

Tópicos sobre el agua en la productividad de los cultivos

MARÍA DEL PILAR LONGAR BLANCO*

RESUMEN: en el medio rural, la adaptación de cultivos a las condiciones de humedad, transpiración, uso de agua, resistencia a la insuficiencia y la respuesta a un déficit extremo (estrés), se han aminorado en ciertos casos y regiones geográficas; la biotecnología agrícola contribuye en la selección de cultivares para el uso más eficiente de agua. El objetivo de esta investigación es promover y establecer un modelo de producción agrícola sustentable que proporcione alimentos de calidad para autoconsumo, durante todo el año y se traduzca en un mejor estado de salud y bienestar para las familias del medio rural. Se realizó un diagnóstico de los recursos hídricos disponibles con la aplicación de diferentes indicadores, que impactan en las comunidades campesinas y la producción agrícola. Se promovió el establecimiento de invernaderos tipo *plug*, con el diseño de prácticas de conservación, para controlar límites de tolerancia ambientales de los cultivos, y se considera la necesidad de fortalecer la vinculación académico-empresarial, bajo un esquema de colaboración nacional e internacional orientado a cubrir necesidades del país y fomentar la innovación. Los resultados preliminares, muestran una de las consecuencias del calentamiento global, el incremento del “estrés hídrico” en los cultivos, principalmente debido al crecimiento poblacional, actividades económicas, usos del suelo y en particular por los procesos de urbanización.

PALABRAS CLAVE: invernaderos *plug*, indicadores de recursos hídricos, calentamiento global, biotecnología agrícola.

ABSTRACT: in the rural environment, crops adaptation to humidity conditions, transpiration and use of water, as well as the resistance to insufficiency and response to an extreme deficit or “stress”, has been reduced in certain cases and specific geographical regions in which agricultural biotechnology contributes in the selection of crops methods with a more efficient use of water. The objective of this research was to promote and establish an agricultural production model able to provide enough quality food for the whole year for self consumption; as well as to have surplus for additional income that translates into health and welfare for the participating families in the rural community. A diagnosis was held with the main indicators about water resources as a basis, considering the impact on the population and agricultural production, by applying preservation practices and several greenhouse techniques, for those called *plug*. The idea was to control the tolerance limits for the environmental factors, mainly because of the water shortage that is a consequence of global warming. Preliminary results show the need for a strengthening of national and international collaboration that covers the necessities of the peasant population and the boost for innovation with these technologies; together with the lack of institutional support in physical infrastructure; and for business and trade of products at a national level, furthermore, international, that promote competitiveness.

KEYWORDS: greenhouses, *plug*, water resources indicators, global warming, agricultural biotechnology.

Introducción

En esta investigación se usaron diversos mecanismos y prácticas de conservación, se diseño, promovió y aplicó *in situ*, un modelo autosustentable que proporciona

* Profesora investigadora titular; miembro del SNI; becaria SIBE de la COFAA-IPN. Proyecto SIP 20100170.

alimentos durante todo el año; se uso germoplasma de la región y otras técnicas de manejo para promover la productividad agrícola. Entre los factores ambientales que se consideraron por efectos del calentamiento global, se aborda la disponibilidad del agua en los cultivos, principalmente, por la importancia que tiene en la economía ecológica en las plantas cultivadas, la cual es indiscutible; en su crecimiento influye la humedad atmosférica, precipitación y efectividad; adaptación a las condiciones de humedad, transpiración y uso del agua, resistencia a la insuficiencia y respuesta a un déficit extremo (estrés). La metodología fue de tipo cuantitativo y cualitativo, con trabajo de campo y gabinete. Los lugares en estudio se ubican en los municipios de Axochiapan en el estado de Morelos y Chietla, Puebla, en la república mexicana. Se estableció la vinculación académico-empresarial bajo un esquema de colaboración nacional e internacional orientado a cubrir necesidades del país, así como al fomento de la innovación y concomitantemente a mejorar la salud y calidad de vida de sus pobladores. Ante la crisis mundial de alimentos, la población rural está en mayor desventaja, por el olvido ancestral del sector agrícola y entre otras causas, por la escasez de servicios de educación y apoyo público para la extensión agrícola, infraestructura física y el comercio e intercambio de productos.

Del mismo modo, se abordan los recursos biotecnológicos, usados en diferentes partes del mundo para lograr que los cultivos más importantes se adecuen a situaciones ambientales extremas. El estrés abiótico (sequía, salinidad, radiación, frío o calor extremo, carencia de nutrientes, entre otros) causan graves pérdidas a la agricultura y son cada vez más preocupantes ante los efectos del calentamiento global, la sostenida salinización de los suelos y del agua de riego agrícola o simplemente por las continuas alzas en el costo de fertilizantes. En este sentido, la biotecnología agrícola contribuye en la selección de cultivares para el uso más eficiente del agua.

Biotecnología vegetal

En la actualidad, se buscan cultivos tolerantes a la sequía y la agrotecnología; desde el punto de vista nutricional, se cuenta con varios cultivos transgénicos, dotados con rasgos tales como resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas, maduración retardada, resistencia a virus o vegetales mejorados; Sin embargo, aún no existen cultivos genéticamente modificados (GM) comerciales que sean tolerantes a situaciones que son cada vez más recurrentes y por lo mismo preocupantes (sequía, salinidad, temperaturas extremas, radiación, entre otros). Actualmente, en Latinoamérica y el resto del mundo, se realizan esfuerzos biotecnológicos en esta área.

En el año 2000, se completó la secuencia genética de la planta *Arabidopsis thaliana*, variedad de mostaza poco valorada, que se convirtió en la primera planta de alto nivel evolutivo en ser secuenciada. En torno a ese trascendental evento, se formaron grandes cantidades de empresas y redes de miles de investigadores de todo el mundo, integrando el más avanzado sistema de experimentación en biología vegetal del globo (www.arabidopsis.org).

Arabidopsis es una planta útil en investigación, gracias a que es fácil de transformar, por medio de la introducción de genes. Su ciclo de vida es de siete semanas. Ofrece un modelo válido para el estudio de gran cantidad de plantas de valor comercial, ya que sus secuencias genéticas son similares, de modo que sus genes se usan para encontrar homólogos en las plantas cultivadas que se busca modificar. Algunas empresas y redes trabajan con un grupo de genes detectados en *Arabidopsis*, llamados Factores de Transcripción (FT), éstos son los que controlan el grado de activación de cientos o miles de otros genes que se expresan en cascadas (primarios, secundarios, etc.) y que finalmente dirigen la expresión de cada rasgo en particular. En el genoma de *Arabidopsis*, cerca de 27 mil genes son controlados por aproximadamente mil 800 FT. La empresa Mendel Biotechnology, se fundó en 1997 para trabajar con la secuencia de *Arabidopsis*, analiza sistemáticamente las funciones de todos los FT de *Arabidopsis* y los especialistas en genética han descubierto que un solo FT puede controlar rasgos complejos, como la habilidad de una planta para superar heladas, sequías, eficiencia de uso de nitrógeno, resistencia a enfermedades y muchos otros rasgos complejos.

Impacto medioambiental en cultivos

La condición de cultivo que más impacta en la agricultura global es la sequía o estrés hídrico. Actualmente, se han logrado avances en la búsqueda de mecanismos que permitan a las plantas, de valor comercial, tolerar múltiples formas de estrés; asimismo, se han detectado genes relacionados con la manifestación de rasgos que ayudan a los cultivos a prosperar en ambientes desérticos, con altas o bajas temperaturas y altas concentraciones de sal. Las células de las plantas contienen compartimentos llamados vacuolas hacia las que es posible derivar el exceso de sal para que no se afecte el funcionamiento del resto de la célula. La biotecnología puede lograr que las células depositen la sal en estas vacuolas a través de la inserción de genes que codifican una proteína encargada de bombear sal, desde las principales partes de la célula a las vacuolas.

Estrés abiótico

Entre las investigaciones realizadas a escala mundial, se han expuesto diversos trabajos, por ejemplo en RedBio, Chile, 2007 (22-26 de octubre en Viña del Mar) se intenta conseguir plantas cultivables tolerantes al estrés abiótico. Otros investigadores, como Gaxiola (2007) refieren en *Ingeniería de las raíces*, una estrategia para la agricultura en áreas marginales de cultivo. El modelo que usa es la planta *Arabidopsis*, que determina la sobre expresión de un gen, el AVP1, que la hace tolerante al estrés hídrico o salino. El tomate transgénico (AVP1) es tolerante al estrés hídrico. Los cultivos Genéticamente Modificados (GM) desarrollan raíces y ramas más grandes y mayor número de frutos (más grandes) cuando son cultivadas en condiciones de bajo fósforo. En este sentido, se obtuvieron buenos resultados con plantas de arroz. La hipótesis es que la H⁺-pirofosfatasa (H⁺-PPase) AVP1 facilita el transporte de auxinas¹ y el desarrollo dependiente de auxinas en *Arabidopsis*, así como en otras plantas. Blumwald (2007) del Departamento de Plant Science de la Universidad de Davis, California (EU), aduce que “el retraso en la senescencia² de la hoja induce una tolerancia extrema y mejora la eficiencia de uso (de agua) de los cultivos”. Blumwald no trabaja con el modelo *Arabidopsis*, sino directamente en campo y experimenta con tabaco. Parte de tres principios observables: 1) el estrés por salinidad y sequía aceleran la senescencia de las plantas, 2) el estrés modifica la relación sumidero/fuente, y 3) las citoquininas retardan la senescencia de las hojas. Contrario a lo que anteriormente se estableció acerca de que la senescencia es un proceso que ayuda a las plantas a superar el estrés; de este modo, el investigador plantea que es posible mejorar la tolerancia de las plantas a la sequía si la senescencia de las hojas es retrasada durante el episodio de sequía.

Por otra parte, en la Universidad de Davis, California se trabaja con plantas de tabaco y se experimenta con transgénicas que requieren de hasta 70% menos de agua. Dichas pruebas, demuestran que la diferencia entre la planta de tabaco normal y la transgénica reside en que a las primeras se les desprenden sus hojas y mueren en dos semanas si no se riegan; mientras que las segundas, no muestran gran deterioro. Las GM rindieron sólo 12% menos cuando se les aplicó 70% menos de agua. El descubrimiento puede ser importante, porque existen otras rutas para incrementar los contenidos de citoquinina en los cultivos, por ejemplo, la aplicación de extractos naturales de algas (<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/0709453104v1>).

Científicos canadienses identifican gen de resistencia al estrés

Científicos de la universidad canadiense de Saskatchewan, identificaron un gen que podría allanar el camino para desarrollar cultivos agrícolas y forestales más tolerantes al estrés ambiental (abiótico), por ejemplo, la luz ultra-violeta y otros tipos de radiación. El estudio conducido por Wei Xiao y sus colegas, se reporta en la revista *The Plant Cell* (enero, 2008), utilizaron el modelo *Arabidopsis* y fueron capaces de clonar y caracterizar cuatro genes que se sospecha tienen el papel de dar respuesta al estrés. Cuando las plantas sufren un estrés que perjudica al ADN, en las que uno de esos genes ha sido desconectado (know out) producen plántulas que crecen de manera más lenta y generalmente mueren, comparadas con el grupo control. Xiao, afirma que, “esto representa que esos genes probablemente juegan un rol importante en el mantenimiento de la estabilidad genética de las plantas y las protege del estrés” <http://www.usask.ca/research/news/read.php?id=768&newsid=1>

Competencia por cultivos tolerantes a la sequía

Una carrera global coloca a Pioneer, Monsanto Co. y otras empresas, unas contra otras, para desarrollar nuevas líneas de maíz (y otros cultivos) y crezcan en situaciones críticas como la ausencia de agua. DuPont espera tener en el mercado su primera semilla de maíz transgénico tolerante a la sequía en 2012. Monsanto, compañía que (entre otros lugares) hace pruebas en los alrededores semiáridos de Davis, California, planea lanzar al mercado su primer maíz tolerante a la sequía poco después de 2010. Syngenta, compañía que tiene su base en Greensboro, North Carolina, E.U., está desarrollando lo que llama tecnología del maíz “optimizadora de uso del agua” que permitirá crecer al maíz en suelos en que normalmente no prosperaría. Esta empresa apunta a tener algo patentado en 2011. Todas esas empresas realizan esfuerzos multi-enfoque que incluyen mejoramiento convencional y biotecnológico. Este último, involucra la transferencia de genes desde microbios, y otras plantas, entre ellas la *Arabidopsis*. Otra idea, es obtener y desarrollar plantas con sistemas radiculares más largos y fuertes que extraigan mayor cantidad de agua desde el suelo y conserven mejor el líquido en el tallo y las hojas, asimismo, se plantea modificar la forma en que las plantas se desarrollan, para que el agua se dirija más al desarrollo de los granos o frutos, según sea el caso, por ejemplo, el de las hojas.

¹ Senescencia: procesos de envejecimiento.

² Hormonas de crecimiento.

Con el precio de los fertilizantes, en alza sostenida, uno de los rasgos más buscados en los cultivos biotecnológicos es la eficiencia en la absorción de nitrógeno (N). En la actualidad, se realiza I + D en maíz, para que este cultivo utilice mejor el N, como se sabe, en forma natural lo extrae y son las leguminosas las que introducen nitrógeno al suelo. Un reciente reporte publicado en *AglineNews* (2008), Monsanto está desarrollando maíz que rinde más, bajo condiciones normales de N o que estabiliza sus rendimientos en ambientes de bajo N. Desde 2006, se experimentó en tres localidades de Illinois y Iowa, USA, Monsanto y llevó a un gen de uso del N a no mostrar caídas de rendimiento cuando los niveles de aplicación de N bajaron de 180 lbs/ac (205 kg/ha) a 40 lb/ac (45 kg/ha). Así, Monsanto y una empresa llamada Evogene, anunciaron una colaboración para mejorar la eficiencia del uso de N en maíz, soja, canola y algodón. La filial de DuPont, Pioneer Hi-Bred International, también busca desarrollar maíz con mayor eficiencia de uso del N. También se cuenta con investigación pública orientada a descubrir genes asociados al uso eficiente de este elemento. En *Nature* (2008), se reportaron esfuerzos de investigadores de Gran Bretaña y Dinamarca que intentan aplicar ingeniería genética a plantas para producir nódulos en las raíces en ausencia de rizobios y conseguir cultivos que no necesitan tratarse con fertilización nitrogenada; en cambio permite a una bacteria natural del suelo, colonizar nódulos fijadores de N. La FAO (2008), establece una nueva y prometedora red de cooperación entre laboratorios y prestigiosos centros internacionales de investigación con el fin de seleccionar nuevas variedades de plantas usando herramientas biotecnológicas. El comité directivo provisional del consorcio está formado por la University of California-Davis, CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en México), universidades y centros de investigación miembros de RedBio. Esta iniciativa pretende unificar experiencias nacionales y regionales con el objetivo de identificar y compartir genes y germoplasma que permitan fitomejorar cultivos estratégicos: maíz, pasturas, frijol, arroz, soya y trigo, para conferirles tolerancia a estrés abióticos como son sequía, salinidad y acidez (*Chile riego*, Edición, N° 33, abril, 2008).

Metodología

La metodología se hizo con base a los modelos cuantitativo y cualitativo; se aplicaron encuestas y entrevistas con los productores involucrados. En la fase I, se realizó un diagnóstico ambiental para establecer lotes experimentales *in situ*, con trabajo de campo y gabinete, se realizaron visitas sistemáticas, durante las diferentes épocas del año y se llevó a cabo un control y registro de datos, considerando los límites de tolerancia para los factores ambientales

con el germoplasma propio de la región; las pruebas se realizaron en lotes experimentales y se construyeron en forma rústica invernaderos del tipo *plug*, referidos por Cantliffe, 2008.

En la fase II, se estableció un modelo autosustentable para promover la productividad agrícola en las comunidades rurales, en el sureste del estado de Morelos y Puebla. Finalmente, se fortaleció la vinculación académico-empresarial, se evaluó la confiabilidad y validez de los métodos usados y los resultados reportados, como modelo probado (FAO, 2008).

Aunque el método de Cantliffe, 2008, usa semillas peletizadas y sembradoras, por el tamaño y reducción de costos, en este trabajo se llevó a cabo de manera manual. El tamaño de la bandeja utilizada se estandariza, pero se mantiene la magnitud de la celda como una variable. Los cambios en la cabeza del tambor y el número de celdas de una fila de y las dimensiones de las celdas de la bandeja son de acuerdo a las necesidades específicas, sin embargo se requieren diferentes cabezas de tambor para distintos tamaños de celdas de la bandeja. Las bandejas y las celdas son una parte importante de la mecanización del sistema, en donde en general deben ser duraderos, de bajo costo, y reciclables. En su mayor parte, se usa espuma de poliestireno, que está probado por la industria a escala mundial y da buenos resultados. El tamaño de la semilla y la forma no son factores determinantes.

Las bandejas se marcan con códigos de barras para su identificación y seguimiento a través del invernadero, así como en la zona de producción. Este tipo de sistema de seguimiento proporciona información exacta de las especies, fecha de siembra y otros requisitos utilizados para producir los trasplantes de calidad.

Posteriormente, las bandejas se apilan y se mueven a una sala de germinación, donde los pisos se mantienen durante cierto tiempo, hasta que germinan las semillas, pero antes de que surjan a través de la superficie del sustrato. Con la siembra, en forma individualizada y el uso de semillas de alta calidad, se obtienen resultados casi perfectos. En las empresas grandes, las imperfecciones no se toleran por el cliente, se relacionan con una pérdida de espacio para el productor de *plug*. En el pasado, las celdas se llenaban a mano, sin embargo, los rellenadores automáticos de bandejas se desarrollaron, mediante “robots” que pueden identificar, vaciar y rellenar las celdas de una bandeja con un sistema de visión por computadora. Cuando se utilizan “robots automatizados”, los costos laborales se pueden reducir en 75% para el llenado de las bandejas; refiriendo, de nueva cuenta a las grandes empresas. En esos casos, que no fue el nuestro, en el invernadero, la automatización se hace cargo de la irrigación, fertilización, y en general

del manejo de plagas. Las bandejas, sin embargo por este método todavía se colocan en forma manual y se retiran de los rieles, que se conectan a un sistema de cables en las casas de riego por flotación.

Por otra parte, los ciclos de cultivo varían de acuerdo a las condiciones climáticas, especialmente de temperatura y luz. Como promedio, se requieren de 35 a 45 días para el crecimiento y acabado de la mayoría de los *plugs*. Se necesita de un productor para gestionar varios locales de trasplante en función de su tamaño. Los *plugs* se pueden embarcar en la bandeja de cultivo original (por lo general, a destinos locales) o se pueden retirar y empaquetar en cajas y enviarlos a través de camiones frigoríficos a su destino final. La mecanización de la siembra en el campo varía en función de los cultivos y agricultores, así como de los productores que usan transplantadoras que requieren de una persona por fila hasta de transplantadoras sofisticadas y sólo una persona por cada seis filas. Cada grado de sofisticación de los equipos de trasplante requiere de un aumento equivalente a los costos de equipo; el beneficio a largo plazo, es la reducción global de los costos laborales.

Otras tecnologías relacionadas, son las del uso de semillas híbridas, que hace aproximadamente 30 años, los agricultores utilizaban variedades de polinización abierta. Desde la década de los ochentas hasta la fecha, el aumento en el uso de semillas híbridas, ha producido mayor demanda. Esto ha provocado un cambio significativo en la forma en que se venden las semillas (número en lugar de peso). Como resultado, el productor de *plug* debe asegurarse de que cada celda contenga la semilla individualizada y que germine produciendo una planta uniformemente sana. Esto es básico en una empresa que se pretenda constituir como productora de semillas para que en el futuro se comercialice, siempre y cuando sea de alta calidad.

La germinación y la tecnología

Muchas de las especies vegetales producidas por los *plug* se generan por semillas pequeñas o de forma irregular. Dado que muchos fabricantes utilizan sembradoras al vacío cilíndricas con capacidad para producir más de mil 200 pisos por hora, se requiere del uso de semillas recubiertas. En la actualidad, la siembra mecanizada de lechuga, tomate, pimiento, berenjena, cebolla, apio, begonia, petunia, entre otras, es generalmente la norma para los productores de *plug*. En muchos casos, el uso de revestimientos de semillas puede ayudar a mejorar la eficiencia del proceso de siembra. Las semillas recubiertas comúnmente incluyen pepino, sandías, melones, caléndulas, zinnia, dalia y anémona. El uso de revestimientos de color o material de *pellets* de color puede ayudar al operador de semillas

a determinar la eficacia del proceso de siembra. Con el fin de mejorar la distribución de emergencia, muchas especies se pueden preparar con el fin de incrementar la uniformidad de la germinación, las tasas de crecimiento de las plántulas y de proceder, de manera más uniforme, especialmente en condiciones de baja o alta temperatura. El cebado de semillas es un tratamiento de presiembra en el que las semillas absorben agua en condiciones controladas y pasan por las primeras etapas de la germinación, antes que el crecimiento de radícula comience, referido por Parera y Cantliffe, (1994). La principal ventaja de cebado de semillas es la mejora de la uniformidad, lleva todas las semillas de la misma etapa de la germinación.

Invernadero y control ambiental

Los *plugs* vegetales se producen casi de manera exclusiva en los invernaderos, excepto los de climas áridos y secos. Una casa *plug* de vegetales típicos, mantiene muy poco control del medio ambiente, esto se hace a través de cortinas laterales de plástico que se pueden levantar o bajar para controlar la temperatura en el invierno. El proceso de producción dentro de la casa está mecanizado, pero la iluminación adicional para el control de la temperatura no suele ser rentable. Las herramientas de control ambiental para los *plugs* ornamentales son generalmente muy diferentes, debido a su alto valor de retorno al productor, a menudo se cultivan en invernaderos de cristal con luz y temperatura suplementaria. Al interior de una casa, la temperatura se puede reducir, con persianas automáticas que se cierran, tomando como base la radiación solar y la temperatura. Las casas más sofisticadas tendrán tapetes mojados y ventiladores para refrigeración en verano y los sistemas de calefacción para el invierno que usan calor directo en la parte inferior del banco en la zona raíz de los *plugs* en crecimiento. En este caso, las persianas superiores se pueden cerrar por la noche para mantener el calor en los invernaderos. Todos los sistemas de control ambiental del invernadero están conectados a un sistema informático gobernado por estaciones meteorológicas, dentro y fuera del invernadero. A través de los cambios en la radiación solar, en la temperatura, velocidad del viento y lluvia; los invernaderos pueden abrir y cerrar las cortinas y encender y apagar los sistemas de calor o de ventilación.

El futuro: un billón de *plugs*

En la actualidad, la producción de *plugs* de trasplante de hortalizas, ornamentales, tabaco y otras especies de plantas constituyen empresas a escala mundial, y su importancia se incrementa cada vez más. En 1967, no se

registraron trasplantes producidos por *plugo*, fue 30 años después, que 25 mil millones de plantas se produjeron de forma global, con la tecnología de los *plugs*, y en 2001 más de 40 mil millones de plantas fueron producidas a partir de *plugs*. Se estima que más de un billón de *plugs* será producido y vendido durante 2010.

Se estima que para este 2010, la producción de *plugs* se expanda y supere con mucho el billón, debido al uso de los trasplantes de injerto. Dado que todos estos deben someterse a un proceso de producción *plug*, la demanda de trasplantes de injerto de cultivos como el tomate, pimiento, sandía, pepino, melón y berenjena seguirá aumentando en todo el mundo. La experiencia inicial y el uso de los trasplantes de injerto se hizo en Corea y Japón, y se ha llevado a muchos otros países que producen cultivos de invernadero. El requisito inicial para las plantas de injerto surgió de la capacidad de ciertos patrones para resistir los nematodos del suelo y determinadas enfermedades transmitidas. Investigaciones recientes demuestran que el injerto puede mejorar enormemente el vigor de la planta y potencialmente aumentar la calidad de la fruta y la cantidad de esta. La disminución legislada del uso de la fumigación con bromuro de metilo en zonas donde prevalece y donde la rotación de cultivos no es posible, ha creado una oleada de interés en el uso de los trasplantes de injerto para superar las enfermedades transmitidas por el suelo, insectos y nematodos. Sin embargo, el coste de los *plugs* de injerto puede aumentar el precio del trasplante final, debido al valor monetario del vástago (semillas híbridas), y de los patrones; en algunas ocasiones se deriva de los híbridos diseñados o de las semillas que también son caras. Así, el costo de las semillas, más el valor adicional del trasplante y el proceso de injerto lleva a un precio final, mucho mayor para el producto *plug*. De cualquier manera, muchas de las operaciones agrícolas comerciales, así como los productores de invernadero, descubren que los beneficios de *plugs* de injerto son muy superiores a los anteriores métodos de polinización abierta.

Aunque el trasplante de varias especies se ha llevado a cabo durante cientos de años, sólo en las últimas cuatro décadas, la industria de trasplantes se ha visto revolucionada por el uso de trasplantes de *plug*. En este cambio han contribuido varios factores, que dieron lugar a una industria que puede asegurar la calidad y uniformidad de los trasplantes. Estos cambios incluyen: 1) menor costo en el sistema abierto de polinización de semillas, a variedades híbridas que son más caras en ambos tipos de plantas ornamentales y hortalizas, 2) estos sistemas conducen a una germinación de semillas que se acerca a 100%, la extendida popularidad de costosas plantas ornamentales y de vegetales, 3) automatización de sistemas de trasplante y equipos de siembra *plug*, 4) automatización de invernaderos para producción, 5) mejora en el sustrato para el desarrollo de las plántulas, y 6) capacidad de germinar

plugs en condiciones más o menos ideales para el productor comercial; esto significa la obtención de una planta que tenga una tasa más rápida de desarrollo uniforme, crecimiento más fuerte de raíz, mejora de la materia vegetal, y en última instancia, capacidad de alto rendimiento. El tamaño de las celdas en los contenedores se puede modificar, para ayudar a maximizar el uso del espacio total en el invernadero de producción *plug*, así como la capacidad de mecanizar la plantación del producto final. La tecnología postcosecha ha mejorado para ayudar a preservar la tecnología *plug*, así como la calidad de la planta, a través del proceso de transportación. Esta área del conocimiento es una zona que requiere de mayor trabajo por parte de la automatización y de la mejora de la biología de la planta. Una mayor mecanización del proceso de plantación del sistema *plug* demanda de mucha investigación, a fin de producir equipo sofisticado a precios más accesibles.

Conclusiones

Una de las conclusiones más importantes se refiere a que la llegada de los trasplantes *plug* permite a los productores de cultivos especializados, la posibilidad de incrementar la uniformidad de pie, y en muchos casos aumentar el rendimiento y la calidad de sus productos. Durante las últimas tres décadas, anualmente, este fenómeno da lugar a un aumento significativo en el uso de los trasplantes *plug*. Por otra parte, a pesar de las bondades que se pretende comercializar a escala internacional, como soluciones inmediatas para la problemática del calentamiento global y concomitantemente del “stress” en cultivos, se considera que, en general, todas las administraciones a escala mundial, deben intervenir de inmediato para cambiar el modelo de desarrollo, no sólo para que se reduzcan las emisiones GEI, sino también para convertir a la agricultura en un sumidero de carbono que ayude a revertir la destructiva contribución al calentamiento global, alejarse del modelo agrícola basado en pesticidas, fertilizantes, transgénicos y consumo masivo de agua y petróleo para abrazar una realidad más lógica y sostenible ambiental y socialmente.

La agricultura tiene una serie de graves efectos indirectos sobre el cambio climático, la tala de ecosistemas forestales para obtener nuevas tierras para pastoreo o producción de cosechas para alimentar el ganado, alimentación humana o uso industrial elimina sumideros de carbono fundamentales -plantas y suelos que absorben carbono atmosférico- e incrementa el calentamiento global. Esto es especialmente importante en el caso de la destrucción de los bosques húmedos tropicales, en los cuales inmensas áreas de cultivo se han eliminado a un ritmo alarmante; como ejemplo, soya para la ganadería intensiva o bien aceite de palma para la producción de agrocombustibles.

Entre otras soluciones, se propone planes y programas gubernamentales en consulta, foros de participación comunitaria y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que fijen carbono en el suelo, a través del establecimiento de cultivares de leguminosas o mixtos, maíz, calabaza y frijol con la reducción del uso de fertilizantes, entre otros.

En nuestro país, el Gobierno Federal estableció (julio, 2009) un Programa de Invernaderos de Alta Tecnología que pretende elevar la productividad y competitividad del campo mexicano, con un Proyecto Cluster de Agronegocios en Tehuacán, Puebla.

- El Programa de Agricultura Protegida cuenta con un presupuesto de 900 millones de pesos para 2009.

- La inversión inicial para el cluster es de 120 millones de pesos y se pretende el establecimiento de más de mil 300 empleos en su primera etapa. Se localiza en Santiago Miahuatlán, Puebla; impulsa la agricultura protegida o de invernadero, como alternativa para elevar la productividad y competitividad del sector agropecuario.

Durante el inicio del Proyecto Cluster de Agronegocios de la región Tehuacán, se está desarrollando un Programa gubernamental de Agricultura Protegida, que tiene entre

sus objetivos, multiplicar por diez la productividad de cada hectárea, no depender de la siembra de temporal, generar empleos y evitar los riesgos y la pérdida de cosechas, derivada de fenómenos climatológicos, que actualmente incrementan los desastres naturales. La inversión pública y privada. De acuerdo a discursos oficiales, “el Programa de Agricultura Protegida, se inició en el estado de Morelos, en la búsqueda del fomento de la instalación de invernaderos de alta tecnología. La Estrategia contó en 2009, con un presupuesto cercano a los 900 millones de pesos, que con el apoyo de inversionistas, instituciones y gobiernos, se espera que detonen inversiones por tres mil 500 millones de pesos en todo el país.”

El otro proyecto gubernamental para el estado de Puebla es el Cluster de Agronegocios en la región Tehuacán, con la iniciativa de más de 300 productores y se estipuló que generará más de mil 300 empleos, en beneficio de familias de los municipios de Tehuacán, Ajalpan, Miahuatlán, Chapulco, Tepanco, Nicolás Bravo, Zinacantepec, Zoquitlán y Vicente Guerrero. La intención es que estos beneficios se extiendan en Morelos y Puebla, específicamente en áreas de trabajo estudiadas en este trabajo.

Bibliografía

- ◆ Blumwald, 2007, *El retraso en la senescencia de la hoja induce una tolerancia extrema y mejora la eficiencia de uso (de agua) de los cultivos*, Departamento de Plant Science de la Universidad de Davis, California, E.U.
- ◆ Brown, L.S., 2001, *Eco-economy, Building an economy for the earth*, Earth Policy Institute, USA. 334pp.
- ◆ Cantliffe, D.J., 2008, *Plug Technology: Horticultural Revolution*, *Chronica Horticulturae*, ISHS, Horticultural science focus, Vol.48, Number 4, ISSN:0578-039X, Belgium, pp. 7-10.
- ◆ Daunay, M-Ch. *et. al.*, 2007, *Biotechnology and Horticulture*, *Chronica Horticulturae*, ISHS, Horticultural science focus, Vol.47, Number 1, ISSN:0578-039X, Belgium, pp. 6-16.
- ◆ Eccardi, F., 2009, *Biodiversidad y consumo responsable*, ED, Corredor Biológico Mesoamericano, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo Ecológico Banamex, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- ◆ Gaxiola, 2007, *Una estrategia para la agricultura en áreas marginales de cultivo*, Arizona State University, USA.
- ◆ Smith, P., 2009, *Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*, Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), Greenpeace, Universidad de Aberdeen.
- ◆ REDBIO, 2007.
- ◆ University of California-Davis, CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), (22-26 de octubre en Viña del Mar).
- ◆ Xiao, W. *et. al.*, 2008, *The Plant Cell*, El artículo se puede ser solicitado en el e-mail del Dr. Wei Xiao: wei.xiao@usask.ca

Web

- ◆ (<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/0709453104v1>)
- ◆ <http://www.usask.ca/research/news/read.php?id=768&newsid=1>
- ◆ http://www.bnamericas.com/news/aguasyresiduos/FAO:_Escasez_de_agua_podria_provocar_proxima_crisis_mundial
- ◆ <http://www.fao.org>
- ◆ <http://sine-die.blogspot.com/2008/12/las-islas-del-pacifico-amenazadas-por-el.html>