

BOLETÍN DEL PROGRAMA NACIONAL SECTORIAL DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA BAJO AMBIENTES PROTEGIDOS

Año 9 (número 54)
Sep-Oct de 2015



- 2** El concepto de Agricultura Protegida para el trópico Latinoamericano.
- 13** Flores comestibles como fuente de elementos importantes en la alimentación humana.
- 16** Obtención de diésel a partir de residuos plásticos de agricultura protegida
- 22** Invitación a conferencia sobre instrumentos científicos para agricultura protegida.
- 23** Algunas actividades del ProNAP.

EL CONCEPTO DE AGRICULTURA PROTEGIDA PARA EL TRÓPICO LATINOAMERICANO *

Carlos Méndez Soto

carlos.mendez@ucr.ac.cr

Programa de Hortalizas, Universidad de Costa Rica

Francisco Marín Thiele

Gerente del ProNAP

La agricultura es una actividad humana que utiliza el ambiente para su beneficio. No obstante, la población y los mercados ejercen presión para maximizar la producción realizando el mejor uso de los recursos disponibles y empleando la menor área posible. La agricultura protegida intensifica la producción mediante el uso de diversas herramientas; pero la falta de información y tecnología apropiadas, conlleva la adopción de definiciones y técnicas de producción inadecuadas al trópico, lo que incluye estructuras y mecanismos de climatización, material genético, manejo del cultivo y sustratos, hecho que provoca desconcierto entre los actores que interactúan en esta agroindustria. Tradicionalmente, la agricultura protegida se entiende como la producción de cultivos en una estructura cubierta con un material transparente, donde se establecen condiciones ambientales que satisfacen las necesidades de las plantas en cualquier época.

La agricultura protegida es un agroecosistema modificado, con entradas, procesos y salidas, que hace uso de una estructura de producción de un amplio rango de tecnologías, combinadas según las preferencias y el riesgo ambiental y financiero, para lograr un mayor control de los factores bióticos y abióticos. Se caracteriza por una alta dependencia de insumos externos, baja diversidad de especies y uso de materiales genéticamente uniformes, disminuida capacidad de defensa que la hace más vulnerable al ataque de plagas y enfermedades, y una alta demanda de energía en la forma de agroquímicos, mecanización (automatismos) y trabajo humano.

Es una práctica cultural que combina evitación, exclusión y protección, donde la unidad productiva es manipulada según las necesidades

agrícolas, para disminuir los desbalances en el sistema. Como tal, debe basarse en criterios agronómicos, las demandas biológicas y fisiológicas del cultivo y el efecto del ambiente en el desarrollo de las plantas. En lo relacionado con infraestructura, este agroecosistema comprende varias obras complementarias al invernadero, las cuales son necesarias desde el punto de vista agronómico, y que en conjunto tiene implicaciones de ordenamiento financiero y de manejo ambiental y territorial.

Introducción

La agricultura es una actividad humana donde se utiliza el ambiente para propio beneficio, Antón 2004; Arauz 2011. No obstante, la presión de la población y de los mercados, generan la intensificación del proceso productivo, en busca de maximizar la producción en la menor área de suelo posible, Antón 2004. A los anteriores factores se han agregado el cambio y la variabilidad climática, los cuales tienen el potencial para dañar irreversiblemente los recursos naturales básicos de los que depende la agricultura, Muller y Niggli 2013.

Los productores hacen uso de diversas herramientas para acrecentar la producción agrícola, tal es el caso de la plasticultura y los invernaderos, donde se busca aislar los cultivos de las condiciones naturales, forzando a la planta mediante técnicas de climatización, hidroponía y cultivo sin suelo. Tal situación permite hacer mejor uso de los recursos naturales, del potencial genético y, por ende, un aumento en el rendimiento de los cultivos.

La industria de la producción intensiva de hortalizas en Costa Rica apenas está iniciando, por lo que se dispone de poca información específica y local para la toma de decisiones. El apremio por información y tecnología para la producción protegida, hace que se adopten definiciones y técnicas de producción que no son apropiadas a las condiciones tropicales; esto incluye estructuras y mecanismos de climatización, material genético, manejo del cultivo y sustratos. La anterior situación se puede resumir en la falta de consistencia en la literatura mundial cuando se trata de adaptar al trópico la tecnología, los términos y las definiciones generadas en y para condiciones de clima templado.

Los problemas que enfrenta el país pueden clasificarse, por su naturaleza, en agronómicos, climáticos e institucionales. Los problemas agronómicos pueden resolverse mediante un adecuado proceso de innovación y desarrollo tecnológico que coadyuve el desarrollo de la industria. Los problemas institucionales son derivados de la falta de la suma de esfuerzos entre las empresas públicas y privadas, situación que dificulta generar directrices consistentes y pautas comunes de desenvolvimiento. Este hecho provoca desconcierto entre los diferentes actores tomadores de decisiones, que deben interactuar para que se establezca este tipo de industria. Los conflictos de clima por su parte, obligan a adoptar herramientas adaptadas, validadas y orientadas en términos de resiliencia.

En la literatura mundial conviven multitud de términos para nombrar y definir las estructuras o herramientas de producción hortícola intensiva, que por su etimología no logran expresar una relación con las aplicaciones esperadas, particularmente en el ámbito tropical donde por su diversidad podría requerirse adecuaciones o modificaciones.

El objetivo del presente análisis es ofrecer definiciones e información que contribuyan a lograr un nivel interpretativo homogéneo entre los diferentes actores de la industria hortícola intensiva en agricultura protegida, en busca de su concepción como un sistema integral de producción.

Resumen histórico

En el hemisferio occidental, el uso de estructuras protectoras para la producción agrícola se remonta al imperio romano; no obstante, las primeras protecciones parecidas a un invernadero fueron los jardines protegidos de las épocas medieval y renacentista en Europa, utilizadas para la protección de cítricos y otras plantas exóticas. Los invernaderos se convirtieron en una herramienta indispensable en los jardines botánicos europeos para proteger y conservar las plantas más sensibles ante las adversidades climáticas de los periodos invernales, Tesi 2001.

Entre los siglos XV y XVIII, en China, Francia, Holanda, Inglaterra y Japón se dio un rápido desarrollo de estructuras de bambú, hierro y madera, con cubiertas de diferentes tipos de papel encerado, denominadas también "invernaderos". Para el siglo XVIII se empezó a utilizar el vidrio con soportes metálicos en lo que se denominó "glasshouse" o "casa de vidrio", Castilla 2005. El mismo autor considera este hecho el inicio de la producción forzada de los cultivos hortícolas.

El uso de invernaderos para la producción comercial inició en el siglo XIX. Con esto se lograron estructuras que permitieron un ambiente más climatizado y racional, orientado hacia la obtención de rendimientos superiores. Con el desarrollo de la industria del plástico en las décadas de 1940 y 1950, el vidrio fue sustituido por cubiertas de polímeros, hecho que originó un amplio desarrollo y expansión de esta herramienta para la producción de cultivos olerícolas y ornamentales de alto valor, Castilla2005.

Con el advenimiento de las películas plásticas, el término "invernadero" ha servido para identificar todo tipo de protección con cobertura formada por material transparente. De ahí que en el idioma inglés, el vocablo "greenhouse" o casa verde, es de uso más general que el término "glasshouse".

En Costa Rica los primeros invernaderos comerciales se construyeron en la década de 1980, para la producción y exportación de plantas ornamentales de flores y follaje a Norteamérica y Europa. Estas primeras estructuras fueron de

madera o metal-madera, de tipo artesanal o rústico, con cubiertas plásticas de dudosa calidad, aunque si bien con sistemas de riego y en algunos casos, con el empleo de sustratos. Con el paso del tiempo y el establecimiento de más empresas de capital foráneo, se dio una mayor tecnificación de estos medios de protección; así, en la década del 2000-2010, se instalaron en varias partes del país los primeros invernaderos industriales para la producción de cultivos ornamentales de alto valor.

Para la producción de hortalizas de fruto y follaje, los primeros invernaderos artesanales se construyeron a mediados de los años noventa, en las zonas altas y medias de las provincias de Alajuela, Cartago y Heredia, destacándose la producción de chile dulce (pimiento), fresa, lechuga y tomate. En la actualidad, solo se han desarrollado dos proyectos de producción de significativa magnitud con invernaderos industriales, y la mayoría del parque está caracterizada por estructuras artesanales de bambú, hierro y madera, de tecnología baja a media y distribuidos por todo el país. La actividad parece ir en franco crecimiento, pues luego de un censo realizado en 2008-2009 en el cual se detectaron menos de mil procesos productivos, el VI Censo Agropecuario Nacional 2014 incorporó el tema y se determinó que 4111 fincas presentaban unidades de producción agrícola protegida; Marín 2011, Costa Rica-INEC 2015.

El impulso inicial a esta industria proviene de las políticas generales de diversificación agrícola del Estado costarricense, que permitió al sector privado empezar a generar experiencias con ornamentales para el mercado de exportación y de allí derivó hacia la producción de hortalizas para el mercado local. En la primera década del 2000, comenzó a organizarse un movimiento institucional y multisectorial para atender de manera sistémica las necesidades de la industria de la producción agrícola protegida. En el 2004 se firmó el decreto MAG 32039 de creación del “Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola en Ambiente Protegido”, con la misión de promover procesos de cambio de las actividades productivas, bajo un enfoque de cadena agro productiva, con la consideración de todos los factores que intervienen y la participación de los actores involucrados, MAG 2004, aunque no fue puesto en operación sino hasta finales de 2006.

Definiciones, sinónimos y términos relacionados con la agricultura protegida

Se presentan los términos asociados con la agricultura protegida más utilizados en inglés, portugués y español, por ser los idiomas de mayor publicación y relevancia. En inglés se utilizan los vocablos “glasshouse”, “greenhouse”, “nethouse”, “protected cultivation”, “sheltered environments” y “shade house”. En portugués se usan los términos “ambiente protegido” y “ambiente protegido climatizado”, “estufa agrícola” y “estufa climatizada”. Algunos de los términos en español son ambiente controlado, ambiente inteligente, ambiente protegido, casa de cultivo, casa de sombra y casa de mallas o de sarán, fábrica agrícola o invernadero.

Plasticultura

El término plasticultura es utilizado para indicar el uso de los plásticos en las diferentes actividades de producción agrícola, incluyendo el uso de coberturas plásticas del suelo, contenedores, cubiertas plásticas en túneles e invernaderos, mangueras de riego y materiales plásticos de empaque, Lamont, Orzolek y White 2003. El uso de los derivados de la petroquímica es lo que ha permitido el gran desarrollo de la agricultura industrial mediante el uso de películas plásticas para la agricultura, así como energía y moléculas para el combate de plagas y enfermedades.

Ambiente protegido

Aparte de razones de orden climático, situación por demás obvia, el mercado es la principal fuerza que motiva la adopción de la agricultura protegida; la presión de competitividad mediante un mayor rendimiento, precios más bajos, productos de alta calidad y demostrada inocuidad, influyen para lograr un producto diferenciado, lo cual forja una orientación de los productos hacia nichos más especializados. Pero esto requiere de una mayor inversión inicial dado el costo de la infraestructura requerida, razón por la cual solo se justifica en cultivos de relativa alta rentabilidad. A ello debe sumarse que el proceso demanda un mayor nivel de especialización y capacitación para cumplir con esas metas, Pacheco 2006.

La producción protegida es definida como una forma única y especializada de agricultura, que mediante el uso de infraestructura, permite algún grado de control sobre los factores ambientales y la nutrición mineral, Tesi 2001; Huerta sf. Al respecto Cook y Calvin 2005, indicaron que la agricultura protegida involucra una gama de métodos de producción que tienen algún grado de control sobre el ambiente y es de costo creciente dependiendo del nivel tecnológico empleado. No obstante, son los productores quienes tienen la decisión respecto al tipo de protección y el grado de control ambiental que desean, Quirós 2014.

El ambiente protegido tiene por objetivo modificar el medio natural con estructuras y prácticas para optimizar la producción de los cultivos mediante el mejor uso de las áreas de producción, incrementar el rendimiento, la calidad y la extensión de la vida poscosecha (Castilla 2005), favorecer la producción fuera de temporada, reducir el ciclo de producción (Bastida 2010) e incrementar la rentabilidad, el uso eficiente de la energía y los recursos materiales (Tesi 2001) y mejorar el rendimiento laboral (Martínez sf).

Debe entenderse que la agricultura es una industria dependiente del clima, donde las mayores restricciones para la producción en campo abierto son la radiación, la temperatura y la humedad extremas, la velocidad del viento y la concentración de CO₂, así como la competencia de arvenses y las deficiencias en la nutrición mineral del suelo; las plantas requieren un rango óptimo en cada factor ambiental, Castilla 2005. Para cada sitio en particular deben valorarse las condiciones ambientales a fin de compensar los desfases climáticos entre el interior y el exterior, y proporcionar las condiciones requeridas por el cultivo. Por tanto, deben considerarse por un lado la relación entre el ambiente exterior y la estructura protectora, y por otro lado el efecto de esa estructura protectora sobre el cultivo, Tesi 2001. El ambiente protegido por tanto, permite disminuir la incertidumbre en la producción agrícola.

Tipos de ambiente protegido

El ambiente protegido se expresa mediante un amplio rango de tecnologías de producción agrícola que pueden ser combinadas

según preferencias, el riesgo financiero y ambiental, Cook y Calvin 2005. La alteración en la relación entre la planta y el ambiente implica una exigencia tácita sobre la fisiología de los cultivos, que modifica sus requerimientos, su desarrollo y su capacidad productiva. En este sentido, Tesi 2001, clasifica la producción protegida como forzada y semi forzada, según la intensidad de la alteración; la producción forzada se refiere a la producción en condiciones ambientales total o parcialmente modificadas respecto de las imperantes en el entorno, Lorenzo 2012.

Los medios para la producción semi-forzada son agro-textiles, campanas, caperuzas, casas de malla, túneles bajos o micro túneles y túneles altos o macro túneles, en los cuales hay un control pasivo del ambiente; mientras que en la producción forzada están los invernaderos, en virtud del mayor control del ambiente, Tesi 2001.

Casa de sombra

Asthor 2015; y Cook y Calvin 2005 definen a las casas de sombra como estructuras temporales de techo plano, que sostienen mallas o saranes para el sombreado de especies sensibles al exceso de radiación y viento; eventualmente también proveen una barrera contra algunos insectos, Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos 2010; Cook y Calvin 2005; Pacheco 2006; Berrones 2013. Algunos autores las recomiendan para regiones donde los problemas son más de tipo sanitario que climático, Pacheco 2006. Debido a que las mallas permiten el paso del agua, Berrones 2013, en el trópico debe considerarse la precipitación, independientemente de las variables intensidad y frecuencia, pues se logra una reducción del tamaño de las gotas, con lo cual se aminora su impacto sobre los tejidos vegetales.

Su montaje e instalación es fácil y económica por su resistencia y simplicidad; permite además la opción de instalar un sistema automático para manipular la malla de la cubierta en función de las necesidades lumínicas de las plantas, Asthor 2015.

En diferentes zonas geográficas de Costa Rica, las casas de sarán se utilizan principalmente para la producción de plantas ornamentales de

follaje tales como helecho, marginatas y calateas, entre otras.¹

Túneles

Los túneles son estructuras móviles de bajo costo, de forma semicilíndrica, constituidos por una cubierta plástica soportada por apoyos de varios tipos y sin áreas definidas para caminar en el interior. Proponen limitar los efectos negativos del ambiente, incrementar la precocidad, producción y calidad de los productos (Tesi 2001; Castilla 2005).

Los principales factores que afectan la termicidad del túnel son el material de cobertura, la forma, las dimensiones y el sistema de aireación (Tesi 2001), factores que a la vez permite clasificarlos en bajos o altos según su altura.

Los túneles bajos son estructuras pequeñas que proveen una protección temporal a los cultivos, con una altura de un metro o menos y una relación superficie/volumen de 1/1 a 1,7/1, con un bajo intercambio de aire debido a que los plásticos están fijados al suelo para obtener una mayor hermeticidad, se utilizan para cultivos de porte bajo o rastrero y las prácticas agrícolas deben ser realizadas desde el exterior, Pacheco 2006. En Costa Rica, los túneles bajos se utilizan para la producción de lechuga en las zonas altas de las provincias de Alajuela y Heredia.

El túnel alto aunque similar a los invernaderos, es una tecnología diferente, Figura 1. Se caracterizan por ser una estructura no permanente o móvil, con altura y ancho variables, pero normalmente con un volumen que supera los 2,75 a 3 m³/m². Poseen alta resistencia al viento, alta transmisión de luz y no tienen sistemas de calentamiento o ventilación activa; no obstante, pueden tener cortinas laterales enrollables, Lamont, Orzolek, White 2003; Pacheco 2006. Se recomiendan para cultivos de porte bajo y mediano, Linares 2004. En Costa Rica se utiliza este tipo de túnel para la producción hortícola y de fresa en zonas altas, aunque su uso se ha adaptado a otras actividades, como el secado de la cebolla de

altura en la zona alta de Cartago

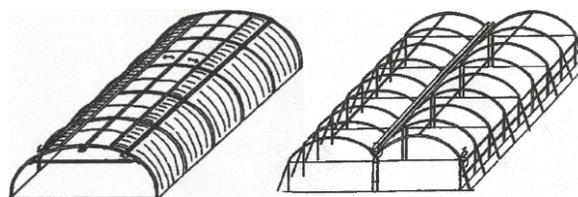


Figura 1. Diagrama de túnel alto. Fuente: Linares 2004

Invernaderos

El término "invernadero" es definido en el diccionario de la Real Academia Española (RAE 2014) con tres acepciones, entre ellas "el sitio a propósito para pasar el invierno, y destinado a este fin", o bien el "recinto en el que se mantienen constantes la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el cultivo de plantas". El vocablo "invernadero" es la adaptación aceptada del término en inglés "greenhouse", e indiscriminadamente se refiere a las estructuras de protección para la producción agrícola, que primeramente fueron desarrolladas en latitudes templadas o semiáridas donde se requería forzar la producción fuera de temporada.

Tradicionalmente se define el invernadero como una estructura cubierta con un material transparente, con el propósito de crear condiciones climáticas favorables para el crecimiento, la producción y la propagación de plantas, Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos 2010, Gálvez y Zapata 2003; Latimer y Scoggins 2003; Linares 2004; Nelson 2003; Tesi 2001. El invernadero como medio de protección, recrea condiciones ambientales o bien las controla mediante los mecanismos de climatización, para disminuir los efectos ambientales adversos, satisfacer las necesidades de las plantas en cualquier estación del año y mejorar su productividad, Latimer y Scoggins 2003; Linares 2004; Nelson 2003; Tesi 2001. Los invernaderos permiten a una persona trabajar dentro de la estructura, Nelson 2003, y pueden cultivarse las plantas en suelo o sustratos, Tesi 2001.

¹ Actualmente, FAO aplica esta tecnología en un exitoso proyecto de producción hortícola bajo casas de malla en la zona sur del país (N del Ed.)

La climatización de los invernaderos mediante el uso de diversos mecanismos, brinda la oportunidad para modular las variables ambientales como concentración de CO₂, humedad, radiación y temperatura, para lograr mayores rendimientos, Cook y Calvin 2005; Bastida 2010. No obstante que se puedan instalar mecanismos que permiten alcanzar niveles elevados de control ambiental y de la utilización de técnicas de cultivo, los resultados aún están ampliamente influenciados por las condiciones climatológicas prevalecientes en el exterior, Tesi 2001.

Hoy día, otras definiciones pueden intentarse desde visiones estructurales, tecnológicas o económicas. Desde un punto de vista estructural, un invernadero puede definirse por sus características físicas, tales como si sus partes son fijas o móviles, de madera, de hierro o metal-madera, multicapilla, artesanal o industrial. Un invernadero rústico o artesanal por su lado, es aquel construido con materiales locales (bambú, madera, metal) y con un diseño empírico. Las consideraciones prácticas de climatización, mecanización y trabajo de las estructuras, afectan las dimensiones de la estructura, aunque Tesi 2001 habla de invernadero a partir de volúmenes unitarios mínimos de 1,8 a 2 m³ por m², otros autores indican que deben ser valores superiores de 3 m³ a 1 m², Huerta sj; Juárez 2011.

Desde una perspectiva tecnológica, Cook y Calvin 2005; Pacheco 2006 y Juárez 2011, indican que hay un gran rango de tecnologías para invernadero que pueden ser definidas como baja, media y alta tecnología. Baja tecnología involucra tanto a estructuras fijas y permanentes, como móviles o no permanentes, con control ambiental pasivo o muy limitado. La tecnología media involucra un mayor control del ambiente y/o la adicción de hidroponía. Un sistema de alta tecnología requiere de un control ambiental activo y de uso de sustratos e hidroponía y trata por tanto, con estructuras fijas y permanentes.

En Estados Unidos y Canadá, principales mercados de exportación de los productos latinoamericanos, se favorece la definición de invernaderos como estructuras de alta tecnología debido a que la mayoría de las unidades de producción cumplen con lo expuesto debido a las condiciones agroclimáticas de esos países. Pero no

hay una definición oficial al respecto en el Departamento de Agricultura del Gobierno de los Estados Unidos de América. Sin embargo, el Estado de California adoptó una definición sesgada de "tomate de invernadero" como aquel cultivado en una estructura de metal, con un sustrato que sustituye el suelo, control ambiental y de irrigación, Cook y Calvin 2005.

Económicamente los invernaderos pueden considerarse como una mejora territorial, cuando se trate de infraestructura de larga duración y considerarse como equipos cuando se trate de estructuras móviles y de más corta duración, Tesi 2001. La conveniencia de la instalación de un invernadero se establece comprobando si el rendimiento económico es superior al interés del capital invertido, pero la magnitud de la inversión aumenta con la tecnificación de la infraestructura y las exigencias climáticas de los cultivos.

Concepto de ambiente protegido

El término de ambiente protegido quedará para enfatizar únicamente la influencia de las diferentes estructuras, los mecanismos de climatización y el efecto de los factores ambientales en la modulación del clima en el interior de la unidad productiva.

El ambiente exterior o entorno y el cultivo, determinan las características del invernadero y los mecanismos de climatización requeridos para obtener los niveles climáticos óptimos para un cultivo dado, CARDI 2014, por tanto, el diseño, la construcción y la gestión de estas herramientas en los trópicos, es diferente de otras áreas geográficas. Estos aspectos impiden lograr un invernadero universal adaptado a todas las situaciones, Tesi 2001.

Aplicación del concepto de agroecosistema en la producción agrícola protegida

A pesar de las múltiples definiciones para producción agrícola protegida que puedan encontrarse en la literatura, tal parece que no hay todavía un consenso sobre cuál podría ser el término castizo y el concepto que sea más apropiado a las condiciones tropicales. La definición de un término castizo no debe darse solo por oposición al uso de un anglicismo, sino

basado en la elección de un vocablo que aclare el concepto de manejo de las plantas cultivadas bajo estas condiciones.

El agroecosistema es un ecosistema creado y administrado por el hombre con un propósito agrícola, esto es obtener un beneficio económico a partir del cultivo de plantas, Arauz 2011. De acuerdo con el concepto anterior, se puede definir la agricultura protegida como un agroecosistema alterado, Figura 2, en el cual coexisten varios elementos que actúan como una sola unidad y que pueden definirse como:

Componentes: la estructura de protección, sus mecanismos de climatización, los mecanismos de automatización, el sistema de fertirriego, los sistemas de apoyo logístico, el cultivo, el ambiente y el ser humano.

Límites: los impuestos por la estructura de protección independientemente de su nivel tecnológico o económico.

Entorno: el contexto o ambiente natural dentro del cual existe la estructura de protección.

Entradas: todos los insumos que ingresan a la estructura de protección: información, capital, trabajo, agua y energía, agentes bióticos, agroquímicos de toda clase, materiales plásticos (mangueras de riego, contenedores), semillas, plantas, sustratos.

Procesos: el conjunto de actividades comunes que definen la administración y las prácticas agronómicas que se llevan a cabo en el agroecosistema.

Salidas: incluye todo lo que sale de la estructura de protección hacia el entorno: información, agua, energía, agentes bióticos, producto comercial y de rechazo, residuos orgánicos e inorgánicos de toda clase.

Si bien podemos sistematizar un agroecosistema y determinar los principales factores biofísicos y prácticas agronómicas que influyen en el manejo de las plantas y por ende en la calidad y rendimiento de los cultivos, no existe esquema universal que abarque todas las derivaciones, Figura 3. Cada agroecosistema o unidad de producción se desarrolla dentro de sus propios límites, entorno y entradas, en especial la información, el capital y la infraestructura; lo que hace a cada sistema particular y específico. Es por ello que no es factible brindar una recomendación generalizada, ante una inquietud particular.

En los agroecosistemas se dan los mismos procesos biológicos que en los ecosistemas, Arauz, 2011. No obstante, en un agroecosistema y especialmente en agricultura protegida, se dan las siguientes características: uso de una estructura artificial de protección, presenta un nivel organizativo de alta complejidad debida a las interacciones en espacios agrícolas confinados, alta

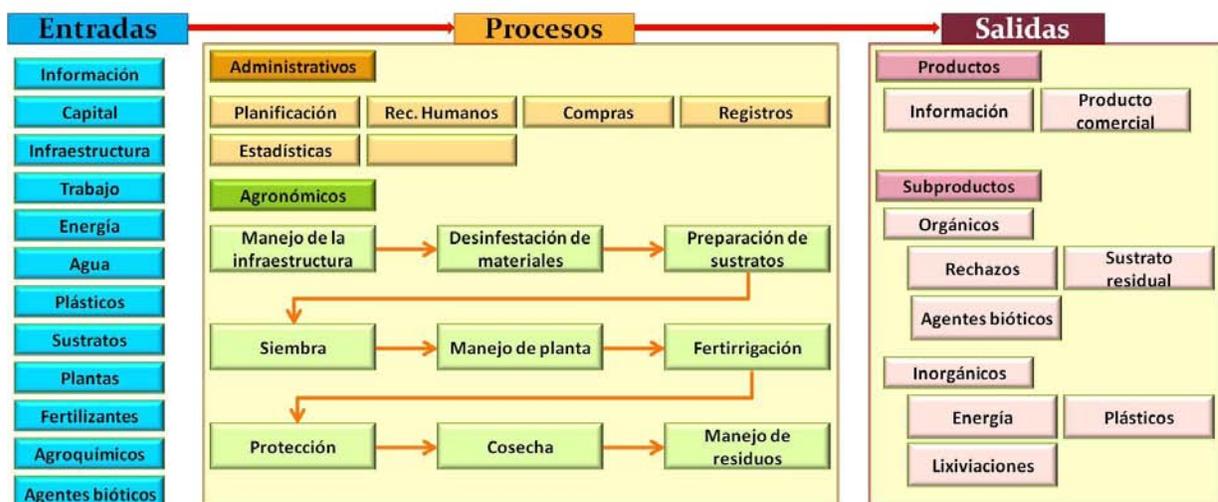


Figura 2. Diagrama de las entradas, procesos y salidas del agroecosistema en agricultura protegida. Fuente: de los autores.

dependencia de insumos externos, uso de materiales genéticamente uniformes, baja diversidad de especies lo que disminuye la capacidad de defensa, un sistema más vulnerable al ataque de plagas y enfermedades, alta demanda de energía en la forma de trabajo humano, mecanizaciones y agroquímicos, y alta influencia del ser humano. El impacto del hombre se da mediante la formulación del plan de manejo del sistema productivo, el cual debe tomar en cuenta factores agronómicos, sociales, económicos y ambientales, para lograr un agrosistema rentable y amigable con el ambiente y el productor.

Concepto de agricultura protegida para el trópico latinoamericano

Hay varios conceptos que se pueden tomar de las estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades (M.I.P.) para conformar un nuevo significado para la agricultura protegida. Los productores realizan prácticas culturales que involucran la manipulación de las plantas y del ambiente, con el propósito de favorecer el crecimiento, la protección y el rendimiento de los cultivos. Entre estas prácticas están la evitación, la exclusión y la protección.



Figura 3. Principales factores biofísicos y prácticas agrícolas que influyen la calidad y rendimientos de los cultivos en la agricultura protegida. Fuente: de los autores

La consideración exclusiva de factores económicos conllevaría a una producción agrícola rentable, pero con secuelas sociales y ambientales negativas, Arauz 2011.

La agricultura protegida como un agroecosistema alterado, es altamente dependiente del conocimiento y la experimentación científica. El éxito depende de la habilidad de aprender rápido de las innovaciones y de transferir la información que mejor trabaja en el campo, De Shutter 2013.

Arauz 2011, presentó estos conceptos: la evitación consiste en tratar de impedir que las plantas se encuentren en condiciones favorables a un patógeno; significa evitar los extremos perjudiciales de los factores abióticos (radiación, temperatura, humedad relativa y concentración de gases) y de prácticas agronómicas tales como densidad de siembra, riego, nutrición, protección de cultivos, manejo de las plantas y disminución del uso de agroquímicos, entre otros. La exclusión significa impedir la entrada de un patógeno a un área no invadida, mientras que la protección consiste en interponer una barrera física o química entre las plantas y el patógeno, tal el caso de los materiales de cerramiento que proveen la

“hermeticidad” del invernadero, lo cual permite reducir la incidencia de plagas y enfermedades o incrementar la población de organismos benéficos.

La agricultura protegida debe considerarse como una práctica agronómica que hace uso de una herramienta o estructura conocida como invernadero, la cual permite aplicar las citadas prácticas. Es también una práctica cultural de evitación, exclusión y protección mediante la cual, la herramienta es manipulada de acuerdo con los intereses agronómicos para evitar los desbalances en un sistema agroecológico alterado. Por tal motivo, este agroecosistema debe fundamentarse en criterios agronómicos adaptados a las disciplinas, la horticultura, el conocimiento de las exigencias biológicas y fisiológicas de las plantas y el efecto de las variables ambientales en el desarrollo del cultivo, Tesi 2001.

Normalmente, cuando un empresario o productor se refiere a invernadero, solo considera a este como el área de producción agrícola. No obstante, la agricultura protegida como agroecosistema, también comprende las obras anexas o complementarias a la estructura de producción o invernadero. La razón es que esta infraestructura es parte integral del complejo de producción desde el punto de vista agronómico, ambiental y económico; y requerida para cumplir con las demandas de los sistemas de producción hortícola intensiva.

De acuerdo con cual sea el esquema tecnológico, los diferentes espacios incluyen áreas específicas para material vegetal élite, exclusas de entrada a los invernaderos, germinadores, área de control de calidad, el cuarto de máquinas para los diferentes mecanismos y automatismos, área de fertirriego, áreas de desinfestación y almacenamiento de sustratos, área de preparación de agroquímicos, reservorio de agua, área de poscosecha y cuartos fríos, bodegas, taller, oficinas, servicios sanitarios, lavandería, comedor para los trabajadores, lagunas de oxidación, compostera, y obras de acceso a la infraestructura. El establecimiento de un sistema de buenas prácticas agrícolas también requiere de varias de estas instalaciones complementarias; por tanto se puede hablar de un módulo de agricultura protegida.

Al definir este agroecosistema alterado como un complejo que comprende una infraestructura complementaria al invernadero, pero necesaria desde el punto de vista agronómico, no hay que olvidar las implicaciones agronómicas, de ordenamiento territorial, financieras y de manejo ambiental que tiene el sistema. En Costa Rica, los gobiernos locales han establecido un plan de ordenamiento territorial que delimita el uso del suelo según las actividades comerciales y productivas, que podría limitar las áreas para establecer proyectos de agricultura protegida. En el ámbito financiero, normalmente los actores solo consideran el financiamiento del invernadero, sin considerar capital de trabajo ni las obras complementarias; estas últimas pueden llegar a ser hasta un 45% del costo total de la inversión requerida. Pese a ello, se pueden presentar atractivos retornos económicos sobre las oportunidades de inversión y el uso de tierras marginales.

Desde el punto de vista agronómico, las obras son requeridas para implementar prácticas agronómicas, estrategias para garantizar la inocuidad y calidad de los productos y, en general, mantener el correcto funcionamiento del nuevo agroecosistema. Costa Rica ofrece una amplia diversidad de microclimas aptos para una amplia gama de cultivos y medios de protección, pero para cada localidad debe hacerse un análisis del entorno para determinar la mejor opción de la infraestructura.

El agua, la energía y los residuos son los aspectos ambientales de mayor relevancia. El agua será uno de los principales factores limitantes en un futuro cercano, por lo cual esta temática debe abordarse de manera integral considerando su origen (agua superficial, cosecha de agua, pozo profundo, etc.), la cantidad y la calidad del recurso hídrico, así como el adecuado uso en el invernadero, el tratamiento y el destino final de todas las aguas residuales.

El costo energético y la disposición de residuos son temas desestimados la mayoría de las veces, lo que provoca una alta huella de carbón y agua. A mayor uso de mecanismos de automatización, climatización e infraestructura mayor es el gasto energético que tiene una operación agrícola; por ello el apropiado diseño del

invernadero y las obras anexas contribuye a minimizar los costos energéticos. Igualmente hay que disponer de los residuos orgánicos generados apropiadamente mediante el compostaje, así como de los inorgánicos provenientes de plásticos y agroquímicos, a fin de mantener un sistema sostenible.

Importancia de la conceptualización de la Agricultura Protegida

La definición de la agricultura protegida es por tanto importante desde los puntos de vista agronómico e institucional. Para los profesionales y productores agrícolas es una manera de orientar la investigación y la producción hacia la innovación y desarrollo tecnológico necesarios para la promoción y el mejoramiento de esta industria. Para el sector institucional nacional, sirve para establecer un mismo nivel conversacional entre los oficiales de los gobiernos locales y entes financieros, al igual que con los profesionales y productores agrícolas. En numerosas ocasiones el desconocimiento sobre el tema de agricultura protegida, obstaculiza o restringe el desarrollo de esta actividad.

Literatura citada

- Antón, M.A. 2004. Utilización del análisis de ciclo de vida en la evolución del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Tesis Ph.D. Programa de Ingeniería Ambiental Universidad Politécnica de Catalunya, España. 235 p.
- Arauz, L.F. 2011. Fitopatología: un enfoque agroecológico. 2da. Edición. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 467 p.
- Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos. 2010. Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos. (NMX-E-255-CNCP-2008). México.
- Asthor, 2015. Página web de la empresa Asthor Agrícola S.A. <http://asthor.com/invernaderos/>
- Bastida, A. 2010. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Serie de Publicaciones Agribot, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Berrones, M; Garza, E; Vázquez, E; Méndez, R. 2013. Casamilla, tecnología para producción de hortalizas en el sur de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México
- CARDI. 2014. Tropical Greenhouse Manual for the Caribbean. Published under the CFC/EU-funded project on: "Increased Production of Vegetables and Herbs through the use of Protected Agriculture in the Caribbean". The Caribbean Agricultural Research and Development Institute, UWI Campus, St. Augustine, Trinidad and Tobago.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Madrid, Ediciones Mundi prensa. 462 p.
- Cook, R. y Calvin. L.2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the North American fresh tomato industry. U.S. Department of Agriculture. Economic Research Service, Economic research report no. 2
- Costa Rica-INEC, 2015. VI Censo Nacional Agropecuario 2014, Resultados Generales. Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2015. p. 76.
- Huerta, A, sf. Agricultura protegida. Agroentorno, México
- Juárez, P., et al. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente 3(8) Julio - Setiembre.
- Lamont, W, Orzolek, M. y White, L. 2003. Introduction to high tunnels and the Penn State High Tunnel Research and Education Facility. 2003. High Tunnel Production Manual. Center for Plasticulture, Department of Horticulture, The Pennsylvania State University.
- Latimer y Scoggins. 2003. Greenhouse operator's training manual. Virginia Flower Grower Association. USA. 420 p.
- Linares, H. 2004. Manejo de invernaderos. Secretaría de la Reforma Agraria. México.
- López Gálvez, J y Zapata, F. 2003. Condiciones agroclimáticas y generales a considerar en el diseño de estructuras de protección de cultivos. Curso de formación sobre diseño de invernaderos y materiales de cerramiento. Alajuela, Costa Rica. 59 p.
- Lorenzo, P. 2012 El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. España. 20 p
- Marín, F. 2010. Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Informe final del Proyecto FITTACORI F-02-08, Cód. APB-031. 34 p.
- Martínez, P. et al. sf Avances en el control de los factores del clima para el cultivo en invernadero. Departamento de Horticultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.15 p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2004, Decreto MAG 32039, Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola en Ambientes Protegidos. La Gaceta no 199. 12 de octubre del 2004
- Muller, A. y Niggli, U. 2013. The potential of sustainability Agricultures for climate change adaptation. In Wake

- up before it is too late. Trade and Environment Review 2013. UNCTAD. 341 p.
- Nelson, P. 2003. Greenhouse operation and management. 6th Edition, New Jersey. 692 p.
- Pacheco, J. 2006. Fundamentos técnicos para el diseño y construcción de invernaderos. In Memoria del curso de Producción de hortalizas bajo invernaderos. Fundación Produce. Sinaloa, México. 86 p.
- Quirós, I. 2014. Importancia de la información de mercados. CNP/ProNAP, Desplegable; Serie Documental Cód. APB-070, Costa Rica. 4 p.
- Real Academia Española. 2014. Diccionario de la lengua española, 23ª Edición. Madrid: Espasa. <http://www.rae.es/obras-academicas/diccionarios/diccionario-de-la-lengua-espanola#sthash.0iiPz5Vd.dpuf>
- De Schutter, O. 2013. Agroecology: A solution to the crisis of food systems and climate change. In. Wake up before it is too late, Trade and Environment Review 2013. UNCTAD. 341 p.
- Tesi, R. 2001. Medios de protección para la hortoflorofruticultura y el viverismo. Traducida por J. Mateo Box. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 288 p.

** El presente aporte fue presentado en el “VII Congreso Latinoamericano de Agronomía”, realizado en el mes de julio en la ciudad de Guayaquil, Ecuador.*

FLORES COMESTIBLES COMO FUENTE DE ELEMENTOS IMPORTANTES PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Juan Mora Camacho

juan.mora.camacho@una.cr

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional

Valor nutricional de las flores comestibles

El consumo de flores se ha conocido desde la antigüedad en todas las civilizaciones y aun se mantiene su uso habitual tanto en aspectos culinarios como terapéuticos. Las frutas, hortalizas, flores y en general, aquellos productos que no solo aportan elementos nutritivos, sino que previenen o reducen la incidencia de algunas enfermedades, tienen un amplio interés comercial y es el caso de las flores, cuyo uso se ha incrementado más allá de las aplicaciones culinarias.

Se debe tener en cuenta que las flores de algunas plantas poseen compuestos con acción terapéutica y por esta razón podrían ser considerados alimentos funcionales. Entre los compuestos biológicamente activos, los compuestos fenólicos, son un ejemplo ya que se encuentran en flores como las rosas (*Rosa* sp.). Además, estos compuestos se asocian con la prevención de enfermedades crónicas degenerativas que en los últimos tiempos están en aumento entre la población. Varios autores reportan que los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de metabolitos en el reino vegetal más numerosos y ampliamente distribuidos con más de 8,000 estructuras fenólicas comúnmente conocidas. Estos compuestos son producto del metabolismo secundario vegetal, y están asociados con el color, características sensoriales (sabor y astringencia), características nutrimentales y propiedades antioxidantes.

Otro importante grupo de compuestos en los alimentos vegetales son los carotenoides, los cuales además de su función como precursores de la vitamina A, tienen otras actividades biológicas

como la capacidad antioxidante (Toledo et al., 2004).

Dadas estas características, está claro que las flores no solo aportan a la presentación de los platos, sino que también tienen importantes beneficios nutricionales. Por ejemplo, se ha dado a conocer que el contenido de Vitamina C en la *Viola* es mayor en % de materia seca, que el de las naranjas, *Citrus sinensis* (L.); también posee una importante concentración beta-caroteno.

Ya que las flores contienen más de un 95% de agua, los valores de nutrientes no son significativos en términos absolutos, por lo que su aporte principal se relaciona mayormente con su aporte sensorial y su valor biológico, al incorporar al organismo pequeñas dosis de productos con actividad funcional y nutricional. Además, ya que las flores poseen un bajo contenido de calorías, no ofrecen desventaja a los consumidores preocupados por su salud y peso.

Algunos resultados obtenidos localmente

Gracias al apoyo de la fundación FITTACORI y a la relación interinstitucional UNA-TEC-MAG, se logró realizar un ensayo exploratorio para valorar el desempeño de algunas especies de flores comestibles y determinar el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y capacidad antioxidante total.

El experimento se realizó con cinco especies de plantas con flores reconocidas como comestibles (figura 1). En un primer ciclo en época lluviosa, se trabajó con begonias (*Begonia semperflorens*), capuchinas (*Tropaeolum majus*),

clitoria (*Clitoria ternatea*) y violetas (*Viola sp.*). En un ciclo veranero, se sustituyó la clitoria por clavelina (*Dianthus japonicus*). Esta sustitución se dio debido a las características de crecimiento de la primera y a su comportamiento durante la maduración de la flora, aunque no se descarta como de gran potencial.

Los valores contenidos de fitolitos en cinco especies de flores comestibles evaluadas en la experiencia, concuerdan con los reportados en la literatura científica; es más, se observaron importantes variaciones de acuerdo con la localidad donde se estableció el cultivo, con el sistema de siembra y la época.



Figura 1. Flores de las especies empleadas en el ensayo: de izquierda a derecha, begonias, capuchinas, clavelinas, clitoria y violas

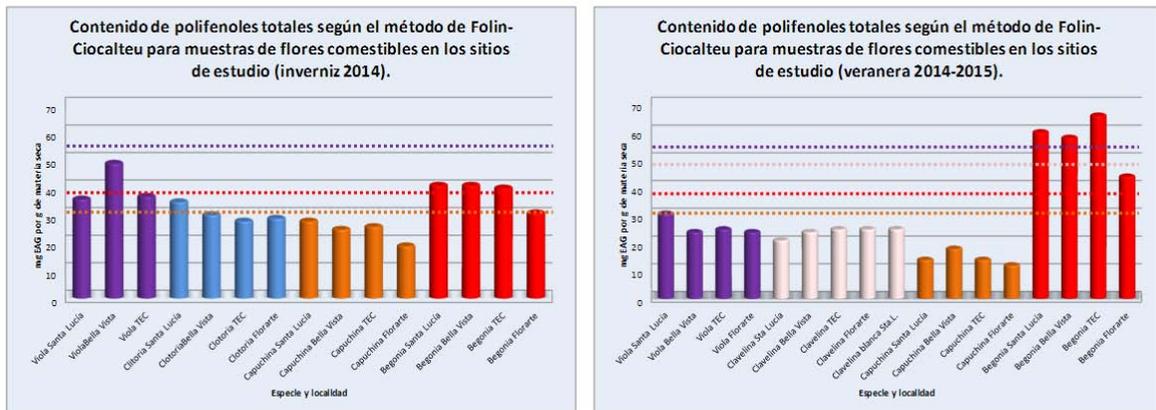


Figura 2. Contenido de polifenoles totales en las flores, en dos épocas de producción.

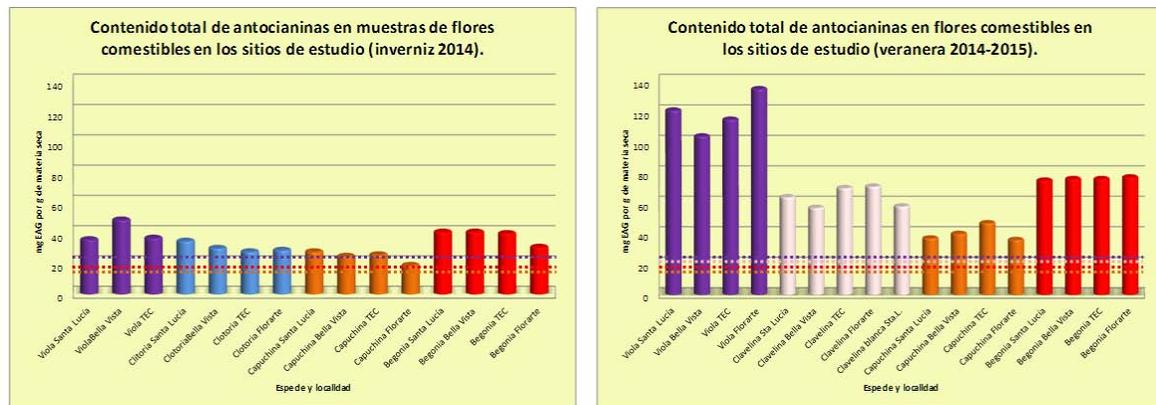


Figura 3. Actividad antioxidante total en las flores, en dos épocas de producción.

El contenido de polifenoles totales (mg/g de materia seca) en varias especies de flores comestibles para dos épocas de cultivo, se incluye en la Figura 2. Las líneas punteadas representan, por color, una referencia señalada de la literatura (Rop, et al., 2012).

La actividad antioxidante total (mg/g de materia seca) en varias especies de flores comestibles para dos épocas de cultivo se incluye en la Figura 3. Las líneas punteadas representan, por color, una referencia señalada de la literatura (Rop, et al., 2012). Las líneas punteadas, representan, por color, una referencia señalada de la literatura (Rop, et al., 2012).

El contenido total de antocianinas (mg/g de materia seca) en varias especies de flores comestibles para dos épocas de cultivo se presenta en la Figura 4.

Conclusiones

De los resultados obtenidos, es posible confirmar las capacidades funcionales y nutritivas de estas especies, sin embargo se requiere mayor investigación para determinar tipos de elementos, y así poder relacionarlos de manera más precisa con su efectos en el organismo e identificar posibles procesos de industrialización o incorporación de valor agregado a estos materiales

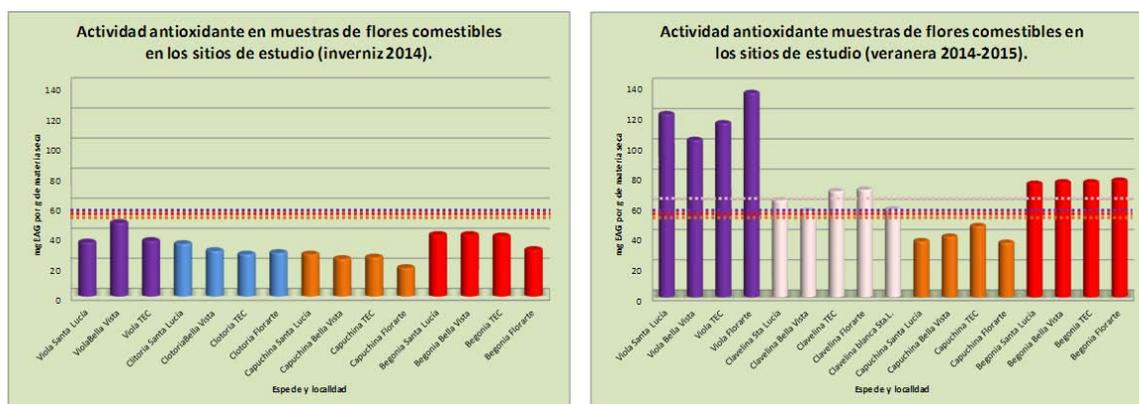


Figura 4. Contenido total de antocianinas en las flores, en dos épocas de producción.

Literatura consultada

- ESTRELLA LARA-CORTES- et al.2014. Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. Revista Chapingo Serie Horticultura 20(1): 101-116, 2014.
- ROP, O.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; NEUGEBAUEROVA, J.; VABKOVA, J. 2012. Edible flowers—a new promising source of mineral elements in human nutrition. *Molecules* 17: 6672-6683. doi:10.3390/molecules17066672-
- SHARMA YASHASWINI. Et al 2011. Health and nutrition from ornamentals. *IJRAP*. 2 (2)375-382.
- SREELATHA, S.; PADMA, P.R. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition* 64: 303-311. doi: 10.1007/s11130-009-0141-0.
- KELLY, K et al 2001 Consumer and professional chef perceptions on three edible-flowers species. *HORTSCIENCE* 36(1):162–166. 2001.
- TOLEDO, T.; et al. 2004. Biological properties of natural dyes. *Ars Pharmaceutica* 45: 5-20. <http://farmacia.ugr.es/ars/pdf/276.pdf>
- VANDERJAGT, T.J.; GHATTAS, R.; VANDERJAGT, D.J.; CROSSEY, M.; GLEW, R.H. 2002. Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sciences* 70: 1035–1040. doi: 10.1016/S0024-3205(01)01481-3

OBTENCIÓN DE DIESEL A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE AGRICULTURA PROTEGIDA

Daniel Arrieta Arroyo

darrieta1992@gmail.com

Germán Jiménez Rivera

Energías Balanceadas S.A., Heredia

Un equipo interdisciplinario compuesto por colaboradores de la empresa *Energías Balanceadas* y estudiantes de la Universidad Nacional, evaluó la viabilidad de obtener combustibles líquidos, entre ellos el Diésel, a partir de residuos plásticos agroindustriales mediante una técnica conocida como pirólisis.

Los resultados muestran que las cantidades de producto generadas dependen del material que se utiliza, entre otras variables. El rendimiento de esta técnica va desde 0,22 hasta 1,0 litros por kilogramo. Con estos valores, se abre una ventana prometedora para utilizar los plásticos de desecho como fuentes de combustibles de bajo costo para la agroindustria. *Energías Balanceadas* espera desarrollar el proceso en alto volumen con tecnología costarricense durante el 2016.

Uso de los plásticos en la actualidad

Son muchas las características de los productos plásticos que los hacen materiales tan versátiles y ampliamente utilizados, haciendo casi imposible hoy en día su sustitución por otros materiales. Entre algunas de las características que destacan de estos materiales, podemos mencionar su buena relación costo/desempeño, resistencia a la corrosión (principal ventaja sobre los metales), la amplia gama de materias primas para su fabricación (gases, aceites, biomasa entre otros), el posible uso de los mismos en otros sectores (producción de energía por ejemplo), además de la capacidad de ser fácilmente moldeados (1).

Si bien es cierto los plásticos presentan una serie de buenas características, estos también presentan desventajas; y la principal es la elevada persistencia en el ambiente debido a su naturaleza como sustancias no biodegradables. Lo anterior trae consigo la generación de una elevada cantidad de basura tanto en nuestro país como alrededor del mundo. En este sentido, es necesario aclarar que no son los plásticos los materiales responsables de la contaminación, sino el inadecuado uso y disposición que hacemos de estos, sumado a la incapacidad de técnicas efectivas para el adecuado manejo y reciclaje de este tipo de residuos (2).

Situación del plástico a nivel mundial

Se estima que la producción mundial de plástico es de aproximadamente 260 millones de toneladas anuales y se espera que su consumo aumente en al menos un 4,4% anual. Dentro del total de plásticos producidos año a año, son el polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE), junto con el polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) y poliestireno (PS), los cuatro de mayor generación en el mundo, abarcando más del 75% de la producción mundial (3,4).

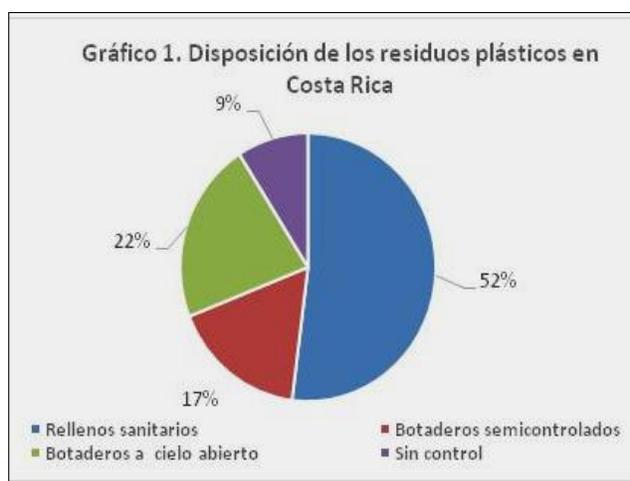
Situación del plástico en Costa Rica

Nuestro país no escapa a la problemática mundial, ya que la generación de residuos sólidos ronda las 4500 toneladas diarias, de las cuales 20% corresponde a residuos plásticos (5).

Tabla1, Composición porcentual de los residuos sólidos en costa Rica

ZONA	% PLÁSTICO	% VIDRIO	% PAPEL	% ALUMINIO	% ORGÁNICOS	% OTROS
Urbana	17,7	2,29	20,62	0,10	49,7	9,59
Rural	2,48	1,16	5,7	0,10	63,29	27,27

Del total de residuos plásticos generados diariamente, se estima que 52% de estos son enviados al relleno sanitario, 17% se deposita en rellenos semi-controlados, mientras que 22% se dispone en botaderos al cielo abierto; este 22% y la fracción restante, se encuentran en nuestras playas, ríos, sistemas de alcantarillado, al lado de carreteras, entre algunos otros sitios. Es importante señalar que depositar los residuos plásticos en rellenos sanitarios, disminuye su impacto ambiental, sin embargo el beneficio de esta técnica es nulo, sumado al alto costo de manejo y transporte que debe llevarse a cabo (6,7).



En los últimos años, el reciclaje de productos plásticos ha tomado popularidad en nuestros hogares e industrias. Se estima que de 148000 toneladas de residuos plásticos generados, tan solo 35000 pudieron ser recicladas mediante las distintas técnicas empleadas en la actualidad (8).

A causa de lo anterior, surge la necesidad de adoptar en el país técnicas efectivas, capaces de tratar altos volúmenes de residuos, técnicas que sean ambiental y económicamente viables, para así solucionar la problemática generada por este tipo de residuos. La **pirólisis** se presenta como una técnica capaz de cumplir todas estas características y la cual trataremos a continuación (9).

Pirólisis

La **pirólisis** es un proceso en que la materia orgánica se somete a un calentamiento en una atmósfera inerte, hasta lograr la descomposición química del material (plásticos en nuestro caso), generando lo anterior la obtención de moléculas de menor tamaño. Así, se busca la obtención de combustibles líquidos o gaseosos, los cuales pueden ser utilizados para la generación de energía o ya sea como materias primas para distintos sectores productivos (10).

Cabe señalar, que en caso de que existan productos inorgánicos en la alimentación del proceso, estos permanecen prácticamente inalterados y los mismos pueden ser separados de la mezcla obtenida por métodos físicos sencillos como filtración, sedimentación, entre otros (11).

La pirólisis presenta una serie de ventajas en relación con las técnicas de reciclaje mecánico utilizadas actualmente. Siendo el uso de mezclas de plásticos una de las más importantes a destacar, otra de las ventajas es que no se requiere un lavado en los materiales por procesar, ya que residuos de materia orgánica son descompuestos a

las temperaturas empleadas en el equipo de conversión. Otro punto beneficioso, es que no se requiere hacer una separación del plástico de acuerdo con su calidad o apariencia; puede trabajarse con el plástico que el reciclaje mecánico no acepta en el proceso (12).

En tanto los plásticos que pueden ser tratados en el proceso de pirólisis, son el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC), este último mediante un tratamiento previo. Esos materiales son capaces de generar combustibles líquidos hasta con 80% de rendimiento, llegando incluso algunos a conseguir hasta 1 litro de combustible por kilogramo de residuo plástico. La ventaja de trabajar con estos polímeros, es que como se comentó anteriormente, corresponden a los plásticos de mayor producción y uso a nivel mundial, materias primas de uso diario en industrias como la alimenticia, médica, cosmética, agroindustrial, química, farmacéutica, entre muchas otras (13).

Para ejemplificar el proceso de obtención de combustibles a partir de residuos plásticos, probaremos algunos de los materiales generados en el área de agricultura protegida de nuestro país.

Prueba a algunos materiales agroindustriales

En este reporte se sometieron a un proceso de pirólisis cinco residuos plásticos, de los cuales cuatro son de origen agroindustrial: bandejas de germinación, plástico para techo de invernadero, cobertor de vivero o sarán y una malla anti-insectos (figura 1).

Estas muestras se trataron en el reactor de laboratorio (RL) con masas que van desde los 224 g a los 500 g a una temperatura de 450 °C, utilizando una atmósfera no inerte y sin hacer uso de catalizador.



Figura 1. Materiales de cerramiento tratados en el proceso de pirólisis. De arriba hacia abajo, bandejas para plántulas, plástico de techo, sarán y malla anti-insectos.

Resultados obtenidos

Prueba con bandejas de germinación:

Mediante pruebas experimentales simples, este plástico fue caracterizado como poliestireno (PS). Una vez caracterizado el material, se pirolizó una masa de 224 g de este a una temperatura de 450 °C, obteniéndose un volumen de 100 ml y un residuo de 83.8 g.

Prueba con plástico para techo de invernadero:

Para esta prueba se tomaron 495,4 g de residuo plástico. Mediante pruebas cualitativas se determinó que este plástico corresponde a polietileno (PE).

Una vez realizada la pirólisis a 450 °C, se obtuvieron 130 ml de combustible y un residuo sólido de 152,3 g.

Prueba con cobertor de vivero (sarán)

Para llevar a cabo esta prueba se utilizaron 447,3 g de material, previamente caracterizado como polipropileno (PP); posteriormente el material se calentó a 450 °C, obteniéndose un volumen de 350 ml y un residuo sólido de 68,4 g.

Prueba con malla anti-insectos

Previamente se determinó que este material corresponde a polipropileno (PP). Se tomó una muestra de 370,4 g y la misma se colocó en el reactor de laboratorio (RL) a una temperatura de 450 °C.

Para este material no se obtuvo una fracción de combustible líquido cuando el mismo se pirolizó (0 ml de líquido), únicamente se observó un producto gaseoso.

Se cree que la posible razón por la cual no se obtiene combustible con este material, es el elevado contenido de materia orgánica (moho) en nuestro residuo. Para comprobar si el material tiene capacidad de generar combustibles líquidos

se propone tratar una muestra virgen, es decir un plástico de esta naturaleza el cual no ha sido previamente utilizado, esto para asegurar la certeza de la razón propuesta.



Figura 2. Ejemplo de subproducto líquido logrado mediante la pirólisis.

En otro sentido, también, se realizó una prueba empleando tapas de medidor de electricidad, que se emplean en el registro en los hogares. Para este caso trabajamos con un material difícil de quebrar debido a sus buenas propiedades mecánicas, sin embargo este presenta una elevada densidad lo cual es beneficioso en el proceso (elevada masa en poco volumen, figura 3). Se colocaron 408,3 g de fragmentos de este material en el reactor y se calentó a 450 °C, obteniéndose un volumen de 95 ml de un líquido negro oscuro y con una elevada viscosidad; además se obtuvo una masa de residuo sólido de 192,2 g. Este residuo sólido parece contener partículas de vidrio mezcladas con el carbón, por lo que se considera la posibilidad que el residuo plástico esté mezclado con fibra de vidrio, siendo esto la causa de su elevada resistencia mecánica.



Figura 3. El caso de tapas de medidores.

Tabla2. Resumen de resultados de pirólisis de diversos materiales

Material	Masa tratada	Rendimiento Líquido	Residuo Sólido
Bandejas de germinación	224 g	100 ml	83,8 g
Cobertor de techo invernadero	495 g	130 ml	152,3 g
Cobertor de vivero (sarán)	447 g	350 ml	68,4 g
Cobertor anti-insectos	370 g	0 ml	no se obtuvo
Tapa de medidor	408 g	95 ml	192,2 g

Propuesta de trabajo conjunto

La empresa Energías Balanceadas tiene planeado escalar la producción a volúmenes de 2 toneladas de material diario en los próximos 6 meses, y una de las formas de colaboración con esta y otras expresiones de la agroindustria, consistiría en ofrecer el servicio de conversión de desechos plásticos en combustibles.

Bajo este concepto, *Energías Balanceadas* recibiría el plástico de los agroindustriales, el cual sería siempre propiedad de ellos, y por una tarifa preferencial les devolvería combustibles a precios sustancialmente más bajos que los obtenidos en el mercado.



Con esto se lograría un doble beneficio: se eliminaría adecuadamente el desecho plástico del ambiente y se mejoraría la competitividad de los productores al utilizar un combustible de menor costo. Si se requiere más información al respecto se pueden comunicar con los autores de este artículo.

Conclusiones

La mayoría de los plásticos aquí tratados tienen la capacidad de generar combustibles líquidos. Aunque parezca que el rendimiento es de un bajo porcentaje, se pretende realizar una segunda prueba a estos materiales pero bajo otras condiciones para mejorar la eficiencia de extracción.

La función de calentamiento del reactor empleado y las características de diseño no permiten la conversión del 100 % de material, por lo que los rendimientos de estos residuos plásticos podrían incrementarse sustancialmente haciendo uso de una fuente de calentamiento en óptimas condiciones y un adecuado diseño.

Se recomienda analizar de forma más detallada la naturaleza del plástico de otros productos, como el de la tapa del medidor, ante el alto contenido de residuo sólido vidrioso y la generación de gas color mostaza.

Bibliografía

- (1) Mülhaupt, R. Green polymer chemistry and bio-based plastics: Dreams and reality. *Macromol. Chem. Phys.* 2013, 214, 159-174.
- (2) Koushal, V.; Sharma, R.; Sharma, M.; Sharma, R.; Sharma, V. Plastics: Issues Challenges and Remediation. *Int. J. Waste Resour.* 2014, 4, 1-6.
- (3) Williams, P. T. Thermal and Pyrolytic Processes for the Valorization of Waste Plastics. *ISFR 2011 Toledo* 2011, 5-7.
- (4) Cleetus, C.; Thomas, S.; Varghese, S. Synthesis of Petroleum-Based Fuel from Waste Plastics and Performance Analysis in a CI Engine. *J. Energy* 2013, 2013, 1-10.
- (5) Soto, S. Situación actual de la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica; 2012; p. 5.

- (6) Ovares, I. GUÍA NACIONAL DE MANEJO DE RESIDUOS 2014, 2014, 16.
- (7) Blanco, P. Plástico predomina entre contaminantes de playas nacionales. Noticias UCR, 2010.
- (8) SINC. 269.000 toneladas de plásticos flotan en los océanos del planeta. Scientific American. diciembre 2014, ppc. 4-7.
- (9) Aguado, J.; Serrano, D. P.; Escola, J. M.; Briones, L. El papel de la Química en la valorización de los residuos plásticos. An. Química 2011, 107, 76-83.
- (10) Aguado, J.; Serrano, D. P.; Escola, J. M.; Briones, L. El papel de la Química en la valorización de los residuos plásticos. An. Química 2011, 107, 76-83.
- (11) Gao, F. Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels, University of Canterbury, 2010.
- (12) López, a.; de Marco, I.; Caballero, B. M.; Laresgoiti, M. F.; Adrados, a. Influence of time and temperature on pyrolysis of plastic wastes in a semi-batch reactor. Chem. Eng. J. 2011, 173, 62-71.
- (13) Butler, E.; Devlin, G.; McDonnell, K. Waste polyolefins to liquid fuels via pyrolysis: Review of commercial state-of-the-art and recent laboratory research. Waste and Biomass Valorization 2011, 2, 227-255.

Invitación a conferencia

EQUIPAMIENTO CIENTIFICO PARA AGRICULTURA PROTEGIDA

El Programa Nacional de Agricultura bajo Ambiente Protegido y la Universidad de Costa Rica

Invitan a la conferencia

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS PARA LA AGRICULTURA PROTEGIDA

Importancia de los datos, estaciones meteorológicas, hidro-meteorología, instrumentos para funciones especiales (conductividad, fotosíntesis, humedad, luz), uso y mantenimiento.

Viernes 20 de noviembre de 2015
8:00 am- 12 md, Salón de Conferencias de UCAGRO (Facultad de Agroalimentarias)
U.C.R. San Pedro Montes de Oca

Para inscripción, enviar un correo a agricultura.protegida@mag.go.cr
EL CUPO ES LIMITADO

Ante una inquietud casi generalizada sobre el vacío en el empleo de instrumentación y el manejo de datos, se ha promovido esta conferencia, en la que se informará acerca de la disponibilidad de equipos relacionados con procesos biofísicos y bioquímicos en la producción vegetal bajo agricultura protegida. Varias empresas proveedoras han ofrecido apoyo para esta gestión.

La actividad se llevará a cabo el 20 de noviembre, a partir de las 8:00 am, en el auditorio de la Unidad de la Gestión del Conocimiento Agroalimentario –UCAGRO–, situado detrás de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, en Montes de Oca.

La entrada es gratuita pero hay limitación en el número de asistentes, por lo que se requiere inscripción previa, ya que hay poca disponibilidad de estacionamiento. Los colaboradores están solicitando autorización de uso del Edificio de Parqueos, frente a la nueva Facultad de Ciencias Sociales, en la Ciudad de la Investigación (Finca 2), que queda a unos 600 m del auditorio.

Se avisará oportunamente a quienes se inscriban, razón por la cual se solicita indiquen su nombre completo, número telefónico y dirección electrónica.

F.M.T

ALGUNAS ACTIVIDADES DEL ProNAP

Francisco Marín Thiele

framathi@costarricense.cr

ProNAP, Ministerio de Agricultura y Ganadería (Convenio CNP-MAG)

VI CURSO BASICO SOBRE AGRICULTURA PROTEGIDA



Se desarrolló el VI Curso Básico sobre Agricultura Protegida del 30 de setiembre al 2 de octubre. Como se recordará, en esta oportunidad la matrícula se abrió a todo el público, de forma que hubo una importante diversidad de intereses en el grupo de trabajo. Treinta y nueve productores, técnicos, estudiantes y personas con miras hacia implementar proyectos de agricultura protegida, participaron en esta oportunidad. Al igual que en el anterior curso, la sede fue el Colegio de Ingenieros Agrónomos y concluyó una gira a campo, a la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, en donde se observaron distintas aplicaciones de la tecnología de este sistema

de producción. La actividad contó con catorce expositores de distintas empresas públicas y privadas, que desarrollaron temas como situación de la agricultura protegida en Costa Rica, precios internacionales, algunas notas sobre construcción, manejo de clima y asuntos ambientales, desajuste climático, sustratos y nutrición, además de haber podido desarrollar detalles sobre temas como mosca blanca y varios proyectos productivos.

CHARLAS A ESTUDIANTES

Atendiendo solicitudes de los profesores que desarrollan cursos sobre el tema de producción agrícola protegida, se apoya a los estudiantes con una charla orientadora sobre conceptos, sistemas tecnológicos, deficiencias en aplicación de tecnología y perspectivas para la investigación, además de hacer conocer acerca de la estructura del Programa, sus productos y las expectativas de los productores y técnicos ante este sistema de producción. En esta oportunidad, fue el caso del Tecnológico de Costa Rica en Santa Clara, San Carlos, en donde se logró contar con la presencia de diecinueve estudiantes a cargo del profesor César Naranjo. Se estableció a su vez, el contacto para futura consulta, ya que muchos estudiantes se interesan por desarrollar sus trabajos de graduación en este tópico.

DIA DE CAMPO EN NARANJO DE ALAJUELA

Un día de campo sobre agricultura protegida fue organizado por la Dirección Regional Central Occidental del MAG, a cargo del Agencia de Extensión Agropecuaria de Naranjo. En Cirrú de Naranjo, la asociación Talita-Cumi, que atiende a personas con diversas discapacidades, cuenta con un módulo para la producción hortícola y un mariposario que utiliza malla técnica. Con la asesoría de los funcionarios del MAG, se están implementando procesos de automatización y mejora de operaciones. Esta gerencia participó ofreciendo una visión acerca de expectativas sobre agricultura



protegida; pero el temario se enriqueció con exposiciones de otras entidades y empresas, sobre cultivo de lechuga, el uso de algunos instrumentos, el uso de energía de origen solar, etc. Alrededor de sesenta técnicos y productores atendieron la invitación.

EXPOSICIÓN DE PROGRAMAS NACIONALES

A fin de compartir el quehacer de la Unidad de Programas Nacionales, el 4 de setiembre se realizó una actividad con exposiciones sobre los diversos asuntos atendidos, que se consideró como una importante oportunidad para compartir con compañeros institucionales y sectoriales.

Entre ello, el ProNAP hizo una rápida exhibición sobre hidroponía con el sistema de lámina nutritiva; también se ilustró el desarrollo de proyectos de investigación aplicada y conjunta con universidades nacionales, al igual que las diferentes acciones de transferencia y de construcción de documentos técnicos y equipos de trabajo. Así mismo, se mostraron algunos materiales empelados en este sistema productivo.

La acción permitió que muchas personas conocieran el quehacer de los Programas Nacionales y a la vez, identificaran contactos y se generaran posibilidades de transferir información para mejorar las actividades de otros interesados.



PRESENTACIÓN DE RESULTADOS FINALES SOBRE FLORES COMESTIBLES



La presentación final de resultados del proyecto de flores comestibles, realizado con el aporte de FITTACORI, se desarrolló el anterior diez de setiembre. Asistieron cuarenta y dos personas, productores, técnicos, estudiantes y otras interesadas. Los colaboradores en este proceso, UNA, TEC, ProNAP y dos productores, facilitaron información sobre la experiencia. Los investigadores, expusieron los resultados relacionados con la producción, el manejo de las flores, el contenido de algunos antioxidantes y los conflictos del sistema productivo. Se aprovechó la oportunidad para demostrar el uso de las flores en diferentes

aplicaciones culinarias, entre bebidas y diversos platillos. La experiencia permitió identificar los principales asuntos por ser investigados en el futuro. Material divulgativo se pondrá a disposición en próximas fechas, pero ya se inició el proceso con la incorporación del tema en el proceso de transferencia mediante los Cursos Básicos V y VI.

Código APB-091

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