



PONENCIA

AGRICULTURA SOSTENIBLE PARA SATISFACER EL RETO MEDIOAMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Rafael M. Jiménez Díaz

Catedrático de Patología Vegetal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba; e Instituto de Agricultura Sostenible, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

INTRODUCCIÓN

Es un honor y un placer para mí intervenir como Ponente en esta Jornada Temática sobre "Aspectos Medioambientales de la Agricultura".

Es innegable la sensibilización social respecto de las agresiones que se han producido sobre el medio ambiente, como consecuencia de las actividades agrarias, industriales y comerciales contemporáneas.

En particular, es notable la reacción de la opinión pública a los problemas que ha originado a las comunidades rurales y urbanas, la intensificación de la producción agrícola que tuvo lugar en los países industrializados del hemisferio Norte después de la 2ª Guerra Mundial, a fin de hacer frente a la demanda de alimentos de la población. Ejemplos de dichos problemas son la erosión del suelo agrícola, el agotamiento de los recursos hídricos, el empobrecimiento de la diversidad biológica, la contaminación ambiental y de los alimentos, la despoblación de las comunidades rurales, etc.

Sin embargo, es conveniente valorar que dicha intensificación, basada en mejoras tecnológicas en el material vegetal y en las prácticas agrícolas, ha permitido por otra parte satisfacer la demanda de cereales de la población mundial sin necesidad de un incremento significativo en la superficie de cultivo. En este sentido, los avances en la productividad

agrícola conllevan para la agricultura la consideración de culpa por perjuicios medioambientales asociables con su éxito.

No obstante, la producción agrícola todavía tiene que hacer frente a retos significativos en términos estructurales y globales, como consecuencia del incremento de la población mundial, que se estima alcance los 8.000 millones de habitantes en el año 2020.

En un análisis reciente de las perspectivas globales de disponibilidad de alimentos en el siglo XXI, Per Pinstrup-Andersen, Director General del Instituto de Investigación sobre Política Alimentaria Internacional en Washington, refiere un incremento estimado del 40% en la demanda global de cereales tubérculos y raíces en el año 2020 respecto de la del año 1993, incremento que procederá fundamentalmente de países en desarrollo y en particular de áreas urbanas. Según Pinstrup-Andersen, el aumento en superficie de cultivo contribuirá en menos del 20% al incremento global de producción necesario de dichos cultivos, de manera que satisfacer el incremento en la demanda de sus productos dependerá básicamente de mejoras en los rendimientos.

En el análisis referido, Pinstrup-Andersen concluye que el incremento en los rendimientos de los cultivos en los países en desarrollo no será suficiente para satisfacer el aumento en la demanda de alimentos en ellos, con lo que dicho déficit habrá de ser satisfecho mediante exportaciones desde países desarrollados.

Para hacer frente a este reto de mejora de rendimientos y satisfacer el incremento en la demanda de alimentos de la población, la agricultura actual y futura debe introducir modificaciones en sus estrategias y prácticas a fin de evitar los impactos negativos sobre los recursos naturales y calidad medioambiental que tuvieron lugar en el pasado. Esto es, es necesario un nuevo concepto de agricultura, capaz de armonizar el incremento de la producción de alimentos y fibras con el aprovechamiento racional, equilibrado y económico de los recursos naturales y la calidad del medio ambiente. Esta nueva agricultura es la que se ha denominado Agricultura Sostenible.

CONCEPTO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE

Formalmente, la Agricultura Sostenible puede ser ubicada entre la agricultura productivista y la denominada agricultura ecológica, y puede definirse como "un sistema integrado de prácticas de producción agrícola, cuya aplicación es dependiente de los ambientes o localidades, que a largo plazo pueda satisfacer las necesidades de alimentos y fibras de la población mediante la

utilización eficiente de insumos y tecnologías agrarias, sin comprometer la conservación de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la competitividad de los productos en precios y calidades que requiere el comercio internacional".

En esta forma de definir el concepto, merece ser destacadas, por su significación, las cautelas o limitaciones que se imponen a la producción: i.e., Conservación, Viabilidad Económica y Eficiencia Tecnológica.

Esta nueva agricultura, la Agricultura Sostenible, es de la más inmediata actualidad por la importancia de los escenarios económico, social y medioambiental en que se ha determinado la necesidad de su puesta en práctica. De hecho, durante los últimos años raro ha sido el documento de significación en materia de política agraria o medioambiental, nacional o internacional, que no ha incluido referencias a la Agricultura Sostenible. Así, esta agricultura ha sido sucesivamente referida en el informe Bruntland elaborado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1988; en el V Programa Marco en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea en 1993; en la Declaración de Cork de la Conferencia Europea sobre Desarrollo Rural de 1996; y en la "Farm Bill" de los EEUU en 1996. Además, el desarrollo de los conocimientos científicos y técnicas necesarios para el establecimiento de sistemas de producción y explotación agrícola nuevos y sostenibles, fue virtualmente el único ámbito priorizado en materia agrícola en el V Programa Marco de Investigación de la Unión Europea.

La Agricultura Sostenible debe ser concebida como resultado de la evolución constante en las formas de producción agrícola hacia sistemas que constituyan una mejora respecto de los disponibles actualmente. Durante los últimos 100 años, la agricultura ha evolucionado con rapidez a través de una "edad de la mecanización" hasta la actual basada en la utilización extensa de productos químicos. El siguiente paso en esta evolución es hacia una agricultura que se basará más en el manejo inteligente de los procesos biológicos y en la utilización de recursos renovables.

De hecho, uno de los efectos más deseados de la práctica de la Agricultura Sostenible es el desarrollo de sistemas biológicos eficientes, que mantengan la capacidad de alto rendimiento mediante el menor uso de recursos no renovables y menor dependencia de insumos externos. La transición entre estas dos formas de agricultura, la actual y la deseada, no es simple y requerirá nuevos y mejores conocimientos de los procesos biológicos que reemplacen el

empirismo y la rutina y faciliten una utilización más eficiente de los insumos y tecnologías agrícolas.

PUESTA EN PRÁCTICA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

A pesar de la actualidad en las referencias a la Agricultura Sostenible, éste no es un concepto de novedad inmediata; por el contrario, hace años que se viene insistiendo sobre la necesidad de su puesta en práctica, en relación con la conservación de los recursos naturales para su uso por las generaciones futuras. De hecho, una de las primeras definiciones de Agricultura Sostenible fue elaborada hace más de 20 años por el Comité Técnico Asesor (TAC) del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GCIAR), que es el órgano coordinador de la red de centros internacionales de investigación agraria (e.g., CIMMYT, CIP, ICARDA, ICRISAT, IRRI, etc...).

Sin embargo, a pesar de que el concepto de Agricultura Sostenible es claro, suficientemente conocido, y de oportunidad más que justificada, todavía no ha sido puesto en práctica en la extensión y frecuencia que son necesarias. Posiblemente, esta aparente inconsistencia es debida, al menos en parte, a la dificultad inherente de la práctica de esta nueva agricultura.

La Agricultura Sostenible se concibe como un sistema integrado de producción, de aplicación ambiente- (localidad)- específica. Por lo tanto, su puesta en práctica lleva consigo modificaciones en los procedimientos utilizados para la producción agrícola en la actualidad, a fin de evitar o disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales antes señalados.

Las modificaciones específicas que deben ser introducidas en los sistemas de producción agrícola con vistas a la sostenibilidad pueden ser diversas y varían según las características de las zonas de producción. No obstante, existen algunos principios generales o estrategias que pueden ayudar para dicha puesta en práctica de la Agricultura Sostenible incluyendo: a) la elección de especies y variedades de plantas mejor adaptadas a las condiciones y lugares de producción; b) la diversificación de cultivos, incluyendo la ganadería, así como de prácticas culturales, con objeto de mejorar la calidad biológica y económica de la explotación; c) el manejo adecuado del agua y del suelo para asegurar su conservación y mejorar su calidad; y d) el uso eficiente de los insumos. Aún así, es necesario señalar que la aplicación directa y generalizada de dichas estrategias no está exenta de dificultades. A fin de ilustrar la naturaleza

de tales dificultades, permítanme comentar brevemente algunos de los aspectos que caracterizan la aplicación de las estrategias que he referido antes.

Respecto de la elección de especies y variedades de plantas; sin duda, la utilización de las mejor adaptadas a los ambientes de producción, y resistentes a estreses bióticos y abióticos, contribuye a incrementar la estabilidad y eficiencia del sistema productivo, y con ello a su sostenibilidad. Sin embargo, es cuestionable que las variedades mejoradas genéticamente para adecuarlas a la agricultura productivista, puedan ser directamente utilizables en el marco que define la Agricultura Sostenible. En definitiva, puesto que cada agricultura delimita el patrón de variedades adecuadas para ella, habrán de ser nuevas las variedades capaces de responder eficientemente a las modificaciones en las estrategias de cultivo, que han de ser introducidas en los sistemas de producción para la Agricultura Sostenible. Además, para algunos cultivos, a esta circunstancia puede unirse la necesidad de superar el estancamiento que se ha producido en la mejora genética de los rendimientos.

La diversificación de cultivos y de prácticas culturales son estrategias deseables en la Agricultura Sostenible, porque confieren elasticidad biológica y económica al sistema agrícola. Así, la producción de una diversidad de cultivos permite distribuir los riesgos económicos de una explotación y ser menos sensible a las fluctuaciones que puedan tener lugar en los precios de los productos agrícolas. De igual manera, desde los puntos de vista agronómico y biológico la práctica de rotaciones de cultivos anuales contribuye a mejorar la sanidad del sistema radical de la planta así como a la eficiencia de sus funciones, y ha sido uno de los elementos clave en la sostenibilidad de agriculturas tradicionales.

Sin embargo, la utilización extensa de estrategias de diversificación es fuertemente limitada por una serie de factores, entre los que son de destacar: a) la escasa disponibilidad de cultivos alternativos; b) el insuficiente interés económico que puedan tener éstos; c) el conocimiento insuficiente de la influencia que tienen los ambientes mediterráneos fluctuantes sobre la reproducibilidad de los efectos beneficiosos de las rotaciones de cultivos; y d) el conocimiento insuficiente sobre los cambios en la biología del suelo que originan la secuencia de cultivos en las rotaciones.

La disponibilidad de agua y de suelos fértiles ha sido clave para la prosperidad de las diversas agriculturas a lo largo de la historia de la humanidad. El agua es el principal recurso que ha ayudado a prosperar a la agricultura, y ha sido un factor limitante de primer orden cuando se

ha utilizado inadecuadamente. En cuanto al suelo, a sus componentes de productividad y estabilidad ha de sumarse el de sanidad. Los suelos libres de los principales agentes nocivos producen cultivos más eficientes en la utilización de insumos y son menos susceptibles a otros estreses bióticos y abióticos. Ambos, agua y suelo, son factores frágiles desde el punto de vista de la Sostenibilidad Agrícola y por lo tanto deben ser protegidos para su conservación y deben ser utilizados eficientemente.

Determinadas prácticas de cultivo contribuyen a proteger y mejorar la productividad del suelo, así como el manejo sostenible del agua. Entre las primeras cabe señalar: a) la reducción o eliminación del laboreo; b) el manejo del riego para reducir el arrastre del suelo; c) el mantenimiento de cubiertas vegetales o de restos de cosechas sobre el suelo; d) la adición de materia orgánica mediante compost, estiércol, o enterrados en verde etc...

Similarmente, entre las prácticas que contribuyen al manejo sostenible del agua son de destacar: a) la mejora de los medios de conservación; b) la utilización de especies y cultivares de plantas tolerantes a la sequía; c) los sistemas de riego suplementario, o de volúmenes reducidos de riego; d) la manipulación de los cultivos para reducir pérdidas de agua por evaporación y/o escorrentía, etc... Además, un elemento de primera importancia en la Agricultura Sostenible es la calidad del agua, y en particular por lo que concierne a la salinización y contaminación por agroquímicos. La salinización ha constituido un problema donde quiera que aguas incluso con escaso contenido salino se han utilizado para regar suelos pocos profundos, en regiones áridas y/o donde la capa freática está próxima a la zona radical de la planta.

No obstante, para la aplicación eficiente de dichas prácticas es necesario en unos casos mejorar o incrementar los conocimientos de que disponemos; p. ej., modelizar la demanda hídrica de los cultivos según los componentes del sistema agrícola y el desarrollo productivo de aquéllos; y en otros, comprender mejor las implicaciones que pueden tener las modificaciones introducidas para implementar la Agricultura Sostenible sobre otros aspectos de la producción agrícola. Así, por ejemplo, la práctica de no-laboreo o de laboreo mínimo, que da lugar al mantenimiento prolongado de restos de cosecha sobre el suelo, puede tener implicaciones importantes sobre la sanidad del cultivo subsiguiente. Este hecho sirve como ejemplo de la interdependencia de factores y estrategias en la producción agrícola, y señala la necesidad de comprender su desarrollo y valorar sus consecuencias para que la toma de

decisiones en la gestión del sistema de producción se base en el conocimiento científico y técnico.

Por ejemplo, en mi experiencia, éste es el caso con la Rabia del garbanzo, una enfermedad de etiología fúngica que devasta este cultivo en Andalucía, Extremadura y Castilla-León. Los restos de plantas cosechadas de un cultivo afectado, que permanecen sobre el suelo durante el otoño e invierno siguientes, dan lugar a que se forme en ellos el estado sexual del hongo causante de la enfermedad, desarrollo que no ocurre en los tejidos de la planta infectados durante la estación de cultivo. Las ascosporas del patógeno, características de este estado de su ciclo vital, contienen nuevas combinaciones de genes de virulencia sobre variedades resistentes y pueden ser dispersadas a grandes distancias por el viento. Ambas circunstancias confieren nuevos riesgos a las variedades introducidas en otros lugares de cultivo, así como a cultivos establecidos en zonas donde la enfermedad no sea prevalente.

Ejemplos similares al que he mencionado se han descrito en el Noroeste de los EEUU, donde la práctica de no laboreo en cultivos de trigo ha dado lugar a ataques más severos de Mal del Pie [*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (= *Ophiobolus graminis*)] y al desarrollo de una nueva Podredumbre de Raíz causada por *Rhizoctonia solani* AG-8. Similarmente, la práctica del programa de retirada de suelo de cultivo establecido por la UE, que da lugar al mantenimiento de restos de cosecha sobre notables extensiones de suelo agrícola, ha favorecido en el Reino Unido los ataques de la Necrosis del pie (*Pseudocercospora herpotrichoides*) en cultivos de trigo cercanos a las parcelas retiradas de uso. Los ejemplos referidos indican que mientras que el control de la erosión del suelo y el uso eficiente de agua en el mismo habrán de ser objetivos prioritarios en la Agricultura Sostenible, la eventual reducción del rendimiento del cultivo como consecuencia de los efectos secundarios indicados deberá ser motivo de atención y de acciones que lo eviten.

SANIDAD VEGETAL Y CALIDAD MEDIOAMBIENTAL

La eficiencia en la utilización de los insumos es un elemento clave en la práctica de la Agricultura Sostenible, puesto que debe dar lugar a una reducción significativa en la extensión ellos que sea necesario utilizar para asegurar la producción.

Puesto que la incidencia de enfermedades, plagas y malas hierbas contribuye directa o indirectamente a disminuir dicha eficiencia, uno de los componentes más indicados en los

programas propuestos para implementar la Agricultura Sostenible concierne el manejo integrado de estreses bióticos y abióticos de los cultivos, o programas IPM.

Para elaborar sobre este aspecto, y significar las repercusiones que tiene sobre él la incorporación de cambios en las estrategias de producción agrícola, permítanme que centre mi atención en las enfermedades de los cultivos.

Recientemente, un grupo de científicos agrícolas alemanes ha llevado a cabo probablemente el estudio más concienzudo realizado hasta ahora respecto de las pérdidas globales causadas por los ataques de enfermedades, plagas y malas hierbas en los cultivos de plantas. Dicho estudio concierne los ocho cultivos más relevantes para la alimentación y la industria (i.e., algodón, arroz, café, cebada, maíz, patata, soja y trigo), que en conjunto ocupan la mitad de la superficie cultivada en el mundo con un valor de cosecha de 300.000 millones de dólares. El estudio indica una pérdida global de 42% del valor potencial del producto cosechable, del que 16% es atribuible a plagas y 13% a cada una de enfermedades y malas hierbas; al cual ha de sumarse un 10% de pérdida post-cosecha.

Es digno de resaltar que tales pérdidas tuvieron lugar aún cuando se llevaron a cabo prácticas de control de los estreses, y que su magnitud es ligeramente superior a las estimadas en un estudio similar realizado 27 años antes.

Esto parece indicar que el progreso que se ha realizado durante dicho periodo, respecto de nuestro conocimiento y tecnologías para el manejo eficiente de los estreses en los cultivos, no es todavía el suficiente para alcanzar cotas significativas en la reducción de las pérdidas de cosecha que dichos estreses pueden ocasionar.

Alternativamente, los datos referidos también pueden ser interpretados en términos de que las estrategias de producción en la agricultura productivista, han determinado un incremento significativo en el número y severidad de los estreses que perjudican a los cultivos de plantas. Esta última de dichas posibilidades ha sido atribuida en los ámbitos académicos a factores como: a) insuficiente diversidad en cultivos y variedades; b) intensificación en el uso de éstos y su agregación en términos geográficos; y c) extensión del monocultivo.

Pero además, hechos recientes ilustran claramente la fragilidad de la producción agrícola ante severas epidemias, aún en lugares donde supuestamente se dispone del mejor conocimiento y tecnología para dicha producción.

Uno de tales hechos son la denominadas enfermedades re-emergentes; esto es, enfermedades que habían dejado de tener repercusión importante sobre las cosechas, pero que determinados factores las han llevado a alcanzar de nuevo una importancia significativa, por los efectos devastadores que han ocasionado recientemente en extensas zonas geográficas de Alemania, Canadá, EEUU, y la Cuenca Mediterránea.

Ejemplos de dichas enfermedades re-emergentes son: a) la Necrosis de la espiga de cebada y trigo causada por *Fusarium graminearum*; b) el Mildiu de la patata y tomate causado por *Phytophthora infestans*; c) los Tizones del trigo causados por *Tilletia laevis* y *Tilletia tritici*; y d) los Mosaicos y Moteados Amarillentos de las solanáceas causados por geminivirus. Los ataques por dichas enfermedades han causado pérdidas cuantiosas y la ruina de muchos agricultores en las regiones afectadas, que han atraído la atención de sus respectivas sociedades, en general, y la publicación de sus efectos devastadores en la cabecera de periódicos nacionales y regionales.

La re-emergencia de las enfermedades referidas ha sido atribuida, según los casos, a: a) la introducción en los lugares de producción de biotipos exóticos de los agentes fitopatógenos o de sus vectores, más virulentos o eficientes (e.g., los biotipos US-7 y US-8 de *Phytophthora infestans*, virulentos sobre patata y tomate y resistentes al fungicida Metalaxil); b) una climatología favorable para la enfermedad pero también para el cultivo y prolongada durante varios años consecutivos, coincidente con gran cantidad de inóculo del patógeno contenido en restos de cosecha mantenidos sobre el suelo por la práctica del mínimo o no-laboreo, y con la utilización de variedades susceptibles del huésped (e.g. la Necrosis de la espiga de cebada y trigo, y *Fusarium graminearum*); c) la extensión del monocultivo o la práctica de rotaciones de cultivo demasiado cortas (e.g. la Necrosis de la espiga de cebada y trigo, y Tizones del trigo); y d) la reducción o eliminación de eficientes tratamientos fungicidas de la semilla (e.g., Tizones del trigo).

Casos similares a los que han tenido lugar en los países referidos han ocurrido también en España, con la re-emergencia o aumento de prevalencia de enfermedades como el Colapso del melón, la Seca o Decaimiento de la encina y el rebollo, la Verticilosis de la alcachofa,

algodón y olivo, el Complejo Yesca de la vid, la Tristeza de los cítricos, los Jopos del girasol y leguminosas grano, y los ataques por nemátodos agalladores.

Las causas de la re-emergencia y prevalencia de dichas enfermedades en España no son muy distintas de las mencionadas anteriormente para enfermedades re-emergentes en otros países; y en particular las asociadas con la distribución de biotipos más virulentos de los patógenos (e.g., un nuevo patotipo de *Verticillium dahliae* defoliante y letal de algodón y olivo; y nuevas razas de *Orobanche cernua* virulentas sobre cultivares resistentes de girasol) y de vectores más eficientes (e.g., *Aphis gossypii*, vector del virus de la Tristeza de los cítricos), la utilización de suelos infestados por los patógenos, y la distribución de material de siembra o plantación infectado o infestado por aquéllos.

En los últimos años, al menos 15 nuevos agentes fitopatógenos han sido introducidos y se han establecido en zonas de cultivo en España, incluyendo tres hongos (*Fusarium solani* f.sp. *cucurbitae* raza 1, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Ophiostoma novo-ulmi*), cinco bacterias y fitoplasmas (*Erwinia amylovora*, *Erwinia quercina*, *Ralstonia solanacearum*, Flavescencia dorada, y "Stolbur") y siete virus y viroides (CVYV, CSVd, MNSV, PPV, PepMV, TSWV, Y TYLCV).

Esta profusión de introducciones ha sido atribuida a la desaparición de barreras fitosanitarias entre países miembros de la UE, que desafortunadamente no ha venido acompañada de la certificación eficiente del material vegetal como libre de infección mediante inspección diagnóstica; así como a que la descentralización de responsabilidades en el área de la Sanidad Vegetal ha dificultado la actuación rápida necesaria para impedir el establecimiento y dispersión de los nuevos agentes introducidos.

En términos generales, lo que nos indican los ejemplos que he referido es que existen factores en la agricultura actual y el libre intercambio internacional de material vegetal, con gran potencial de influir negativamente sobre la Sanidad Vegetal aún en países y áreas de cultivo que disponen del conocimiento y tecnología de producción agrícola más avanzados.

En la Agricultura Sostenible, el control de las enfermedades contribuye a la utilización eficiente de los insumos confiriendo estabilidad a los sistemas agrícolas y facilitando que los cultivos rindan según su potencial genético con las limitaciones que imponen los componentes del ambiente en que se desarrollan.

Además, puesto que las enfermedades (y en particular las causadas por patógenos que residen en el suelo) disminuyen la eficiencia de la planta en las funciones de absorción de agua y nutrientes del suelo y en la producción y redistribución de fotosintatos, un beneficio indirecto de la sanidad del cultivo en la Agricultura Sostenible concierne la utilización más eficiente de los fertilizantes y de la reserva de agua en el suelo.

Finalmente, el control adecuado de las enfermedades durante el desarrollo de los cultivos en el campo contribuye, además, a la sanidad del producto cosechado durante su almacenamiento y transporte. En este punto, es necesario referir la creciente preocupación en los países occidentales acerca del riesgo que constituye para la salud de consumidores y animales domésticos la formación de micotoxinas en granos y frutos secos. Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por diversos hongos (e.g., *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*) en una variedad de cultivos (e.g., avena, cacahuete, cebada, maíz, soja, trigo), que son altamente tóxicos cuando no potentes agentes carcinógenos.

La creciente sensibilización social respecto de la contaminación de productos agrícolas por micotoxinas, ha impulsado la aplicación de metodologías de análisis y manipulación para prevenir su introducción en alimentos y piensos, la investigación para desarrollar sistemas de garantía a fin de minimizar la producción de micotoxinas y su incorporación en la cadena alimentaria, y la legislación para establecer niveles de seguridad.

Una de las cautelas más significativas de la Agricultura Sostenible, en lo que respecta al control de enfermedades en los cultivos, se refiere a la reclamación social respecto de la sanidad y seguridad alimentaria y la calidad ambiental. En la actualidad, gran parte de esta exigencia pone énfasis sobre la reducción en el uso de productos fitosanitarios y en la de sus residuos en los alimentos y medio ambiente. Esto constituye un reto para la Fitopatología y los Fitopatólogos, en tanto que las expectativas que se han depositado sobre la utilización preferente de estrategias no-químicas para el control de enfermedades, así como en la disminución de la dependencia de productos químicos para tal fin, no deben ser satisfechas a expensas de afectar la producción necesaria de alimentos y la viabilidad de las explotaciones agrícolas.

De hecho, el paradigma propuesto para alcanzar dichos objetivos es la aplicación de Programas de Control Integrado de Enfermedades (CIE), que implica la utilización combinada, secuencial o simultánea de todas las medidas de lucha contra la enfermedad disponibles.

El establecimiento de programas de control integrado de enfermedades para promover la sanidad de los cultivos está lejos de ser simple. De hecho, los fitopatólogos han tenido hasta ahora menos éxito que los entomólogos agrícolas en la implementación de estrategias similares para el control de plagas.

Una de las mayores dificultades que afrontamos en la implementación generalizada de programas CIE, es que nuestro conocimiento científico y técnico de los patosistemas agrícolas y de las medidas de lucha aplicables sobre ellos es todavía insuficiente. Además, a esto hay que añadir la complejidad inherente a la naturaleza ambiente-dependiente de la producción agrícola, que hace que la aplicabilidad de medidas de lucha determinadas pueda variar acusadamente según las características de los ambientes de producción, y que los efectos de dichas medidas puedan ser interdependientes.

Comparado con las acciones de intervención que caracterizan a los programas de control integrado de plagas, los fitopatólogos basamos nuestras actuaciones en la prevención. En mi experiencia, un programa de control integrado de enfermedades para la protección del rendimiento y la utilización eficiente de los insumos en la Agricultura Sostenible, incluiría la integración de: a) la elección de suelo de cultivo libre del patógeno, o con el menor contenido de éste posible; b) la utilización de material vegetal certificado libre del patógeno; c) la utilización más eficiente de las variedades resistentes, independientemente del nivel de su resistencia (i.e., completa o parcial); d) la utilización de agentes de biocontrol, si están disponibles, para proteger dicho material de la infección subsiguiente a su siembra o plantación; e) la modificación de prácticas culturales para evitar condiciones demasiado favorables para la enfermedad o para el agente; y f) la aplicación de productos fitosanitarios para suplementar niveles de control insuficientes alcanzados con otras medidas de lucha.

No obstante, cuando eventualmente se plantean acciones de intervención en la aplicación de programas CIE, los fitopatólogos afrontan dificultades adicionales para la toma de decisiones. Ejemplos de tales dificultades son: a) los umbrales de pérdidas son incómodos de manejar porque cuantificar la cantidad de enfermedad en un cultivo es difícil; b) cuando se alcanza el umbral de intervención ya se ha producido parte del perjuicio en el cultivo; c) las enfermedades

que se caracterizan por epidemias explosivas (e.g. antracnosis, mildius, oidios ,) no permiten esperar a la manifestación de los síntomas para la toma de decisión; y d) el periodo de incubación de la enfermedad puede ser demasiado prolongado para esperar a que los síntomas se manifiesten.

Por lo tanto, para la implementación eficiente de programas CIE son necesarios continuos esfuerzos por parte de la investigación y la extensión agrícolas, de manera que los profesionales de la sanidad vegetal, los técnicos agrícolas y los agricultores dispongan de más y mejores conocimientos y tecnologías a fin de: a) detectar, caracterizar y monitorizar la prevalencia de variantes patogénicas de los agentes fitopatógenos que constituyen riesgo para la eficiencia de las variedades resistentes; b) modelizar la eficiencia fungicida en función de la resistencia parcial de la planta y el desarrollo de las epidemias; c) modelizar la eficiencia de las modificaciones en las prácticas de cultivos para el control de la enfermedad en función de las características del patosistema; y d) valorar la influencia del genotipo vegetal y del ambiente de producción del cultivo sobre la eficiencia del agente de biocontrol.

Finalmente, en la inmensa mayoría de los países y zonas de producción agrícola donde se ha alcanzado algún éxito en la puesta en práctica de programas de control integrado, sean de plagas o enfermedades, es coincidente el énfasis en que para dicho éxito resulta crítico disponer de un servicio de extensión y transferencia de tecnología bien organizado y entrenado. El agricultor tiene que redescubrir la forma en que opera un programa de control integrado y aprender a confiar en él. Para el técnico de extensión, el reto es que el asesoramiento sobre la aplicación de dicho programa demanda considerables conocimientos sobre la biología de los patógenos, el desarrollo de las enfermedades y las estrategias para su control.

A pesar de las dificultades que he señalado hasta ahora, es necesario reconocer que desde el sector privado están teniendo lugar importantes actuaciones en relación con la puesta en práctica del control integrado de los diversos estreses que afectan a los cultivos, bajo la denominación de protección integrada. Ciertamente, la demanda de los consumidores de sanidad y seguridad en los alimentos y de la producción de éstos asegurando la calidad medioambiental, ha sido trasladada al agricultor a través de asociaciones, cooperativas y grandes mercados, de manera que se promueve la práctica de "pseudoprogramas" CIE en los cultivos.

La aplicación de estos "pseudoprogramas" tiene lugar mediante protocolos preparados por diverso personal; protocolos que no generan nuevo conocimiento sino que en todo caso transforman el conocimiento disponible en pautas de intervención sistematizadas orientadas hacia el mercado. Por definición, tales protocolos deben ser de naturaleza genérica y su aplicación tiene que se adaptada a las necesidades y características de los productores y lugares de producción. Asimismo, la adopción eficiente de dichos protocolos requiere de la formación de los eventuales usuarios respecto de los elementos básicos de las prácticas de control y requiere la supervisión regular por parte de personal de extensión especializado.

Por lo tanto, y en términos generales, el éxito de los "pseudoprogramas" de control integrado referidos depende en proporción muy significativa de la disponibilidad de buen conocimiento científico y técnico respecto de las estrategias de control de las enfermedades que afectan al cultivo dado, que preferiblemente que deberían haber sido desarrollados con referencia específica a los lugares y condiciones de producción; así como de la disponibilidad de un conjunto de técnicos de extensión especializados. El que alguno de los requisitos referidos no sea satisfecho en la medida necesaria, confiere incertidumbre respecto de la eficiencia del programa de protección integrada, aún cuando pueda parecer que las exigencias del consumidor han sido satisfechas.

CONCLUSIONES

En el curso de esta Ponencia he tratado de señalar los diversos aspectos que se relacionan con el concepto, puesta en práctica y perspectivas de la Agricultura Sostenible. Sin duda su práctica repercutirá muy positiva y significativamente sobre la conservación de los recursos no renovables, la sanidad alimentaria y la calidad del medioambiente. Sin embargo, en mi opinión, todavía es pronto para un paradigma de la Agricultura Sostenible.

El dilema al que nos enfrentamos para la puesta en práctica de esta agricultura, en su acepción más completa, es que, en muchos casos, la naturaleza ambiente-dependiente de los sistemas de producción agrícola hace que las modificaciones que se deben realizar en ellos pueden variar acusadamente según las características de las zonas y los ambientes de producción; y además, como he tratado de ilustrar los efectos de dichas modificaciones pueden ser interdependientes.

Por ello, aunque en diversos escenarios de decisión se pueda considerar que ya disponemos de todo el conocimiento y tecnologías agrarias necesarios para la práctica eficiente de la Agricultura Sostenible, ello dista de ser convincente; antes al contrario, hoy por hoy dicha práctica eficiente representa un reto digno de consideración para los sistemas de I + D agrario y de educación superior.

Durante mi conferencia, he puesto énfasis en señalar que la puesta en práctica de la Agricultura Sostenible pasa por la aplicación de estrategias de integración de conocimientos y tecnologías agrícolas, que se han denominado como agricultura rotacional, manejo integrado o producción integrada de cultivos, manejo integrado de enfermedades, plagas, y malas hierbas o protección integrada de cultivos, etc....

En mi opinión, el desarrollo de dichas estrategias de integración, y su aplicación eficiente y reproducible, necesita de un abordaje de investigación agraria practicado escasamente hasta ahora en nuestro país, en el que el sistema de producción agrícola en su conjunto, y no sus componentes individuales, sea foco fundamental de atención en el planteamiento de la investigación. Llevar a cabo tal abordaje requiere planteamientos de investigación multidisciplinar, que integren técnicas, esfuerzos y grupos de trabajo; así como el diseño de programas de investigación propios por los departamentos e institutos de investigación, que hagan la actividad de éstos menos dependiente de la financiación coyuntural de proyectos de investigación planteados de manera individualizada y fragmentaria.

Sin duda, el desarrollo de programas de producción integrada de cultivos, incluyendo la protección de éstos, mediante los cuales se ha de practicar la Agricultura Sostenible, habrá de resultar de un planteamiento de investigación integrada del sistema de producción, más que de la suma de conocimientos que resulta de investigar cada uno de los componentes del mismo de forma individualizada, como es estimulado por los esquemas de financiación de la investigación actuales.

De igual manera, estoy convencido de que la puesta en práctica con éxito de la Agricultura Sostenible depende fuertemente de la disponibilidad de servicios de extensión y transferencia de tecnología especializados; así como de técnicos agrarios superiores y de grado medio sólidamente preparados en las nuevas estrategias de aplicación de las tecnologías agrarias, y con los conocimientos e imaginación necesarios para resolver los nuevos problemas que habrán de plantearse. En mi opinión, y creo que desafortunadamente es coincidencia bastante

general en los claustros universitarios, la posibilidad de adquirir las nuevas capacidades necesarias no está asegurada con la actual estructura curricular de las enseñanzas agrarias