

BOLETÍN DEL PROGRAMA NACIONAL SECTORIAL DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA BAJO AMBIENTES PROTEGIDOS

Año 12 (número 72)
Set-Oct de 2018



- 2** Panorama de los injertos de tomate en Costa Rica
- 4** Calentamiento global, estrés térmico y agricultura protegida: lectura recomendada
- 7** La agricultura protegida en el sistema de educación superior costarricense
- 10** Producción de hortalizas de hoja mediante aeroponía. I. Apreciación general de la respuesta de los cultivos.
- 14** Anuncio: Conferencia

PANORAMA DE LOS INJERTOS DE TOMATE EN COSTA RICA

Jordi Monge Jeremías

inversionesalmatropic@gmail.com

Almácigos Tropicales - Almatropic

Introducción

Desde su utilización de parte de las culturas Orientales hace más de 500 años, la técnica del injerto, tanto en frutales como en hortalizas, ha sido una herramienta de los agricultores para obtener mejores cosechas, producto de un mayor vigor y mejor sanidad a nivel de raíz que proporciona esta técnica a las plantas de importancia comercial.

Esta técnica de producción consiste en utilizar como base o patrón una planta del mismo género o especie que posee características de rusticidad ante problemas físicos o fitosanitarios del mismo suelo (textura-estructura). A estos patrones o porta injertos se les “monta” una copa comercial con características de alta producción y buena calidad de fruto (Figura 1), pero que normalmente son sensibles a problemas del suelo.

En Costa Rica, esta técnica ha sido ampliamente utilizada en cultivos frutales desde hace muchos años, pero en el caso de cultivos hortícolas no tiene más de 5 años de probarse de forma comercial en cultivos como chile dulce, sandía y tomate.

Evolución del injerto de tomate en Costa Rica

La necesidad del injerto en el cultivo de tomate en Costa Rica nace ante varias siguientes circunstancias como la proliferación de híbridos de alta productividad, aunque sensibles a problemas del suelo, el desarrollo urbano

desordenado que obliga al productor a retomar fincas que no volvió a sembrar por problemas del suelo, a la búsqueda por la máxima expresión productiva del híbrido y la necesidad de evitar tener que viajar a zonas muy alejadas en busca de terrenos sin problemas.



Figura 1. Planta de tomate injertada y en proceso de prendimiento.

La técnica del injerto de tomate en Costa Rica no tiene más de 5 años; y se empezó a hacer comercial a pequeña escala. En un principio se aplicó la técnica utilizada en Europa en donde la altura y el ángulo de corte buscan

adaptar a la planta a sistemas hidropónicos en ambientes protegidos o controlados. Este sistema no dio buenos resultados ya que el enfoque de injertos de tomate en nuestro país va orientado hacia la protección fitosanitaria, en primer lugar, y la vigorización en segundo plano.

Esta situación obligó a los técnicos a buscar una técnica diferente para adaptar los injertos a cultivos a campo abierto y a nuestras condiciones tropicales. Fue entonces cuando se experimentó hacer el corte a mayor altura (sobre los cotiledones) con el fin de alejar la herida del suelo y evitar la contaminación por salpique de suelo.

Otro ajuste que se hizo fue con el ángulo de corte el cual se realizó en 45° con el fin de buscar mayor área de contacto y mayor resistencia al golpe de viento.

La cantidad de injertos pasó de menos de 5000 en el año 2015 a más de 1,5 millones en el año 2017 (Figura 2).

Comentarios finales

Hoy en día, esta técnica sigue creciendo en Costa Rica debido a que ha llegado a resolver una serie de problemas al productor, bajando riesgos en el proceso productivo y potencializado mejoras en la cosecha.

Diversos elementos favorecedores hacen que la relación costo-beneficio de esta técnica, justifique la inversión de realizar injerto de tomate en nuestro país. Pueden mencionarse entre ellos alta tolerancia a enfermedades como *Ralstonia*, *Fusarium* y *Verticilium*, tolerancia media a tres especies de nematodos del género *Meloidogyne*, aumento en el vigor del híbrido comercial (copa), mayor número de días de cosecha (hasta un mes más respecto a los no injertados) y mayor número de frutas de primera calidad.



Figura 2. El uso de plantas injertadas va en franco aumento.

CALENTAMIENTO GLOBAL, ESTRÉS TÉRMICO Y AGRICULTURA PROTEGIDA: lectura recomendada.

Francisco Marín Thiele

francisco.marin.thiele@gmail.com

Programa Nacional de Agricultura Protegida, Convenio CNP/MAG

Bien sabido es que ocurren cambios importantes en el clima de nuestro planeta; y que estos generan alteraciones en la biología y la sociedad. En particular, el incremento en las temperaturas, directamente ocasionado por aumentos en la radiación, es tal vez el principal anuncio que hacen los expertos.

La agricultura no se encuentra exenta de los efectos mencionados y de otros más que ya son evidentes en Costa Rica. Y con ello se plantean requerimientos de respuesta, pues desatender la producción de alimentos, no es una opción. La agricultura protegida ha sido identificada como un instrumento para apoyar el cometido de los productores en diversos tipos de especies vegetales, pues además de mejorar el uso del área, del agua y de reducir el consumo de plaguicidas, es por definición un proceso que permite evitar algunas de las afecciones provocadas por el clima, como intensa radiación, lluvias y vientos.

Sin embargo, debe haber claridad en tanto que cualquier estructura que se construya para proteger cultivos, esto es, un techo o paredes, provoca un aumento en la temperatura del interior mediante la transmisión y acumulación de energía. Es en los trópicos tal vez, en donde el diseño de estructuras sea más comprometedor, dadas las necesidades de mantener costos bajos a la vez que condiciones aptas para el desarrollo de los cultivos, mediante enfriamiento pasivo (sin necesidad de equipos) y la selección de materiales de construcción y cerramiento apropiados.

Es innegable sentir diferencia y un ambiente más fresco al salir de una estructura, se trate de invernadero o bandas plásticas. Esto es, las plantas y las personas están expuestas a condiciones de alta radiación y temperatura. Y es claro que, en condiciones normales, la acumulación de energía se evidencia y afecta también a las plantas, asunto que se tiene por subestimado por parte de técnicos y productores; y a ello debe sumarse el efecto del calentamiento global, que para fines prácticos es acumulativo.

Para entender mejor este asunto, es menester la lectura de un artículo de Chaves y Gutiérrez sobre *Respuestas al estrés por calor en los cultivos II. Tolerancia y Tratamiento Agronómico*, publicado en la revista *Agronomía Mesoamericana* en 2017, se abarca el tema en forma amplia, mediante profusa revisión bibliográfica. En él, se ofrece un gran número de ejemplos en torno de la reacción de las plantas al estrés por calor, tanto en anatomía, morfología como fisiología. La lectura de este documento es fundamental para conocer de manera integral el asunto que se tiene entre manos y la importancia de su atención.

En él, se destaca el “equilibrio” como punto de partida, como elemento que permite un balance apropiado de las funciones vitales de cualquier organismo; y es tratado desde la óptica de la energía y de cómo las relaciones entre la planta, el ambiente y el medio de cultivo pueden ser afectadas de manera negativa por el incremento de las temperaturas (Figura 1). De seguido, describe las respuestas de las plantas ante alzas en las temperaturas

con base en los indicadores ya señalados, que en algunas oportunidades y bajo ciertos límites pueden ser positivas (asunto propio en los módulos de agricultura protegida), pero que más allá, significan trastornos o eventos negativos que finalmente provocan deterioro de la funcionalidad de las plantas; luego de 33 o 35 C, habrá que observarlas cuidadosamente.



Figura 1. Típico daño por exceso de calor en lechuga, conjugado con problemas de metabolismo del calcio.

Sumado a ello, se señala que debe tenerse en consideración la temperatura nocturna, pues es en muchas ocasiones de mayor significancia, dado que algunos eventos propios del proceso reproductivo podrían haber evolucionado para desarrollarse en los periodos más frescos del día. La temperatura en los sistemas radiculares también debe atenderse y esto depende en parte de las cualidades de los sustratos y los sistemas de riego.

El artículo alerta así mismo sobre el efecto de altas temperaturas sobre las enfermedades. La complejidad en la respuesta de los tejidos al calor implica una importante inversión de energía en la producción de sustancias secundarias cuya función es la de evitar precisamente daños en el metabolismo, como parte del mecanismo de termo-tolerancia. Sin embargo, esto significa una ruptura de la atención de los procesos normales y se señala

un claro debilitamiento de las defensas naturales.

Los autores describen igualmente varias herramientas de aplicación agronómica para atender posibles efectos por estrés calórico. Dentro de las más importantes tal vez, están el mejoramiento genético y el adecuado riego, más manejable por el productor, de manera que el equilibrio se facilite. De allí la importancia en el conocimiento del riego y la apropiada nutrición, eventos de por sí inseparables.

Y como parte de las acciones propias de la agricultura protegida, de las más significativas, discuten sobre los materiales de cerramiento en tanto el efecto de sombra, para evitar (o administrar) parte de la radiación. En ese contexto dan buenos ejemplos acerca de diferentes materiales, con distintas capacidades para reducir el ingreso de la energía, absorber energía o facilitar la ventilación. Debe atenderse por tanto que, en todos los casos, la selección de materiales debe ser cuidadosa y estar relacionada con la estructura de soporte (el metal absorbe mucha energía), el clima de la zona y el diseño funcional de la estructura.

Así mismo, se hacen en el documento interesantes observaciones relacionadas con el diseño. Por ejemplo, tejidos finos (como mallas anti-insectos), además de reducir la capacidad de paso del aire forman en el entramado un ambiente de vapor de agua que provoca dificultad para que el calor se disipe, lo cual da ventaja a las casas de sombra por su mayor capacidad de paso del aire (Figura 2). El sarán también es considerado (sus hilos por lo general son planos), de manera que, junto con el color negro y las dimensiones de los módulos, podría acumularse calor, reducirse el paso del aire y generar un gradiente térmico importante, que se ve favorecido por la dificultad de salida del aire caliente.

En términos generales, evidencian que el intercambio gaseoso debe favorecerse a fin

de evitar la acumulación de calor y de excesos de vapor de agua. Con base en ello, aparte de estructuras formales tipo invernadero que obedecen en su diseño a elementos termodinámicos más precisos, estructuras más simples deben facilitar el paso del aire mediante apertura de paredes, uso de terrenos en pendientes (suaves) y con lados con mayor exposición hacia la dirección natural del aire. Las casas de sombra por tanto, se establecen como los diseños más prácticos para pequeños y medianos productores, aunque para mejorar la eficacia del sistema deben incorporarse otros elementos como mallas anti-pájaros, cobertores plásticos para eras, acciones MIP y, por supuesto, riego o fertirriego.

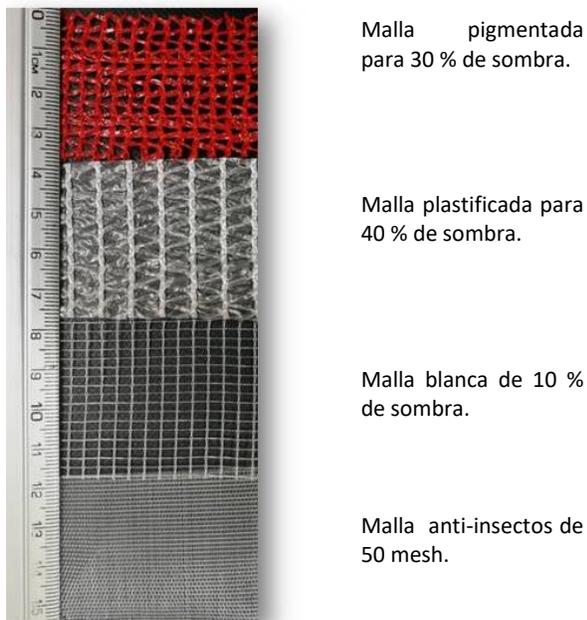


Figura 2. Algunos tejidos: su selección debe estar acorde con el agente por evadir y las condiciones del clima,

El artículo trata más información de interés que vale analizar. Pero debe señalarse que en el campo se observan vacíos de conocimiento y carencias operacionales que son motivo de inquietud, pues la agricultura protegida, para ser eficientemente desarrollada

y cumplir con su cometido, lleva implícito el concepto de la precisión. Valga la oportunidad entonces para llamar la atención sobre la necesidad de aventurarse con alguna inversión (Figura 3) en equipos básicos de registro preferiblemente continuo de temperatura y humedad relativa, variables de cuyo comportamiento a través de los días y los ciclos, se puede obtener información valiosa para proyectar acciones de manejo del cultivo, con base en su respuesta ante el clima del interior del módulo y de acuerdo con las etapas del desarrollo (fenología) de las plantas. Así mismo, en un segundo paso y como resultado de la experiencia positiva que ello implica, considerar la incorporación de sensores de humedad de sustrato (o suelo) y de conductividad eléctrica, para tomar decisiones en razón de las necesidades de riego y la calidad de las soluciones nutritivas. Otras acciones se asumirán luego con facilidad en tanto el productor perciba los resultados de su esfuerzo.

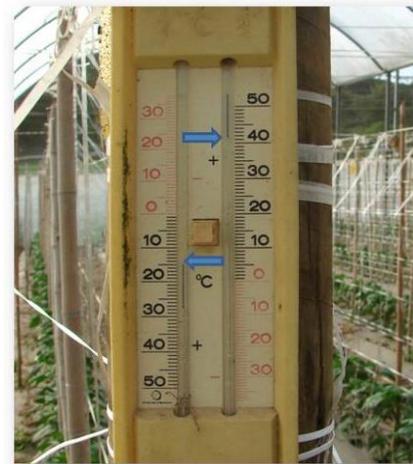


Figura 3. Muy bien podría el productor comenzar por registro frecuente de temperaturas y sus máximas y mínimas, para conocer el comportamiento de la temperatura en su módulo productivo. Automatizar la lectura es lo que sigue.

El artículo:

Chaves-Barrantes, N.F. y Gutiérrez-Soto, M. V. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):225-271.

LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN EL SISTEMA DE EDUCACIÓN SUPERIOR COSTARRICENSE

Juan Rafael Mora Camacho

juan.mora.camacho@una.ac.cr

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional

Desde los años 80 la agricultura protegida se posicionó como una herramienta tecnológica de uso común en la agricultura costarricense para la producción de ornamentales, tanto de follajes como flores de corta y helechos. Estas estructuras fueron establecidas como parte del impulso a la sustitución de importaciones, sobre todo agricultura no tradicional, por el Estado y por entes como CINDE.

En ese periodo, la principal base tecnológica fue aportada por consultores extranjeros y se tenía muy poco control y monitoreo de los aspectos del ambiente interno que estas estructuras regulaban.

Para los años 90, se inició con la producción de hortalizas, principalmente chile y tomate, y se complementó este proceso con la adopción de la hidroponía en muchos pequeños sistemas de producción, que eran promovidos por el INA y el MAG (Figura 1).



Figura 1. Ejemplo de la tecnología básica inicial para enfrentar a pequeños productores a la agricultura protegida (Foto F. Marín)

Con el último Censo Nacional Agropecuario, 2014, se determinó un crecimiento cercano a 600 % en el número de fincas con algún nivel de aplicación de esta tecnología, respecto a lo identificado en censo de agricultura protegida 2008-2009, lo cual refleja la importancia de esta actividad en el sector agrícola, principalmente en la producción de hortalizas de hoja, chile, tomate.

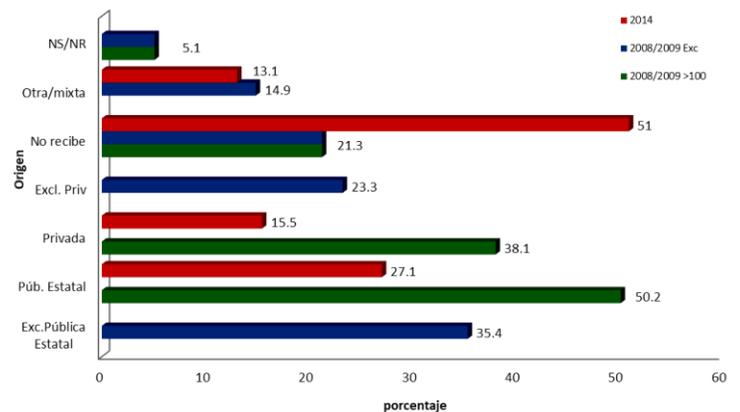


Figura 2. Distribución de la asistencia técnica. Entre 2008/2009 (en verde) y 2014 (en rojo), el crecimiento de la asistencia pública y privada fue positivo, aunque aún es insuficiente (Com. F. Marín, ProNAP)

Conociendo este escenario, surge la inquietud de cómo se han atendido los requerimientos de asesoría técnica sobre el tema por parte de los profesionales que tanto el ámbito institucional público como privado, se encargan de respaldar estos proyectos a nivel nacional (Figura 2). Y dónde y cómo se han formado en el tema, y si este proceso es suficiente para garantizar una adecuada

atención de las variables relacionados con la agricultura protegida.

Si analizamos los planes de estudio vigentes en la formación de ingenieros agrónomos, en los últimos 10 años, es posible observar poca oferta de cursos enfocados en la producción en agricultura protegida en la mayoría de las universidades estatales. En un análisis realizado con información aportada por los integrantes del Programa Nacional de Agricultura Protegida (ProNAP), se identificaron solo dos universidades que ofrecen cursos específicos sobre el tema. La Universidad Nacional en la Sede Central, como parte de la carrera de Agronomía, y el ITCR, en Cartago como en Santa Clara, como parte de las carreras de Ingeniería agrícola y Agronomía.

La Universidad de Costa Rica ofrece los cursos de Infraestructura Agrícola y Principios de Transferencia del Calor, en la Carrera de Ingeniería Agrícola, que tocan temas afines de manera puntual; y en la carrera de Agronomía algunos cursos como la Práctica Agrícola, Sistemas de producción de Cultivos y Olericultura, desarrollan temas afines.

Respecto a la UNED, no se contó con el detalle de los cursos, pero se informó que no tenían un curso específico dentro de la oferta, aunque de igual manera algunos cursos desarrollaban contenidos afines.

La UTN por su parte, está en proceso de elaboración de un plan de estudio que se enfocaría específicamente a esta temática, pero no se cuenta con información sobre el grado de avance de este.

Lo que sí ha sido reforzado es la generación y validación de conocimientos a nivel de la investigación entre las universidades, inicialmente con el aporte del ProNAP y la Fundación FITTACORI, que han introducido dentro de sus proyectos y trabajos de graduación (Figura 3), el uso de invernaderos y el monitoreo de variables

ambientales, nutricionales, fitosanitarias y de manejo, con el fin de analizar la respuesta y el rendimiento de los cultivos con esas variables obteniendo información sobre curvas de absorción, requerimiento hídrico de los cultivos, efecto de la luz, incidencia y manejo de plagas y enfermedades, bajo sistemas de agricultura protegida. Ello ha permitido generar una base de conocimiento que está siendo transmitida a productores y técnicos, e incorporada en los contenidos de los cursos de los diferentes planes de estudio.

Es muy importante que los estudiantes se relacionen con esta tecnología y adquieran destrezas básicas que les permitan enfrentar en su vida laboral los retos que la agricultura protegida plantea a los productores, ya que, bajo estos sistemas, el margen de error es mucho más pequeño, dado el impacto que puede tener en el cultivo un mal manejo de aspectos como la calidad del agua, salinidad, pH, nutrición, humedad, temperatura, etc. Además, está la necesidad de poder adaptar el diseño de la infraestructura a las condiciones ambientales que se enfrentan en las diversas regiones del país y la adopción de instrumentos de medición que permitan contar con información en tiempo real para tomar decisiones.



Figura 3. con el acompañamiento del ProNAP se han podido realizar trabajos de graduación para aumentar la generación de conocimiento (Foto. F. Marín).

Durante el Foro sobre Investigación e Innovación en Agricultura Protegida en 2017, en el cual se analizó el avance en la generación, validación y transferencia de tecnologías para ordenar y dirigir la investigación en mejora de la competitividad de la Agricultura Protegida. Se recomendó a las universidades, reforzar los correspondientes planes de estudio para considerar aspectos que mejoren la capacidad de respuestas de los nuevos profesionales (Figura 4). Este planteamiento de los actores participantes, deja en evidencia la percepción que tiene el sector respecto al papel que deben jugar las instituciones formadoras de personal especializado en promover la utilización adecuada de la tecnología.



Figura 4. La participación de las Universidades Públicas en el PITTA Agricultura Protegida, facilita orientar los esfuerzos (Foto. W. Badilla)

Adicionalmente, el PITTA-Agricultura Protegida analizó los contenidos de dos herramientas para la preparación de los clientes del INA (Núcleo de Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuarios) en este campo que, si bien no conduce a educación formal, sí es un espacio de formación utilizado por muchos interesados en la tecnología. Producto del estudio y el análisis colectivo de los documentos, se presentó una propuesta de mejora, con base en una estructura lógica del pensamiento, que fue validada por el pleno del PITTA y entregada al representante del INA; en ella se resume la necesidad de ajustar la terminología a los actuales

conceptos tecnológicos, adecuar y reorganizar contenidos y buscar la manera de que las iniciativas de proyectos que puedan surgir de estas acciones formativas, se articulen con otros cursos que promuevan emprendedurismo, mercadeo y gestión administrativa, para que se mejoren las expectativas de éxito de estos emprendimientos.

En general, es posible identificar vacíos en el campo de la formación, hay elementos ambientales, nutricionales y fisiológicos que son poco tratados, el tema de los mercados poco se considera, siendo este un elemento fundamental cuando se quieren desarrollar proyectos con mira a llenar ventanas de comercio internacional. El decidir si es suficiente atender el caso con cursos en un amplio programa de formación en agronomía, o una carrera especializada no se ha tratado aun entre las universidades.

Dado el nivel de inversión en proyectos de cierta magnitud, no está claro aún si hay un sector desarrollado capaz de absorber la oferta de profesionales especializados en esta tecnología; y al parecer falta tiempo para consolidarla dentro de más sistemas de producción y opciones de cultivo. Pero es evidente que el cambio climático, el mejoramiento de la calidad y rendimiento de los productos, el mejor empleo del espacio y otros requerimientos de la producción agropecuaria, nos llevan a pensar en ello como una necesidad.

La formación requiere fortalecerse y articularse con la generación del conocimiento que se está dando por medio de la investigación, así como promover un acercamiento entre instituciones a fin de promover y orientar esa investigación. Y la formación técnica debe complementarse con atributos necesarios para el éxito de los proyectos, como son el manejo postcosecha, la inteligencia de mercados y el valor agregado, entre otros.

PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA MEDIANTE AEROPONÍA. I. Apreciación general de la respuesta de los cultivos.

Francisco Marín Thiele
francisco.marin.thiele@gmail.com
 Convenio CNP/MAG

Marvin Torres Hernández
 Universidad Técnica Nacional

Aspectos generales

El proyecto “*Validación técnica de la implementación de sistema de aeroponía para producción de hortalizas de hoja en Costa Rica*”, se desarrolla de manera conjunta entre la Universidad Técnica Nacional (Dirección de Investigación y Transferencia) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Programa de Agricultura Protegida, ProNAP), con el apoyo económico de la Fundación FITTACORI.

Se presenta un primer acercamiento formal con el sistema productivo en nuestro país y se espera que los resultados permitan sentar las bases de una herramienta adicional en la producción de alimentos, al brindar alternativas viables y pertinentes al sector agrícola nacional.

En una colaboración anterior, Torres (2017) expuso los principios que rigen el sistema de producción aeropónico y se mencionaron algunas de sus ventajas como el no uso de sustrato, el alto rendimiento, el mínimo uso de productos fitosanitarios, con ahorro de agua y la posibilidad de adaptación de plantas.

Como parte de los avances logrados, se cuenta con una serie de experimentos desarrollados para varios cultivos hortícolas de hoja, de manera tal que se permita validar

el sistema, no solo en cuanto rendimiento sino también en los alcances propios de su operación. Así mismo, con los resultados se podrá eventualmente generar un análisis financiero de esta aplicación.

El sistema productivo

El módulo de producción se encuentra instalado en la Universidad Técnica Nacional, Sede Alajuela, a una altura de 950 *msm*, que presenta una precipitación media anual de 2096 ml y temperatura de 22 C. Consiste en una nave de 5 x 12 metros con techo de plástico y paredes de malla anti-insecto de 50 mesh. Hay una malla aluminizada de 50 % de sombreado para reducir radiación; y cuenta con tres cajones de cultivo activos, de 0,4 m x 0,8 m y una longitud de 8,0 m. El sistema de fertirriego es recirculante, consiste en una línea central de riego con atomizadores de 27 L·hora⁻¹, espaciados cada 0,7 m aproximadamente. Los cajones son de madera, con aislamiento de poliestireno y forrados en plástico negro de 8 µm de espesor (Figura 1A) y con una pendiente aproximada de 3 a 5 % en el eje longitudinal, que facilita la recolección de los residuos de fertirriego, luego enviados a un tanque de almacenamiento (450 L).

Las plántulas se colocan completas (con el adobe) en canastillas plásticas de 5 cm de apertura, sujetadas con una pieza de



espuma de poliuretano de 2,54 mm de espesor y longitud cercana a 15 cm (Figura 1B). Estas son colocadas en orificios realizados a láminas de poliestireno de 2,54 cm de espesor, de forma tal que parte de las canastillas y el medio de la plántula quedan expuestos en la cámara a las atomizaciones (Figura 1C), basadas en una solución nutricional única (Tabla 1).



Figura 1. Algunos detalles del sistema de producción. A) Vista general del módulo y los cajones de cultivo, B) canastilla y plántula asegurada ya emitiendo raíces, C) emisor de fertirriego.

Tabla 1. Solución nutritiva empleada (Diseñada por el Dr. Freddy Soto, UCR (2017).

Fuente	mg/L
FOSFATO DE POTASIO	180
NITRATO DE POTASIO	320
SULFATO DE POTASIO	55
SULFATO DE MAGNESIO	410
COSMOQUEL HIERRO	10
SULFATO DE COBRE 5H ₂ O	1,25
SULFATO DE MANGANESO .H ₂ O	2,5
SULFATO DE ZINC 1H ₂ O	1
ACIDO BORICO	3
MOLIBDATO DE SODIO	0,25
NITRATO DE CALCIO	655

Se han ensayado de momento varios cultivos entre los cuales están acelga, albahaca, apio, arúgula, berros, cebollino, culantro castilla y culantro coyote, cuatro variedades de lechuga y pak-choy. Se

establecieron para cada caso diseños en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y parcelas útiles variables dependiendo de las densidades de siembra, contemplando siempre el efecto de borde.

Comportamiento de los cultivos

En esta primera contribución, se desea dar a conocer la experiencia global en torno de la posibilidad de usar los diversos cultivos. En próximas anotaciones, se ofrecerán resultados puntuales sobre algunos de ellos.

Es tal vez importante rescatar que se presentan variaciones en relación con las experiencias, tal que el sistema de sujeción parece ser el elemento de mayor importancia en la adaptación de las plantas. Es evidente que la sujeción de las raíces al suelo permite un crecimiento más estable, ya que se anotó una tendencia a volcarse conforme crecían algunos cultivos, como albahaca, apio, cebollino o culantro de castilla (Figura 2). En otros, de portes más bajos, como lechugas, culantro coyote o pak-choy, se ha observado un más fácil manejo dados sus hábitos de crecimiento, con base en la distribución del peso y poca altura de las plantas.

Por otro lado, se determinaron otras diferencias durante el desarrollo de los cultivos, en relación con su manejo. Al desarrollarse en un módulo tipo invernadero, no se dio mojado de los tejidos tal que la condición fitosanitaria ha sido excelente. Se han encontrado mínimos problemas temporales o asociados con cultivos específicos. Por ejemplo, albahaca, apio, culantro coyote y pak-choy, fueron los cultivos más sensibles, en cuanto antracnosis, ácaros, áfidos y crisomélidos respectivamente. Sin embargo, dado que se pretendía la valoración general del sistema, no se realizaron atomizaciones curativas en

forma sistemática a menos que se determinara riesgo mayor.



Figura 2. Tendencia a volcamiento en albahaca: un incremento en la densidad de siembra fue parte de la solución.

La expresión de problemas nutricionales se dio en forma aislada y enfocada hacia ciertos cultivos. La albahaca y el culantro coyote exhibieron deficiencias de magnesio, que fueron corregidas vía foliar inicialmente y, al igual que en caso de la lechuga -muy quebradiza a falta de calcio- se aumentó la concentración en la solución nutritiva. En cuanto berros, se encontraron problemas de clorosis durante el desarrollo, aunque el caso requiere de más estudio debido a los hábitos de nutrición de esa planta; se presume en inicio que la solución nutritiva debería ser de menor concentración.

Otro elemento de importancia en la operación fue la cosecha. Algunos cultivos

entrelazaron el follaje de manera que separar las hojas al momento de la cosecha fue un proceso algo complicado (Figura 3). Ello podría generar daños y futuras pérdidas en poscosecha, asunto que se deberá analizar en otro proyecto. Esto se debe en parte a la alta densidad de siembra que se empleó, pero provocó la necesidad de emplear alguna medida que facilitara en réplicas posteriores, la cosecha. Un marco de PVC o un enrejado de malla de 4 x 4", se utilizaron como estrategias de apoyo y evidenciaron ventaja.



Figura 3. Entrelazamiento de follaje en culantro de castilla. La relativa dificultad de cosecha debe atenderse ante potencial daño.

Algunas otras acciones fueron consideradas; y se trató de establecer una calificación para valorar cada cultivo en ese ámbito particular y bajo las condiciones únicas de trabajo (ambiente, riego, fertilización). Para tal fin, se estableció un criterio subjetivo inicial y se asignaron valores de acuerdo con la complejidad de la

respuesta, con clara pretensión en seguir algunas ideas de Duck y colaboradores (2017), que se deberá actualizar al contar con la información completa. De forma preliminar, se asignó un (-) para los casos en los que se encontró dificultad, un (0) para aquellos sin dificultad o con fácil solución; o bien un (+) para los que presentaban una fácil adaptación o respuesta positiva. En la tabla 2 se resumen esos criterios.

Tabla 2. Criterios subjetivos y calificación general preliminar para los cultivos ensayados en producción aeropónica.

Variable* / Cultivos**	Ac	Al	Ap	Ar	Be	Ce	Ccs	Ccy	Lch	Pk
Ajuste de plántulas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arraigo de planta	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Sensibilidad al volcamiento	0	-	-	+	0	0	-	+	+	+
Presencia de enfermedades	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+
Presencia de plagas	+	0	-	+	+	+	+	-	+	-
Deficiencias nutricionales	+	0	-	+	-	+	+	+	0	0
Mecánica de cosecha	+	+	+	+	-	-	0	+	+	+
Aspecto del producto final	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Cosecha de partes	+	+	-	0	+	-	-	+	-	-
Suma de (+)	7	5	3	8	5	7	6	7	7	6
Suma de (-)	1	1	6	0	3	2	2	2	1	2

* (-) Negativo, dificultoso; 0= de fácil respuesta o corrección; (+) situación de ventaja o facilidad

** Ac= acelga (*Beta vulgaris cicla*); Al= albahaca (*Ocimum basilicum*); Ap= apio (*Apium graveolens*); Ar= arúgula (*Eruca vesicaria*); Be= berro (*Nasturtium officinale*); Ce= cebollino (*Allium schoenoprasum*); Ccs= culantro de castilla (*Coriandrum sativum*); Ccy= culantro coyote (*Eryngium foetidum*); Lch= lechuga (*Lactuca sativa*); Pk= pak choy (*Brassica rapa chinensis*).

Comentarios

De acuerdo con estas apreciaciones preliminares, existen claras oportunidades para el desarrollo de cultivos hortícolas de hoja mediante la producción basada en aeroponía. Las medidas de adaptación de algunos de ellos son simples y permitirían una rápida respuesta por parte del productor.

Las condiciones generales de un módulo tipo invernadero de bajo costo con

mallla aluminizada, son suficientes para realizar el trabajo, pese a que se requerirán operaciones específicas para facilitar el desarrollo de distintos cultivos. El uso sistémico de productos repelentes contra insectos podría ser valiosa herramienta ante la falta de protocolos específicos.

Por otro lado, la aplicación de una solución nutritiva única y básica es posible para iniciar la experiencia. Los ajustes deberán ser realizados según la expresión de

los diferentes cultivos, su mezcla y condiciones. Más investigación es necesaria en este ámbito para fortalecer el sistema.

Finalmente, de momento la experiencia debe analizarse bajo la óptica de la oportunidad. En futuras exposiciones se realizarán análisis sobre el comportamiento específico de los cultivos con propuestas acerca de su situación. Claro es que el análisis de costos es fundamental para determinar la viabilidad financiera, asunto que se trataría con posterioridad, más por el momento los objetivos son un tanto amplios y en el orden de validación agronómica.

Literatura de consulta

- Duck, T. *et al.* .2016. Choosing crops for cultivation in space. 46th. Intl. Conference on Environmental Systems. Austria. 9 p.
- Torres, M. 2017. Nociones sobre aeroponía. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción bajo Ambientes Protegidos. Costa Rica. 15'16.

ANUNCIOS

CONFERENCIA

SENSORES Y CONTROLADORES PARA LA AGRICULTURA PROTEGIDA



En procura del mejor uso del agua, los automatismos juegan un importante papel en torno de la detección permanente y la administración del recurso en un momento dado. La implantación de sensores no es solo física en el ámbito de trabajo, sino que debe hacerse parte de la cultura de producción. Así mismo, existen mecanismos de transmisión de datos para facilitar la detección de necesidades de ajuste y fortalecer el equilibrio y optimizar el cultivo. Tanto los expertos de Netafim como del TEC, ofrecerán su valiosa experiencia para tratar el tema el **viernes 16 de noviembre** se desarrollará la conferencia al respecto, en la sede del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica en Moravia. Inscribirse enviando un correo a francisco.marin.thiele@gmail.com. El cupo es limitado.

Código APB-132

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. 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, diríjase a los colaboradores o comuníquese mediante los teléfonos **(506)-2232-1949**, **(506)-2231-2344** extensión **166**.
Edición: *Francisco Marín Thiele*

