

APUNTES SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE FISIOLÓGIA VEGETAL EN EL CONTEXTO ACTUAL DE LA AGRICULTURA

Maydelin Dorado Bermúdez

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt"

RESUMEN

Al entrar en el siglo XXI se aprecia una tendencia en la economía a orientarse hacia el crecimiento de los sectores en los cuales el conocimiento es el insumo limitante principal. En los bienes y servicios de estos sectores, el conocimiento es el componente principal del costo (y del precio), en detrimento del componente material. El conocimiento ha sido siempre un insumo en los sistemas económicos, pero hasta muy recientemente esto no se ha hecho evidente porque ha estado disponible, asequible, en comparación con los otros insumos limitantes del crecimiento económico. Cuando el conocimiento se hizo limitante, se privatizó. La agricultura no ha quedado al margen de este proceso y en el futuro se vislumbra una agricultura en la que prevalecerán los intereses de las industrias productoras de insumos y transformadoras de productos, enfocada en la demanda y los clientes, no comprometida con los segmentos sociales más desfavorecidos. Si tenemos en cuenta la variedad de condiciones en las que se lleva a cabo hoy la producción agrícola del Tercer Mundo, se impone una práctica científica que privilegie el desarrollo social sostenible. Este análisis puede llevarse a cabo apelando al modo contexto-céntrico de generación de conocimiento. A partir de esta visión, en este trabajo se esbozan algunas ideas acerca de la contribución que pueden hacer los estudios de fisiología vegetal, enmarcados en un esfuerzo transdisciplinario, al desarrollo sostenible.

Palabras clave: agricultura, fisiología, sociedad.

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la domesticación de las plantas el Hombre ha trabajado en el aumento de la productividad de los cultivos, con énfasis esencialmente en la extensión de las áreas cultivables. En la actualidad, la agricultura enfrenta el reto de satisfacer la demanda de alimentos de la población, particularmente del Tercer Mundo; pero al propio tiempo es su responsabilidad garantizar alimentos saludables, con alto valor nutritivo y cuya producción no represente una agresión para el medio ambiente.

Sin embargo, las intensas transformaciones del ambiente como resultado de la actividad humana, unido a los cambios que han venido produciéndose en el sistema agroalimentario mundial, imponen el desarrollo de la agricultura desde nuevos puntos de vista. La agricultura no ha quedado al margen de los procesos que consolidan el nuevo régimen de acumulación de riqueza y el establecimiento del capitalismo global. En el futuro se vislumbra una agricultura en la que prevalecerán los intereses de las industrias productoras de insumos y transformadoras de

productos, enfocada en la demanda y los clientes, no comprometida con los segmentos sociales más desfavorecidos. Si tenemos en cuenta la variedad de condiciones en las que se lleva a cabo hoy la producción agrícola del Tercer Mundo, se impone una práctica científica que privilegie el desarrollo social sostenible.

La orientación del saber científico en una dirección ambientalista, comprometida con la necesidad de producir alimentos a gran escala, pero en términos sostenibles, adquiere entonces un sentido ético. La solución de los problemas económicos y ecológicos que afronta la agricultura en muchos contextos sociales, es también responsabilidad ética-moral de los científicos agropecuarios.

Este trabajo tiene como objetivos esbozar algunas ideas acerca de los cambios que se han producido en el sistema agroalimentario mundial, la inserción de la agricultura del Tercer Mundo en este contexto y algunos elementos acerca de la contribución de los estudios de fisiología vegetal al desarrollo sostenible de la agricultura.

La transformación del sistema agroalimentario mundial

Al entrar en el siglo XXI, se ha observado una tendencia en la economía a orientarse hacia el crecimiento de los sectores en los cuales el conocimiento es el insumo limitante principal: la industria del software, la microelectrónica, la biotecnología, los nuevos materiales, las telecomunicaciones, la química fina y otros. En los bienes y servicios de estos sectores, el conocimiento es el componente principal del costo (y del precio), en detrimento del componente material (Lage, 2000).

El conocimiento- como conjunto de ideas, estructuradas o tácitas que permiten “hacer algo” – ha sido siempre un insumo en los sistemas económicos, pero hasta muy recientemente esto ha sido menos evidente. Y no se ha hecho evidente mientras el conocimiento ha estado disponible, asequible, sobrante en comparación con los otros insumos limitantes del crecimiento económico como materias primas, energía, mano de obra, acceso a mercados, capital, etc. (Lage, 2000). Cuando el conocimiento se hizo limitante, se privatizó el conocimiento.

En consecuencia, las fuerzas económicas y políticas están financiando una tecnociencia comprometida con ciertos intereses privados de carácter principalmente (pero no exclusivamente) transnacional. Este proceso ocurre bajo el argumento de que la ciencia, como todas las demás actividades de la sociedad, debe responder a las leyes del mercado (Souza, 1999).

La agricultura no ha quedado al margen de este proceso. En la actualidad, el sistema agroalimentario mundial se está transformando bajo la influencia de los procesos que consolidan el nuevo régimen de acumulación de riqueza y el establecimiento del capitalismo global e informacional (Souza, 1999). La agricultura está perdiendo su singularidad como sector, para ser moldeada por los intereses de la industria de insumos (antes de la finca), la industria de procesamiento de los productos agropecuarios (después de la finca) y por la ingeniería genética. La combinación de estos factores ha generado una revolución en los países

desarrollados, capaz de hacer obsoleta la agricultura tradicional, que hoy emplea a millones en los países en desarrollo (Souza, 1999).

Tomemos por caso los cambios generados por la obtención de organismos genéticamente modificados, los cuales han intensificado la subordinación del momento productivo de la agricultura (dentro de la finca), a lo que sucede antes y después. En su análisis del proceso de reestructuración que está sufriendo la agricultura, Souza (1999) señala las direcciones que ha tomado la modificación genética en las ciencias vegetales y su repercusión en lo que se ha llamado la declinación de la agricultura real.

La llamada *primera generación* de la manipulación genética tiene su centro en el control de las características de los insumos agrícolas, en la cual ha prevalecido la creación de variedades genéticamente modificadas para tolerar la acción de herbicidas de determinadas marcas (Souza, 1999). Esto genera en los usuarios de la tecnología cierta dependencia sobre el producto químico, el cual puede emplearse para erradicar las malezas, sin que afecte el cultivo de interés. Otro ejemplo elocuente ha sido la generación de semillas poseedoras de un gen letal, que impide la capacidad germinativa. Esta tecnología provoca que los agricultores no puedan generar sus propias semillas, para plantar en los años posteriores. O las plantas transgénicas que producen sus propios insecticidas, como el gen Bt que produce la toxina del *Bacillus thuringiensis*. De seguir este camino, prácticamente todos los aspectos críticos del proceso productivo quedarán inscritos en el código genético, de modo que estarán anticipados en la semilla los insumos requeridos por el cultivo, la forma de cosechar el producto final, etc (Souza, 1999).

Por su parte, la *segunda generación* se ha centrado en el control de las características de los productos, en la cual se destaca la creación de variedades cuyos órganos cosechables requieren un menor costo de transporte, de almacenamiento y que consumen menos energía durante su procesamiento (Souza, 1999). Actualmente se está desarrollando la *tercera generación*, dirigida al control de las preferencias del consumidor, donde prevalecerá la producción de vacunas comestibles, vegetales anticáncer, granos que ayudan a reducir el colesterol malo, granos de alto contenido proteico, plantas fortalecidas con micronutrientes para evitar la aplicación de agroquímicos, etc. (Souza, 1999).

En resumen, la agricultura del futuro se vislumbra como una agricultura en la que prevalecerán los intereses de las industrias productoras de insumos y transformadoras de productos. Una agricultura intensiva en conocimiento, moldeada por las inversiones de las corporaciones transnacionales, tanto por su financiamiento a las investigaciones y la generación de patentes, como por la compra de empresas que ocupan mercados internacionales seguros y lucrativos. Una agricultura enfocada en la demanda y los clientes, no comprometida con el desarrollo social (Souza, 1999).

Y es en este marco donde se produce la agricultura del Tercer Mundo. En su editorial, la Revista de Agroecología Leisa (marzo 2000) cuestiona el enfoque del desarrollo agrícola enarbolado por las compañías privadas, en detrimento de los medios de sustento de los agricultores. El tipo de desarrollo que promueven estas compañías es principalmente un sistema altamente industrializado de monocultivos

de alto nivel de insumos, que restringe las posibilidades de los agricultores a las ofertas de una sola compañía. Este modo centralizado de concebir la agricultura no ha podido- y tal vez no ha tenido la intención de hacerlo- satisfacer las demandas asociadas a la diversidad de contextos en que se produce la agricultura de los países en desarrollo.

Las áreas rurales del Tercer Mundo se caracterizan hoy por la extrema desigualdad en cuanto al acceso a las tierras, a la seguridad de su tenencia y a la calidad de las tierras cultivadas (Rossett, 2002). Las mejores tierras están concentradas en grandes propiedades destinadas fundamentalmente a monocultivos de exportación, expuestas a una agricultura mecanizada, con un uso intensivo de plaguicidas y de fertilizantes químicos. Sin embargo, las tierras marginales a donde ha migrado la población rural desplazada desde el inicio de la colonización, son generalmente ecosistemas frágiles, con poca lluvia, poco riego y baja fertilidad del suelo (Rossett, 2002). Estos sectores desplazados tienen que enfrentar estructuras y políticas macroeconómicas cada vez menos favorables a la producción de alimentos por la pequeña agricultura (Rossett, 2002).

De aquí se desprende la necesidad de poner los conocimientos en función de los excluidos del modelo agrícola transnacional.

El nuevo modo de generación de conocimiento, la investigación básica y la fisiología vegetal

La práctica científica actual se encuentra en una encrucijada. Como ya vimos, por un lado se está produciendo una tecnociencia comprometida con el mercado, financiada por las fuerzas económicas y políticas que están influyendo la creación del nuevo régimen de acumulación del capitalismo global y por otro, una tecnociencia centrada en el entorno, defendida por las fuerzas sociales más amplias, quienes demandan la sostenibilidad de la humanidad en el Planeta (Souza, 1999). Estos últimos están igualmente exigiendo un mayor control social de las actividades financiadas con recursos públicos y mayor compromiso con las necesidades, realidades y aspiraciones de los segmentos sociales menos organizados, menos capitalizados y más explotados o excluidos de la sociedad (Souza, 1999).

Para analizar este último enfoque de la práctica científica podemos detenernos en el “modelo contexto-céntrico de generación de conocimiento” (Souza, 1999). Como destaca Núñez (2006), con esta denominación se quiere subrayar que el contexto debe ser la clave en la construcción y orientación social del conocimiento. La idea de la relevancia del contexto subraya que la producción, transferencia, difusión y aplicación de los conocimientos, las tecnologías, tiene siempre lugar en contextos particulares, con sus singularidades económicas, culturales, valorativas y que estos contextos deben modelar sus prioridades de desarrollo.

Esta visión reivindica la diversidad de condiciones en que se lleva a cabo la agricultura en los países en desarrollo y llama la atención sobre la necesidad de poner los conocimientos en función de esta diversidad. La agricultura de estos países (fuera de los marcos de las grandes propiedades, con grandes recursos), ha sido descrita por Rossett (2002) como compleja, diversa y proclive a riesgos. Para sobrevivir en estas circunstancias y mejorar su calidad de vida, los campesinos

deben ser capaces de adecuar las tecnologías agrícolas a sus condiciones locales específicas de clima, topografía, suelos, biodiversidad, sistemas de cultivo, inserción en mercados, recursos y otros. Por esta razón, estos agricultores han desarrollado sistemas agrícolas complejos y sistemas de vida que compensan los riesgos. Típicamente, sus sistemas productivos incluyen múltiples cultivos anuales y perennes, animales, forraje y hasta peces, o la recolección de productos silvestres (Rossett, 2002).

En consecuencia, la filosofía de la “revolución verde”, encauzada por la investigación institucional formal, no parece estar en condiciones de responder a las demandas de la pequeña agricultura (Rossett, 2002). Cualquier estrategia nueva debe ser capaz de manejar la gran complejidad de condiciones naturales y socioeconómicas de la mayor parte del agro del Tercer Mundo (Rossett, 2002); así que es inevitable un enfoque distinto, que incluya a los propios agricultores entre sus protagonistas.

A la luz del “modelo contexto-céntrico”, el modo emergente de generación de conocimiento en las instituciones científicas, está siendo impulsado principalmente para reconfigurar conocimiento y experiencias ya existentes, en función de los diferentes contextos que lo demandan (Souza, 1999). Cuando los conocimientos y las experiencias ya no son suficientes, o no son pertinentes, para llenar las necesidades de un determinado contexto, entonces el esfuerzo deberá incluir la generación de conocimiento nuevo, pero tomando como referencia el propio contexto (Souza, 1999).

No obstante, este enfoque no debe soslayar la importancia de las llamadas investigaciones básicas, asociadas generalmente a la producción de conocimiento nuevo. Uno de los conceptos manejados en la economía del conocimiento, discutido por Levins (2004), es que la ciencia de los países en desarrollo debe concentrarse en la aplicación de los logros de la ciencia mundial y que las investigaciones fundamentales son un lujo de los ricos. Sin embargo, en su análisis de los senderos tomados por Cuba hacia la sostenibilidad, Levins (2004) destaca que este punto de vista condena a los países en desarrollo a depender de la ciencia básica producida en los centros de poder con otros objetivos y resalta la visión holística desarrollada en el caso cubano, según la cual la ciencia es al mismo tiempo internacional, en el sentido de estar ligada a las comunidades científicas más avanzadas, y local porque mantiene sus objetivos hacia las necesidades de la sociedad.

En este mismo sentido, Lage (2007) ha reflexionado sobre las relaciones entre ciencia y soberanía. La necesidad inobjetable de concentrarse en los temas prioritarios de cada contexto, no debe desacoplar la investigación de los problemas esenciales en que trabaja la comunidad científica mundial. Hay que intentar introducir equipos científicos de la región en los grandes problemas de las fronteras del conocimiento, aunque sin enajenarlos de las necesidades locales. Ni en un extremo, ni en el otro: el desafío es precisamente tender los puentes (Lage, 2007).

Por otra parte, Freyre (1994) ha señalado el efecto negativo del tecnologicismo agropecuario en lo que se refiere a la epistemología, al sobrevalorar el papel de la investigación científico-tecnológica aplicada, en detrimento del desarrollo de las potencialidades de la investigación científica y científico-tecnológicas fundamentales. El hecho de que las investigaciones agrobiotecnológicas dependan de los avances de las investigaciones fundamentales en materia de biología molecular y celular, ha

ido cambiando la visión de este tipo de estudios (Freyre, 1994). Sin embargo, esta valorización no se ha producido en igual magnitud en otros campos del saber agrícola. Este es el caso de la fisiología vegetal, identificada como investigación básica.

La Fisiología estudia los mecanismos de regulación de los procesos de la vida, lo que adquiere una importancia especial en el caso de las plantas, si tenemos en cuenta su naturaleza sedentaria. Esta condición las expone continuamente a las variables condiciones del ambiente, las cuales a menudo son desfavorables, hasta el punto de ser estresantes. Tales tensiones, de naturaleza biótica o abiótica, pueden comprometer la sobrevivencia de los cultivos y el rendimiento, con consecuencias negativas para la generación de alimentos.

Las investigaciones fisiológicas han probado su capacidad para contribuir a la solución de los problemas de la agricultura, aunque en las últimas décadas sus enfoques han estado marcadamente influidos por el paradigma de la “revolución verde”, cuya visión de la homogeneidad de los sistemas agrícolas ha prevalecido, en contraposición a la heterogeneidad ecológica señalada por Levins (2004). Un ejemplo de este fenómeno ha sido el cultivo a gran escala de las variedades de arroz producidas por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI, por sus siglas en inglés). El mejoramiento genético de estas variedades se logró, entre otros aspectos, a partir del conocimiento de algunos procesos fisiológicos involucrados en el rendimiento, como el aumento de la distribución de fotoasimilados hacia la parte cosechable de la planta (Peng y Khush, 2003).

Los resultados alcanzados por la investigación formal sugieren que la orientación de las investigaciones fisiológicas a las necesidades sociales- enmarcadas en un esfuerzo transdisciplinario, que incluya los criterios y observaciones de los actores implicados en el momento productivo- puede contribuir al desarrollo social, integral y sostenible. El llamado saber no científico ha probado tener potencialidades para intervenir positivamente en la solución de problemas económicos y ecológicos de la agricultura; por lo que la inserción de la visión de la fisiología en la práctica de los llamados métodos participativos, puede enriquecer el quehacer de esta rama del saber.

Construyendo la alternativa

A diferencia de los que acontece en otros países, Cuba cuenta con una situación privilegiada para lograr un enfoque integrador, de modo que la ciencia y la técnica se dirijan en el sentido de reducir las desigualdades y solucionar los problemas de nuestra época. En Cuba, el centro de las políticas científicas es el bienestar del Hombre, se puede accionar y dirigir la producción hacia la mayoría, la Industria está en manos del Estado y éste siente que el enfrentamiento a los problemas de alimentación, salud y educación de toda la población, es su responsabilidad.

Así, la experiencia cubana se convierte en una alternativa real, con cierto éxito, que muestra cómo podemos llegar a la mayoría y cómo el mercado no es el único camino para dinamizar el desarrollo y resolver los problemas humanos. El mercado hasta ahora nos ha traído por un camino, que si bien logra avances en determinados

sectores, también deja a millones de personas en el mundo fuera del sistema, en la pobreza y el abandono.

Cuba apuesta por el desarrollo a partir de la capacidad científica (Lage, 2000). No se trata de sectores industriales preexistentes, que crearon áreas de investigación-desarrollo, guiados por la demanda de Ciencia por el mercado (Lage, 2000). Se trata de lo inverso: de desarrollar capacidades productivas a partir de colectivos científicos (Lage, 2000). Como ha señalado Lage (2000), en el caso cubano operan a nuestro favor la propiedad socialista de las instalaciones, la integralidad del esfuerzo condicionado por la conducción estratégica del Estado y la abundancia de trabajadores y talentos de alta calificación, motivados con la actividad que realizan (Lage, 2000).

En el caso de las Ciencias Agrícolas, uno de estos colectivos científicos es el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), el cual cuenta con una amplia experiencia, avalada por 103 años de tradición. Esta institución reúne a una diversidad de especialidades, lo que facilita el acercamiento multidisciplinario a los problemas ecológicos y sociales de la agricultura actual. El INIFAT es una de las instituciones pioneras en el desarrollo de investigaciones de fisiología vegetal, concebidas en una variedad de contextos. A continuación analizaremos algunas de las direcciones más importantes que ha tomado la investigación fisiológica a nivel internacional y algunos de los trabajos que en este sentido ha producido el INIFAT.

El estudio de los mecanismos implicados en la formación del rendimiento y en las respuestas adaptativas ante situaciones adversas del ambiente, ha enriquecido los programas de mejoramiento genético y han contribuido a la selección de variedades. Hasta el presente, la selección empírica ha demostrado su éxito para mejorar el rendimiento, la calidad nutricional de los cultivos y su adaptación a condiciones ambientales diversas, aún cuando el conocimiento profundo de las bases fisiológicas y genéticas de tales aspectos es mínimo (Evans, 1993). Sin embargo, el mejoramiento es más exitoso cuando los objetivos están más claramente definidos (Evans, 1993). En la actualidad se dispone de potentes herramientas técnicas para lograr el mejoramiento genético de las plantas, pero se considera que las limitaciones se encuentran en definir cuáles procesos deben ser mejorados. Los conocimientos fisiológicos han contribuido a la identificación de progenitores y a la selección de descendientes con capacidad para producir un rendimiento adecuado en condiciones adversas. Esta es una suerte de sofisticación del método tradicional de cruzamientos que ha empleado el hombre desde los orígenes de la agricultura, al favorecer con su cultivo a aquellas variedades con los caracteres deseados y su combinación para generar descendencia.

En el INIFAT se han desarrollado trabajos en esta dirección, dirigidos al estudio de genotipos adaptados a condiciones estresantes del ambiente. Tal es el caso de la identificación de nuevas fuentes de tolerancia a la sequía y las altas temperaturas en germoplasma de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Este trabajo ha permitido proponer diecisiete variedades de frijol con tolerancia a la sequía y siete con tolerancia también a las altas temperaturas, que podrán ser sembradas en áreas sujetas a condiciones de déficit hídrico, fundamentalmente en aquellas áreas cultivadas por campesinos con pocos recursos y dependientes de las

precipitaciones. La utilización de variedades con tolerancia a estos factores constituye una de las estrategias para lograr estabilizar los rendimientos en ecosistemas frágiles. Además, se aportaron criterios fisiológicos que permiten orientar a los genetistas en la selección y mejoramiento de variedades de frijol resistentes al estrés abiótico, así como técnicas experimentales que permitan detectar la presencia de variación [Informe Final del Proyecto: Identificar nuevas fuentes de tolerancia a la sequía y las altas temperaturas en germoplasma de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Líder: Lic. Melba Cabrera Lejardi, Programa Ramal de Granos MINAG (2005)].

Otro resultado importante ha sido la caracterización de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.), obtenidas por inducción de mutaciones a partir de la variedad cubana Cuba C-204. Los estudios fisiológicos y morfológicos de estas variedades permitieron identificar algunas características que le confieren resistencia a la sequía y a la salinidad; así como la adaptación a las condiciones edafoclimáticas de nuestro país [Proyecto Internacional FAO-OIEA: Caracterización morfológica de radiomutantes de trigo y su relación con la tolerancia a la sequía. Líder: Lic. Melba Cabrera Lejardi (2002)].

La caracterización de los radiomutantes tuvo entre sus antecedentes el estudio de algunos procesos fisiológicos relacionados con el rendimiento de este cultivo en el trópico. Las investigaciones sobre el metabolismo del carbono en estas plantas permitió identificar algunos factores que limitan la calidad del llenado de los granos en las condiciones tropicales, como la distribución de fotoasimilados y la respiración [Cruz-Aguado JA., Reyes F., Rodés R., Pérez I., Dorado M. (1999) Effect of source-to-sink ratio on partitioning of dry matter and ¹⁴C-photoasimilates in wheat during grain filling. *Annals Bot.* 83: 655-665].

Los trabajos sobre el rendimiento y la tolerancia del trigo a la sequía y la salinidad, forman parte de un esfuerzo transdisciplinario por rescatar el cultivo de este cereal en Cuba. A través de la comunicación con pequeños productores se pudo conocer de su interés por el trigo, fundamentalmente para destinarlo a la alimentación animal. Además, las evidencias históricas muestran el florecimiento que alcanzó su cultivo en diferentes momentos del período colonial. Por todas estas razones, se concibió un esfuerzo multidisciplinario que condujo a la elaboración de las Normas Técnicas para el Cultivo del Trigo, en la cual se expone la información necesaria para cultivar las variedades radiomutantes [Normas Técnicas para el Cultivo del Trigo. CENDA].

Actualmente, los radiomutantes de trigo son empleados por pequeños productores en diferentes provincias del país, entre las que se destacan las de Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana, Santi Spíritus, Ciego de Ávila y Granma, con muy buena aceptación y con rendimientos en condiciones rústicas superiores a 2 ton/ha [Proyecto: Producción de variedades cubanas de trigo. Líder: MSc. Lissett Gutiérrez Hernández. Programa Ramal de Semilla (2006)].

Por otra parte, los estudios fisiológicos pueden traducirse en la disminución de la aplicación de sustancias químicas al medio, a través de la identificación de los momentos críticos que demandan determinadas sustancias. Tomemos por ejemplo, los conocidos cultivos protegidos. Esta tecnología tiene entre sus bondades la de poder controlar el ambiente en que se desarrollan las plantas, con el propósito de

producir determinados cultivos fuera de la estación apropiada. Este control de las condiciones del medio implica la aplicación de sustancias químicas exógenas en determinados momentos del desarrollo, lo que puede resultar nocivo para el ambiente. Tal es el caso de la aplicación de hormonas durante la formación del polen y la fecundación. El estudio de ambos procesos, en el caso del tomate producido en las condiciones cubanas, ha permitido identificar los estadios que requieren asistencia externa para que se produzcan e incluso ha permitido comparar la efectividad de la aplicación de estas sustancias, con la de métodos mecánicos no contaminantes. Estos resultados permiten optimizar los medios auxiliares destinados a garantizar la fecundación en las flores de tomate, bajo condiciones de cultivo protegido [Informe Final del Proyecto: Optimización de la aplicación de medios auxiliares de la fecundación en plantas de tomate crecidas bajo condiciones de cultivo protegido. Líder: MSc. Cecilia Díaz Jidy. Programa Ramal de Cultivo Protegido (2004)].

Otra contribución importante de los estudios fisiológicos se relaciona con el desarrollo de modelos teóricos, de gran utilidad para predecir el comportamiento del rendimiento y de otros procesos como la aparición de plagas y enfermedades. El desarrollo de tales modelos, con el soporte de los estudios fisiológicos, contribuye a predecir el comportamiento de los ecosistemas agrícolas y a reducir los gastos económicos y ecológicos de la agricultura.

En el INIFAT este tipo de estudios se ha centrado por ejemplo, en la conservación y manejo de semillas en el Banco de Germoplasma. El estudio de las condiciones de almacenamiento en este tipo de Banco y sus efectos sobre la semillas, permite establecer modelos que predigan los cambios en la calidad de las semillas con el tiempo. Esto repercutirá positivamente en la forma de concebir la conservación, con vistas a garantizar semillas adecuadas para la producción y para evitar daños irreversibles sobre germoplasma valioso.

Uno de estos trabajos ha sido la simulación de curvas de humedad de equilibrio de las semillas, con relación a la humedad relativa a la que son almacenadas. Este resultado tiene una importancia teórica, pues ofrece una herramienta para estudiar un problema importante como es la conservación de semillas. Además, al disponer de una curva de calibración entre la humedad relativa y la humedad de equilibrio, el manejo de la semilla en el Banco de Germoplasma es más eficiente, porque midiendo la humedad en la cámara, se conoce la humedad de la semilla [Modelo teórico para la simulación de curvas de humedad de equilibrio en semillas de interés agrícola. Memorias del Evento 35 Aniversario del IIH "Liliana Dimítrova". MSc. Alfredo Socorro (2006)].

CONCLUSIONES

A modo de conclusiones podemos decir que las investigaciones de fisiología vegetal, enmarcadas en un esfuerzo transdisciplinario y orientada a la variedad de contextos de la agricultura actual, puede contribuir al desarrollo social sostenible. Estos estudios, considerados como investigación fundamental, pueden ser una posibilidad para tratar de independizar la agricultura de los países pobres, de los insumos de las grandes transnacionales. Sin dudas esto requerirá de la disponibilidad de fondos públicos que respondan a los intereses de los sectores más amplios de la sociedad y

de la búsqueda de fuentes alternativas de financiamiento cuyos intereses estén asociados a la sostenibilidad, equidad y competitividad como sinónimo de capacidad.

BIBLIOGRAFÍA

Evans LL. T. (1993). Crop evolution, Adaptation and Yield. Cambridge University Press, U.K.

Freyre E., Ramos A. (1994). Ciencias Agropecuarias y Sociedad. En: Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología. J. Alderequía (ed.). La Habana. Editorial Félix Varela.

La ingeniería genética no es una opción. Editorial. LEISA Revista de Agroecología 17 (4): 4.

Lage A. (2007). Ciencia y Soberanía: los Retos y las Oportunidades. Academia de Ciencias de Cuba (Anales 9). Transcrito de: Reflexiones sobre el Desarrollo de la Biotecnología en Europa y América Latina. Compilador SELA. P. 11-17. [en línea]. Dirección URL: [http:// www.cuba.cu/ciencia/acc.anales9.htm](http://www.cuba.cu/ciencia/acc.anales9.htm) [Consulta: 11 de enero de 2007].

Lage A. (2000). Las biotecnologías y la nueva economía: crear y valorizar los bienes intangibles. Biotecnología aplicada 17: 55-61.

Levins R. a. (2004). A Whole-System View of Agriculture, People and the Rest of Nature. Lecture at Symposium on Food Security, Yale School of Forestry. April 2004.

Levins R. b. How Cuba went ecological. Paper prepared for the Latin American Studies Association Meeting. October 2004 [en línea]. Dirección URL: <http://laberinto.uma.es> [Consulta: 11 de enero de 2007].

Núñez J. (2006). Posgrado, gestión del conocimiento y desarrollo social. Universidad de La Habana. VIII Junta Consultiva sobre el Posgrado en Iberoamerica (14 de Febrero de 2006).

Peng S., Khush G.S. (2003). Four decades of breeding for varietal improvement of irrigated lowland rice in the International Rice Research Institute. Plant Prod. Sci. 6 (3): 157-164.

Rossett P. (2002). Cultivos, resultado de la ingeniería genética ¿alimentarán a los hambrientos? ¿reducirán la pobreza? LEISA. Revista de Agroecología 17 (4): 7-9.

Souza Silva J. (1999). Contradicciones del cambio de época y sus implicaciones para las organizaciones de ciencia y tecnología agropecuaria. Conferencia invitada para la presentación en el IV Congreso Nacional de Egresados-30 Años UNAB. Universidad Bucaramanga. Colombia. 19-20 de octubre de 1999.