



## BOLETÍN DEL PROGRAMA NACIONAL SECTORIAL DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA BAJO AMBIENTES PROTEGIDOS

Número 3 Año 1

marzo - abril 2007

Costa Rica

### EN ESTE NÚMERO

- Evaluación agronómica de sustratos. Parte I.
- Los tipos de invernadero. Parte I.
- Control de la temperatura
- Daños ocasionados por moscas blancas
- Red Virtual sobre hortalizas

## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE SUSTRATOS. Parte I.

Freddy Soto Bravo  
Instituto Nacional de Aprendizaje - INA  
[fsotoina@costarricense.cr](mailto:fsotoina@costarricense.cr)

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto un papel de soporte para la planta, además de proteger las raíces y almacenar el aire, agua y nutrientes (Ansorena, 1994).

La granulometría y el tipo de material determinan las características físicas de un

sustrato, dentro de las cuales es importante determinar la densidad aparente y real, así como la retención de humedad a diferentes succiones, factores que permiten calcular la porosidad total y la relación **aire:agua** del sustrato.

En Costa Rica no existen metodologías validadas para el análisis e interpretación de las características físico-químicas de los sustratos, de allí la necesidad de analizar este tema.

En cultivos sin suelo, es muy importante asegurarse antes de sembrar que el sustrato tenga las características físicas óptimas, ya que una vez establecido el cultivo es imposible mejorarlas. Caso contrario sucede con las propiedades químicas, las cuales es posible enmendar en el ciclo de cultivo. Por ejemplo, un exceso de sales se puede corregir mediante lavado; altos o bajos niveles de uno o varios nutrientes pueden solucionarse ajustando las concentraciones en la solución nutritiva utilizada en el riego.

Al igual que un suelo, los sustratos se componen de una porción de aire, agua, y una fase sólida (fracción orgánica y/o mineral), con la diferencia de que la parte sólida del sustrato es muy inferior y la fracción ocupada por aire más agua es mucho mayor que en el suelo. Esto hace que el manejo del riego y la nutrición de cultivos en suelo y en sustrato sean diferentes.

En el siguiente cuadro se describen las características físicas de una mezcla de fibra de coco y cascarilla de arroz 1:1. La densidad aparente (**dap**) y la densidad real (**dr**) se



Parametro	Valor	Volumen (L)	% optimo
Volumen contenedor: Saco de cultivo para 6 plantas (L)	40	20	
Densidad aparente (Dap) gr/ml en base seca	0,1		
Densidad real (Dr) gr/ml metodo del picnometro	1,04		
Porosidad total (PT): 1-(Dap/Dr)	90,4	36,15	> 85%
% Fase solida (FS): 100-PT	9,6	3,85	< 15%
Total: PT+FS	100,0	40,00	
Porcentaje humedad a:			
10 cm.c.a Es el agua total: H10	68,85	27,54	55-70
50 cm.c.a H50	49,3	19,72	30-40
100 cm.c.a H100	36,9	14,76	25-30
Relación agua:aire			
Contenido de aire (CA) PT-H10	21,53	8,61	15-30
Agua facilmente disponible(AFD) H10-H50	19,55	7,82	20-30
Agua de reserva (AR) H50-H100	12,40	4,96	4,0-10,0
Agua total disponible (ATD) AR + AFD	31,95	12,78	24-40
Agua dffilmente disponible (ADD) H10-AFD-AR	36,90	14,76	

expresan en gramos por mililitro (g/ml), mientras la porosidad total, fase sólida, retención de agua y capacidad de aireación se expresan en porcentaje y volumen (litros) respecto a un saco de cultivo de 40 litros de sustrato. El sistema de cultivo en sacos consta de contenedores plásticos flexibles que miden 1,2 metros de largo por 20 cm de diámetro, cultivado con seis plantas de tomate indeterminado, colocadas a dos plantas por sitio de siembra cada 50 cm. Las variables físicas evaluadas se comparan con un parámetro óptimo (cuadro 1) según Abad y Col. (1992) citados por Ansorena (1994).

La densidad aparente es la masa seca a 105 °C de la fracción sólida por volumen de sustrato y generalmente se expresa en gramos / mililitro (g/ml o cm<sup>3</sup>). La densidad real o de partícula se define como el cociente entre la masa seca de la fracción sólida a 105 C y el volumen ocupado por estas partículas sólidas, excluyendo la porosidad total del sustrato, y se expresa en g/ml.

La densidad aparente de la mezcla de cascarilla de arroz más fibra de coco (0,1 g/ml) es menor al óptimo (0,4 g/ml), lo cual garantiza que es un sustrato liviano, aspecto importante desde el punto de vista del manejo operacional. La densidad real obtenida (1,04 g/ml) está por debajo del rango optimo (1,45-2,65 g/ml) lo cual se refleja en la liviana y pequeña fracción sólida (9,6 % = 3,85 l.) respecto a una alta porosidad total del sustrato (90,4 % = 36,15 l).

Tanto la densidad aparente como la densidad real evidencian la ligereza del sustrato dada su alta porosidad total.

La porosidad total (Pt) incluye la capacidad de aireación (macroporos) y de retención de humedad (microporos), y se expresan en porcentaje respecto a volumen de sustrato. Conociendo la densidad aparente y real del medio se puede calcular la porosidad total:

- ✿  $Pt = (1 - da / dr) \times 100$
- ✿  $Pt = (1 - 0,1g/ml) \times 100 = 90,6 \%$
- ✿  $Pt = 1,04 g/ml$

Esta se refiere al cociente entre el volumen total de poros y el volumen total del sustrato, e incluye los microporos que son los que retienen el agua y los macroporos que alojan el aire en el medio. La alta porosidad total (90,4 % = 36,15 l de 40 l de sustrato) junto a un bajo porcentaje de la fracción sólida en la mezcla (cascarilla de arroz más fibra de coco 1:1) se ajustan al rango óptimo, mayor a 85 % y menor a un 15 %, respectivamente.

Sin embargo, no basta determinar cual es la Pt en el sustrato, sino que es importante saber como se distribuye ésta, en macroporos (porosidad de aire) y microporos (retención total de agua). Conociendo la Pt y la capacidad total de retención de agua a una succión de 10 centímetros de columna de agua (10 cm.c.a.), H10, se puede calcular la capacidad de aireación (CA) o porosidad de aire según la siguiente fórmula:

- ✿  $CA = Pt - H10$
- ✿  $CA = 90,4 \% - 68,85 \% = 21,53 \%$

## LOS TIPOS DE INVERNADEROS. Parte I.

Guido Barquero  
Consultor Privado  
[solatec@ice.co.cr](mailto:solatec@ice.co.cr)

Los diseños de un invernadero dependen muchas veces del ingenio de sus constructores. Sin embargo, en Costa Rica se han seguido patrones básicos a lo largo de los años. Paso a señalar los principales y más conocidos:

### ➔ EN CAPILLA O DOS AGUAS

Es un diseño clásico por la facilidad de la construcción, tiene la forma de una casa a dos aguas y puede o no tener monitor para evacuar el aire caliente. Por lo general son estructuras de madera, se utiliza particularmente pilares de árboles como eucalipto o ciprés. Tienen entre 7 y 9 metros de ancho, lo cual significa que la ventilación es bastante buena. Su origen se remonta a los invernaderos artesanales del sur de Portugal.

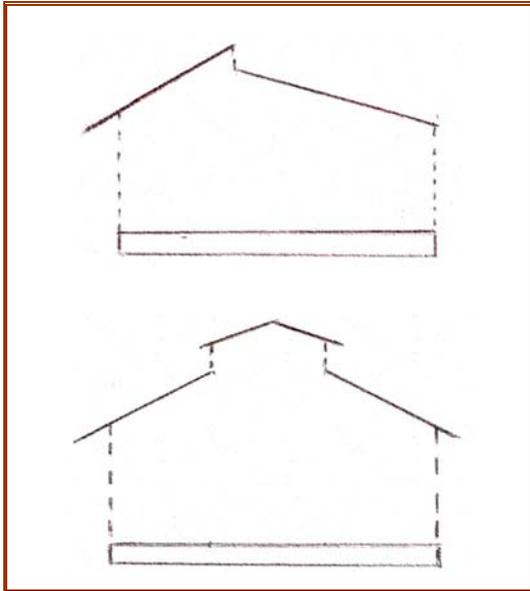


Figura #1. Invernaderos en capilla o dos aguas, con abertura cenital.

### ➔ DIENTE DE SIERRA

Estructura diseñada con techos de una sola agua, donde la parte baja del techo siguiente se inicia en la parte alta del anterior, así sucesivamente de manera que a lo largo da un aspecto de sierra con muchos

picos. En nuestro país este tipo de invernadero se utiliza mucho en el cultivo de flores, particularmente en Poás y Llano Grande de Cartago. Su origen se remota a la zona del altiplano de Colombia.

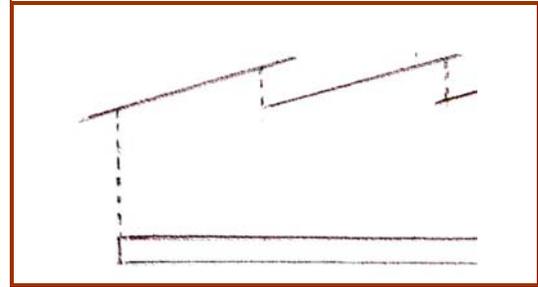


Figura #2. Invernadero Diente de Sierra.

### ➔ EN ARCO

Son estructuras en metal arqueado, normalmente se utiliza tubo industrial y la dimensión del arco a lo ancho es de 5,0 hasta 5,5 m. Este diseño es sencillo y tiene la ventaja de permitir un mayor porcentaje de aprovechamiento de la luz solar, por el menor grosor y cantidad de materiales utilizados, además es barato y sencillo de montar. Las paredes verticales son de 1.5 hasta 3 m y van forradas con plástico, sarán o malla anti-insectos. En nuestro país este sistema de producción se inició en forma de túneles, para la producción de cultivos en las zonas altas de Poás y Zarcero, particularmente fresa y hortalizas de hoja. Su origen se remonta a las formas de los invernaderos de Sicilia (Italia) y Marruecos.

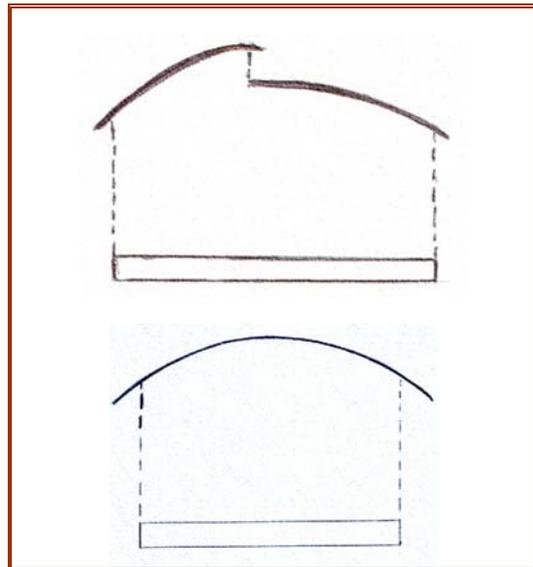


Figura # 3. Invernadero en Arco. Arriba con salida cenital, abajo sin salida cenital.

## CONTROL DE LA TEMPERATURA

---

Francisco Marín Thiele  
Gerente de ProNAP  
[framathi@costarricense.cr](mailto:framathi@costarricense.cr)

El control de la temperatura se constituye en uno de los factores de mayor importancia en la producción bajo ambientes protegidos. Muchos esfuerzos se han desarrollado en el trópico para reducir las temperaturas empleando un mínimo de energía, razón obvia que se desprende de los costos y la disponibilidad de fuentes.

La temperatura del aire interno en un módulo productivo, ofrece interesantes patrones; estos varían de acuerdo con el diseño, el sitio específico dentro del módulo, el flujo de aire y la hora. La temperatura debe ser vista entonces como una variable altamente cambiante en tiempo y espacio, y su comportamiento se podría comparar con los aparatos de distracción (anti-estrés) que contienen dos sustancias gelatinosas de diferente color que fluyen a causa del calor que emana de la base.

Las corrientes internas de aire se modifican a causa de la estructura y la acumulación de calor, considerando que el aire caliente es más liviano y que se desplaza hacia arriba y que ese proceso ocasiona movimientos heterogéneos, lo cual a su vez implica que no todos los sitios (vertical u horizontalmente) poseen aire a la misma temperatura.

Esto lleva a la necesidad de analizar su comportamiento en los módulos, pues el diseño debe permitir "comodidad fisiológica" para la planta, a fin de maximizar la eficiencia productiva. Los mecanismos mayormente empleados en reducción de temperatura interna han sido la ventilación y el enfriamiento evaporativo. En el primer caso el enfriamiento se logra con ventanas cenitales y cortinas laterales, que se puede apoyar con ventiladores internos para aumentar el caudal de movimiento de aire. En el segundo, por medio de humedecimiento, lo que permite la absorción del calor por el agua, que se evapora antes de caer al suelo. Ambos procesos deben idealmente conjuntarse a favor de un aumento en la eficiencia de enfriamiento.

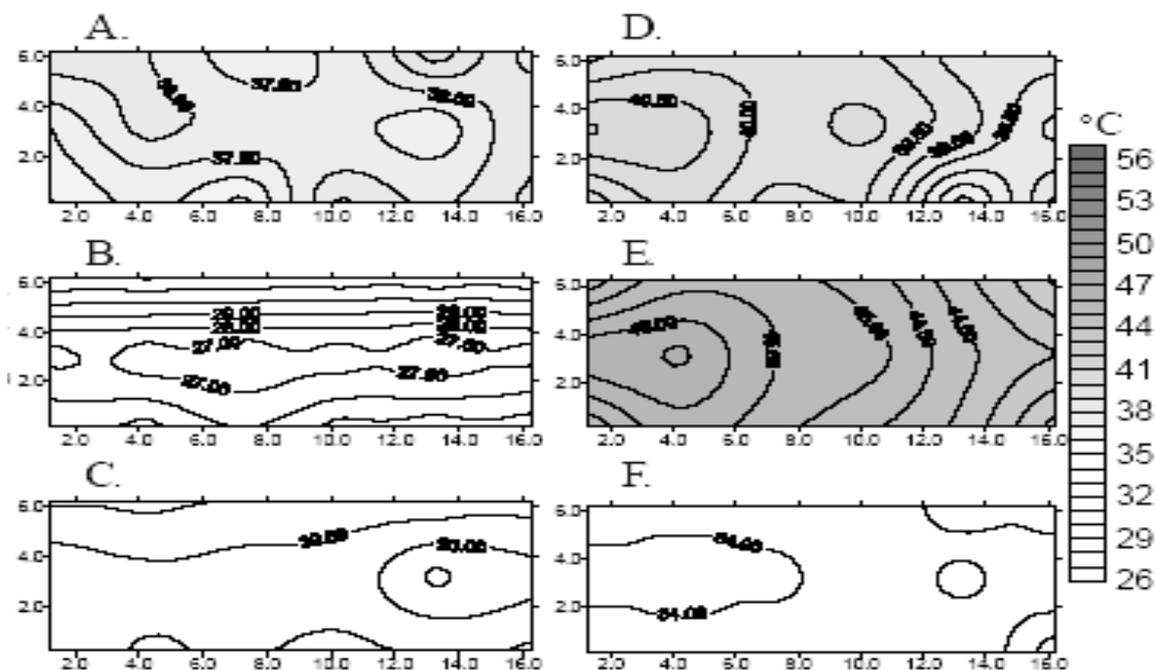
Sin embargo, como se indicó, las temperaturas del aire pueden variar de manera significativa en distintas alturas dentro del módulo. Las áreas más calientes son aquellas más arriba de 2 m, por acumulación y efecto directo de la radiación. Pero también se forman núcleos de aire caliente en las zonas centrales de los módulos, efecto del arrastre de aire más caliente por las corrientes laterales.

La figura que se presenta al final del comentario, corresponde a resultados de Furlán y Folegatti <sup>1</sup> y se nota cómo la temperatura varió en el plano de 0,5 cm de altura en un módulo con sistemas de enfriamiento (izquierda) o estando cerrado (derecha) a diferentes horas: 9:00, 12:30 y 17:00. En el sistema cerrado, el comportamiento de la temperatura es más estable, por tratarse de un sistema aislado, rígido, pero con valores extremos de más de 50 C. En este trabajo se demostró que en algunas situaciones el diferencial de temperatura puede ser de hasta 39 %, lo cual significa mucho cuando se habla de eficiencia metabólica.

El artículo mencionado contiene un análisis sobre distintos estratos y momentos de lectura térmica, y se sugiere su lectura para ahondar en el tema. Hay que recordar sin embargo dos cosas. Por un lado, que para lograr una reducción de temperatura habrá que sacar el aire caliente por las ventanas cenitales y que ello depende de la diferencia de presión entre el ambiente interno y el externo para lograr un efecto de ventilación (en el ambiente cerrado eso no es eficaz). Y por otro lado, que la eficacia de la nebulización para reducir la temperatura interna depende de la diferencia en presión de vapor, lo cual significa que un aire muy cargado de humedad no permitirá que se de este efecto fácilmente. La observación permanente, se vuelve necesaria para interpretar los efectos y las necesidades, pero también se hacen indispensables instrumentos de medición, pues esto debe correlacionarse con los requerimientos de la fisiología del cultivo, principalmente la fotosíntesis.

---

<sup>1</sup> Burlan, R & Folegatti, M. 2002. *Distribuição vertical e horizontal de temperaturas do ar em ambientes protegidos*. Rev. Brasil de Eng. Agric. e Ambiental 6(1):93-100.



## DAÑOS OCASIONADOS POR MOSCAS BLANCAS

Luko Hilje Quirós  
 Consultor Privado  
[luko@ice.co.cr](mailto:luko@ice.co.cr)

En un artículo previo indicábamos que de las más de 1000 especies de moscas blancas descritas hasta ahora, sobresalen dos por su capacidad de provocar daños serios en el campo agrícola: *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Y, como dentro de la noción y prácticas del manejo integrado de plagas (MIP) es esencial conocer el tipo de daño que causan, los riesgos implicados y su impacto económico, en este artículo se resume lo conocido al respecto.



En América Latina, *B. tabaci* ataca más de 25 cultivos, entre los que destacan el

tomate, chile dulce y picante, frijol, pepino, melón, sandía y algodón, mientras que *T. vaporariorum* afecta esos mismos cultivos, así como la papa. Además, ambas especies atacan muchas especies de plantas ornamentales.

Ambas tienen hábitos alimentarios parecidos. Las ninfas y los adultos punzan las hojas para extraer la savia, por lo general en grandes volúmenes, lo que debilita mucho las plantas. También, al hacer esto, excretan el exceso de "mielcilla" sobre las hojas inferiores y entonces crecen hongos (fumagina) que recubren el follaje como un hollín o costra que bloquea la luz e interfiere con la fotosíntesis, reduciendo las cosechas y deteriorando la apariencia de los productos.

Sin embargo, a pesar de sus similitudes, también hay diferencias importantes. Cuando las ninfas o los adultos extraen la savia, pueden adquirir virus -si una planta está infectada-, y diseminarlos después. Aunque *T. vaporariorum* puede transmitir pocos virus, todos ellos conocidos como crinivirus (de la familia *Closteroviridae*), mundialmente *B. tabaci* está asociada con más de 200 tipos de virus, sobre todo del género *Begomovirus* (de la familia *Geminiviridae*). Aunque siempre se ha sostenido que el combate de los virus como tales es imposible, hay evidencias de que

esto no es así, y será discutido en un artículo posterior.

Otra diferencia importante es que en *B. tabaci* hay una raza o biotipo (denominado **B**) cuyas ninfas poseen en su saliva unas sustancias toxicogénicas, que afectan la fisiología de las plantas provocando alteraciones (síndromes), tales como: maduración irregular del tomate, hoja plateada de las cucurbitáceas, palidecimiento del tallo en brócoli, y amarillamiento del follaje en lechuga. Dichos síndromes causan pérdidas en peso de los productos, o afectan su calidad. Cabe indicar que si las ninfas son eliminadas, el daño se puede detener.

Por fortuna, en los invernaderos la especie predominante es *T. vaporariorum*, que es mucho menos peligrosa que *B. tabaci*. No obstante, es preciso diferenciarlas bien -tanto en su identificación como en el tipo de daño que causan-, para valorar bien la inversión que deba hacerse para combatirlas, según la especie de que se trate.

## RED VIRTUAL DE HORTALIZAS

Carlos H. Méndez  
Programa de Hortalizas  
Universidad de Costa Rica  
[cmendez@cariari.ucr.ac.cr](mailto:cmendez@cariari.ucr.ac.cr)

El país y sus instituciones han avanzado hacia nuevas tecnologías y medios de comunicación; es en este nuevo ámbito, donde el uso de la Internet debe aprovecharse para favorecer el conocimiento y el intercambio de información tecnológica, de manera que sean incrementados los beneficios académicos, sociales y económicos de la sociedad costarricense.

La Internet es de especial importancia en el desarrollo de nuevas herramientas de transferencia de tecnología e información, mediante las diversas modalidades de educación virtual y a distancia, en contraposición con la tradicional metodología basada en conferencias y cursos presenciales.

En una época caracterizada por el dominio de la información, donde la constante generación de nuevo conocimiento y transferencia a los usuarios son factores de desarrollo social y económico, es importante que las Instituciones Públicas y el Sector Agropecuario contribuyan a romper las barreras que limitan el acceso a la información sobre tecnologías agrícolas. Las redes permiten a sus miembros el acceso a documentos de diversa índole, tanto producidos en el exterior como de información científica generada en el país, así como el fortalecimiento e intercambio de experiencias entre los participantes.

Debido a las condiciones nacionales de desarrollo tecnológico, acceso a la Internet, disponibilidad de información, diversidad y complejidad agronómica de los cultivos olerícolas, además de las muchas carencias en el proceso de difusión y las necesidades de los actores, incluyendo a los desarrolladores y evaluadores de proyectos, se justifica la creación de una Red Virtual de Hortalizas.

La Red Virtual de Hortalizas es un espacio en la Internet donde interactúan los académicos, profesionales, productores, empresarios y estudiantes del sector productor de hortalizas. La Red está instalada en un servidor de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias y es un proyecto del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno.

Existen varias plataformas informáticas para la educación a distancia o virtual, todas ellas poderosas pero con la limitación en el costo de las licencias. El sistema propuesto, Moodle, es una plataforma abierta y gratuita, con ventajas como facilidad de acceso, ambiente amigable, flexibilidad para la organización de actividades y no depende de una estructura administrativa. La plataforma Moodle cuenta con dos poderosas herramientas, el cuerpo principal, organizado en temas de interés y el "foro y novedades", que permite el intercambio de experiencias y conocimientos por parte de los miembros de la Red.

En el cuerpo principal, la información se organiza por temas, por ejemplo, "Cultivo de tomate", "Cultivo de chile", "Manejo integrado de plagas", "Manejo poscosecha", etc. Nuevos temas podrán ser incorporados a solicitud de los miembros. En cada tema se incluirán documentos en formato PDF, originados en presentaciones, fotografías,

textos, hojas electrónicas, artículos y libros con libre acceso en Internet, video clips, así como ligas a otras páginas electrónicas.

Mediante las herramientas “foro” y “novedades”, se permite la discusión y el intercambio diferido de experiencias propias de la temática de la red. Estas herramientas hacen uso de las direcciones electrónicas para diseminar información entre los miembros, pero no se trata de un servicio “chat”.

## PRODUCTOS

**A.** Acceso a la base de datos de la red y a motores de búsqueda especializados en agricultura que se identifiquen.

**B.** Identificación de sitios que ofrecen información libre sobre producción de hortalizas y otros aspectos de la agro-cadena.

**C.** Un foro para promover la comunicación y el intercambio de experiencias.

## ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA RED

La Red Virtual de Hortalizas está concentrada en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, en el sitio <http://163.178.118.24/moodle/>. La administración del proceso es compartida con miembros de Instituciones Públicas del Sector Agropecuario, a quienes se puede referir ante cualquier inquietud:

**Universidad de Costa Rica:**

**Carlos H. Méndez**

[cmendez@cariari.ucr.ac.cr](mailto:cmendez@cariari.ucr.ac.cr)

**Gustavo Quesada**

[gustavoq@cariari.ucr.ac.cr](mailto:gustavoq@cariari.ucr.ac.cr)

(Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit)

**Ministerio de la Agricultura y Ganadería**

**Rolando Tencio**

[rolandotencio@costarricense.cr](mailto:rolandotencio@costarricense.cr) (Dirección Central Oriental)

**Francisco Marín**

[framathi@costarricense.cr](mailto:framathi@costarricense.cr) (Dirección de Programas Nacionales).

Código **APB-03**

Este Boletín ha sido elaborado por la Gerencia del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola en Ambientes Protegidos, adscrito al despacho del Ministro de Agricultura y Ganadería de Costa Rica a través de la Dirección de Programas Nacionales. Pretende proveer a los usuarios información relacionada con los diversos sectores de la producción agrícola bajo ambientes protegidos. Las contribuciones son responsabilidad de sus autores y no necesariamente implican una recomendación o aplicación generalizada. Para más información, dirijase a los colaboradores o bien comuníquese por medio de los teléfonos (506) 231-1949 ó al (506) 257-9355 -extensión 336.

Edición: F. Marín