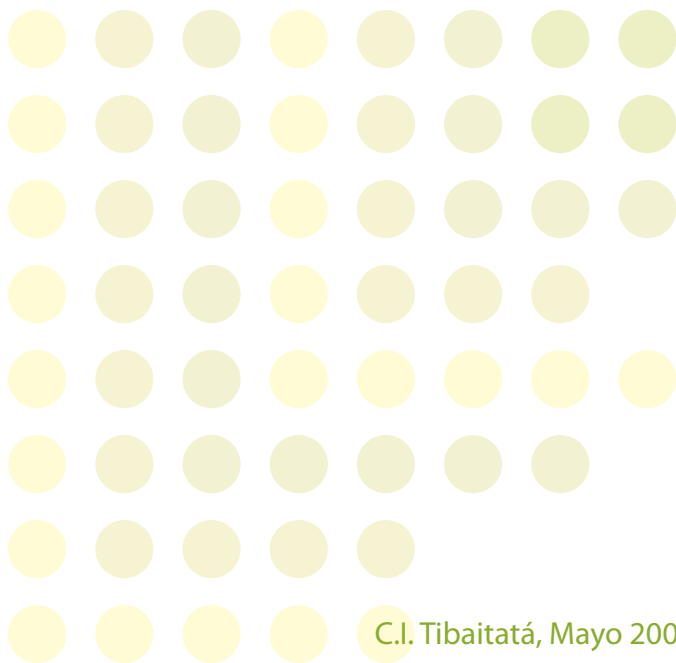


USO Y MANEJO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE LA UCHUVA



C.I. Tibaitatá, Mayo 2008



Ramírez Gómez Margarita, Roveda Hoyos Gabriel, Bonilla Buitrago Ruth, Cabra Julio Lucrecia, Peñaranda Rolón Andrea, López Jiménez Maritza, Serralde Diana Paola, Tamayo Vélez Álvaro, Navas Ríos Gloria Elena, Díaz Diez Cipriano Arturo / uso y manejo de biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Bogotá : Corpoica 2008. 56P.

Palabras Clave: BIOFERTILIZANRES, ABONOS, PHYSALIS, NUTRICION DE LAS PLANTAS, MICROORGANISMOS, MICORRIZAS ARBUSCULARES VESICULARES.

Editores:

Gabriel Roveda, Margarita Ramírez, César Charry

Centro de Investigaciones Tibaitatá, Mayo de 2008

ISBN: 978-958-8311-87-6
Código Único Interno: 195

Tiraje: 1.000 ejemplares

PRODUCCIÓN EDITORIAL
Diseño, impresión y encuadernación



<http://www.produmédios.com>

Teléfono: 288 5338 - Bogotá, D.C.



***Este documento hace parte de los resultados obtenidos
del proyecto de investigación titulado:***

PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES BIOLÓGICOS PARA UCHUVA Y MORA A PARTIR
DE BIOFERTILIZANTES MIXTOS

USO Y MANEJO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE LA UCHUVA

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

C.I. TIBAITATÁ

Margarita Ramírez Gómez
Gabriel Roveda Hoyos
Ruth Bonilla Buitrago
Lucrecia Cabra Julio
Andrea Peñaranda Rolón
Maritza López Jiménez
Diana Paola Serralde

C.I. LA SELVA

Álvaro Tamayo Vélez
Gloria Elena Navas Ríos
Cipriano Arturo Díaz Díez

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

CONVENIO CORPOICA - MADR No. 014

C.I. Tibaitatá, Mayo 2008





CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

Página 9

1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Página 11

2. GENERALIDADES

Página 13

3. PROPAGACIÓN

Página 18

4. SUSTRATOS Y SOLARIZACIÓN

Página 20

5. ANÁLISIS DE SUELO

Página 24

6. NUTRICIÓN VEGETAL

Página 27

7. FERTILIZANTES BIOLÓGICOS

Página 31

8. BIOFERTILIZANTES COMERCIALES

Página 39

9. POTENCIAL DE MICROORGANISMOS COMO BIOFERTILIZANTES

Página 41

10. EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES MIXTOS

Página 47

BIBLIOGRAFÍA


Página 50





LISTA DE FIGURAS

1. **Planta de uchuva (*Physalis peruviana*).**
Página 11
2. **Cultivo de uchuva en el Centro de Investigaciones Tibaitatá, CORPOICA.**
Página 12
3. **Principales destinos de las exportaciones colombianas de uchuva.**
Página 13
4. **Exportaciones colombianas de uchuva 1997 a 2006 (En miles de US\$).**
Página 14
5. **Área sembrada en uchuva desde 1995 a 2004.**
Página 16
6. **Número de productores a partir de 1995 a 2004.**
Página 16
7. **El cultivo de la uchuva en el municipio de Granada, Cundinamarca.**
Página 17
8. **Nichos ecológicos para el cultivo de la uchuva.**
Página 17
9. **Plántulas de uchuva a partir de semilla sexual, en bandejas de propagación, Centro de Investigaciones Tibaitatá.**
Página 19
10. **Preparación de camas para la solarización de sustratos bajo invernaderos.**
Página 22
11. **Sellamiento hermético con polietileno.**
Página 23
12. **Toma de muestra de suelo para análisis.**
Página 26
13. **Deficiencias nutricionales en plantas de uchuva.**
Página 29
14. **Espora de micorrizas.**
Página 33
15. **Raíces colonizadas por micorrizas arbusculares.**
Página 33
16. **Comparación entre raíces con y sin micorrizas arbusculares.**
Página 35
17. **Proceso de infección de las plantas por parte de las micorrizas arbusculares.**
Página 35
18. **Bacteria fijadora de nitrógeno (*Azotobacter*).**
Página 37
19. **Bacteria fijadora de nitrógeno (*Azospirillum*).**
Página 37

- 
20. **Biofertilizantes comerciales elaborados por Corpoica.**
Página 39
 21. **Presentación comercial de Mycobiol.**
Página 40
 22. **Cultivo de uchuva, con prácticas de conservación de suelo, municipio de Granada, Cundinamarca.**
Página 42
 23. **Topografía ondulada con plantaciones de uchuva, municipio de Granada, Cundinamarca.**
Página 42
 24. **Metodología utilizada en la toma de muestras de suelo y raíces.**
Página 43
 25. **Estado fenológico del cultivo.**
Página 43
 26. **Experimento de uchuva establecido en el Centro de Investigaciones Tibaitatá.**
Página 44
 27. **Efecto de las micorrizas nativas sobre la acumulación de materia fresca foliar y radical en plántulas de uchuva a los 80 dds.**
Página 45
 28. **Efecto de las micorrizas nativas sobre la acumulación de materia seca foliar en plántulas de uchuva a los 80 dds.**
Página 45
 29. **Efecto de las micorrizas nativas sobre el área foliar en plántulas de uchuva a los 80 dds.**
Página 46
 30. **Evaluación de cepas de micorrizas nativas en plántulas de uchuva, en el Centro de Investigaciones Tibaitatá.**
Página 46
 31. **Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en altura de plantas de uchuva a los 90 ddt.**
Página 48
 32. **Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en peso seco foliar de plantas de uchuva a los 90 ddt.**
Página 48

INTRODUCCIÓN

Colombia posee una enorme riqueza en especies frutales de gran potencial como alimentos, que responden a las nuevas tendencias en el consumo mundial, tales como los alimentos funcionales. Este nuevo concepto de alimentación se refiere a aquellas propiedades que generan beneficios en la nutrición, en la salud, en aspectos como la protección a enfermedades, retardo en los procesos de senescencia o envejecimiento, es decir, que contribuyan con el mejoramiento en la calidad de vida de la población.

Dentro de las frutas andinas, la uchuva (*Physalis peruviana* L.) ha sido la especie de mayor proyección en los mercados internacionales en las últimas décadas. Esta especie constituye un excelente modelo de oportunidades, donde deberán integrarse a los sistemas producción primaria, cosecha, transformación y mercadeo, con tecnologías innovadoras, tal como el uso de biofertilizantes en la agricultura.

Es indiscutible que esta especie silvestre, tan familiar en la cultura de los pueblos indígenas de los Andes, presenta grandes ventajas competitivas en los mercados internacionales, como son las propiedades organolépticas de sus frutos, que la hacen apetecible debido a su sabor más dulce, buena coloración, mayor contenido de azúcares, ácido ascórbico y vitamina A, e importantes aportes de fósforo y hierro. La uchuva es también conocida por sus características medicinales, tales como sus propiedades anticancerígenas, antibacterianas, antivirales, diuréticas y en general comportamiento inmuno-estimulante, propiedades que se reportan en diversa

especies del género *Physalis*, que en la actualidad son objeto de múltiples investigaciones.

Además de estas ventajas naturales, el éxito de las crecientes exportaciones de uchuva a los mercados europeos se relaciona con la gestión de empresas exportadoras para incursionar en nuevos mercados, y sus interacciones con asociaciones de productores, capaces de garantizar un adecuado suministro de fruta de excelente calidad, situación que ha colocado a Colombia como primer país productor y exportador de uchuva a escala mundial.

Sin embargo, el acceso de la uchuva a los mercados internacionales y nacionales de frutas y hortalizas, está condicionado a los sistemas de *producción limpia*. Este nuevo concepto de producción está soportado en tres pilares, como son: la obtención de productos inocuos, que no causen daño a la salud del consumidor, que protejan el ambiente, y que garanticen adecuadas condiciones a los trabajadores.

Los procesos de certificación de la calidad se soportan en cuidadosos protocolos de producción, los cuales se basan en tecnologías limpias, es decir, amigables con el ambiente y que no afecten la inocuidad de la producción. La uchuva es líder en los procesos de reconversión de la producción de frutas en el país, para garantizar el potencial exportador y el acceso a diversos mercados internacionales.

Los biofertilizantes son tecnologías limpias apropiadas dentro de los esquemas de cer-

tificación nacional e internacional, porque ofrecen soluciones a problemas de deficiencia de nutrientes en el suelo, permiten la sustitución total o parcial de fertilizantes de síntesis con restricciones para sus uso en tecnologías limpias, contribuyen con la disminución de los costos de producción y son compatibles con la protección del ambiente.

Esta cartilla divulgativa está orientada a dar información científica y tecnológica relacionada con el uso de diversos microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Los microorganismos objeto de investigación forman parte de la biodiversidad del trópico, dentro de los cuales se incluyen los hongos formadores de micorrizas arbusculares, bacte-

rias fijadoras de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fosfatos, los cuales son alternativas viables y sostenibles para la producción de frutales, como el cultivo de la uchuva.

Las tecnologías de biofertilización o fertilización biológica son estrategias para el manejo de la nutrición y protección de cultivos, su adecuada utilización debe considerar otras prácticas de fertilización (orgánica y química), para garantizar la competitividad mediante la sustitución de fertilizantes de síntesis (químicos) por fertilizantes biológicos, orgánicos y minerales de menor costo, con la reducción de los gastos de producción, aumentos en productividad y especialmente mejoramiento en la calidad del fruto y su acceso a los mercados.

1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Gabriel Roveda, Margarita Ramírez



La uchuva es bien conocida desde la época de los Incas, mucho antes de la llegada de Colón a América, y aunque no se tiene exactitud sobre su origen, se considera que proviene de la zona andina de Perú, Ecuador y Colombia, ya que crece con facilidad en tierras altas de los Andes y se ha expandido a varias zonas del trópico y del subtrópico.

La uchuva, *Physalis peruviana*, pertenece a la familia de las solanáceas (Figura 1). El genero *Physalis* se encuentra de manera predominante en América desde los Estados Unidos, Centroamérica, hasta América del Sur, aunque algunas especies crecen en el viejo mundo. Este taxón incluye de 90 a 100 especies, de las cuales más de la mitad

Figura 1. Planta de uchuva (*Physalis peruviana*).



Fuentes: Roveda, 2005.

Figura 2. Cultivo de uchuva en el Centro de Investigaciones Tibaitatá, CORPOICA.



Fuente: Roveda, 2006.

crecen en México, por lo que esta región está considerada como centro de diversidad (Martínez, M. 1998, citado por Fischer *et al.*, 2005).

De acuerdo con Cárdenas (1981), (Citado por Fischer *et al.*, 2005), algunas especies han sido cultivadas por la calidad de sus frutos, en particular *Physalis peruviana*, *P. pruinosa* y *P. ixocarpa*; otras se consideran malezas o se usan como plantas ornamentales por presentar un cáliz muy vistoso.

La variedad genética de *Physalis* en países de Sur y Centro América está representada por variedades tradicionales, en su mayoría silvestres, salvo en Brasil, donde

hay variedades mejoradas de uchuva y en México con variedades de *P. philadelphica*, de buen rendimiento (IPGRI, 2000).

En Colombia existen colecciones con 220 accesiones en la Universidad Nacional de Colombia, Palmira; y 98 en bancos de germoplasma en Corpoica (Figura 2). Aunque existe información de estas colecciones, no hay un buen sistema de documentación en el país, por lo que su contribución a los procesos de selección es escasa. Así mismo, se desconoce la procedencia de una gran cantidad de materiales y no se cuenta con alternativas genéticas para enfrentar los problemas del cultivo (Fischer *et al.* 2005).

2. GENERALIDADES

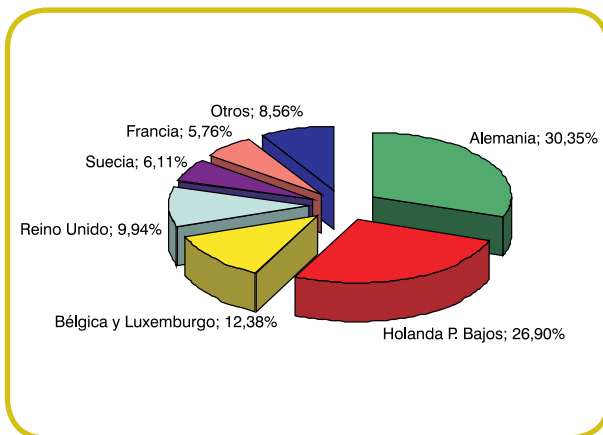
Gabriel Roveda, Margarita Ramírez



En la actualidad, dentro de los seis frutales andinos promisorios para las exportaciones (mango, granadilla, bananito, uchuva, pitahaya y tomate de árbol), la uchuva es la especie con mayor proyección. Según cifras de PROEXPORT (2004), las exportaciones de estos seis frutales fueron de 26 millones de dólares, de los cuales 54% correspondió a exportaciones de uchuva, es decir, \$14,8 millones de dólares en el 2004, con un crecimiento en los últimos cuatro años de 10,8% promedio anual, mientras que el volumen de la producción exportada creció a tasas del 15,4% anual, al pasar de 2.372 toneladas exportadas en 2001 a 4.343 toneladas en el 2004 (Asohofrucol, 2004).

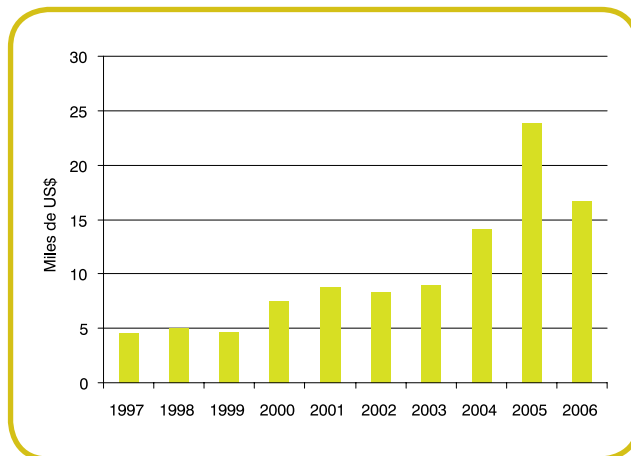
La uchuva ha sido priorizada en diferentes estudios de prospectiva liderados por el Gobierno Nacional, entre los que se destacan: Visión Colombia 2º Centenario 2019; Apuesta Exportadora y Top Ten. Esta alta prioridad se explica por el excelente desempeño de la uchuva en los mercados internacionales.

Figura 3. Principales destinos de las exportaciones colombianas de uchuva.



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cálculos, Observatorio Agrocadenas Colombia, 2004.

Figura 4. Exportaciones colombianas de uchuva 1997 a 2006
(En miles de US\$).



Fuente: Elaborado por CORPOICA con base en Observatorio de agrocadenas.

Colombia ocupa actualmente el primer lugar en la producción mundial de uchuva (*Physalis peruviana* L.), seguido de países como Zimbabwe, Malasia, China, Kenia y Sudáfrica. Los principales países importadores de la uchuva de Colombia se encuentran en Europa (97%) y una pequeña fracción (3%) en Asia y América. Se destacan países importadores como: Alemania (30,4%), Holanda (26,9%), Bélgica y Luxemburgo (12,4%), Reino Unido (9,9%), Suecia (6,1%) y Francia (5,8%) (Figura 3), con demandas entre 88% y 95% del volumen exportado por Colombia (PROEXPORT, 2001 a 2004).

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de las exportaciones de uchuva desde 1997, siempre creciente, con un máximo de US\$23,8 millones en 2005 (Cifras IICA Observatorio de Agrocadenas, 2003). El crecimiento calculado es de 66% y de continuar esta tendencia, se espera un crecimiento significativo del mercado de uchuva en el exterior.

Las ventajas competitivas de la producción de uchuva colombiana frente al mercado internacional se relacionan con la calidad

de la fruta y un adecuado suministro en los mercados internacionales. En relación con la primera, se reconoce que la fruta colombiana es apetecida en el mercado internacional por su calidad, sabor más dulce, buena coloración, mayor contenido de azúcares y ácido ascórbico, características que le confieren un precio preferencial a la uchuva colombiana en el mercado mundial (Almanza y Fischer, 1993; Fischer, et al, 2000).

En la actualidad, el éxito de la uchuva como especie exportable, modelo de las frutas promisorias andinas, se ve amenazado entre otros factores por las nuevas exigencias del mercado mundial, como son la *producción limpia*. Este nuevo concepto de producción está soportado en tres pilares, como son: la obtención de productos inocuos, que no causen daño a la salud del consumidor, que protejan el ambiente, y que garanticen adecuadas condiciones a los trabajadores. Otros riesgos del entorno internacional se refieren al ingreso de nuevos países productores de uchuva y competidores con las exportaciones colombianas, como: Chile, Nueva Zelanda, México, China, Malasia,

Francia, España, Costa Rica, Perú y Bolivia. Además de las ventajas de países africanos como Zimbabwe, Kenia y Sudáfrica, que compiten con precios bajos, debido a los menores fletes de exportación hacia los mercados de Europa (Corporación Colombia Internacional, 1999; Matalana, 2007 Comunicación Personal).

La capacidad exportadora de uchuva de Colombia se relaciona con la calidad de la fruta, sin embargo, existen evidencias del detrimento en la calidad por problemas como el aumento en el rajado del fruto, el cual produce pérdidas importantes en producción y comercialización y es causa principal de la fruta descartada (Fischer *et al.*, 2005), otras propiedades como los bajos contenidos de sólidos solubles (Grados Brix), y los altos residuos tóxicos en frutos, afectan la producción de fruta con estándares de exportación y causan devoluciones que ocasionan sobrecostos a exportadores. En el caso del rajado, este representa 20 % de los frutos rechazados, pero en épocas de alta precipitación puede representar 45% de rechazado por las comercializadoras (Fischer *et al.*, 2005).

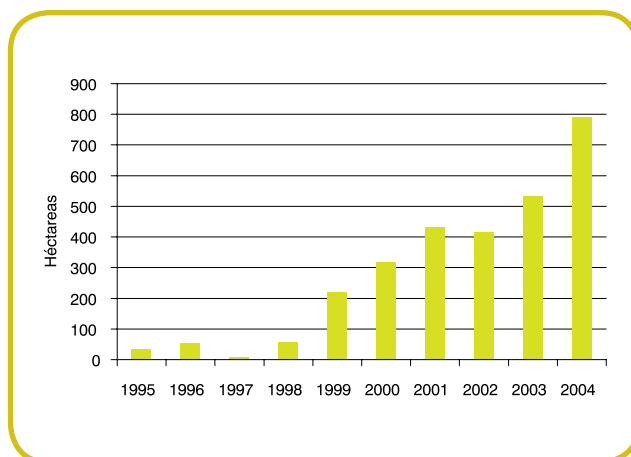
Esta situación va en contrasentido con las crecientes exigencias de los estándares europeos como las normas EUREGAP, que a partir del 2006 se requieren para tener acceso a los mercados europeos. Algunas de las posibles explicaciones sobre esta pérdida de calidad se relacionan con diversos factores que involucran varias causas, dentro de las cuales se destacan aspectos genéticos como el material de siembra, factores nutricionales como las deficiencias de Ca, B, P, K y excesos de N, factores ambientales como disponibilidad de agua, humedad relativa, cambios de temperatura, exposición a radiación solar y las posibles interacciones de los factores anteriormente mencionados (Fischer, 2005).

La producción y el consumo nacional de uchuva han tenido un crecimiento dinámico, del 11% entre 1995 y 2004, al pasar de 936 toneladas en 1995 a 11.327,6 toneladas en 2004 (IICA Observatorio Agro-cadenas, 2003). Paralelamente, se ha incrementado el consumo interno con una tasa promedio anual del 79%, entre 1995 y 2003, y un consumo *per cápita* con una tasa de incremento del 76% en el mismo período, al pasar de cerca de 10 g/habitante/año en 1995 a 160 g en el 2003 (Torrado *et al.*, 2005). Este aumento en consumo tiene una gran importancia por el alto valor nutritivo de la uchuva, principalmente por los aportes a la dieta de los colombianos de provitamina A (principalmente β -caroteno), vitaminas C (ácido ascórbico), antioxidantes, azúcares y elementos minerales.

El área sembrada en uchuva se ha incrementado rápidamente en la última década, como resultado del estímulo a las exportaciones; es así como en 1994 se registraban aproximadamente 20 hectáreas de exportación, con aumentos sucesivos en el 2000 a 316 ha y en el 2004 a 792 ha, según datos del MADR, 2004. Sin embargo, los rendimientos han tenido un comportamiento decreciente, ya que en 1996 se reportaba una productividad de 27 toneladas por hectárea, de 18,5 toneladas en el 2003 y en el 2004 de 14,3 toneladas (IICA Observatorio Agro-cadenas, 2003).

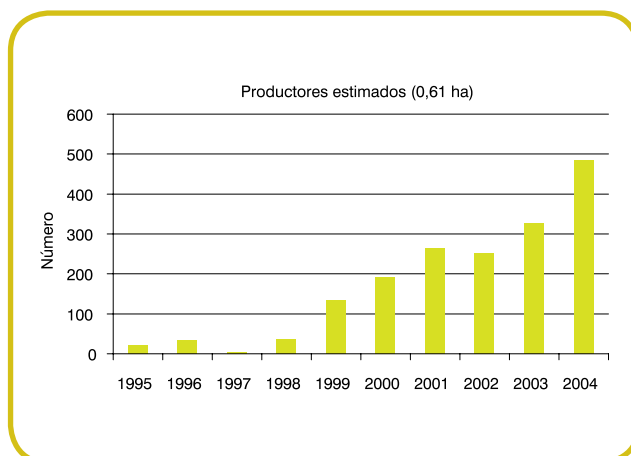
El censo 2004 en 14 departamentos (Figuras 5 y 6) muestra que la extensión del cultivo de uchuva era de 361 hectáreas y 569 lotes, con áreas promedio de 0,63 ha y un total de 499 productores (DANE, 2004). Mientras la producción de uchuva en Cundinamarca está distribuida en 320 lotes, es decir, el área promedio sembrada corresponde a 0.86 ha/lote, lo que indica que la producción es básicamente de economía campesina, con alta participación de mano

Figura 5. Área sembrada en uchuva desde 1995 a 2004.



Fuente: Agrocadenas, 2007.

Figura 6. Número de productores a partir de 1995 a 2004.



Fuente: DANE, 2004.

de obra que proviene del núcleo familiar (Torrado, *et al.*, 2005).

Las plantaciones de uchuva están principalmente localizadas en el clima frío moderado, en Cundinamarca (76%), Boyacá (10%), Antioquia (5%) y el 9% restante se encuentra en pequeñas áreas de 11 departamentos (Censo Hortofrutícola, 2004). Las principales zonas productoras de Cundinamarca se localizan en cuatro municipios: Granada (27%), Silvania (26%), Pasca (14%) y Anolaima (5%), cuya área suma 72% de la producción nacional (Figura 7).

La uchuva emplea en promedio 443 jornales/ha/año (Torrado *et al.*, 2005), con valores superiores a cultivos como algodón, caña de azúcar y palma africana que ocupan 70, 82 y 90 jornales/ha/año, respectivamente (Toro, 1996). El cultivo de uchuva con buenas condiciones de manejo y agroclimáticas puede producir en promedio 15 a 20 t/ha/año. Estudios recientes realizados en Granada, Cundinamarca, muestran una rentabilidad promedio de 41,8% y 63,1%, en plantaciones tradicionales y con Buenas Prácticas Agrícolas, respectivamente (Torrado *et al.*, 2005).

Figura 7. El cultivo de la uchuva en el municipio de Granada, Cundinamarca.



Fuente: Roveda, 2006.

Figura 8. Nichos ecológicos para el cultivo de la uchuva.



Fuente: Roveda, 2006.

Es evidente que en Colombia existen adecuados nichos ecológicos para el cultivo de la uchuva (Figura 8), situación que se refleja en la aceptación de la calidad de la producción por parte de consumidores nacionales e internacionales, su potencial está determinado por la variabilidad genética y su adaptación a condiciones tropicales en suelos de origen volcánico, así como el manejo adecuado de la nutrición vegetal, con el uso de tecnologías

amigables con el ambiente como el uso de fertilizantes biológicos (micorrizas arbusculares y bacterias fosfato solubilizadoras y fijadoras de nitrógeno). Sin embargo, este gran potencial de la uchuva se ve afectado por la falta de soporte tecnológico, dado que el desarrollo de esta especie como cultivo de exportación ha sido fundamentalmente sobre el conocimiento empírico, fruto del esfuerzo de los agricultores.

3. PROPAGACIÓN

Gabriel Roveda, Cipriano Díaz, Álvaro Tamayo, Gloria Navas, Andrea Peñaranda



El cultivo de la uchuva es principalmente propagado a través de la semilla por su alta eficiencia y bajo costo. El sistema de propagación tiene como propósito central reproducir plantas seleccionadas, con el fin de aprovechar las mejores características agronómicas y de producción, que se relacionan con la sanidad, el tamaño y calidad de la fruta. Algunas de las características de la propagación sexual serán analizadas a continuación:

- **Propagación Sexual.** En este método de propagación la semilla se selecciona a partir de frutos maduros, ya que poseen mejores porcentajes de germinación, se deben utilizar frutos recién cosechados, debido a que la semilla pierde rápidamente su viabilidad, y su porcentaje de germinación es inversamente proporcional al tiempo de almacenamiento (Angulo, 2003).

Esta forma de propagación requiere de semilleros adecuados y en general un buen proceso de producción de plántulas. Para evitar problemas de contaminación del material de siembra, es importante realizar prácticas de desinfección de semillas y uso de sustratos de óptima calidad y libres de contaminantes, de manera que el material de siembra garantice las mejores condiciones antes de su trasplante al campo.

En la actualidad no existe semilla certificada en el país, debido a que los procesos de selección y caracterización de materiales de siembra están en proceso. Sin embargo, las exigencias del mercado, relacionadas con la producción limpia requieren del uso de *Semilla limpia*, libre de patógenos y sustancias contaminantes.

El sistema de producción de uchuva debe responder a una programación de acuerdo con las demandas del mercado, es así como entre el tiempo de inicia-

ción del semillero y la primera cosecha en promedio tarda nueve meses y medio, aunque puede variar dependiendo de varios factores, tales como las condiciones ambientales y el sistema de manejo de las plántulas. A partir de esta fase inicial la producción es continua a lo largo del año, con algunos picos de producción, los cuales deben responder a la programación, donde frecuentemente se consideran las mayores demandas con respecto a los mercados de exportación, principalmente hacia Europa (Corporación Colombia Internacional. 1999).

Las plántulas, que se obtienen en semillero o en bandejas de plantulaje, pueden ser transplantadas a bolsas de polietileno con una capacidad de 1 Kg y posteriormente cuando tienen 6 hojas verdaderas pueden ser transplantadas a sitio definitivo (Figura 9). Este proceso puede durar entre dos y tres meses. En esta etapa existe una alta pérdida de plántulas o de plantas, debido a que no en todos los casos alcanza un adecuado desarrollo radicular, que le permita tomar eficientemente los nutrientes y el agua del suelo.

Figura 9. Plántulas de uchuva a partir de semilla sexual, en bandejas de propagación, Centro de Investigaciones Tibaitatá.



Fuente: Roveda, 2006.

4. SUSTRATOS Y SOLARIZACIÓN

Gabriel Roveda, Cipriano Díaz, Álvaro Tamayo; Gloria Navas



Se define como sustrato, cualquier material usado como soporte para cultivar plantas o germinar semillas. Existen diferentes materiales que pueden ser utilizados como sustratos, entre los cuales se destacan los sustratos que se componen de mezclas en variados porcentajes de suelo, turba, arena, compost, vermiculita, perlita, fibra de coco, entre otros. Estos sustratos se pueden aplicar en forma individual, o mezclando uno o varios de los materiales antes mencionados.

Aunque no existe un sustrato ideal que cubra totalmente las exigencias de las plántulas, los criterios para seleccionar los materiales o las diferentes mezclas, deben considerar las siguientes características:

- Disponibilidad del material en el mercado.
- Facilidad de manipulación y de mantenimiento de características adecuadas al humedecerse.
- Buen precio del material y de la preparación.
- Su estabilidad a través del tiempo y la posibilidad de reutilización (en cultivos).
- Características físicas adecuadas de tamaño de partículas, la porosidad y la retención de humedad.
- Características químicas como el pH, la salinidad y el contenido de nutrientes, adecuadas para el crecimiento de las plántulas. Ninguno de los soportes puede contener metales pesados, ni debe presentar contaminación, residuos de agroquímicos (plaguicidas, fertilizantes de síntesis en exceso), hidrocarburos u otro tipo de contaminantes.
- Características biológicas: los sustratos deben estar libres de patógenos (bacterias, hongos,

actinomicetos, nematodos, etc.), insectos y semillas de malezas.

- En caso de su utilización en mezcla, deben ser fáciles de manipular y/o almacenar.
- Deben resistir los cambios del ambiente, tanto físicos como químicos.

La solarización es un proceso de manejo sanitario del sustrato que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura, cuando esta práctica fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos para formar una barrera protectora contra las heladas.

Antes de que hubiera una disponibilidad general de plaguicidas a fines de la década de 1940, la desinfestación del suelo por medio del calor, el vapor o el agua caliente era una práctica usada ampliamente y empleada para controlar las plagas del suelo (Newhall, 1955; Baker, 1962). La elevación de la temperatura del suelo hasta 60° C por medio de la inyección de vapor durante 30 minutos, ha sido una recomendación común entre los métodos usados para el control de plagas y enfermedades del suelo (Brazelton, 1968).

La solarización del suelo es un término que se refiere a la desinfestación del mismo por medio del calor generado de la energía solar. La captura de energía solar para elevar la temperatura del suelo es una actividad que se remonta a tiempos lejanos. Grooshevoy (1939) experimentó la técnica de solarización de suelos en la región del Cáucaso, donde comprobó un control efectivo de organismos patógenos del suelo en parcelas con bajas temperaturas que fueron solarizadas días antes de la siembra, por períodos suficientes para elevar hasta 40-60° C la temperatura de la capa superior del suelo (hasta una profundidad de 10 cm). Este método le permitió el control

de la pudrición negra de las raíces en plántulas de tabaco causada por *Thielaviopsis basicola*.

La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo, el cual es cubierto con una película plástica y expuesto a la luz solar durante los meses más cálidos. El proceso del calentamiento solar del suelo es conocido como solarización y presenta complejos cambios físicos, químicos y biológicos del sustrato, asociados con el incremento de temperatura y tiene valor como una alternativa de sustitución al uso de ciertos productos químicos, normalmente utilizados en la desinfección de sustratos. En las horas de menor temperatura (durante la noche), se condensa el agua que durante el día se evapora, produciendo un proceso de desinfección continua durante el tiempo que dure el tratamiento. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, rompen fácilmente el ciclo de vida de organismos patógenos presentes en el sustrato.

Los organismos son destruidos directa o indirectamente por las altas temperaturas que se alcanzan durante el calentamiento del suelo húmedo, bajo películas de polietileno que limitan el escape de gases y vapor de agua del suelo.

La declinación térmica de los organismos del suelo durante el proceso de solarización depende de la humedad, de la temperatura del suelo y del tiempo de exposición, los cuales están inversamente relacionados. La humedad del suelo es una variable crítica en todo el proceso de solarización. La humedad hace que los organismos sean más sensibles al calor; además, la transferencia de calor a las semillas de las malezas es incrementada por la humedad. El daño de cultivos causado por *Verticillium* y *Fusarium*, así como por otros patógenos, ha sido exitosamente controlado por medio de la solarización del suelo. Sin embar-

Figura 10. Preparación de camas para la solarización de sustratos bajo invernaderos.



Fuente: Roveda, 2006.

go, el éxito ha sido pobre en el control de otros patógenos, incluyendo especies de *Pythium*, *Fusarium*, *Sclerotium rolfsii* y algunos patógenos tolerantes al calor (Stapleton y De Vay, 1986). La solarización del suelo posterior a la plantación controló la marchitez del pistacho causada por *Verticillium* sp. (Ashworth y Gaona, 1982).

Otras investigaciones muestran su efecto sobre poblaciones de nematodos del suelo, las cuales fueron sensiblemente reducidas por medio de la solarización (Stapleton y De Vay, 1997; Abu Gharbieh *et al.*, 1990). Poblaciones de *Pratylenchus thornei* fueron igualmente disminuidas por efecto de la solarización (Greco *et al.*, 1990), y en suelos arenosos mejoraron los resultados del control de *Meloidogyne* hecho con nematocidas sistémicos (Osman, 1990).

El polietileno negro, comparado con el claro, que tiene negro de humo, absorbe la radiación solar y reduce el calentamiento del suelo en varios grados.

La práctica de solarización de suelo permite: a) aumentar el crecimiento de las plantas debido a la desinfestación del sustrato y b) emplear la cobertura plástica para limitar

la evaporación de agua del suelo, controlar malezas, mejorar la estructura del suelo y combatir la erosión (Lai, 1974; Waggoner *et al.*, 1960; Burrows y Larson, 1962). Este proceso, igualmente elimina insectos que pueden estar presentes en el sustrato o suelo en forma de huevos, larvas, pupas, ninfas y adultos, que pueden ser plagas para las semillas o plántulas en vivero y campo, ocasionando graves pérdidas económicas (Jaramillo *et al.*, 2006).

Enmarcados en la tendencia actual de producción limpia, que implica el menor uso de agroquímicos, el método de desinfestación de suelo recomendado es la solarización húmeda, ya que utiliza la energía calórica del sol, a través del cubrimiento del suelo húmedo con coberturas plásticas bien selladas, que ayudan a incrementar la temperatura hasta el punto en que es capaz de controlar organismos dañinos, como patógenos presentes en los sustratos, así como el control de semillas de algunas plantas no deseadas en el cultivo (Jaramillo *et al.*, 2006).

Para construir una cama de suelo o sustrato para el proceso de solarización, se procede de la siguiente manera: una vez

Figura 11. Sellamiento hermético con polietileno.



Fuente: Corredor, 2004.

hecha la mezcla de sustrato (suelo, materia orgánica y arena), se realiza la nivelación del suelo y se construyen eras de 120 cm de ancho con una altura máxima de 20 cm (Figura 10). Se humedece el suelo a capacidad de campo y se cubre con plástico

transparente de 6 mm de espesor, procurando que quede bien sellado (Figura 11). Este proceso de solarización debe durar como mínimo 40 días en zonas de clima frío y 20 días en zonas de clima cálido (Jaramillo *et al*, 2006).

5. ANÁLISIS DE SUELO

Gabriel Roveda, Margarita Ramírez, Lucrecia Cabra



El uso de los fertilizantes está supeditado a los análisis de suelo y foliares. En general, la cantidad de materia orgánica en el suelo debe ser alta, al igual que la de elementos como el fósforo y el potasio. La relación Ca:Mg:K (2:1:1) debe mantenerse, ya que estos elementos, junto con el boro, el cobre y el zinc, son fundamentales para el control de enfermedades (Franco *et al*, 1998).

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, cuenta con el Laboratorio de Análisis Químico de Suelos, Tejido Vegetal y Aguas para riego; Análisis Físico y Análisis Microbiológico, el cual tiene equipos modernos de alta precisión y personal especializado que garantiza la eficiencia y rapidez en los servicios de:

- **Análisis químico de suelo:** en este análisis se determina pH, acidez potencial, aluminio intercambiable, textura, materia orgánica, fósforo, azufre, bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), elementos menores (Fe, Cu, Mn, Zn, B), y conductividad eléctrica. Se realizan algunos análisis especiales como determinación de elementos pesados.
- **Análisis físico de suelo:** el análisis físico permite conocer otras propiedades de suelos, como son la estructura, la distribución de poros, la capacidad de retención de humedad del suelo, la resistencia a la penetración, entre otras. Estas propiedades del suelo son importantes para definir las prácticas de labranza, el manejo del agua, la capacidad de retención de aguas y la facilidad de penetración de las raíces, el agua y los fertilizantes.

Para conocer las características del suelo que pueden estar afectando su productividad, es necesario realizar algunos análisis físicos,

químicos y biológicos, para poder relacionarlos con su fertilidad, además se pueden establecer programas sostenibles de manejo y conservación de los recursos suelo y agua. Permite conocer algunos aspectos de degradación de suelos y facilita la toma de decisiones sobre manejo de riego y fertirrigación.

- **Análisis de agua para riego:** este análisis se realiza para conocer la calidad del agua que se va a utilizar en los diferentes suelos y cultivos, en el laboratorio se determina el pH, CE, contenido de cationes (Ca, Mg, K, Na), aniones ($\text{CO}_3=$, HCO_3 , $\text{SO}_4=$ y Cl) RAS, dureza, TDS y Boro soluble.
- **Análisis de tejido vegetal o análisis foliar:** se realiza para conocer el estado nutricional de las plantas y como complemento del análisis de suelos, principalmente para cultivos perennes como palma africana, pastos, ornamentales, frutales, etc. El laboratorio realiza el análisis total de elementos mayores y secundarios (N, P, K, Ca, Mg, S) y de elementos menores (Fe, Cu, Mn, Zn, B). Igualmente se puede determinar la presencia de elementos pesados – tóxicos en tejido vegetal o en fruto.

Para realizar el análisis de suelo es necesario tomar una muestra de aproximadamente 1 kilogramo, formada por la mezcla de 15 a 20 porciones más pequeñas de suelo, tomadas de distintas zonas del lote. Es importante para la toma de las muestras tener en cuenta los cambios que presente el suelo en apariencia, producción, cantidad de erosión, clase de drenaje, tipo de suelo, tratamientos agrícolas en los últimos años, y de acuerdo con esto se divide el lote en las áreas que contemplan estas variaciones. Hay que evitar aquellas áreas que difieran mucho del resto del campo; si se desea obtener información acerca de es-

tas áreas, es necesario tomar una muestra individual. La muestra puede representar hasta 10 ha de un terreno con características más o menos uniformes, esto se considera como una unidad de muestreo.

No deben tomarse muestras en sitios en donde se hayan realizado quemas, o zonas del lote con estiércol, residuos de cosecha, abonos, cal, saladeros, cerca de carreteras, construcciones, áreas de antiguos canales, canales existentes, cercas o en áreas con cambios abruptos de pendiente, parches sódicos o salinos, que no correspondan a las características promedias del lote.

Para la toma de muestras es necesario un balde limpio, un barreno o sacabocados, o en su defecto una pala, palín o garlancha, un machete y bolsas plásticas totalmente nuevas y limpias de 1.5 Kg de capacidad. Luego de tener esos materiales se raspa 1 cm de la superficie del suelo con la pala o con el machete, para eliminar los residuos de materia orgánica o vegetación, se cava un hueco en forma de “V” del tamaño de la pala y de 20 cm de profundidad, se corta una sección de suelo de 2 a 3 cm de la pared del hueco, luego se cortan 3 ó 5 cm de la parte central de la tajada en sentido longitudinal (de arriba abajo), descartando los bordes y se pone en el balde, se realiza el mismo procedimiento para las otras 15 ó 20 zonas. Finalmente, se mezcla bien el suelo extraído, y se saca aproximadamente 1 Kg, se coloca en la bolsa plástica y se marca con el número de lote. Se procede a enviar la muestra al laboratorio de suelos con el nombre del usuario, cédula de ciudadanía, dirección, teléfono, nombre de la finca, municipio, departamento, altura sobre el nivel del mar, número de la muestra, profundidad, cultivo actual, cultivo anterior y rendimientos. Es aconsejable hacer el análisis de suelo con un mes de anticipación a la época en que se va a fertilizar (Figura 12).

Figura 12. Toma de muestra de suelo para análisis.



Fuente: Peñaranda; 2007.

6. NUTRICIÓN VEGETAL

Gabriel Roveda, Andrea Peñaranda



El manejo de la nutrición en la uchuva es un factor determinante sobre los niveles de producción y la calidad de la fruta. Un adecuado plan de fertilización para el cultivo está soportado sobre el conocimiento de los requerimientos nutricionales de la especie y con base en un análisis químico del suelo, el cual debe realizarse dos o tres meses antes de la siembra, con el objeto de aplicar los correctivos e insumos necesarios para una buena producción. Es importante lograr un adecuado balance en la nutrición de la planta, de acuerdo con las características y necesidades de la especie y acordes con las propiedades de los suelos de cada región.

Aunque no existe información de requerimientos nutricionales en plantas de uchuva, especies similares como tomate tiene requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio de 3, 0.5 y 5 Kg por tonelada cosechada de fruto, es decir, que para una producción promedio de 18 t/ha/año, los requerimientos nutricionales estarían en 54, 9 y 90 Kg para N, P y K, respectivamente (Bertsch, 2003). En el caso específico de uchuva, es necesario determinar los requerimientos nutricionales para diferentes niveles de productividad de la especie. Sin embargo, el análisis comparativo con una especie cercana como tomate, sugiere altas ineficiencias en las prácticas de fertilización. Adicionalmente, existen evidencias de residuos de fertilizantes tóxicos en fruto, los cuales han ocasionado devoluciones de frutos de exportación.

El uso de insumos como fertilizantes químicos y orgánicos en plantaciones de uchuva es excesivo, en parte debido al desconocimiento de aspectos como los requerimientos nutricionales de la especie y la no utilización de análisis de suelos y asistencia técnica, entre otros. Estimaciones recientes reportan aplicaciones entre 2.500 y 5.000 Kg de gallinaza

y/o porquinaza cada cuatro meses, es decir, entre 10 y 20 t/ha de abono orgánico al año. Igualmente, se adicionan entre 400 y 600 Kg/ha de fertilizante químico, en forma de fertilizantes compuestos. Además de algunas aplicaciones foliares y de fertilizantes de síntesis como nitrato de potasio, el cual además de ser costoso puede generar residuos indeseables. Un estudio reciente en el municipio de Granada, Cundinamarca, realizado por FAO-ICA-CORPOICA-SENA-MADR, muestra que el costo y aplicación de fertilizantes orgánicos, químicos y enmiendas en un cultivo tradicional de uchuva equivale a \$2.668.988 por hectárea, los cuales representan 15% de los costos totales de aproximadamente \$18.412.634 para el año 2005.

El rajado del fruto, que es un problema fisiológico o fisiopatía, es un fenómeno de estrés (Consodine y Brown, 1981), que se relaciona con diversos factores: nutricionales, ambientales, factores genéticos y sus posibles interacciones (Fischer, 2005).

Los factores nutricionales están relacionados con el inadecuado suministro de nutrientes a la planta, de acuerdo con los requerimientos de la misma, para cada una de las etapas fenológicas del cultivo. Investigaciones realizadas en la región de Sylvania reportan 30% de frutos rajados del total cosechado durante el desarrollo del cultivo y al momento poscosecha, debido a excesos de fertilización nitrogenada, cuando los contenidos de materia orgánica fueron superiores al 20%. Las posibles causas tienen que ver con la estabilidad o inhibición de la extensión de la pared celular y disminución de la permeabilidad en la membrana citoplasmática. Adicionalmente, se determinó que bajas dosis de potasio y boro favorecen la incidencia del rajado de fruto en uchuva en el municipio de Sylvania, pero plantas que no fueron fertilizadas redujeron sus rendimientos y la producción fue solamente de 39,2% en relación con las plantas fertilizadas (Gordillo citado por Fischer, 2005).

Estos resultados confirman la necesidad de establecer prácticas de fertilización acordes con las demandas vegetales, es decir, con la determinación de los requerimientos nutricionales y no solamente con base en la información del análisis de suelos.

Investigaciones relacionadas con factores nutricionales bajo invernadero, encontraron que el rajado del fruto está relacionado con la presencia de calcio y boro en la fertilización, con incrementos de 5,5 a 13,0% de frutos rajados al excluir estos nutrientes de la solución nutritiva. Mientras que los rendimientos en cosecha se redujeron con la ausencia de calcio y cobre, debido a que el fruto presentó un menor peso (Cooman *et al*, 2005).

Algunos investigadores (Ogawa *et al*, 1995) han propuesto el modo de acción del calcio para reducir el rajado de fruto en cerezas, tales como: a) Los iones de calcio impiden la absorción de agua por el aumento de la concentración osmótica; b) el Calcio se une a la pectina para formar pectato insoluble en la pared celular y en la lámina media, lo que inhibe la extensión de la pared celular; c) el Calcio se incorpora a la membrana citoplasmática, lo cual disminuye su permeabilidad al agua.

Existen algunas recomendaciones generales para la fertilización del cultivo de la uchuva, sin embargo, es importante tener en cuenta las consideraciones anteriores y siempre se debe realizar análisis de suelos. En caso de observar síntomas de deficiencia de nutrientes, se debe realizar análisis de tejido vegetal:

- Antes de la siembra, es necesario aplicar materia orgánica y cal suficiente, según el tipo de suelo.
- El nitrógeno es fundamental durante los primeros meses, para la formación de ramas y hojas.

- El fósforo es necesario para un adecuado enraizamiento de la planta y junto con el potasio es importante para la maduración y buena calidad de los frutos.
- Es preferible dividir las aplicaciones anuales en cuatro o cinco, para evitar la pérdida de fertilizante y posibles quemazones en la planta.
- Los elementos menores que no deben descuidarse son boro y magnesio. La aspersión con boro hay que hacerla por lo menos dos veces al año, el magnesio puede ser aplicado en forma de sulfato de magnesio o como cal dolomítica.
- Las aplicaciones de fertilizantes foliares son aconsejables en el periodo seco.

Las aplicaciones de los fertilizantes se realizan cada tres o cuatro meses, con el fin de que la planta reciba nutrientes regularmente. En los primeros meses se debe dotar al suelo de nitrógeno y fósforo para una buena formación de hojas, ramas y raíces. A partir del octavo mes desde el transplante, se aplica potasio, conjuntamente con una segunda aplicación de los otros elementos. La implementación de elementos menores como hierro y cobre se realiza mediante aspersiones foliares. Para el abonamiento orgánico se utilizan de 1 a 3 Kg/planta aplicados en la corona o media corona en suelos pendiente, una vez por año.

La fertilización adecuada, especialmente la fosfórica, es uno de los aspectos a tener en cuenta, ya que los suelos de las regiones productoras de uchuva generalmente son de origen volcánico (Andosoles), y algunas de las propiedades de estos suelos se relacionan con bajos contenidos de fósforo y altos niveles de fijación de este elemento.

Las recomendaciones que se presentan a continuación son generales y constituyen solamente una guía para establecer el plan

de fertilización. Al momento de la siembra se debe preparar el hoyo con 2-4 Kg/sitio de materia orgánica (gallinaza), 250-500 g de cal dolomítica y 100 g de fósforo (superfosfato triple). Un mes después de la siembra, aplicar 80 a 120 g/planta de un fertilizante completo como el 10-30-10. Tres meses después de la siembra, aplicar 150-200 g/planta de 10-30-10 y adicionar 50 g de elementos menores, la aplicación de elementos menores se debe repetir cada cinco meses. Cuando el cultivo está en plena producción, la planta entra en gran actividad fisiológica, presenta un crecimiento vegetativo y productivo continuo, por esta razón, la fertilización se debe continuar realizando cada dos meses, con 200 a 250 g/planta de 10-30-10. Igualmente, se recomienda aplicar cada seis meses Nitrato de Potasio al 2% en forma foliar, para mejorar el cuajamiento y la calidad de los frutos, debido a que el cultivo es exigente en nitrógeno y potasio, principalmente (Figura 13). Las aplicaciones de materia orgánica se deben realizar al menos cada cuatro meses, adicionando 2-3 Kg/planta (Zapata, *et al.* 2002).

Figura 13. Deficiencias nutricionales en plantas de uchuva.



Fuentes: Roveda, 2006.

Importancia de los nutrientes en el crecimiento y desarrollo vegetal

La importancia de los nutrientes para el normal crecimiento, desarrollo y producción de las plantas ha sido descrita por varios investigadores (Taiz y Zeiger, 2006), tal como se señala a continuación:

- El nitrógeno es el elemento que está directamente relacionado con crecimiento y desarrollo de las plantas y con su valor nutritivo; es importante durante el tiempo de establecimiento y desarrollo de la planta, ya que está directamente relacionado con la formación de hojas y ramas; las plantas requieren del nitrógeno en grandes cantidades, debido a su importancia en muchos de los procesos vitales para la planta, ya que forma parte de compuestos esenciales para las células, tales como los aminoácidos y los ácidos nucleicos. Por lo tanto, la deficiencia del nitrógeno inhibe rápidamente el crecimiento de la planta. El síntoma de deficiencia es el lento crecimiento de la planta, acompañado de amarillamiento (clorosis) progresivo de las hojas, llegando hasta la caída o muerte de las mismas (necrosis).
- El fósforo es un elemento importante para las plantas, ya que participa en la respiración y en la fotosíntesis, también es un elemento que actúa en el metabolismo de las plantas, aportando la energía necesaria para los procesos metabólicos, en forma de ATP. Adicionalmente, hace parte de los ácidos nucleicos como el ADN y ARN. Este elemento forma parte activa en el proceso de enraizamiento y es considerado fundamental en el desarrollo de estructuras reproductivas (flores y frutos), su deficiencia reduce la calidad de la fruta. El síntoma de deficiencia es la coloración morada de hojas y tallos.
- El potasio tiene un papel muy importante debido a que es un regulador del potencial osmótico de las células de la planta, también activa enzimas involucradas en la respiración y en la fotosíntesis. El primer síntoma que se puede observar es una clorosis marginal, con el desarrollo de una necrosis primaria en la zona interna de la hoja, los bordes y entre las nervaduras.
- El calcio es un nutriente esencial de vital importancia en procesos como la división celular (mitosis), es un constituyente importante para el normal funcionamiento de las membranas y paredes celulares. Además, es considerado un segundo mensajero para las diversas respuestas de la planta al medio ambiente y está relacionado con la acción de varias fitohormonas. Sus deficiencias se manifiestan como necrosis en las zonas meristemáticas de la planta o puntos de mayor crecimiento vegetal, tales como yemas apicales y nuevas raíces.
- El magnesio participa en la activación de las enzimas involucradas en los procesos de respiración, fotosíntesis y en la síntesis de ADN y ARN, también hace parte de la molécula de clorofila. La deficiencia de este nutriente se ve reflejada en una pérdida prematura de las hojas, por lo que es de vital importancia para las plantas.
- El boro está presente en los procesos de elongación celular, síntesis de ácidos nucleicos, respuestas hormonales y funciones de membrana. Los síntomas de deficiencia en la planta dependen de la especie y la edad de la planta, una característica de la deficiencia de boro en las plantas es la necrosis de las hojas jóvenes y de los botones terminales y malformación y/o caída de flores y frutos.

7. FERTILIZANTES BIOLÓGICOS

Gabriel Roveda, Margarita Ramírez, Ruth Bonilla



El uso excesivo de fertilizantes químicos en los frutales andinos, ha deteriorado notablemente la calidad de los suelos, debido en gran parte a la pérdida de microorganismos y a los desbalances nutricionales por excesos o déficits en la aplicación de fertilizantes. El uso de biofertilizantes en la fruticultura es una práctica agronómica recomendable, cuya función es garantizar la disponibilidad de nutrientes para la planta y una población microbiana que ayude a la descomposición de la materia orgánica. Entre mayores sean estos procesos microbianos benéficos en el suelo de un cultivo, mayor será la productividad del mismo (Azcón y Barea, 1997).

En condiciones naturales, la mayoría de las plantas tropicales se encuentran asociadas con microorganismos del suelo, los cuales mejoran la disponibilidad de nutrientes, ayudan en la descomposición de la materia orgánica, realizan procesos de fijación biológica del nitrógeno (simbiótica y asimbiótica), mejoran la absorción de nutrientes por la plantas, contribuyen con la solubilización de nutrientes poco solubles como fósforo en el suelo, acondicionan el pH del suelo, mejoran la estructura y estabilidad de los agregados del suelo, ofrecen protección a las plantas frente a microorganismos fitopatógenos del suelo, y en general, disminuyen los niveles de fertilización química.

Un biofertilizante es un producto biológico que contiene microorganismos benéficos del suelo, que al ser inoculado en el suelo o semilla para un cultivo, favorece los procesos de nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas mediante diversos mecanismos: incrementa la disponibilidad de nutrientes (solubilizadores de fósforo, fijadores de nitrógeno), mejora la eficiencia de toma, transporte y absorción de nutrientes (micorrizas), sustituye nutrientes esenciales (fijación de nitrógeno).

En algunos casos estos microorganismos favorecen procesos de crecimiento y desarrollo o control de plagas (promotores de crecimiento). El Instituto Colombiano Agropecuario ICA (Resolución 00375 del 27 de Febrero de 2004), define a un inoculante biológico como un producto elaborado con base en una o más cepas de microorganismos benéficos, que al aplicarse al suelo o a las semillas promueve el crecimiento vegetal o favorece el aprovechamiento de los nutrientes, en asociación con la planta o su rizosfera. Incluye entre otros los productos elaborados con micorrizas, rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y los géneros *Rhizobium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*, *Frankia sp.*, *Beijerinckia sp.*, y bacterias fosfato solubilizadoras (ICA, 2004).

Autores como Vassilev *et al.*, (2001), consideran que un inoculante biológico es una preparación de microorganismos que puede sustituir parcial o totalmente la fertilización química.

Los biofertilizantes se pueden aplicar en suelos degradados y donde la presencia de microorganismos ha sido afectada negativamente por el uso inapropiado de técnicas agrícolas (exceso de agroquímicos, talas, quemas, entre otras), que han propiciado la degradación del suelo y han reducido su diversidad y efectividad (Salamanca, 2002). Además, se debe inocular cuando existen poblaciones altas de microorganismos que no se asocien eficientemente con la especie de planta cultivada.

En términos generales, los inoculantes se deben aplicar en suelos que presenten deficiencia del nutriente específico, cuando existen poblaciones (bajas o altas) de microorganismos que presenten baja capacidad de colonización y/o baja eficiencia como inoculante, o en suelos donde no existan cepas nativas del microorganismo, o que sus poblaciones se hayan visto se-

riamente reducidas por procesos de degradación de suelos.

En los últimos años en Colombia se ha estudiado y evaluado la acción de biofertilizantes con microorganismos que participan de la fijación de nitrógeno (simbiótica y asimbiótica), hongos formadores de micorrizas arbusculares que contribuyen con la absorción de nutrientes y agua, y bacterias capaces de solubilizar el fósforo presente en el suelo. De igual forma, se han realizado investigaciones empleando la doble inoculación de micorrizas arbusculares y cepas de *Rhizobium* asociadas con plantas de arveja (Peñaranda y Roveda., 2004; Roveda *et al.*, 2007).

ICA- CORPOICA tienen una gran experiencia en biofertilizantes como en *Rhizobium* desde 1985, Micorrizas desde 1994, *Azotobacter* desde el año 2000 y recientemente con bacterias solubilizadoras (2005). Además, cuenta con el Banco de Germoplasma de Microorganismos Biofertilizantes (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* y hongos formadores de Micorrizas Arbusculares).

Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA)

En condiciones naturales, la mayoría de las plantas tropicales adaptadas a diversos nichos ecológicos se encuentran asociadas con microorganismos del suelo, como las micorrizas, que desempeñan un papel clave en el ciclaje de nutrientes en el ecosistema y en la protección de las plantas contra estrés cultural y ambiental (Figuras 14 y 15). Esta estrategia de la evolución ha sido muy exitosa y, a pesar de que su conocimiento se reporta desde hace más de un siglo, sólo durante las últimas décadas el hombre ha empezado a utilizarla en las producciones frutícolas, donde existen evidencias de su potencial y éxito para el

Figura 14. Espora de micorrizas.



Fuente: Roveda, 2003.

desarrollo competitivo y sostenible de estas especies (Janos, 1980; Diederichs y Moawad, 1993).

Más del 90% de las especies vegetales existentes en el planeta se encuentran micorrizadas cuando crecen en condiciones naturales y de éstas, 95% de los casos corresponden a la asociación con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), los cuales se clasifican dentro de la clase Zygomycetes, orden Glomales; y se distribuyen en tres familias: Glomaceae, Acaulosporaceae y Gigasporaceae; y seis

géneros: *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora* (Schenck y Pérez 1988, Morton 1990).

Las micorrizas permiten aumentar el área de exploración de las raíces en el suelo, aumentando la zona de contacto entre la planta y el suelo, que se refleja en mayor absorción de nutrientes y agua (Gianinazzi y Gianinazzi, 1983, Sieverding 1986, Varma y Hock, 1995, Ramírez, 2003; Godbold y Sharrock, 2003; Richardson *et al.*, 2003; Kuyper *et al.*, 2004).

Figura 15. Raíces colonizadas por micorrizas arbusculares.



Fuente: Peñaranda, 2006.

Las micorrizas arbusculares (MA) pueden ser utilizadas en la fruticultura en forma de biofertilizantes, tanto en vivero o en plantas producidas *in vitro*, y constituyen una alternativa valiosa para solucionar problemas de propagación, aclimatación y nutrición de frutales por que reducen costos de producción, permitiendo sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que contribuyen con la sostenibilidad porque requieren una menor aplicación de insumos, fertilizantes, riego y pesticidas. Adicionalmente, esta tecnología puede ser fácilmente transferible a técnicos y agricultores para la producción de frutales, por tratarse de biofertilizantes, tal como lo reportan Azcón y Barea (1997).

En el ámbito mundial se reportan múltiples experiencias acerca de los beneficios de las micorrizas arbusculares (MA) en especies de frutales, estas diferencias son atribuibles a una mayor absorción de nutrientes, mayores niveles en la producción de hormonas y mayores contenidos de clorofila. Estas diferencias se han observado en especies tropicales como mora excelsa, *Pioria copai-fera* en Caribe (Trinidad Tobago y Panamá), y en múltiples árboles tropicales de la familia Fabacea, dicotiledóneas y angiospermas. Otros autores reportan beneficios en especies como chirimoya (Azcón y Barea, 1997), en *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa*, *Sclerocarria birrea*, *Balanites aegypticae*, *Adansonia digitata*, *Codyla pinnatta*, *Saba senegalensis*, *Landolfia heudelotti*, *Dialium guineensis*, *Anacardium occidentale*, *Afsellia africana*, y *Aphala seneganensis*. Existen también experiencias positivas con la aplicación de inóculos de micorrizas (*Glomus*, *Scutellospora* y *Entrophospora*) en frutales tropicales como arazá (*Eugenia sptipitata*), borojó (*Borojoa sorbillis*) y chontaduro (*Bactris gasipaies*).

Resultados obtenidos en el Grupo de Investigación de Colciencias, llamado "Raíces del Futuro", han mostrado múltiples efectos benéficos con el uso de estos hongos formadores de micorrizas arbusculares en diversas

especies, donde se destacan hortalizas, especies perennes como yuca, plátano, ñame y recientemente en frutales como mora y uchuva. Así, plántulas de uchuva inoculadas con hongos de los géneros *Gigaspora margarita* y *Scutellospora heterogama*, estimulan el crecimiento y desarrollo de plantas más de diez veces en tamaño y peso, como consecuencia de una mejor nutrición de la planta. Situación que se refleja en aspectos como la calidad del fruto en cuanto a tamaño y peso, mayor acumulación de ácido ascórbico y mayor tolerancia a enfermedades y plagas, entre otros (Suárez y Roveda, 2007).

En plántulas de mora procedentes de cultivo de tejidos, se observó que plántulas inoculadas con cepas nativas de hongos formadores de micorrizas arbusculares presentaron una mejor tolerancia y adaptabilidad al medio, y presentaron efectos benéficos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como acumulación de biomasa, tanto en la parte aérea como radical, área foliar y porte de planta, y en segundo lugar, se determinaron efectos benéficos relacionados con la nutrición vegetal, expresados en la absorción de elementos esenciales, tales como fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio (Cabra y Roveda, 2007; Roveda *et al.*, 2007), (Figura 16). Estas tecnologías tienen aplicación en un gran número de especies, como tecnología incorporada a la semilla, tanto a nivel de vivero y campo, como en el manejo de los materiales micropropagados (Sieverding 1986, 1991; Sánchez 1999; Ramírez 2003).

En la Figura 17 se observa como los propágulos de hongos formadores de micorrizas, esporas, hifas y fragmentos de raíz colonizados invaden la raíz de la planta. Luego desarrollan estructuras internas como las vesículas, que son estructuras de almacenamiento de nutrientes, los arbusculos, que son encargados del intercambio nutricional tanto para la planta como para el hongo, y las hifas, las cuales crecen para poder absorber los nutrientes

Figura 16. Comparación entre raíces con y sin micorrizas arbusculares.



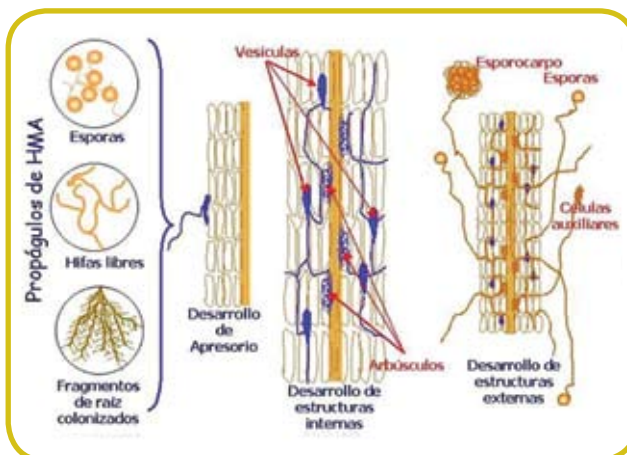
Fuente: Peñaranda, 2007.

del suelo que la planta con su raíz no alcanza a tomar.

Efectos benéficos de los hongos formadores de micorrizas en plantas:

- Estimulan el crecimiento y producción de la planta en general.
- Inducen la producción de hormonas, que ayudan en el crecimiento y desarrollo de la planta.
- Incrementan notablemente la superficie de absorción de nutrientes y agua por las plantas en el suelo.
- Mejoran la absorción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S, entre otros) y agua.
- Incrementan la vida útil de las raíces absorbentes; las raíces micorrizadas persisten durante mayor tiempo que las raíces no micorrizadas.

Figura 17. Proceso de infección de las plantas por parte de las micorrizas arbusculares.



Fuente: Serralde, 2002.

- Ayudan a tolerar el estrés abiótico (sequía, deficiencia de nutrientes, toxicidad por iones y metales pesados, sales).
- Ayudan a tolerar el estrés biótico por plagas y enfermedades debida a hongos patógenos del suelo (*Phytophthora* spp. *Pythium* spp., *Fusarium* spp y *Rhizoctonia*).
- Mejoran las condiciones físicas del suelo (formación de agregados, protección contra la erosión).
- Sustituyen en forma parcial o total el uso de fertilizantes químicos de síntesis.
- Establecen relaciones sinérgicas con otros microorganismos del suelo.
- Aumentan la eficiencia de otros microorganismos benéficos del suelo, al mejorar el crecimiento de la planta e incrementar la producción de exudados de la raíz.

Bacterias fijadoras simbióticas de Nitrógeno

Con excepción del agua, el nitrógeno generalmente es considerado el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas en su ambiente natural (Franco & Döbereiner, 1994).

El nitrógeno molecular (N_2) es la única reserva de nitrógeno accesible en la biosfera. Prácticamente ilimitada, esta reserva no es directamente utilizada por los vegetales y animales. El nitrógeno es un constituyente esencial de moléculas fundamentales de todos los seres vivos: aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, entre otros. Para que el nitrógeno molecular pueda ser asimilado, es necesario que sea reducido y los únicos seres capaces de realizar esta reacción son las *Eubacteria* y *Archea*, por el proceso denominado fijación biológica de nitrógeno (Baca, Soto & Pardo, 2000).

La fijación biológica de nitrógeno es un proceso mediante el cual la mayor parte de nitrógeno atmosférico es incorporado a la materia viva a lo largo de la evolución del planeta. Este proceso constituye la principal vía de incorporación de nitrógeno al ecosistema, que constantemente es reciclado para la atmósfera principalmente por la acción de organismos descomponedores de materia orgánica en el suelo. De esta forma, la acción de los microorganismos fijadores de nitrógeno y desnitrificadores garantiza un reservorio inagotable de nitrógeno en la atmósfera. Además de garantizar un ecosistema en equilibrio, conlleva a una reducción en la aplicación de dosis excesivas de compuestos nitrogenados de síntesis, como por ejemplo el nitrato que contamina aguas y los vegetales que serán consumidos por el hombre, de esta forma posibilita el desarrollo de una agricultura menos agresiva con el medio ambiente (Peoples & Craswell, 1992).

Dentro de las bacterias de vida libre se encuentra la familia *Azotobacteraceae*, representada en su mayoría por el género *Azotobacter*, el cual es aeróbico, heterótrofo y fijador de nitrógeno. Dentro de las especies conocidas de *Azotobacter*, las más comunes son *A. chroococcum*, *A. vinelandii* y *A. paspali*, siendo esta última la más estudiada ecológicamente (Becking, 1991, Franco & Döbereiner, 1994).

Numerosas investigaciones en el ámbito mundial (Bagyaraj y Menge, 1978; Bashan *et al.* 1996; Martínez y Dibut, 1997, Bonilla *et al.*, 2000 Bonilla y Galvis 1999, Bonilla *et al.*, 2001) demuestran las bondades de la utilización de bacterias asimbióticas del género *Azotobacter*, en lo que se refiere a la reducción del periodo de tiempo de germinación, en las semillas de tomate, ají y algodón, inoculadas con estos microorganismos probablemente por la inducción de la producción de hormonas de crecimiento (EDAFON, 2006).

Efectos del uso de bacterias asimbióticas fijadoras de nitrógeno:

- *Azotobacter sp* y *Azospirillum sp* son dos microorganismos que funcionan como fijadores de nitrógeno y promotores de crecimiento vegetal (Figuras 18 y 19).
- Producen fitohormonas.
- Incrementan la velocidad de germinación de semillas.
- Incrementan la respuesta a la fertilización química u orgánica.
- Reducen el uso de la fertilización nitrogenada convencional.
- Aumentan la tolerancia al estrés hídrico y al ataque de plagas o enfermedades (EDAFON, 2006).

Azotobacter sp y *Azospirillum sp* se encuentran en mayor abundancia en suelos

Figura 18. Bacteria fijadora de nitrógeno (*Azotobacter*).



Fuente: http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php?module=Book&func=displayarticle&art_id=274.

Figura 19. Bacteria fijadora de nitrógeno (*Azospirillum*).



Fuente: <http://www.buap.mx/investigacion/microbio/image2.jpg>.

con valores de pH cercanos a la neutralidad, pero cuando el pH es menor de 5 se les encuentra en forma esporádica y en suelos con pH menor de 4.5 no se logran aislamientos (Sylvia, 1989).

Bacterias solubilizadoras de fosfatos (MSF)

Los microorganismos fosfato solubilizadores abundan en la rizósfera y representan 10% de la población microbiana del suelo. Existe una gran variedad de estos microorganismos que incluyen bacterias Gram negativas y positivas, incluso algunas especies de *Streptomicetos* poseen la capacidad de disolver fosfatos de baja solubi-

lidad (Moura, *et al.*, 2001; Vásquez *et al.*, 2000; Singer *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 1998; Freitas *et al.*, 1997).

En general, los estudios que han involucrado MSF han mostrado aumento en el crecimiento de las plantas y en el contenido de P en los tejidos vegetales, pero con una amplia variación en la efectividad. Las inoculaciones conjuntas con otros microorganismos formadores de micorrizas arbusculares y bacterias fijadoras de N han sido más exitosas. De hecho, se han observado efectos sinérgicos sobre el crecimiento de las plantas para coinoculaciones con los géneros *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* y MSF.

8 BIOFERTILIZANTES COMERCIALES

Margarita Ramírez, Gabriel Roveda, Ruth Bonilla



Corpoica cuenta con la tecnología para la producción en escala semicomercial y comercial de estos microorganismos (micorrizas, bacterias fijadoras simbióticas y asimbióticas de nitrógeno), como fertilizantes biológicos, que permiten una amplia comercialización del producto y accesibilidad por parte de los productores. Gran parte del éxito de la industria de la producción de biofertilizantes depende de la certificación de la calidad del producto (Figuras 20 y 21).

Desde 1999, Corpoica dentro de su programa de investigación Recursos Biofísicos ha venido desarrollando un inoculante con base en micorrizas arbusculares denominado Mycobiol, el cual posee la capacidad de infectar raíces de varios tipos de cultivos y con esto mejorar la capacidad de las plantas para tomar, transportar y asimilar nutrientes del suelo, generando cultivos más sanos y rentables. Mycobiol contiene tres tipos diferentes de hongos de los géneros *Glomus*, *Entrophospora* y *Acaulospora*, su utilización en

Figura 20. Biofertilizantes comerciales elaborados por Corpoica.



Fuente: http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id_sub=2.

Figura 21. Presentación comercial de Mycobiol.



Fuente: Roveda, 2005.

horticultura permite la sustitución de entre el 30 y el 50% de la fertilización química, reduciendo costos y mejorando la rentabilidad de los cultivos. Su aplicación en etapas tempranas de desarrollo permite incrementar la supervivencia de plántulas en semillero y vivero, así como de plantas provenientes de cultivo de tejidos en la etapa de endurecimiento y aclimatación (Corpoica, 2006).

En el caso de las bacterias asimbióticas fijadoras de nitrógeno, Corpoica desarrolló el biofertilizante Monibac, que es un producto que beneficia la producción agropecuaria, disminuyendo el impacto negativo que causan los fertilizantes nitrogenados de síntesis sobre el medio ambiente, reduciendo de manera efectiva en 50% la cantidad de fertilizantes y los costos por este concepto (Corpoica, 2006).

POTENCIAL DE MICROORGANISMOS COMO BIOFERTILIZANTES

Gabriel Roveda, Margarita Ramírez, Andrea Peñaranda



Aunque los microorganismos objeto de estudio son habitantes naturales del suelo, las prácticas de biofertilización se hacen indispensables cuando las poblaciones nativas son muy bajas, o cuando son inexistentes los microorganismos que permiten mejorar la capacidad productiva del suelo, en sistemas frutícolas, como en los cultivos de uchuva. Esta situación está frecuentemente asociada con prácticas inadecuadas de manejo de suelos como la fertilización, los sistemas de labranza, los sistemas de rotación de cultivos y el uso excesivo de agroquímicos, que causan problemas de fitotoxicidad y desbalances nutricionales, entre otros.

Para comprobar la eficacia de los microorganismos (hongos formadores de micorrizas, bacterias fósforo solubilizadoras y bacterias fijadoras de nitrógeno-*Azotobacter*) como biofertilizantes, es necesario llevar a cabo varios ensayos bajo condiciones controladas, semicontroladas y de campo.

Estas etapas conllevan una rigurosa serie de pasos que empiezan con el aislamiento, la multiplicación de los microorganismos de interés, posteriormente es necesario realizar una serie de bioensayos para verificar su eficiencia sobre la planta de interés. Finalmente, se realiza la selección de los mejores microorganismos para garantizar la mayor eficacia, donde se evalúan aspectos como: el crecimiento y el desarrollo vegetal, la acumulación de biomasa, los posibles beneficios nutricionales de la asociación microorganismo-planta y sus posibles efectos sobre la producción y la calidad del fruto.

Una vez que se realizan pruebas a nivel de laboratorio, invernadero y campo, se determinan los microorganismos que deben entrar en el proceso de escalamiento para la producción del biofertilizante. Es necesario incluir en la etapa de producción del biofertilizante los procesos de certificación de la calidad para la obtención de bioinsumos, que pueden

ser utilizados en sistemas de producción limpia o ecológica.

Aislamiento y multiplicación de microorganismos nativos

Para el desarrollo de un biofertilizante es importante evaluar una gran diversidad de cepas de microorganismos de interés. Dentro de las cepas a evaluar debe, en lo posible, considerarse el uso de microorga-

nismos nativos provenientes de las zonas de donde se cultiva la especie, en este caso en cultivos de uchuva.

Los aislamientos en lugares de origen buscan rescatar cepas rústicas y bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, es decir, aquellas relacionadas con el suelo y el clima. Para esta investigación se aislaron cepas provenientes de suelo en cultivos de uchuva establecidos de varios municipios de Cundinamarca y Antioquia (Figuras 22 y 23).

Figura 22. Cultivo de uchuva, con prácticas de conservación de suelo, municipio de Granada, Cundinamarca.



Fuente: Roveda, 2006.

Figura 23. Topografía ondulada con plantaciones de uchuva, municipio de Granada, Cundinamarca.



Fuente: Roveda, 2006.

Las muestras de suelo fueron llevadas a los laboratorios de CORPOICA para el aislamiento de los microorganismos de interés, tales como hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), bacterias solubilizadoras de fosfato y bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*).

Para iniciar los procesos de evaluación y posterior selección de microorganismos con potencial como biofertilizantes, es necesario hacer una fase de multiplicación que en caso de microorganismos facultativos como bacterias fijadoras de nitrógeno

y bacterias fosfato solubilizadoras, su multiplicación puede hacerse en condiciones *in vitro*, es decir, sobre medios de cultivo en ambientes controlados en el laboratorio; mientras que la multiplicación de hongos tipo micorrizas, por tratarse de simbiontes obligados, su multiplicación requiere de la planta, es decir en condiciones *in vivo*, donde el hongo utiliza los fotosintatos de carbono provenientes de la planta. Este proceso de multiplicación del inóculo se realiza en plantas de producción sobre camas de multiplicación, previamente pasterizadas o esterilizadas.

Figura 24. Metodología utilizada en la toma de muestras de suelo y raíces.

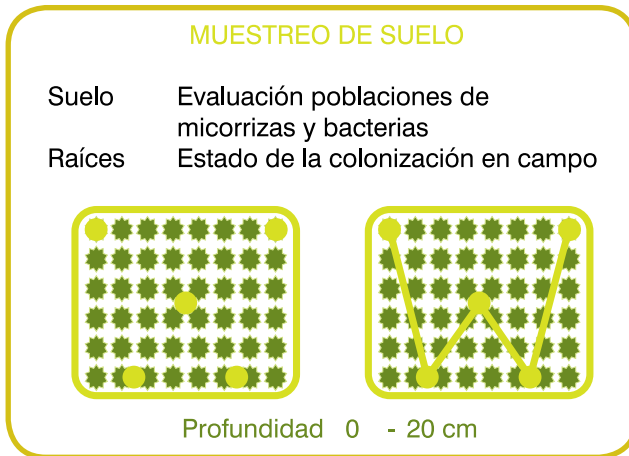
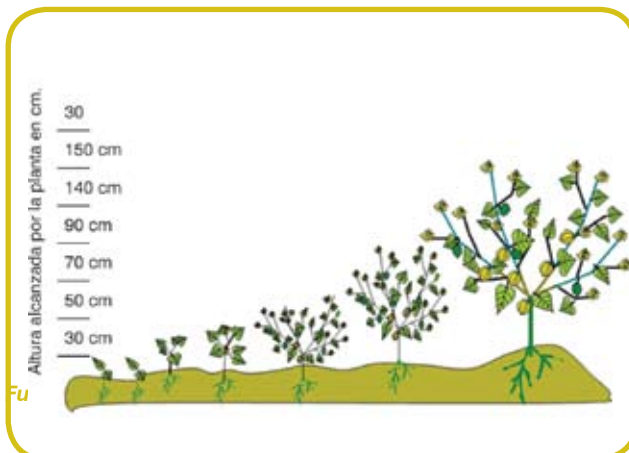


Figura 25. Estado fenológico del cultivo.



La metodología utilizada para el aislamiento de microorganismos con potencial como biofertilizantes consideró muestras de suelos y raíces de plantas de uchuva, en distintas etapas del desarrollo del cultivo tal como lo ilustran las Figuras 24 y 25.

En las muestras de suelo se encontraron hongos formadores de micorriza arbuscular de los géneros *Gigaspora sp.*, *Acaulospora sp.*, *Glomus sp.* y *Scutellospora sp.* Luego se realizó su multiplicación en la Planta de producción de micorrizas de CORPOICA, Tibaitatá.

Evaluación y selección de microorganismos nativos

Los procesos de evaluación y selección de microorganismos nativos con potencial como biofertilizantes requieren de múltiples ensayos en condiciones controladas, semicontroladas y de campo (Roveda y Suárez, 2006).

Se realizaron evaluaciones mediante experimentos en “casa de malla” o invernadero, de las principales asociaciones con hongos micorrizógenos en uchuva, donde se analizó la biomasa, el crecimiento y desarrollo radical (volumen, área de exploración, entre

otros), área foliar. Estas determinaciones se realizaron a los 80 días después de siembra (dds) en etapa de vivero (Figura 26).

El diseño experimental fue mediante bloques completos al azar con tres repeticiones y ocho tratamientos: testigo absoluto (T₀), un testigo con 50% de fertilización química (T₅₀), un testigo comercial (T₁₀₀), cuatro tratamientos inoculados con micorrizas nativas (tres provenientes de Antioquia y la cuarta proveniente de Cundinamarca) con un 50% de fertilización química, y finalmente un tratamiento inoculado con micorrizas comerciales, llamado Mycobiol + T₅₀. Se determinó el porte de las plantas, materia fresca foliar y radical, el área foliar total, mediante el medidor de área foliar, “Leaf Area Meter CI-202”. Posteriormente, se midió la materia seca foliar y radical, después de secar el tejido en estufa durante 72 horas a 65° C.

Efectos de las micorrizas sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de uchuva

La acumulación de biomasa en planta se determinó a nivel de la parte aérea de la misma y a nivel de la raíz. A los 80 dds se presentan

Figura 26. Experimento de uchuva establecido en el Centro de Investigaciones Tibaitatá.



Fuente: Roveda, 2006.

diferencias altamente significativas entre tratamientos, de acuerdo con el ANAVA, para materia fresca, seca foliar y radical.

En etapa de vivero (80 dds) se observa el efecto de las cepas nativas sobre la acumulación de biomasa en plantas de uchuva. En el caso de peso fresco foliar, se destacan las inoculaciones con las cepas MA1 (20,7 g), MA3 (15,5 g), MA4 (16,6 g), las cuales presentaron valores similares al testigo T100 (24,9 g) y T50 (12,4 g) y superiores

estadísticamente al testigo absoluto T0 (1,7 g). Los demás tratamientos inoculados con micorrizas MA2 (12,0 g) y Mycobiol (12,2 g) fueron similares a todos los testigos T100, T50 , T0 (Figura 27).

Con respecto a la materia fresca radical, nuevamente se destaca el tratamiento inoculado con la cepa MA1 (17,3 g), la cual presentó valores similares al testigo comercial T100 (19,8 g), pero superiores estadísticamente al testigo absoluto T0 (2,9 g). Mientras tan-

Figura 27. Efecto de las micorrizas nativas sobre la acumulación de materia fresca foliar y radical en plántulas de uchuva a los 80 dds.

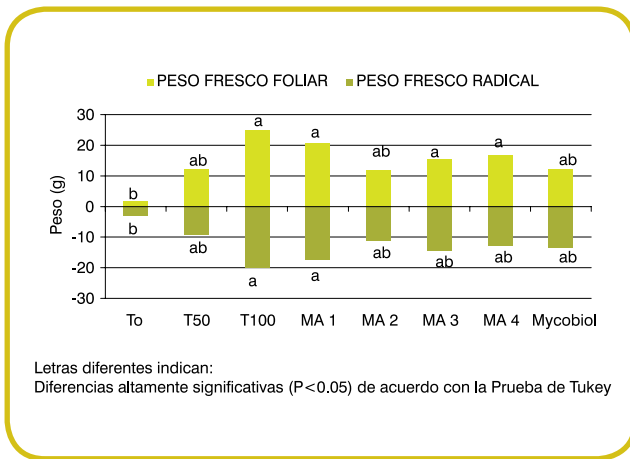
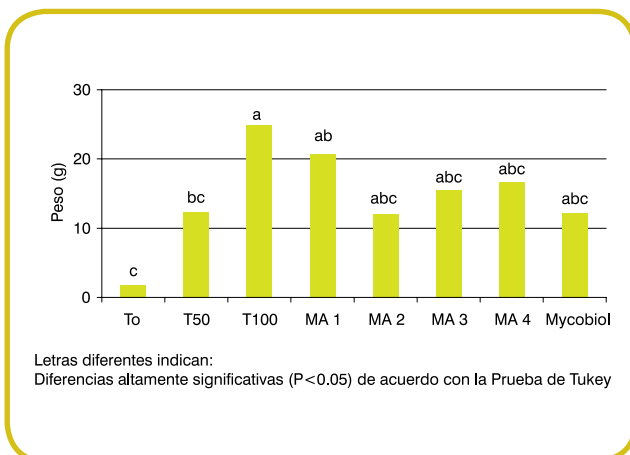


Figura 28. Efecto de las micorrizas nativas sobre la acumulación de materia seca foliar en plántulas de uchuva a los 80 dds.



to, los demás tratamientos inoculados con cepas de micorrizas, tales como: MA2 (11,2 g), MA3 (14,5 g), MA4 (12,8 g) y Mycobiol (13,5 g) mostraron pesos similares de raíz al tratamiento T50 (9,1 g).

Para la variable peso seco foliar, las plantas inoculadas con la cepa MA1 (20,8 g) fueron similares a los testigos fertilizados T100 (24,9 g) y T50 (12,3 g), pero superiores al testigo absoluto T0 (1,7 g). Los demás tratamientos (T50, MA2, MA3, MA4 y Mycobiol) de manera consistente mostraron valores inter-

medios entre los testigos T100 (24,9 g) y T0 (1,7 g), tal como se ilustra en la Figura 28.

En relación con el área foliar a los 80 dds, nuevamente se destacan las plantas de uchuva inoculadas con la cepa MA1 (480.4 cm²), con valores similares estadísticamente a los testigos T100 (640.3 cm²) y T50 (343.4 cm²), pero superiores al testigo absoluto T0 (45.3 cm²). Los demás tratamientos inoculados presentaron valores similares a los testigos e intermedios entre el testigo comercial T100 y el testigo absoluto T0 (Figura 29).

Figura 29. Efecto de las micorrizas nativas sobre el área foliar en plántulas de uchuva a los 80 dds.

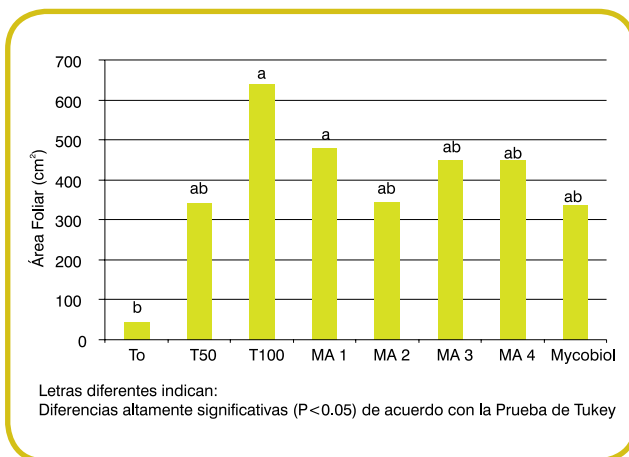


Figura 30. Evaluación de cepas de micorrizas nativas en plántulas de uchuva, en el Centro de Investigaciones Tibaitatá.



Fuente: Roveda, 2006.

10 EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES MIXTOS

**Margarita Ramírez, Gabriel Roveda, Ruth Bonilla,
Andrea Peñaranda, Cipriano Díaz, Álvaro Tamayo, Gloria Navas**



El estudio de las interacciones entre diversos microorganismos de distinta naturaleza es base fundamental para el desarrollo de biofertilizantes mixtos. Estas investigaciones revisten mayor complejidad y deben valorar la pertinencia de las mezclas para optimizar este tipo de biofertilizantes.

Inicialmente, se realizaron investigaciones previas como la presentada en el Capítulo 9, donde se realizó la selección de cepas a través de la comparación de los resultados con varias cepas nativas, cepas comerciales y el uso de tratamientos testigo como referencia. Esta metodología permite identificar las cepas con mejores características de eficiencia y eficacia, expresadas en los beneficios que se observan en la planta y se corroboran por los niveles de asociatividad microorganismo-planta, en aquellos microorganismos que se asocian simbióticamente.

Para aquellos organismos de vida libre, que establecen asociaciones no simbióticas como las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y bacterias fosfato solubilizadoras, no se considera el grado de asociatividad entre el microorganismo y la planta, por no actuar como simbioses. Mientras que los efectos benéficos en la planta, como estímulo al crecimiento y desarrollo vegetal, mejoramiento de la nutrición, entre otros, sí son relevantes.

Los tratamientos que se evaluaron fueron: tres dosis de fertilizantes químico con 0, 50 y 100% de la fertilización convencional (T_0 , T_{50} y T_{100}), cada uno de los microorganismos individuales: Micorrizas (M), Bacterias Fijadoras Asimbióticas (A) y Bacterias Solubilizadoras de Fosfato (BS); y mezclas de microorganismos: M+A; M+BS; A+BS y M+A+BS, para un total de 10 tratamientos.

Los resultados preliminares del estudio de algunas interacciones entre hongos formadores de micorrizas arbusculares, bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y bacterias solubilizadoras de fósforo se pueden observar en las Figuras 31 y 32.

En general los tratamientos inoculados en forma simple o en mezcla con microorganismos benéficos del suelo (M, A, BS, M+BS) presentaron las mayores alturas de planta, superiores a los testigos T50 (45.6 cm) y T0 (31.6 cm). Sin embargo, los trata-

mientos inoculados con las bacterias fosfato solubilizadoras en forma simple (BS) y en mezcla con micorrizas arbusculares (M+BS), obtuvieron los mayores portes de planta con los siguientes valores 68.2 cm y 69.8 cm, respectivamente (Figura 31).

En cuanto al peso seco, todos los tratamientos inoculados bien sea en forma simple o en inóculos mixtos mostraron valores similares al testigo comercial T100, pero superiores estadísticamente al testigo absoluto T0. Dentro de los tratamientos ino-

Figura 31. Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en altura de plantas de uchuva a los 90 ddt.

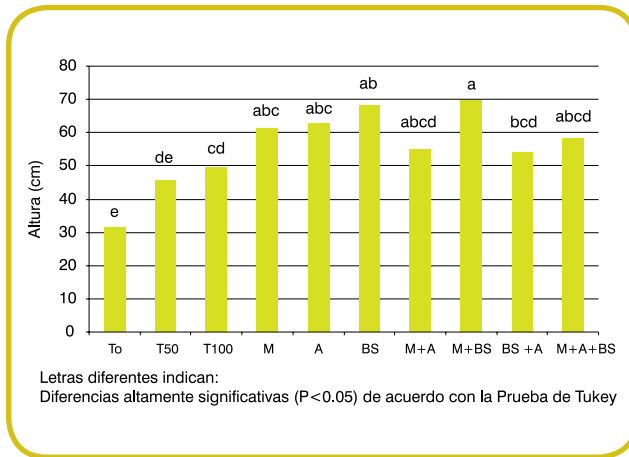
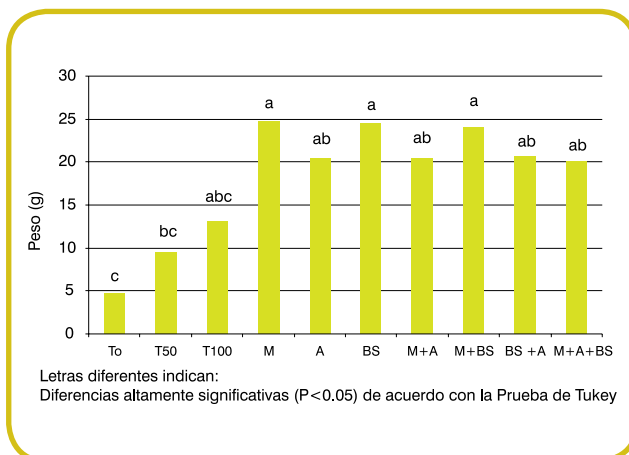


Figura 32. Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en peso seco foliar de plantas de uchuva a los 90 ddt.



culados se destacaron las inoculaciones con micorrizas (24.7 g), bacterias fosfato solubilizadoras (24.5 g) y la mezcla de las anteriores, M+BS (24.1 g), los cuales fueron superiores estadísticamente al los testigos, T50 (9.4 g) y T0 (4.6 g) y similares al el testigo comercial T100 (13.1 g), tal como se ilustra en la Figura 32.

Lo anterior permite concluir en forma preliminar, que a nivel de invernadero las

plantas de uchuva tienen un mejor crecimiento y desarrollo cuando son inoculadas con micorrizas y con bacterias solubilizadoras de fosfato, en forma individual o en mezcla. Lo anterior permite reducir las aplicaciones de fertilizantes químicos en 50%, lo cual representa reducción de gastos para el agricultor y una disminución de riesgos de contaminación del ambiente con el uso de fertilizantes químicos de síntesis.

BIBLIOGRAFÍA

- ABU GHARBIH, W.I., SALEH, H. Y ABU-BLAN, H. 1990. Use of black polyethylene for soil solarization and post plant-mulching. 229-242. En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.K.L., eds. *Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization*. Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No, 109. Rome, 1991.
- ALMANZA P. FISCHER G., 1993. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva *Physalis peruviana L*. En: Revista Agrodesarrollo, Vol. 4, No. 1-2.
- ANGULO R., 2003. Frutales exóticos de clima frío moderado. Bayer CropScience S.A. p: 99-118.
- ASHWORTH, L.J. Y GAONA, J. 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling Verticillium wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* 72: 243-246.
- ASOCIACIÓN HORTIFRUTÍCOLA DE COLOMBIA ASOHOFRUCOL., 2004. Disponible en Internet. <http://www.asohofrucol.com.co>, http://www.frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product_view.php Noviembre 15 de 2006.
- AZCÓN-AGUILAR C., BAREA, J. M., 1.997. Applying mycorrhizal biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*. 68:1-24.
- BACA, B., SOTO, L. & PARDO, M., 2000. Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos*. 1: 39 – 49.
- BAGYARAJ, D. KRISHNA, K. BALAKRISHNA, A., 1982. Interaction between a Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus and *Streptomyces cinnamomeus* and their Effects on Finger Millet. *New Phytologist*, Vol. 92, No. 3.
- BAKER. K.F., 1962. Principles of disinfestations of heat-treated soil and planting material. *J. of the Australian Institute of Agricultural Sciences* 28: 118-126.
- BASHAN, Y., HOLGUÍN, G. y FERRERACERRATO, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos III. Procedimiento para el aislamiento y caracterización de hongos micorrizicos y bacterias promotoras de crecimiento en planta. *Terra* 14(1).
- BECKING, J. The genus *Beijerinckia*. En: BALOWS, A., TRIPPER, H., DWORKING, M., HARDER, W. & SCHELEIDER, K., 1991. The prokaryotes. Springer. Disponible en: http://141.150.157.117:8080/prokPUB/chaprender/jsp/showchap.jsp?chapnum=110&initsec=06_00
- BERTSCH H. F., 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo 1ª edición. San José (Costa Rica). p.278-279.
- BONILLA, R. GALVIS, A. 1999. Respuesta de tomate (*Lycopersicon sculetum*) a la inoculación con *Azotobacter sp.* Corpocaribe. Valledupar. V.2 p.27-35.
- BONILLA, R. NOVO S, R, NESTOR V, MALVERIS A., M. MARTÍNEZ, M., DOUGLAS

P., OPANIM V., 2000. Generación de tecnología para la utilización de la fijación no simbiótica de nitrógeno como alternativa a la fertilización. Boletín de Investigación. Bogotá D.C.: Produmedios, 2000. (Documento de trabajo (working paper), Otra producción bibliográfica).

BONILLA, R. RONCALLO B., BARROS, J., SILNUS LANAO COL. 2001. Evaluación de los arreglos silvopastoriles Eucaplito (*Eucalyptus tereticomis*) y Roble (*Tabebuia rosea*) asociados con Guinea (*Panicum maximum*). Carta Ganadera. p.68 - 73, 2001.

BRAZELTON, R. W. 1968. *Sterilizing soil mixes with aerated steam*. pp.35. En: Hartman, H.T. and Kester, D.E. 1975. Plant propagation, Principles and Practices. 3rd edn. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, Estados Unidos de América.

BURROWS, W.C. AND LARSON, W.E. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agronomy J.* 54: 19-23.

CONSODINE J Y BROWN K., 1981. Physical aspects of fruit growth. Theoretical analysis of distribution of surface growth foci in fruit in relation to cracking and splitting. *Plant Physiol*, 68.

COOMAN, A.; TORRES C., Y FISCHER. G., 2005. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía Colombiana* 23(1) (en imprenta).

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL 1999. Boletín CCI: SIM. Perfil de Producto. No 4. Abril a junio.

CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA CORPOICA, 2006. Información Disponible en Internet. <http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos>.

http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id_sub=13
http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id_sub=2

DANE, 2004. Disponible en Internet. <http://www.dane.gov.co>

DIEDERICHS, C Y MOAWAD, A.M. 1993. The potencial of VA mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. *Angew. Bot*, 67: 91-96.

EDAFON, 2006. Disponible en Internet. http://www.controlbiologico.com/productos_bacterias.htm. [Consulta: 2006-04-09]

FISCHER, G. FLÓREZ, V. SORA. A. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva. Universidad Nacional de Colombia, MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Hortofrutícola de Colombia.

FISCHER, G. MIRANDA D. PIEDRAHÍTA, W. ROMERO, J. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva en Colombia. U. Nacional de Colombia, MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Hortofrutícola de Colombia.

FRANCO, G; GIRALDO, J. M. 1998. El cultivo de la mora. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Regional 9. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA. Manual de asistencia Técnica. LITOAS, Manizales. P. 9-14.

FRANCO, A. and DÖBEREINER, J., 1994. A biología do solo e sustentabilidade dos solos tropicais. *Summa Phytopathologica*. 20: 68 -74.

FREITAS, J., BANERJEE, M. Y GERMIDA, J. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not

phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.) *Biol. Fertil. Soils.* 24:358-364.

GIANINAZZI-PEARSON V. AND GIANINAZZI S., 1983. The physiology of vesicular arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* 71: 197-209.

GODLBOLD D.L. AND SHARROCK L., 2003. Mycorrhizas. In: *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods.* Schroth G. and Sinclair F.L. (Ed) CABI Publishing. Cambridge U.K. Chapter 14 pp 271 – 287.

GRECO, N., DI VITO, M. AND SAXENA, M. 1990. Soil solarization for control of *Pratylenchus thornei* on chickpea in Syria. pp. 182-188. En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.L., eds. *Proc. of the first Int. Conference on Soil Solarization.* Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No.109. Rome, 1991.

GROOSHEVOY, S. E., 1939. Disinfestation of seed-bed soil in cold frames by solar energy. The A. I. Mikoyan Pan-Soviet Sci. Res. Inst. Tob. and Indian Tob. Ind. (VITIM). Krasnodar, Publ. 137. pp. 51-56. 1939. (English summary). In: the Review of Applied Mycology 18:635. 1939.

IICA. Observatorio Agrocadenas Colombia, 2003. Disponible en Internet. <http://www.agrocadenas.gov.co>

ICA 2004. Resolución 00375 (Febrero 27 2004) Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. MADR.

IMÁGENES DE AZOTOBACTER Y AZOSPIRILLUM, 2007. Disponible en Internet: http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php?module=Book&func=displayarticle&art_id=274, <http://www.buap.mx/investigacion/microbio/image2.jpg>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA), 2004. Resolución 00375 (Febrero 27 2004) Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. Ministerio de Agricultura. Presidencia de la República. Disponible en Internet. <http://www.ica.gov.co>

IPGRI. KNUDSEN, H. (ED.). 2000. Directorio de colecciones de germoplasma en América Latina y el Caribe.

JAKOBSEN I., 1995. Transport of phosphorus and carbon in VA mycorrhizas. In A Varma, B Hock, Eds, *Mycorrhiza.* Springer-Verlag, Berlin, pp 297–324.

JANOS, D. P.1980. Micorrizae influence tropical succession. *Tropical succession:* 56-95

JARAMILLO, A.E; DÍAZ, C.A; SÁNCHEZ, G.D; TAMAYO, P.J. 2006. Manejo de Semilleros de Hortalizas, Manual Técnico N° 8. Corpoica, MADR, Rionegro Antioquia. 52 p.

KIM, K., JORDAN, D. y McDONALD, G., 1998. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil. Soils.* 26:79-87.

KUYPERT.W., CARDOSO I.; ONGUENE N.A., VAND NOODWIJK M AND VAN NOORDWIJK M., 2004. Managing Mycorrhiza in tropical Multispecies Agroecosystems. In: below –ground Interactions in tropical Agroecosystems: Concepts and models with Multiple Plant Components. CABI Publishing (ICRAF). Van Noordwijk M, Cadish C and Ong C.K. (ed) pag 243-261.

LAI, R., 1974. Soil temperature, soil moisture, and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. *Plants and soils* 40: 129-143.

MARTÍNEZ-VIERA, R.; DIBUT, B.; CASANOVA, IRMA Y ORTEGA, MARISEL,

1997. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre el semillero. *Agrotecnía de Cuba* 27 (1) : 23.

MORTON, J. B., 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. *Mycologia* 82: 192-207.

MOURA, R., MARTIN, J., MARTIN, A. y LIRAS, P. 2001. Substrate analysis and molecular cloning of the extracellular alkaline phosphatase of *Streptomyces griseus*. *Microbiology*. 147:1525-1533.

NEWHALL, A.G., 1955. Soil disinfestations of soil by heat, hot water, flooding and fumigation. *Botanical Review* 21: 189-233.

OSMAN, A. A., 1990. The role of soil solarization in the scope of *Meloidogyne* spp. Integrated control under sandy soil conditions. pp. 189-194. *En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.L., eds. Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization*. Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No. 109. Rome, 1991.

OGAWA, J.M.; E.I. ZEHR; G.W. BIRD; D.R. RITCHIE; K. URI Y J.K. UYEMOTO. 1995. Compendium of stone fruit disease. APS Press, The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp.85-91.

PEÑARANDA A, ROVEDA G., 2004. Evaluación de las interacciones *Rhizobium* y micorrizas arbusculares en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*. Var. *arvense*). Tesis de Pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.

PEOPLES, M. & CRASWELL, E., 1992. Biological nitrogen fixation; investments ex-

pectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*. 141: 13 – 39.

PROEXPORT, 2001-2004. Uchuva. Disponibles en Internet. <http://www.proexport.com.co/>

RAMÍREZ G. M., 2003. Biofertilizantes y Nutrición de plantas. *En: Manejo Integral de la Fertilidad del Suelo*. Triana p.m., Lora R., Gómez I, Peñalosa G. (Vds.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. PG 153-163.

RAMÍREZ M Y ROVEDA G., 2007 Memorias Curso de Producción de Biofertilizantes tipo Micorriza. CORPOICA-SENA

RICHARDSON A.E., GEORGE T.S. HENS M. AND SIMPSON R.J., 2003. Utilization of Soil Organic Phosphorus by higher Plants. In *Organic Phosphorus in the Environment*. Turner B.L., Frossard E. and Baldwin D. S. (Ed) CABI Publishing Manchester U.K. pag 165-184.

ROVEDA G Y SUÁREZ J., 2006. Potencial de las micorrizas arbusculares como biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Tesis de pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.


ROVEDA G, PEÑARANDA A., RAMÍREZ M, 2007. Efecto de la doble inoculación con *Rhizobium* y micorrizas arbusculares en arveja (*Pisum sativum* var. *arvense*). *Revista Agronomía Colombiana* (En impresión).

SALAMANCA, S. C. R., 2002. La Biofertilización: Una Alternativa Económica para la Nutrición de la Soya en el Piedemonte Llanero. Corpoica, PRONATTA, Boletín Técnico No 31, Ed. Guadalupe Ltda., Villavicencio- Meta. 24 pp.

SÁNCHEZ DE PRAGUER M., 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas Colombia-

- nos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 227 p.
- SCHENCK, N.C. AND PÉREZ, I., 1988. Manual for the identification for VA-mycorrhizal fungi. 2nd edition. Gainesville: university of Florida 245 p.
- SIEVERDING E., 1986. El papel de las micorrizas en la agricultura. Suelos Ecuatoriales XVI 52-58.
- SIEVERDING, E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agro-system. Germany: GTZ. 370 p.
- SILVA MONTEJO, O., 1989. Efecto de tres reguladores de crecimiento en el enraizamiento de estacas de mora (*Rubus glaucus* Benth). Bogotá, 102 p.: il. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- SINGER M. Y MUNNS D., 1999. Soils: An introduction. Prentice Hall. New Jersey, USA. Pp. 163-256.
- STAPLETON, J. J. AND DEVAY, J. E., 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection* 5: 90-198.
- STAPLETON, J. J., DEVAY, J. E. Y C. L. ELMORE, EDS. 1997. *Proc. of the Second Int. Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soil-borne pests*. Aleppo, Syrian Arab Republic. 16-21 March 1997. FAO Plant Protection and Production Paper No.147 Rome, 1998.
- SUÁREZ J., y ROVEDA G., 2006. Potencial de las micorrizas arbusculares como biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Tesis de pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.
- TORO M., 1996. Interacciones Microbianas de la Rizosfera Relacionadas con la Nutrición Fosforada de las Plantas: Aplicación en Suelos Ácidos Tropicales. Instituto de Zoología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. E-Mail: instzool@strix.ciens.ucv.ve
- TORRADO A, SÁNCHEZ G, PEDRAZA M, SAAVEDRA M., 2005. Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de la Uchuva en Colombia. FAO-CORPOICA-SENA-MADR.
- TAIZ LINCOLN AND ZEIGER E., 2006. *Plant Physiology*. Fourth edition. Sinauer Associates, Inc. p: 75-82
- VÁSQUEZ, P., HOLGUÍN, G., PUENTE, M., LÓPEZ-CORTES, A. AND BASHAN, Y., 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol. Fertil. Soils*. 30:460-468.
- VASSILEV, N.; VASSILEV, A.M.; AZCON, R. AND MEDINA, A., 2001. Application of free and Ca-alginate entrapped *Glomus deserticola* and *Yarrowia Lypolitica* in a soil-plant System. *Journal Of Biotechnology*. 91: 237-242.
- VARMA A. AND HOCK B., 1995. Mycorrhiza: Structure, function molecular biology and Biotechnology. Springer- Verlag. Berlin.
- WAGGONER, P.E., MILLER, P.M. AND DE ROO, H.C. 1960. *Plastic mulching: principles and benefits*. Conn. Agricultural Experimental Station Bulletin, 643.
- ZAPATA L; SALDARRIAGA A; LONDOÑO M y DÍAZ, C., 2002. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Boletín Técnico No 14. Corpoica. C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 40p.





Terminó de imprimirse en
mayo de 2008 en



produmédios

Producción de Medios de Comunicación

[www. produmédios.com](http://www.produmédios.com)

Tel: 288 5338

Bogotá, D.C., Colombia

