

Transgénicos

¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?

Textos para un debate en Cuba

Transgénicos

¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?

Textos para un debate en Cuba

compilados por

Fernando R. Funes-Monzote y Eduardo F. Freyre Roach



Publicaciones Acuario
Centro Félix Varela
ACUARIO La Habana, 2009

La edición de este libro ha sido posible gracias al apoyo del Programa OXFAM en Cuba, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE y la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL).

Edición científica al cuidado de FERNANDO R. FUNES-MONZOTE

Edición y corrección: Claudia Álvarez Delgado y Reinier Pérez-Hernández
Diseño de cubierta: Amaury Rivera Rodríguez
Diagramación: Leopoldo Mesa

© Sobre la presente edición:
Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela, 2009

ISBN 978-959-7071-64-8

Todos los derechos reservados. Se autoriza el uso y la reproducción parcial de esta obra con fines no comerciales siempre y cuando se cite la fuente. Las opiniones expresadas aquí no son necesariamente compartidas por el Centro Félix Varela, por las organizaciones donantes, ni por las instituciones a las que pertenecen los autores.



Centro Félix Varela, Publicaciones Acuario
Calle 5^{ta.} # 720, esq. a 10, El Vedado
Plaza de la Revolución, C.P. 10400
La Habana, Cuba
Telf.: +53 7 836 7731 / Fax: +53 7 833 3328
C.e.: acuario@cfv.org.cu / Sitio web: www.cfv.org.cu

ÍNDICE

PREFACIO / 7

SILVIA RIBEIRO

Prólogo. Luces y sombras de los transgénicos en Cuba / 13

PRIMERA PARTE

EDUARDO F. FREYRE ROACH Y MAYLING CHAN

Cultivos transgénicos: ¿A qué riesgos nos exponemos? / 27

CARLOS J. DELGADO DÍAZ

Una aproximación «no» ¿científica? al tema de los alimentos transgénicos y el maíz FR-Bt1 / 45

JOSÉ R. ACOSTA SARIEGO

Alimentos transgénicos: Entre grandes esperanzas e ilusiones perdidas / 79

FERNANDO R. FUNES-MONZOTE

Divergencia de enfoques entre agroecología y transgénicos / 99

RAMÓN MONTANO MARTÍNEZ

Maíz transgénico cubano: ¿Y la sostenibilidad? / 123

ARMANDO NOVA GONZÁLEZ

La producción de alimentos y los organismos modificados genéticamente / 153

LUIS L. VÁZQUEZ MORENO

Una visión entomológica de la introducción del maíz transgénico FR-Bt1 en Cuba / 159

LIANNE FERNÁNDEZ GRANDA Y ZOILA M. FUNDORA MAYOR

Recursos genéticos de maíz cubano: Importancia de su protección, conservación y manejo adecuado / 189

ALFREDO ABUÍN LANDÍN Y CARMEN PORRATA MAURI

¿Son bioequivalentes y seguros los transgénicos? Una perspectiva biomédica / 197

EDUARDO F. FREYRE ROACH

Habla un transgénico / 209

SEGUNDA PARTE

MAE-WAN HO

Confirmado: la modificación genética es peligrosa e inútil / 223

MIGUEL A. ALTIERI

Transgénicos y agrocombustibles en América Latina / 235

MAYLING CHAN

Una mirada a los transgénicos en el continente americano / 251

PETER ROSSET

El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: ¿Una tecnología apropiada? / 265

JULIA WRIGHT

¿Alfabetización ecológica o mentalidad industrializada? Cuba decide / 281

EPÍLOGO

PETER ROSSET

¿Por qué desarrollar cultivos transgénicos en Cuba? / 301

SOBRE LOS COMPILADORES / 309

APÉNDICE

Resolución 180/07. «Reglamento para el otorgamiento de la autorización de seguridad biológica» [fragmento] / 313

PREFACIO

La falsa unanimidad resulta perniciosa y se requiere estimular el debate y la sana discrepancia, de donde salen generalmente las mejores soluciones.

RAÚL CASTRO¹

Si usted es cubano y no sabe qué son los organismos modificados genéticamente (OMG), también conocidos como transgénicos, no se preocupe, se encuentra entre el 73% de la población que desconoce de qué se trata, según una encuesta realizada recientemente en el país.² El estudio muestra que la profundidad del conocimiento sobre el tema es muy heterogénea, de acuerdo con las respuestas tan sorprendentes como contradictorias acerca de sus beneficios, riesgos, intención de consumo y etiquetado.

A juzgar por los resultados de la encuesta, podría afirmarse que pocos cubanos conocen en detalle qué son los transgénicos, debido a una evidente carencia de información. No es raro que esto suceda, si tenemos en cuenta que hasta hace apenas un año los OMG en Cuba no habían salido de los laboratorios, ni han formado parte de un debate nacional, como en muchos otros países. No por casualidad entre las conclusiones principales del referido estudio se encuentra la disposición de la población por conocer o ampliar la información sobre los transgénicos.

¹ Raúl Castro: Discurso en el VII período ordinario de sesiones de la VII Legislatura de la Asamblea Nacional, *Granma*, 31 de julio de 2009.

² Manuel Álvarez Gil: «Alimentos transgénicos: percepción por ciudadanos cubanos». Conferencia impartida en el Seminario de la cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de la Universidad de La Habana, 20 de mayo de 2009. En la encuesta participaron 2 303 ciudadanos de las provincias Ciudad de La Habana y Ciego de Ávila. Solo el 6% de los encuestados que no tenía formación profesional ni era estudiante universitario, conocía la existencia de los transgénicos. En cambio, el 80% de los profesionales y el 37% de los estudiantes universitarios refirieron tener alguna noción sobre el tema.

I

Un OMG es un organismo al que le ha sido manipulada su información genética en laboratorios, de forma deliberada, con el fin de conferirle una o más características específicas que lo hacen comportarse de manera diferente a organismos de su misma familia, género o especie. Pueden ser considerados como «nuevos organismos» que entran a ser parte de los seres vivos que cohabitamos sobre el planeta. Este hecho ha generado no pocas preocupaciones éticas en cuanto a su comportamiento y regulación biótica.

En la práctica, un transgénico se logra cuando segmentos del material genético (ADN) de un ser vivo (virus, bacteria, vegetal o animal) es aislado con técnicas de ingeniería genética, a través de las cuales son introducidos al genoma (base de la herencia) de otro organismo. Este procedimiento se vale del empleo de un ser vivo como vector que inocula sus fragmentos de ADN en el otro, ya sea mediante métodos físicos que hacen llegar la información genética deseada al núcleo de una célula, o «bombardeando» las células con micropartículas recubiertas del ADN que se pretende introducir. A través de estas técnicas, la ciencia moderna ha logrado traspasar las claves de las formas de vida y las fronteras entre las especies.

Este descubrimiento está revolucionando la medicina, la agricultura y la alimentación. Hoy la ingeniería genética crea plantas que resisten el ataque de virus, bacterias, nemátodos y malezas, que toleran plaguicidas o cuyos frutos demoran más en descomponerse. Se experimenta en cultivos que puedan soportar mejor el frío, el calor o la sequía, y que crezcan en suelos poco aptos para el cultivo. Las plantas transgénicas se conciben también como fábricas o bancos vivientes de vacunas, proteínas, minerales, carbohidratos y grasas. Incluso, ya se habla de plantas que sirven para limpiar el medioambiente, pues son capaces de consumir sustancias tóxicas presentes en el aire, la tierra o el agua.

En fin, los transgénicos son promovidos como la llave que podría abrir las puertas para aumentar los rendimientos agrícolas, mejorar la calidad nutritiva, medicinal o gustativa de los alimentos, y reducir la contaminación del medioambiente. Pero, si bien hay personas que ven en los transgénicos una buena solución a los problemas de la agricultura y la alimentación, hay otras que alertan sobre los riesgos a corto y mediano plazo de su empleo.

II

En Cuba, la investigación sobre los OMG es regulada por el Estado y prioriza su proyección sobre la salud y la alimentación de la población, así como la protección de los recursos naturales y el medioambiente. El Centro de Ingeniería Genética y

Biotecnología (CIGB) es la institución cubana dedicada al estudio de la transgénesis de animales y plantas. Los experimentos en animales han sido desarrollados con ratones de laboratorio, conejos, cerdos, ganado bovino y peces. A finales de los ochenta, el CIGB proyectaba investigaciones en cultivos transgénicos de caña, papa, papaya, maíz, boniato, arroz, tomate, plátano, café, piña y cítricos tolerantes a plaguicidas y resistentes a plagas (virus, bacterias, insectos, nemátodos, hongos). Investigadores cubanos dedicados a estos estudios, con gran optimismo y buena fe, auguraban que las primeras variedades de cultivos transgénicos producidos en el país comenzarían a introducirse en condiciones comerciales entre los años 2000 y 2005.

Ya para 2002 se exhibían avances en los experimentos transgénicos, y en 2006 el CIGB anunció la obtención de la primera planta capaz de producir anticuerpos monoclonales con fines farmacéuticos. Estos organismos no serían utilizados en la producción de alimentos, sino que sus modificaciones genéticas ayudarían a obtener biorreactores y moléculas con usos farmacéuticos para combatir el cáncer. No se contemplaba su liberación al ambiente, sino que se cultivarían dentro de las instalaciones del CIGB, en casas de cultivos protegidas con mallas que impidieran su comunicación con el exterior. Además, se dispusieron los requisitos necesarios para garantizar su seguridad biológica.

En 2008 se anunció que en cuatro provincias del país se realizaría la primera prueba a campo abierto del maíz modificado genéticamente FR-Bt1. Se trata de una variedad cubana capaz de producir la misma toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, la cual controla a la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*), una de las plagas más dañinas para ese cultivo y que posee un gen que desdobra la molécula del glufosinato de amonio. En otras palabras, el maíz FR-Bt1 es resistente a la palomilla y tolerante a herbicidas como Basta y Finalé, cuyo principio activo es ese compuesto químico. En 2009 se continuó ampliando el cultivo de esta variedad transgénica con el propósito de atenuar los efectos sobre la seguridad alimentaria causados por los huracanes que azotaron la Isla el año anterior. Se anunció que las áreas experimentales bajo este cultivo se multiplicarían hasta llegar a las seis mil hectáreas. Sin embargo, aún no se dispone de un reporte público sobre los resultados del experimento de campo. Este hecho hace que surjan preocupaciones y contradicciones bioéticas que deberían ser consideradas como parte de un debate nacional para valorar los pros y los contras de extender tal tecnología.

III

A partir de la liberación de los primeros cultivos transgénicos en el mundo, y sobre todo a raíz de que el CIGB definiera sus proyecciones de trabajo al respecto, el sector

académico cubano comenzó a internarse en el tema. El Primer Taller sobre Modificación Genética de Organismos, que se celebró en esa institución en 1999, marcó el inicio del debate entre representantes de instituciones de la salud, la agricultura, la alimentación y el medioambiente. Desde entonces ha habido un incremento progresivo del interés por profundizar en las ventajas y los riesgos que supone la aplicación de la ingeniería genética en la agricultura.

Las genuinas preocupaciones sobre la introducción de cultivos transgénicos en Cuba se basan en informaciones que provienen de investigaciones realizadas en otros países. Aunque el CIGB ha realizado varios eventos científicos y contactos técnicos sobre el tema, sus análisis resaltan las ventajas de la tecnología, en tanto sus peligros quedan aparentemente «bajo control». Sin embargo, los impactos negativos de su implementación y sus riesgos potenciales, son cada vez mayores. Un número creciente de estudios científicos y evidencias muestran que al liberar transgénicos al ambiente se pone en peligro la salud humana, la preservación de los ecosistemas, los medios de vida de la población rural y la soberanía alimentaria. Encarar estos asuntos desde posiciones íntegras, apartadas del cientificismo o signadas por prejuicios ideológicos, que pongan en una balanza qué se gana y qué se pierde con la introducción de esta tecnología en nuestro país, no es una opción: es una necesidad impostergable.

IV

Este volumen propone un análisis transdisciplinario desde una posición científica y comprometida a fin de que se tomen todas las precauciones para no errar en un tema tan delicado. Sin la pretensión de ser absoluto, cada autor se aproxima, de manera más o menos radical, a una verdad en construcción. Los textos reunidos abordan el tema en su complejidad y profundidad, sin agotarlo. Una posición de alerta, nacida de la contradicción que emergió con la liberación de transgénicos al ambiente natural cubano, y alejada del enfrentamiento pernicioso, caracteriza la intención de los autores.

Un aspecto que puede saltar a la vista del lector, desde la primera hasta la última página, es la abundancia de interrogantes. Parecerían muchas, pero en realidad son pocas en comparación con las que suscita el empleo de la tecnología transgénica en Cuba y en el mundo. La primera parte del libro reúne autores cubanos; mientras que la segunda recopila textos de especialistas de otros países que han mantenido intercambios científicos con colegas e instituciones de la Isla. A todos agradecemos sus valiosas contribuciones, que seguramente enriquecerán el necesario debate nacional. Nuestra gratitud al Centro Félix Varela por ofrecer un medio propicio para la reflexión y análisis de un tema tan complejo, así como a las organizaciones que apoyaron la elaboración e impresión de este volumen.

Quizás tengan razón quienes piensen que esta compilación llegó tarde, pues abundan las señales de que los cultivos transgénicos se están imponiendo en el país. Convencidos de que nunca es demasiado tarde para tomar la iniciativa y de que existen oportunidades para dialogar de manera constructiva sobre el asunto, proponemos al lector una obra que invita a analizar, reflexionar y debatir, tanto en el ámbito académico como en el institucional y cívico, sobre la introducción a gran escala de los cultivos transgénicos en Cuba.

FERNANDO R. FUNES-MONZOTE
EDUARDO F. FREYRE ROACH

La Habana, 1ro. de noviembre de 2009

PRÓLOGO. LUCES Y SOMBRAS DE LOS TRANSGÉNICOS EN CUBA

SILVIA RIBEIRO

Dra. Investigadora del Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración, México.

El debate sobre los cultivos transgénicos es uno de los temas más actuales y controvertidos en el mundo, agudizado con el recrudecimiento de las crisis alimentarias, climáticas, energéticas y ambientales. Paradójicamente, las empresas transnacionales de agronegocios presentan ahora los transgénicos como una «salida frente a las crisis».

No es extraño que las transnacionales promuevan esta idea, porque además de ser un gran negocio, les permite argumentar que no hay necesidad de revisar las causas de las crisis que ellas han contribuido a provocar. Tampoco tienen realmente interés en «salir» de las crisis porque con ellas han lucrado más que nunca. Por ejemplo, desde las semilleras hasta las que distribuyen cereales o fabrican maquinaria agrícola, obtuvieron ganancias enormes desde que en 2007 se reveló con más claridad la crisis alimentaria mundial.

Si bien Cuba se diferencia en muchos aspectos del resto del mundo, también aquí es urgente y necesario debatir el tema de la producción alimentaria, porque el país debe responder a muchos aspectos de estas crisis que ineludiblemente impactan en el pueblo cubano —a pesar de haber sido provocadas por el sistema capitalista industrial, que devasta la gente y el ambiente— y que se suman a los efectos del bloqueo económico a que ha sido sometido durante casi cincuenta años.

Aunque en la última década Cuba ha sido el ejemplo más contundente de que frente a la crisis alimentaria la producción agroecológica es posible, viable y capaz de proveer alimentos a poblaciones en ciudades tan grandes como La Habana, también hay científicos de instituciones públicas que consideran que los cultivos transgénicos

podrían ser un aporte a la producción alimentaria nacional, fuera de la égida de lucro de las empresas transnacionales. Sin embargo, para otros, los transgénicos representan una amenaza no solo a los logros ya obtenidos en otras formas de producción alimentaria, sino también a la salud y al medioambiente; incluso afirman que los transgénicos, aun sin transnacionales, constituyen un paradigma opuesto a formas de desarrollo social, ambiental y económicamente sostenibles.

Es entonces imprescindible un debate social sobre el tema. Un debate abierto, transparente y comprometido, de amplia participación popular, que marque una clara diferencia con la introducción de estos cultivos en el resto del mundo, donde casi sin excepción han sido una imposición de las empresas transnacionales que los controlan, mediada por la corrupción, el férreo control del mercado alimentario sobre los agricultores, la propaganda falsa y las presiones o complicidades con las cúpulas gubernamentales.

Prueba de ello es que, aunque las transnacionales y las organizaciones que ellas financian quieren vender la idea de que los transgénicos ya se hallan en todas partes, a trece años de su comercialización apenas ocupan cerca del 2% de la tierra cultivada en el planeta y solo una docena de países realizan siembras comerciales a gran escala. El 98% de la producción de transgénicos, que según las transnacionales «están en todo el mundo», se realiza solo en ocho países¹ y más de ciento setenta no los han autorizado comercialmente. Las encuestas de «percepción pública» sobre los transgénicos en diferentes naciones, muestran que más del 95% de los consumidores prefieren no comerlos. Sin embargo, la elección no está realmente en sus manos, porque pese a que las transnacionales aseguran que «no hay pruebas de que causen daños», han conducido una violenta campaña para impedir que se etiqueten.

Este libro se plantea entonces como una contribución a un debate nacional, muy distinto a esos métodos impositivos que han caracterizado a los transgénicos en todo el mundo. Debate que sin duda será seguido con atención por ser un tema crucial de lucha y oposición de los movimientos populares del planeta, para quienes los transgénicos representan una herramienta fundamental de dominación de las transnacionales para impedir la soberanía alimentaria, al tiempo que conllevan impactos en la salud, el ambiente y en las propias semillas que, al decir de La Vía Campesina, son un «patrimonio de los pueblos al servicio de la humanidad».

Pero no solo quienes luchan contra los transgénicos están atentos a este debate. También es importante para las transnacionales, para las cuales la posición de Cuba puede influir decisivamente en sus estrategias de mercadeo, quizá favoreciéndolas. Monsanto, la principal transnacional de transgénicos en el mundo, recibió con entusiasmo el anuncio que se hizo en diciembre de 2008 de que Cuba se planteaba

¹ Datos tomados de las estadísticas del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Biotecnológicas en la Agricultura (ISAAA). Ver www.isaaa.org.

aumentar sus experiencias de campo con maíz transgénico, colocándolo entre las noticias selectas de la compañía.² Está claro que nadie en Cuba buscaba este efecto, pero es importante reconocer que además de la discusión nacional, cualquier decisión que tome Cuba tendrá un impacto sobre muchos, como ha sucedido con otros temas de política mundial.

Los documentos reunidos en este libro plantean una diversidad de enfoques, cuyos análisis y lectura serán muy útiles para una mejor comprensión del tema. Los compiladores, Fernando R. Funes-Monzote y Eduardo F. Freyre Roach, resumen en el «Prefacio» una serie de aspectos recogidos en este volumen: qué son los transgénicos, cuál es su origen y situación actual en Cuba, qué problemas implican para la salud, el medioambiente y los recursos genéticos cubanos, qué han significado en otras regiones del mundo y qué podría suceder en la Isla si se extendiera su aplicación. Además, varios autores ilustran con amplio conocimiento de otras formas de agricultura, que aportan significativamente a la alimentación y que, con mayor apoyo, podrían hacerlo mucho más.

Agrego una breve reseña histórica sobre el origen de los transgénicos y porqué comenzaron a producirse, los rendimientos que han tenido en la práctica y los desafíos que representan para la salud y la bioseguridad, temas que son desarrollados con mayor amplitud en varios textos de este libro.

¿De dónde vienen los transgénicos?

Es significativo recordar que la llamada Revolución Verde, que implicó desde los años sesenta el desarrollo de las llamadas variedades de alto rendimiento —principalmente cereales como maíz, trigo y arroz—, fue impulsada por fundaciones ligadas a los mayores capitales industriales estadounidenses, como la Fundación Rockefeller, que veían en ella una respuesta a la Revolución Roja. De ahí incluso que en su nombre se ligara la propuesta de una «alternativa al comunismo»: en lugar de una revolución «roja», el capitalismo podía proveer una revolución «verde». Su lógica fue la siguiente: el hambre es un factor determinante en la rebelión de los pueblos contra el orden injusto del capitalismo; si se producían mayores cantidades de alimentos, se podrían prevenir tales revueltas. El hecho de que las variedades de alto rendimiento necesitaran para poder desarrollarse enormes cantidades de fertilizantes sintéticos, sistemas industriales de riego, maquinaria pesada, y que debido a la enorme vulnerabilidad de esos cultivos a las plagas —por ser extensos campos uniformes— también requirieran grandes cantidades de agrotóxicos, completaba sinérgicamente el cuadro. La utilización

² Ver noticia publicada en el sitio web de Monsanto: www.monsanto.com/biotech-gmo/asp/biotech_news.asp?yr=2008&newsId=nr20081202.

de estas tecnologías aumentaría el lucro de muchas de las grandes empresas base del sistema capitalista: tanto las de agronegocios como las ligadas a la industria petrolera, a través del aumento de la petroquímica y el uso de petróleo para la maquinaria y transportes.

Así, la agricultura, que desde hace diez mil años se basaba en semillas de libre acceso, agua, tierra, sol, trabajo humano y tracción animal, que estaba altamente descentralizada y, por lo general, a cargo de pequeños productores y campesinos —que aún son quienes producen la mayoría del alimento a nivel mundial—, fue transformada en una máquina industrial «petrolizada» que exige grandes inversiones, maquinarias caras, enormes cantidades de agrotóxicos y semillas de laboratorio, ahora casi totalmente controladas por las empresas. Aunque la Revolución Verde logró producir volúmenes mayores de algunos granos, no solucionó el hambre en el mundo, tal como prometían sus promotores, sino que la aumentó, desplazando de la tierra a millones de agricultores y campesinos con sus familias.³ El proceso dejó también un saldo global de erosión de suelos, biodiversidad agrícola y pecuaria, que junto a la contaminación químico-tóxica de las aguas, no tiene precedentes en la historia de la humanidad, acompañado además por una creciente crisis de salud humana y animal que, nuevamente, termina siendo un negocio para las mismas compañías.

Treinta años atrás, pese al aumento de la agricultura industrial en varios países, el sector agroalimentario estaba todavía bastante descentralizado, lo cual colocaba un límite a las empresas de agronegocios para poder seguir aumentando los lucros que lograron con la Revolución Verde. Se lanzaron entonces a una agresiva campaña para controlar toda la cadena agroalimentaria. Esto era una medida estratégica: además de ser el mercado más grande a nivel mundial, es esencial, porque nadie puede vivir sin comer.

Esta conquista del sector agroalimentario global por parte de las transnacionales, se basó —y sigue basándose— en tres pilares: control del mercado a través de grandes oligopolios, marcos regulatorios a su favor, y nuevas tecnologías. Por un lado, presionaron para que se hicieran nuevas regulaciones, con la redacción e imposición de formas de propiedad intelectual sobre las variedades agrícolas cada vez más restrictivas, que fueron globalizadas a través de la Organización Mundial del Comercio y de los tratados de libre comercio bilaterales y regionales. Por otro lado, aumentaron vertiginosamente su control vertical y horizontal del mercado. Las empresas más grandes de cada rubro absorbieron a las más pequeñas, y al mismo tiempo diferentes rubros se fusionaron. El ejemplo más notable fue la compra global y masiva que realizaron las empresas químicas —fabricantes de agrotóxicos— de las empresas semilleras.

³ Para más información, ver de Peter Rosset «El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: ¿Una tecnología apropiada?» en este mismo libro.

Hasta los años setenta existían en el mundo más de siete mil empresas semilleras y ninguna cubría siquiera el 1% del mercado mundial. Solamente el 5% de las semillas comerciales estaba bajo propiedad intelectual, el resto se hallaba en manos de agricultores e instituciones públicas de investigación agrícola. Actualmente, el 82% del mercado global de semillas se encuentra bajo propiedad intelectual. Las diez mayores empresas productoras de semillas controlan el 67% de ese mercado a nivel mundial y las tres principales —Monsanto, DuPont y Syngenta— acaparan el 47%, porcentaje que sigue en aumento. En agrotóxicos, la concentración es aún mayor: el 89% del mercado mundial está en manos de diez empresas. Y no por casualidad, entre esas diez están Monsanto, DuPont y Syngenta, junto con Bayer, Basf y Dow AgroSciences.⁴

Estas seis empresas controlan hoy todas las semillas transgénicas plantadas comercialmente en el mundo. Justamente, por ser empresas químicas, los transgénicos que hoy se cultivan en el mundo resultan, en más del 80%, resistentes a los químicos de las mismas compañías. El resto son semillas insecticidas —transgénicos manipulados para expresar la toxina del *Bacillus thuringiensis*— o una combinación de ambos caracteres.

Además de esta concentración del poder corporativo, los transgénicos permitieron patentar, de forma generalizada, seres vivos y semillas agrícolas. Esto no existía antes, porque para patentar algo hay que demostrar que cumple tres requisitos: ser nuevo, haber sido inventado y tener utilidad industrial. Con los seres vivos no se podía alegar que ninguno fuera «nuevo», pues dependían de procesos naturales. Con los transgénicos, las empresas lograron establecer que eran un «invento» no natural y, por tanto, patentables. La diferencia con otras formas de propiedad intelectual es que una patente convierte en delito cualquier forma de utilización sin pagar o poseer licencia del dueño de la patente.

Todos los transgénicos plantados comercialmente están patentados, lo cual convierte en un delito guardar semilla y volver a usarla en la próxima siembra. Más aún: los propietarios de campos que se contaminan con genes transgénicos —por ejemplo, a través de polen e insectos— pueden ser demandados por las compañías «por uso indebido de patente». Según datos del Center for Food Safety, en los Estados Unidos, Monsanto ya ha ganado más de 21 millones de dólares por ese tipo de procesos judiciales. y ha obtenido más de 160 millones de dólares adicionales en «acuerdos» fuera de los tribunales, porque los agricultores asumen que no podrán ganar y prefieren pagar directamente las demandas injustas de Monsanto para no perder en un juicio y tener que cargar además con ese gasto.

⁴ «¿De quién es la naturaleza? El poder corporativo y la frontera final en la mercantilización de la vida». Informe del Grupo ETC, noviembre de 2008. Ver www.etcgroup.org/es/materiales/publicaciones.html?pub_id=709.

Sin embargo, patentar semillas y levantar demandas judiciales significa en la práctica una flagrante y permanente violación de los derechos de los agricultores a conservar, guardar y replantar sus propias semillas, reconocidos internacionalmente por la Organización de las Naciones Unidas.

Como si esto no fuera suficiente, las empresas de transgénicos y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos desarrollaron la tecnología Terminator —o tecnología de restricción del uso genético, como se conoce en las Naciones Unidas— para crear semillas «suicidas» que se vuelven estériles en la segunda generación, con lo cual se convierten en una patente «biológica» sin fecha de expiración. Esta tecnología se vuelve tan aberrante y peligrosa, que el Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas estableció en el año 2000 una moratoria internacional sobre su experimentación y comercialización en todo el mundo.

Cuando en el Grupo ETC (entonces llamado RAFI) descubrimos y denunciarnos en 1998 la primera patente sobre Terminator —actualmente hay casi un centenar de patentes parecidas en manos de las diferentes empresas de transgénicos—, Delta & Pine Land Co., la principal empresa de semillas de algodón del mundo, propiedad de Monsanto, que la desarrolló junto al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, le llamó «sistema de protección de la tecnología». El argumento fue que iba a «ayudar» a los agricultores y campesinos del tercer mundo a terminar con sus «semillas obsoletas». Reconocían claramente que el objetivo de la tecnología transgénica Terminator era controlar definitivamente a todos los agricultores del mundo.

En los últimos años, frente al inevitable problema de la contaminación transgénica a nivel global, cambiaron el discurso para decir que Terminator sería un instrumento de «bioseguridad», con el cual impedirían que el polen transgénico que llegue a otros cultivos sea fértil. Sin embargo, varios estudios científicos han mostrado que esta tecnología no funcionaría al 100%, pues su complicada construcción es altamente inestable.⁵ Por tanto, si se aplicara comercialmente, esta tecnología sumaría al problema de la contaminación —que de todas maneras se mantendría— el de la esterilidad, que sufrirían no solo los que la usaran, sino también todos los cultivos a los que llegara el polen.

En suma, desde su concepción, el desarrollo de semillas transgénicas estuvo orientado a fortalecer el poder de las empresas sobre los agricultores, creándoles una dependencia absoluta que supera incluso la que ya tenían de las semillas híbridas y los agrotóxicos, y les hace perder cualquier tipo de decisión sobre ellas. Quien controla las semillas, controla la llave de toda la red alimentaria.

⁵ Ver, por ejemplo, Ricarda Steinbrecher: «Why V-GURTs (Terminator) Fails the Requirements as a Biological Containment Tool for Biosafety», documento para el Órgano Subsidiario Científico Técnico del Convenio de Diversidad Biológica. SBSTTA10, CBD. Publicado por *EcoNexus*, febrero de 2005, en www.econexus.org.

¿Transgénicos sin transnacionales?

En Cuba, sin embargo, científicos del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) argumentan que estarían fuera del control de las transnacionales, porque serían transgénicos desarrollados por instituciones públicas. No obstante, persiste el mismo paradigma tecnológico. En lugar de promover la diversidad de semillas y de agricultores y, por tanto, la resiliencia y la adaptabilidad a muchas condiciones microclimáticas, a diferentes terrenos y situaciones, incluso a la flexibilidad que da la diversidad genética y varietal para los cambios que está produciendo el caos climático, los cultivos transgénicos son construcciones uniformes que aumentan la vulnerabilidad frente a las plagas y no son, en absoluto, flexibles frente a las variaciones climáticas o de los suelos.

Los transgénicos que se quieren producir a gran escala en Cuba, son prácticamente iguales a los que desarrollan las transnacionales: con caracteres insecticidas —conllevan por tanto todos los problemas de resistencia de los insectos a ellos, tal como ya sucede en los lugares donde se plantan industrialmente— o resistentes a agrotóxicos. En ambos casos, esto ha llevado a aplicar más agrotóxicos que en cultivos convencionales, ya que la fuerte y continua presencia de toxinas produce rápidamente más resistencias en los insectos plagas, y las altas dosis de agrotóxicos crean resistencia en la vegetación que acompaña a los cultivos. En los dos países con mayor cantidad de siembras intensivas de transgénicos tolerantes a herbicidas, los Estados Unidos y Argentina, esto ha llevado al surgimiento de nueve tipos de supermalezas,⁶ lo cual conduce a la necesidad de usar cada vez mayores cantidades de agrotóxicos y, por consiguiente, aumenta la toxicidad.

Si Cuba siembra transgénicos insecticidas y tolerantes a herbicidas, el proceso de crear supermalezas y la necesidad de usar agrotóxicos cada vez más poderosos, sería igual. Significa, además, aumentar no solo la dependencia de derivados de petróleo, sino también la destrucción de suelos y de la biodiversidad —lo cual es la base de cualquier agricultura autónoma y soberana—, algo peligrosamente insostenible para las generaciones futuras. Y aunque los transgénicos en Cuba no tengan patentes de las transnacionales, los agrotóxicos sí pertenecen a ellas y aumentarán en Cuba la dependencia de esas transnacionales, que, como mencioné, finalmente son las mismas empresas que controlan los transgénicos.

También llama la atención que si el país afirma querer desarrollar transgénicos sin transnacionales, el CIGB haya invitado, en diciembre de 2008, a Clive James, presidente del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Biotecnológicas en la Agricultura (ISAAA), la principal institución global de cobertura y propaganda de las transnacionales de transgénicos. No resulta extraño entonces que

⁶ Sobre este tema, ver análisis informe del Grupo ETC citado en nota 4, pp. 15-18.

Clive James afirme arrogantemente a la prensa que en Cuba «necesitan más y mejores alimentos, lo que puede ofrecer esta tecnología» (refiriéndose a los transgénicos).⁷ Al ISAAA lo financian las transnacionales para que lleve este discurso por el mundo, hecho que ha sido muchas veces denunciado por organizaciones de la sociedad civil. Esta institución elabora las estadísticas de las áreas cultivadas con transgénicos a nivel internacional, distorsionándolas con frecuencia para aparentar que existen mayores extensiones y dar la impresión de que todo son beneficios, «olvidando» intencionalmente reseñar los múltiples problemas que conllevan. En calidad de máquina de propaganda capitalista, sería útil para los cubanos consultar los documentos que analizan críticamente a esta institución y que muestran quiénes se benefician de este tipo de «consejos» y quién paga por ejecutarlos.⁸

¿Aumentar o disminuir la producción?

Un aspecto que el ISAAA nunca va a mencionar, por ejemplo, es el hecho de que además de que ningún transgénico contiene mejores propiedades nutricionales —por el contrario, poseen hasta doscientas veces más residuos de agrotóxicos porque son tolerantes a estos—, producen menos que los cultivos convencionales. Esto ya había sido demostrado en estudios de investigadores de las universidades de Nebraska (2007) y de Kansas (2008), pero fue corroborado contundentemente en un informe publicado en abril de 2009 por la Unión de Científicos Preocupados de Estados Unidos (UCS, por sus siglas en inglés). El estudio, del biólogo molecular Doug Gurian-Sherman, se titula «Failure to Yield» (Fracaso de rendimiento) y analiza veinte años de experimentación y trece de comercialización en los Estados Unidos.⁹ Ese país es el primer y principal productor mundial de transgénicos, y hasta hoy mantiene la mayor área plantada con estos cultivos. El estudio analiza, a partir de estadísticas oficiales, los rendimientos anuales durante casi dos décadas y en cada Estado.

Es el estudio más amplio y minucioso realizado hasta el momento. Concluye que los transgénicos no han contribuido a aumentar la producción agrícola en los Estados Unidos. Y afirma que otros métodos, convencionales y orgánicos, sí han incrementado los rendimientos. La UCS explica que en el caso de la soya, los transgénicos han

⁷ «Cuba Ready to Authorize GM Corn Crop: Scientists», nota de Esteban Israel en Reuters, 2 de diciembre de 2008.

⁸ Devlin Kuyek: «El ISAAA: Generando ganancias en nombre de los pobres», *Biodiversidad, Sustento y Culturas*, 2001. Ver www.grain.org/biodiversidad/?id=121. Y «Undoing the ISAAA. Myths on GM Crops», nota de GM Freeze y Amigos de la Tierra Europa, febrero de 2009, ver www.gmfreeze.org/uploads/ISAAA_Q&A_2009.pdf.

⁹ Disponible en www.ucsusa.org/food_and_agriculture/science_and_impacts/science/failure-to-yield.html.

disminuido notablemente el rendimiento (en promedio 11%), en el caso del maíz tolerante a herbicidas no aumentaron nada y en el maíz insecticida con la toxina Bt, hubo un ligero incremento, un promedio de 0,2-0,3% anual, lo cual significa un acumulado de 3-4% al final de los trece años de siembra comercial, registrado sobre todo en zonas de ataques severos de la plaga, mucho mayores que los daños reportados en Cuba.

El dato más significativo es que el aumento total del rendimiento del maíz en esos trece años fue más del 13%, lo que quiere decir que el 75-80% del incremento del rendimiento se debió a otras variedades y otros métodos de producción. O sea, que si no se hubieran sembrado transgénicos en los Estados Unidos, el total de la producción de maíz hubiera sido mayor.

Una de las razones por las cuales los transgénicos producen menos radica justamente en la presencia de genes ajenos al cultivo. Para que la planta exprese esos genes, debe usar energía que de otra forma podría dedicar a mayores rendimientos. Con el enorme potencial de experiencia que tiene Cuba en otras prácticas agronómicas no transgénicas, no necesita embarcarse en la riesgosa experiencia de los transgénicos.

Salud y bioseguridad

Las transnacionales y las instituciones que ellas financian nunca dicen que «los transgénicos son sanos». Sencillamente afirman que «no hay pruebas de que causen daños» y aplican una lógica invertida, que intenta ocultar la verdad. Si no se puede decir, en términos afirmativos, que son sanos, no deberían estar en circulación.

En abril de 2009, por primera vez, la Asociación Estadounidense de Medicina Ambiental (AAEM por sus siglas en inglés) alertó a sus miembros y al público en general de que los transgénicos representan un peligro para la salud.¹⁰ Una importante conclusión en la que se basan es que, a partir de los múltiples ejemplos analizados, «hay más que una relación *casual* entre alimentos transgénicos y efectos adversos para la salud». Explican que según los Criterios de Hill —muy reconocidos académicamente para evaluar estudios epidemiológicos y de laboratorio sobre agentes que puedan suponer riesgos para la salud humana—, «existe *causalidad* en la fuerza de asociación, la consistencia, la especificidad, el gradiente y plausibilidad biológica» entre el consumo de alimentos transgénicos y los efectos adversos a la salud.

Entre los efectos negativos, comprobados a partir de decenas de estudios en animales, mencionan «riesgos serios», como infertilidad, desregulación inmune, envejecimiento acelerado, desregulación de genes asociados con síntesis de colesterol y regulación de

¹⁰ El reporte íntegro de la AAEM se puede consultar en español en: www.biodiversidadla.org/Principal/Contenido/Noticias/Alimentos_geneticamente_modificados.

insulina, cambios en el hígado, riñones, bazo y sistema gastrointestinal. Citan, entre otros, un estudio de 2008 con ratones alimentados con maíz transgénico Bt de Monsanto, que vincula el consumo de ese maíz con la infertilidad y la disminución de peso, y muestra también la alteración de la expresión de cuatrocientos genes (!).

Varios artículos de este volumen citan otros ejemplos sobre el mismo tema, mostrando que los transgénicos implican riesgos considerables para la salud. La verdad es que la única razón por la que han sido puestos en circulación con tal falta de evaluación previa, es el poder de las transnacionales, que necesitaban colocarlos en el mercado para poder incrementar el control corporativo de la red agroalimentaria.

Ninguno de los países que han autorizado la siembra comercial de los transgénicos y cuya área de tierra cultivada cubre el 98% de esta superficie en el mundo exige que antes de ponerlos en el mercado se realicen pruebas de sus posibles efectos sobre la salud y mucho menos que se analice seria e independientemente su impacto a largo plazo. Se trata simplemente de ensayos agronómicos que tampoco evalúan el potencial de contaminación de otros campos y cultivos. Todos los datos sobre estos aspectos se toman de las declaraciones e informes de las propias empresas. Aunque las legislaciones de bioseguridad de muchos países incluyan que se deben tener en cuenta los impactos sobre la salud, no hay disposiciones —ni recursos— para realizar pruebas independientes, ni tampoco la obligación de hacerlas.

Ese «secretito» sucio de las regulaciones de bioseguridad, que imitan a la regulación estadounidense, es la plataforma común de la mayoría de las aprobadas en América Latina, a las que no en vano llamamos «leyes Monsanto». Es significativo que en los casos en que se realiza este tipo de estudios previos de impactos sobre la salud, los cultivos no se han autorizado. Por ejemplo, el estudio mencionado con maíz transgénico Bt de Monsanto, que lo hizo obligado por la Unión Europea, tuvo ese efecto en Europa. Posteriormente, Monsanto se dedicó a «convencer», por medios espurios, a la Agencia Europea de Seguridad de los Alimentos de que era un «error de interpretación», en abierta contradicción con reputados científicos independientes europeos que analizaron el estudio completo. A los países que no quisieron aceptar este súbito cambio de recomendación, como Alemania, la transnacional los ha llevado a juicio.

Cuba no ha publicado este tipo de investigaciones independientes, basadas en trabajos a largo plazo y su efecto en animales de laboratorio. Por ejemplo, no se ha estudiado el impacto real en la salud que podría tener el maíz FR-Bt1 (cuya siembra se anunció en diciembre 2008), y que seguro tiene, según varios estudios independientes sobre otras variedades con el mismo tipo de toxina. Sería un grave error y un riesgo a la salud de la población que Cuba considerara a los países que han plantado este tipo de maíz como un precedente suficiente, ya que de ellos no se tiene más referencia que las de las propias transnacionales. Y sería otro grave error que adoptara un enfoque de «equivalencia sustancial»,¹¹ otro de los conceptos maquinados por las transnacionales

para facilitar su farsa de «bioseguridad». El hecho de que el maíz que la Isla importa contiene transgénicos con esta toxina y que ya se esté consumiendo, tampoco es ninguna garantía de inocuidad. Podría haber múltiples efectos en curso en la población, y, al no hacer seguimientos específicos, separados de otros factores, quedan ocultos. En este sentido, el país debe diferenciarse del tratamiento como «conejillos de indias» al que los Estados Unidos ha sometido a su población, al poner a circular transgénicos sin ninguna garantía real de inocuidad.

Por otra parte, sería pertinente que Cuba evaluara si este es el tipo de inversión que se quiere hacer para cubrir las necesidades agrícolas y alimentarias. A fin de actuar con responsabilidad, antes de liberar cualquier transgénico, debería dedicar largos años de estudio, recursos humanos y económicos para analizar si realmente tendrán impactos en la salud. Si no lo hace, correrá el peligro de introducir riesgos importantes a la salud de la población —algo que seguramente placera a las transnacionales, tanto como que libere transgénicos de manera masiva, pero esta vez no lo anunciarían en su sitio web—. Si lo hace en forma seria y responsable, como es el objetivo de los científicos cubanos, implicará una importante inversión que deberá repetirse ante cada nueva modificación y desviará recursos de otros enfoques ya conocidos para la producción alimentaria sana y sustentable.

El mundo está hoy en medio de las peores crisis de la historia reciente. No me refiero a la económica y financiera del capitalismo, sino a la climática, alimentaria, de salud y ambiental. Cuba, así como muchos pueblos indígenas y campesinos que siguen siendo los creadores y guardianes de las bases de la alimentación mundial, tiene la posibilidad de mostrar caminos totalmente diferentes. En lugar de buscar modelos tecnológicos «sustancialmente equivalentes» a los de las transnacionales, podría aprovechar mucho más la riqueza, los conocimientos y las experiencias de su agricultura sustentable, que además de proveer alimentos sanos, nutritivos y variados a su propia población, es un espaldarazo a la lucha de los movimientos campesinos, indígenas y populares en todo el mundo.

¹¹ Extensamente explicado en la contribución de Alfredo Abuín y Carmen Porrata al presente volumen.

PRIMERA PARTE

CULTIVOS TRANSGÉNICOS: ¿A QUÉ RIESGOS NOS EXPONEMOS?

EDUARDO F. FREYRE ROACH

Dr.C. Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Universidad Agraria de La Habana.

MAYLING CHAN

Estudiante de doctorado del Centro de Estudios del Desarrollo Agrario y Rural (CEDAR), Universidad Agraria de La Habana.

Bueno es que en el terreno de la ciencia se discutan preceptos científicos. Pero cuando el precepto va a aplicarse; cuando se discute la aplicación de dos sistemas contrarios; cuando la vida nacional va andando demasiado aprisa hacia la inactividad y el letargo, es necesario que se planteen para la discusión, no el precepto absoluto, sino cada uno de los conflictos prácticos, cuya solución se intenta de buena fe buscar.

JOSÉ MARTÍ¹

En 1989 el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) obtuvo los primeros ratones transgénicos. Durante la siguiente década, las investigaciones en la materia cobraron auge y se desarrollaron un conjunto de proyectos orientados a la obtención de variedades transgénicas con fines farmacéuticos y también para la alimentación animal y humana. Desde hace ya diez años se ejecutan proyectos de investigación en plantas transgénicas de caña de azúcar, papa, papaya, tomate, maíz, boniato, plátano, café, arroz, cítricos y piña resistentes a determinadas plagas y tolerantes a herbicidas.

En 2006 se anunció la obtención de plantas transgénicas de tabaco que producen un anticuerpo monoclonal utilizado para fabricar una vacuna contra la hepatitis B. Y en el segundo semestre de 2008 se dio a conocer que el país disponía de arroz resistente a hongos, de boniatos y tomates resistentes a virus y del controvertido maíz transgénico FR-Bt1, resistente a la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y tolerante al glufosinato de amonio, principio activo de plaguicidas como Finale, Instakil, Basta, Liberty y Rely. Ese mismo año fuentes oficiales informaron que se había sembrado una hectárea de este maíz transgénico en cinco provincias cubanas (La Habana, Santa Clara, Ciego de Ávila, Camagüey y Santiago de Cuba) elegidas para el estudio experimental a campo abierto. En febrero de 2009 se comunicó la siembra de tres hectáreas de maíz transgénico en el Valle del Caonao, Batey Colorado, muni-

¹ José Martí: «La polémica económica», *Revista Universal*, México, 23 de septiembre de 1875. Tomado de *Obras completas. Edición crítica*, tomo 2, Centro de Estudios Martianos, La Habana, 2000, p. 188.

cipio de Yaguajay, en Sancti Spíritus.² Las máximas autoridades del CIGB declararon que si todo salía bien, propondrían la siembra, comercialización y consumo de este maíz a todo lo largo y ancho del país.

Se conoce que el CIGB exige la observancia de una férrea disciplina en cuanto a la administración del herbicida antes de que la planta llegue a tener cinco hojas. Debido a que bajo la presión selectiva algunas palomillas se pueden convertir en población o plaga, se propone sembrar el 10% del campo con maíz no transgénico, de manera que sirva de refugio de palomillas, en condiciones de aparearse con aquellas. Otra exigencia se refiere a la disponibilidad de riego que contempla el paquete tecnológico del cultivo. El incumplimiento de esas y otras exigencias conduce a la muerte de la tecnología, es decir, de «la gallina de los huevos de oro», como suele decir el Dr. Carlos Borroto, subdirector del CIGB, en sus instrucciones sobre el experimento.

La investigación, siembra, importación y exportación de semillas transgénicas en Cuba recién se encuentra regulada en los marcos del «Reglamento para el otorgamiento de la autorización de seguridad biológica».* Esta resolución fue emitida por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en correspondencia con el artículo 4, inciso C, del Decreto-Ley No. 190 «De la Seguridad Biológica» del 28 de enero de 1999, dispuesto por el Consejo de Estado.

Los cultivos transgénicos en el mundo entero suscitan numerosas inquietudes y preguntas. ¿Es posible predecir y evitar los riesgos que entrañan a la salud y al medioambiente? ¿La siembra a gran escala de transgénicos contribuiría realmente a aumentar los rendimientos, disminuir el uso de plaguicidas, la demanda de fuerza de trabajo y los costos? ¿Con ellos se podrían sustituir importaciones de alimentos? ¿Afectarían las conquistas que el país atesora en materia de agricultura sostenible? También cabe preguntarse, amén de las buenas intenciones que subyacen en los experimentos que se están realizando, ¿hasta qué punto la apuesta por esta tecnología colocaría en tela de juicio el prestigio que Cuba se ha ganado entre los movimientos sociales, campesinos, civiles y de izquierda que alzan sus voces en contra del statu quo transnacional, neoliberal y capitalista, que usa los transgénicos como punta de lanza para consolidar su dominio imperial?

Las voces de quienes abogan por los transgénicos en Cuba

Un investigador cubano que se ha consagrado al estudio de los transgénicos afirma: «En el país se sigue una política de agricultura orgánica, pero también se desarrollan

² Mary Luz Borrego: «Cuba desarrolla un maíz transgénico. La primera plantación, experimental, en el valle de Caonao», *Juventud Rebelde*, 2 de marzo de 2009. Ver <http://theodoro.com.ar/elrincon/wordpress/?p=218>.

* Ver apéndice en este libro. *Nota de los editores*.

los transgénicos, tanto en la rama vegetal como en la animal, atendiendo a ciertas urgencias, como la enfermedad de la sigatoka negra, que diezma los plátanos y bananos en el mundo; de ahí que haya desaparecido casi por completo el delicioso plátano manzano». En el mismo contexto expresa: «La transgénesis parece ser el único camino distinguible para volver a una agricultura orgánica, donde el uso de sustancias químicas sea muy bajo o nulo, es decir, donde los pesticidas no decidan».³

Se dice que los proyectos sobre transgénicos que Cuba desarrolla desde los años noventa tendrán un impacto en la economía cubana, ya que «están encaminados a elevar los rendimientos agrícolas o a diversificar la calidad del producto final, sobre la base de problemáticas que no se pueden resolver en estos momentos por otra vía que no sea la transgénesis de plantas [...] El empleo de plantas transgénicas en los países subdesarrollados podría constituir una de las herramientas más importantes para satisfacer los problemas alimentarios de una población que crece cada día».⁴

Uno de los portavoces de esta tecnología sentenció recientemente:

Sería tonto y suicida no aprovechar las herramientas que posee la ciencia cubana para hacer frente a esa situación, siempre y cuando se demuestre que es seguro. [...] El riesgo de no utilizar la tecnología es quedarnos atrás en la producción de alimentos, ser ineficaces en la producción de alimentos, tener inseguridad alimentaria, tener que importar cada vez más alimentos [...]. El objetivo fundamental del CIGB con los transgénicos es contribuir a la seguridad alimentaria nacional.⁵

El autor de esta cita ha dicho también que «Las plantas transgénicas que estamos procesando son, principalmente, para darlas gratuitamente a los agricultores. La filosofía en general del país es poder compartir estos resultados»; y añade, «El peor daño lo han hecho las grandes compañías. Es muy riesgoso tener más del 80% de los transgénicos en manos de una sola empresa».⁶

¿Cómo encaran estas voces pro transgénicos la problemática de los riesgos que ellos pueden ocasionar a la salud y al medioambiente? Al respecto, suele decirse: «No hay reporte científico alguno, documentado, sobre problemas para la salud causado

³ «Transgénesis verde», publicado el 21 de enero de 1999 (número especial del periódico *Juventud Rebelde*).

⁴ Ariel D. Arencibia Rodríguez y Pedro Oramas Frenes: «Estado actual y perspectivas de la comercialización de plantas transgénicas», *Biotecnología Aplicada. Revista de la Sociedad Iberoamericana de Biotecnología Aplicada a la Salud*, *Elfos Scientiae*, Vol.16, Número especial, 1999, p. E7.

⁵ «Científicos trabajan para plantar transgénicos de forma masiva en Cuba», EFE, 2 de febrero de 2008, www.soitu.es/soitu/2008/12/02/info/1228250385_901088.html.

⁶ «Cuba prepara el lanzamiento al mercado de alimentos transgénicos», Reuters, www.jornada.unam.mx/2005/12/03/a03n1cie.php.

por plantas transgénicas que se comercializan actualmente en el mundo». ⁷ Otro especialista expresa: «El beneficio potencial que representan los organismos modificados genéticamente (OMG) trae consigo un peligro potencial para la salud del hombre y el medioambiente. Este peligro de los OMG radica en su capacidad para transmitir su genotipo a las futuras generaciones, y con ellos, la cualidad nueva que trae consigo, aportando la incertidumbre de desconocer si, a corto, mediano o largo plazo, esto puede dar lugar a un efecto sobre la salud». ⁸ Entre esos riesgos que pueden aparecer a largo plazo se contemplan alergias, intoxicación, cáncer, infertilidad, disrupción endocrina y contaminación genética. Pero ese autor termina insinuando que dichos riesgos se pueden contrarrestar: «Si se conoce el compuesto transgénico que se expresa, es difícil que pueda causar algún tipo de alergia. [...] De hecho, los genes que se transfieren son bien conocidos, estudiados y caracterizados». ⁹

Para evitar la contaminación genética o el flujo de genes de un campo transgénico a otro no transgénico, se sugiere la implementación de medidas agronómicas como:

a) producción de híbridos transgénicos que producen polen estéril; b) utilización de barreras biológicas a la dispersión efectiva del polen; c) empleo de proteínas altamente específicas para el control de insectos; d) aplicación de estrategias dirigidas a la manipulación de mecanismos de protección diferentes en el control de insectos, hongos, virus, etc.; e) empleo de herbicidas como marcadores de selección y no antibióticos; f) manejo de variedades transgénicas integrado a los denominados nichos de plantas no transgénicas, y g) control de la introducción y uso de plantas transgénicas en sus centros de origen y biodiversidad. ¹⁰

Otro investigador cubano, aludiendo a la posibilidad de que una tilapia transgénica se escape y se cruce con las no transgénicas, plantea:

[...] la tilapia transgénica presenta desventaja con respecto a la tilapia salvaje. Por otra parte, si se produjera la introgresión del transgén en el medio, este tendería a diluirse en la población salvaje y a desaparecer, teniendo en cuenta que al cultivo siempre iría la tilapia transgénica heterocigótica. Estudios preliminares de desove de las hembras transgénicas, han mostrado que no

⁷ Diana Cariboni: «Transgénicos dejan huella», IPS, 26 de marzo de 2006. Ver www.rebellion.org/noticia.php?id=28838.

⁸ Mario P. Estrada García: «Estado actual de las investigaciones para la modificación genética de organismos acuáticos», *Biotecnología Aplicada. Revista de la Sociedad Ibero-latinoamericana de Biotecnología Aplicada a la Salud*, *Elfos Scientiae*, Vol.16, Número especial, 1999.

⁹ José Manuel Machado Rodríguez: «Plantas y alimentos transgénicos: percepciones sociales», *Temas*, No. 44, octubre-diciembre de 2005, pp. 65-73.

¹⁰ Ariel D. Arencibia Rodríguez y Pedro Oramas Frenes: Ob. cit. (en n. 4), p. E7.

existen diferencias entre el desove de estas y el de las hembras salvajes. Por último, es importante destacar que la tilapia fue introducida en Cuba en la década de 1960 y, por esta causa, no existe ninguna especie autóctona en peligro [...].¹¹

Las voces de quienes alertan sobre los riesgos de los cultivos transgénicos

Sin embargo, en Cuba se levantan voces que alertan sobre los riesgos de los transgénicos. Es el caso de campesinos como José Antonio Casimiro González, uno de los más destacado dentro del movimiento agroecológico de la ANAP en Sancti Spiritus. Al preguntársele sobre las alternativas que pudiera tener el país para aumentar la productividad y los rendimientos agrícolas, respondió: «¿Quieren algunos? ¿La soya americana? ¡Pero, chico, esa soya es transgénica, y de lo que se trata es de producir de forma limpia y decente! Hay que pensar en la forma ética de producir».¹²

Un ama de casa, Niurka Gómez, del Barrio Obrero en San Miguel del Padrón, que asiste asiduamente al programa televisivo *Universidad para Todos*, envió una carta a la redacción de la revista *Agricultura Orgánica*, de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, preocupada por «las alteraciones que se están haciendo a los alimentos». Por su parte, investigadoras cubanas del Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT) alertan: «Una vez que se analizan a fondo los riesgos de los transgénicos, es necesario preguntarse: ¿es la biotecnología una estrategia correcta para el desarrollo?, ¿son los protocolos de bioseguridad suficientes para detener el riesgo del uso de la biotecnología?».¹³

Ramón Montano, investigador del Instituto Cubano de Investigaciones sobre la Caña de Azúcar y sus Derivados (ICIDCA), en un trabajo inédito, objeta a quienes plantean que con los transgénicos se reduce el uso de plaguicidas:

La resistencia a glifosato aumentó en menos de cinco años en todas las regiones donde se implantaron cultivos modificados genéticamente con resistencia a este herbicida. En Cuba, sin cultivos transgénicos, el glifosato se emplea en la preparación del terreno en el cultivo de la caña con tecnología de labranza mínima. Llama la atención que, mientras la norma más frecuente en los

¹¹ Mario P. Estrada García: Ob. cit. (en n. 8).

¹² En entrevista realizada el 27 de octubre de 2008. Casimiro es un campesino agroecológico. Se le conoce por su innovación de un multiarado. Consúltase el artículo de Ricardo Delgado Díaz: «José Antonio Casimiro González. ¿Productor o creador?», *Agricultura Orgánica*, No. 2, 2007, pp. 8-11.

¹³ Lianne Fernández, Tania González y Zoila Fundora: «La Biotecnología y sus riesgos», *Agricultura Orgánica*, Año 4, No. 2, mayo-agosto de 1998, p. 66.

Estados Unidos y Argentina es de 2 l/ha, en los cultivos transgénicos de maíz y soya, en Cuba la norma es de 6 l/ha. Nosotros no experimentamos todavía el fenómeno de la resistencia, aunque en nuestra diversa flora, contamos con especies como el canutillo (*Commelina diffusa*) y la malva de caballo (*Sida acuta*) que son tolerantes. A pesar de esto, la resistencia a glifosato era uno de los atributos que nuestros científicos se proponían fijar en sus variedades transgénicas en 2005.

Y Humberto Ríos, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en una entrevista concedida a IPS, llamó la atención sobre el «gradual aumento de la dependencia económica de los agricultores» al usar variedades transgénicas. También insistió en el hecho de que estas variedades no responden a la diversidad cultural de los campesinos y perjudican su soberanía alimentaria.¹⁴

Raisa Pagés, destacada periodista cubana en temas de agricultura, en entrevista vía correo electrónico el 30 de enero de 2009, sugirió:

La biotecnología en Cuba no debe emplearse en procesos donde medie la siembra de organismos modificados genéticamente, sino que debe servir de eslabón para acelerar otros procesos científicos en que no estén involucrados los alimentos. Aunque los científicos recalquen que los transgénicos se introducirán en condiciones de máxima bioseguridad, eso es imposible en escenarios abiertos como la agricultura, nada puede estar ajeno al entorno de un experimento de ese tipo. Otra preocupación que muchos comparten es que una cosa sucede en los campos experimentales y otra muy distinta ocurre cuando se generaliza un resultado en cuanto a la disciplina técnica y de seguridad biológica, tema en el que Cuba debe avanzar más, pues se desconocen bastante las legislaciones emitidas por el Centro Nacional de Seguridad Biológica. Ante esta disyuntiva, ¿por qué en vez de buscar un maíz transgénico resistente a la palomilla del maíz no se busca un manejo integrado de la plaga con el empleo de plantas con características naturales de insecticidas? Respuestas suficientes hay en la ciencia para no tener que acudir a organismos modificados genéticamente. No estamos en contra de las técnicas biotecnológicas, sino de su uso en la alimentación humana.

En 2008, Fidel Castro, refiriéndose a los transgénicos, expresó:

La ciencia se enorgullece de sus éxitos. Muchos se alegran, como es lógico, de la capacidad de esta para manipular genes hereditarios en aras de la salud,

¹⁴ Citado en Diana Cariboni: Ob. cit. (en n. 7).

pero pocos se inquietan por los conceptos racistas asociados al poder político imperial y su idea fascista de la raza superior como dueña del mundo actual y futuro. Medítese bien. Informémonos de los nuevos descubrimientos científicos y saquemos las conclusiones pertinentes. Decenas de noticias llegan diariamente sobre la crisis alimentaria, los precios de la energía y las materias primas, el cambio climático y otros problemas interrelacionados. La soya, precalentada a 125°C, es una de las fuentes proteicas y calóricas más completas y económicas conocidas de productos alimenticios industriales para consumo directo, con gran diversidad de usos. La transgénica, que se cultiva para producir proteínas y grasas de origen animal, no es apta para el consumo humano.¹⁵

Más adelante añadió:

Las leguminosas y gramíneas en general, mejoradas y probadas a lo largo de años, son las fuentes fundamentales de alimentos sanos y saludables. Cada uno de ellos tiene rigurosos límites climáticos y necesidades de fuerza de trabajo humana, en la que temperatura, humedad y tradiciones influyen decisivamente en los rendimientos del área disponible en cada país. La producción de estas proteínas y calorías esenciales por hectárea, su costo en energía y el dióxido de carbono que inyecta a la atmósfera cada cultivo, debe estar en el manual de todos los políticos del mundo; es en la actualidad tan importante como saber leer y escribir; no es concebible el analfabetismo en la materia.¹⁶

Instituciones como la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, el Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical (INIFAT) y el Instituto de Ciencias Agrícolas (INCA) han debatido el tema. En un Seminario Internacional realizado en abril de 2009 en el INIFAT, dos de las comisiones, la de Agrobiodiversidad y la de Biotecnologías Hechas a la Medida, emitieron una relación donde instaban al ministro de la Agricultura, allí presente, a prestar atención a los riesgos de los transgénicos y a la necesidad de una convocatoria de debate más amplia y transparente sobre este asunto. Las voces cubanas de alerta, e inclusive de alarma respecto a los transgénicos, se suman a las que en todo el mundo denuncian los riesgos de su liberación y consumo a gran escala. Una gran cantidad de evidencias provenientes de diversos países legitiman esas voces.

¹⁵ Alexis Rojas: «Carta de Fidel a un periodista de *Juventud Rebelde*», *Juventud Rebelde*, 12 de junio de 2008. Ver <http://alexisrojas.blog.com.es/2008/06/12/carta-de-fidel-a-oiiodista-de-juventud-r-4306910>.

¹⁶ Ídem.

¿A qué riesgos nos exponemos?

Ten en cuenta que te estás jugando no solo el tipo de comida que vas a comer, sino la clase de sociedad en la que vas a vivir, y la salud de la biosfera que habitarás...

*THE ECOLOGIST*¹⁷

La Organización Mundial de la Salud (OMS) llama a tener cuidado con los transgénicos. En el año 2005 emitió un informe titulado «Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: Estudio basado en evidencias», donde asegura:

El uso de organismos modificados genéticamente (OMG) también puede significar riesgos potenciales para la salud y el desarrollo humano. Muchos genes utilizados en los OMG no se encontraban anteriormente en el suministro de alimentos [...] en muchos casos se produce una inserción aleatoria en el genoma huésped y, en consecuencia, puede tener efectos no deseados de desarrollo o fisiológicos. [...] La introducción de un transgén en un organismo receptor no es precisamente un proceso controlado, y puede tener varios resultados con respecto a la integración, la expresión y la estabilidad del transgén en el huésped.

Ese riesgo está a la vista, porque el gen de interés se dispara en la célula receptora de la planta que se va a modificar, y como mismo pasa en una guerra donde hay muchas balas perdidas y muchas víctimas inocentes, cuando se bombardea a la célula con genes, no se sabe todo lo que pasará. En otras palabras, dichas por un especialista en el tema de los transgénicos:

La ciencia genética está en su infancia y no sabemos mucho de las consecuencias de la manipulación genética. De hecho, no se trata de introducir un solo gen: con el estado actual de la tecnología, además del gen asociado a la característica que se desea introducir, se introducen otros genes promotores y marcadores. No se puede controlar ni predecir cuántas de estas combinaciones de genes se insertarán, ni dónde se ubicarán en los cromosomas, ni si serán estables. Los genes interactúan. Dependiendo de dónde «caigan» los transgenes, podrían dar lugar al silenciamiento de otros genes, en cuyo caso no se expresarían ciertas características normales del organismo, o su expresión podría cambiar.

¹⁷ «Rethinking Basic Assumptions», *The Ecologist*, Vol. 28, No. 5, marzo de 1999, p. 4.

Digamos que con la introducción de genes foráneos se puede romper la coevolución genética que existe en las células. Esa misma autora plantea:

Hasta hace poco, la mayoría de los científicos, de manera poco científica, descartaba como «ADN basura» el resto del ADN, pero a la luz de nuevos descubrimientos de segmentos compartidos por muchas especies, se cree que cumplen funciones vitales. Queda por ver qué impactos los genes foráneos pudiesen ejercer sobre esas funciones.¹⁸

Se dice que en nuestro genoma hay solo 1,5% de genes o ADN con significado para codificar proteínas, y el restante 98% se conoce como «ADN basura». Sin embargo, se ha descubierto que además de codificar proteínas, el ADN puede hacer otras cosas, como, por ejemplo, producir mucho ARN, alguno de los cuales tiene otras funciones, es decir, producen otros elementos. Por lo tanto, ese ADN no es tan basura como parece y una influencia sobre ellos se acompaña de riesgos para la salud.¹⁹

Recientemente, en mayo de 2009, la Asociación Estadounidense de Medicina Ambiental (AAEM, por sus siglas en inglés) hizo público un conjunto de descubrimientos que apuntan a la relación causal entre el consumo animal y humano de alimentos transgénicos y los efectos adversos para la salud.²⁰ La lista de reportes en torno a los riesgos de los transgénicos no tiene fin. Hay que estar ciego o sordo para no ver o escuchar lo que está pasando en el mundo con los productos transgénicos. Los especialistas cubanos que abogan por ellos suelen hablar poco —para no decir que nada sustancial— sobre los riesgos y las maquinaciones de las empresas transnacionales. Al igual que estas, dan por sentado que es posible ponerlo todo bajo control, y como no se han descubierto los daños de las semillas transgénicas que hoy se comercializan en el mundo, deducen que los transgénicos no son perjudiciales. Es decir, que la ausencia de evidencias del daño descarta su presencia.

Pero es importante recordar que las medidas vigentes de bioseguridad fueron concebidas para los productos convencionales y no para los transgénicos, y que las transnacionales hacen todo lo posible, incluso cometen fraude, para que se haga caso omiso a los posibles riesgos que pudieran manifestarse a largo plazo. En su libro *El mundo según Monsanto*, publicado en 2008, Marie-Monique Robin denuncia con detalle los subterfugios de la referida transnacional para presionar a las instancias reguladoras, evadir determinadas pruebas y el etiquetado de sus transgénicos, y de

¹⁸ María Isabel Cárcamo: «Se prohíbe lo que ya no se usa», boletín *Enlace* de la RAPAL, No. 17, enero de 2006, pp. 8-12.

¹⁹ Javier Sanpedro: «La “basura” del ADN también son genes», Entrevista a Thomas Gingera, 25 de marzo de 2009. Ver www.elpais.com/articulo/futuro/basura/ADN/genes/elpepusocfut/20090325elpepifut_3/Tes.

²⁰ Silvia Ribeiro: «Alerta médica: los transgénicos amenazan la salud», *La Jornada*, 6 de junio de 2009.

esta forma imponerlos a la fuerza. Todo parece indicar que el nuevo Reglamento cubano de seguridad biológica, en sus artículos 2 y 4, obvia esta importante circunstancia asociada a la aprobación de los transgénicos que hoy se comercializan internacionalmente.

En el mundo se reportan escándalos por los transgénicos, como el caso del maíz StarLinks. Destinado y autorizado para el consumo animal, después se descubrió que contaminó al maíz no transgénico. La empresa que producía alimentos con ese maíz tuvo que retirarlos del mercado. Otro caso ejemplar es el del tomate Flavr Svr o «larga vida», al que se le ha anulado un gen responsable de su maduración. Aunque los científicos advertían sobre sus riesgos, se aprobó y salió al mercado. Dos años después se retiró de los supermercados, porque se le encontraron fallas graves y peligrosas.

Otro riesgo al que nos exponemos con los transgénicos tiene que ver con las afectaciones que pudieran ocasionar a la biodiversidad y al medioambiente en nuestro país. En este sentido, lo que más se debate y suscita inquietud es el caso en que el polen de un cultivo transgénico emigre hacia otros campos de cultivos convencionales u orgánicos. También existe preocupación porque los cultivos transgénicos resistentes a plagas se comportan prácticamente como fábricas vivientes de plaguicidas, es decir, contaminan el aire con sustancias químicas y tóxicas sin parar. Como tarde o temprano los cultivos transgénicos son atajados por el fenómeno natural de la resistencia de las plagas, habrá que acudir a plaguicidas más potentes y, por lo tanto, más peligrosos. El interés de las transnacionales por las ganancias por concepto de comercialización de transgénicos, de seguro hará que aumente el monocultivo y, por consiguiente, también los insumos químicos y fósiles que se necesitan para su atención agronómica. A los plaguicidas, con toda razón, se les considera «biocidas», porque en realidad matan no solo a la plaga, sino también a sus enemigos naturales y a otros organismos vivos animales y vegetales beneficiosos para el suelo, las plantas y el medioambiente. De ahí que se tema que las plantas transgénicas que se comportan como plaguicidas ocasionen los mismos efectos.

Especial preocupación suscita la problemática de la insecto resistencia. Los investigadores del CIGB, como ya se dijo, con el objetivo de contrarrestarla, estipulan la siembra de un área de refugio con maíz susceptible a la palomilla. No hay una explicación científica convincente desde el punto de vista ecológico en cuanto a por qué se plantea que ese refugio debe ser del 10% del campo de maíz y no en otra proporción. Pero sí se sabe que en el mundo este es un tema de batalla, negociación y compromisos entre las empresas transnacionales y las agencias reguladoras. Como resultado de este proceso, donde el interés económico transnacional se coloca por delante de la transparencia científica ecológica y entomológica, algunas compañías estipulan que la zona de refugio sea 20%. Los voceros de Monsanto plantean que «si todo sale bien, se podrá aplazar la resistencia treinta años [...] y como hay miles de Bt por todas

partes, podremos tratar este problema con otros productos. ¡Quienes nos critican no conocen todo lo que tenemos todavía en reserva! ¡Confíen en nosotros!». ²¹

A un investigador del CIGB se le preguntó qué opinaba sobre la insecto resistencia. Se limitó responder que eso nadie lo sabía y que no descartaba que esta apareciera. Precisamente de eso se trata: pensar que lo que hagamos hoy, tendremos que lamentarlo mañana.

Según el Grupo de Ciencia Independiente, con sede en Londres:

Los cultivos Bt violan el principio básico y ampliamente aceptado de manejo integrado de plagas (MIP), de que el uso unilateral de una sola técnica de manejo de plagas tiende a provocar cambios en las especies de plagas o la evolución de resistencia a través de uno o más mecanismos. En general, mientras mayor sea la presión de selección en el tiempo y espacio, más rápida y mayor será la respuesta de evolución de la plagas [...]. Cuando el plaguicida es incorporado a la planta, mediante ingeniería genética, la exposición de la plaga pasa de mínima y ocasional a exposición masiva y continua, lo que acelera dramáticamente la resistencia [...]. ²²

En el mundo se observa —se poseen datos de los Estados Unidos, Argentina y España— cómo grandes agricultores de transgénicos no cumplen con ese 20% de refugio y que la insecto resistencia les obliga a aumentar las fumigaciones con plaguicidas. Con relación a Cuba, habría que analizar no solo si el refugio resulta una medida eficaz para detener el fenómeno, sino si es económicamente rentable y sostenible.

Respecto al peligro de que nuestras variedades adaptadas se contaminen con las transgénicas —por lo demás de gran valor en el mundo entero, pues a partir de ellas se conciben híbridos comerciales—, el CIGB propone otras medidas de disciplina tecnológica relativas a la distancia entre los campos. También estipula que la siembra de transgénicos ocupe solo el 20% del área de maíz y sea distribuida en las provincias occidentales y centrales, concretamente hasta Ciego de Ávila, dejando fuera las provincias que se encuentran en el extremo oriental del país. Lógicamente, la estrechez con que se mira el asunto y el enfoque farmacéutico e industrialista que se le asocia, no dan lugar para otra actitud que no sea esa, que no acepta crítica a la tecnología en cuestión.

²¹ Marie-Monique Robin: *El mundo según Monsanto. De la dioxina a los OGM. Una multinacional que les desea lo mejor*, Ediciones Península, Barcelona, 2008, p. 217.

²² Grupo de Ciencia Independiente: «En defensa de un mundo sustentable sin transgénicos». Redactado por Mae-Wan Ho y Lim Li Ching, con la colaboración de Joe Cummins, Malcolm Hooper, Miguel A. Altieri, Peter Rosset, Arpad Pusztai, Stanley Ewen, Michel Pimbert, Peter Saunders, Edward Goldsmith, David Quist, Eva Novotny, Vyvyan Howard, Brian John y otros miembros del Grupo, Londres, 15 de julio de 2003.

Desmintiendo la tesis de que los transgénicos rinden más, disminuyen el uso de plaguicidas y alivian el hambre

Quienes abogan por la siembra, comercialización y consumo de transgénicos en Cuba, creen que estos son, más que una amenaza, una oportunidad para el país. Pero desde 1998 hasta la fecha, en el mundo se ha reportado un conjunto importante de estudios realizados por investigadores independientes e instituciones que evalúan y monitorean los rendimientos de los transgénicos, los cuales desmienten el discurso de las transnacionales de que son más productivos. Esos estudios coinciden en lo siguiente: «Definitivamente, los transgénicos no son más productivos. La razón principal es que la transgénesis altera el metabolismo de las plantas, lo que en algunos casos inhibe la absorción de nutrientes, y en general, demanda mayor energía para expresar características que no son naturales de la planta, restándole capacidad para desarrollarse plenamente».²³

Como es conocido, los altos rendimientos que se podrían lograr de los cultivos transgénicos dependen de la extensión de tierra, los recursos y los insumos disponibles. En los países desarrollados pocos agricultores tienen esa posibilidad en sus manos. También es sabido que una cosa es un experimento y otra la producción real. Y no se pueden ver la productividad y los rendimientos al margen de otros factores no genéticos, como los costos económicos y ecológicos asociados, y las variables de índole demográfica, social y cultural.

En Cuba existen quienes apuestan por los transgénicos, aludiendo que son necesarios para resolver el problema del hambre en el mundo, así como para incrementar la producción de alimentos y sustituir importaciones. Se apela a este mismo argumento para justificar la implementación de sistemas agropecuarios con un enfoque de Revolución Verde.

José Manuel Machado Rodríguez, un investigador del Instituto de Biotecnología de las Plantas, en Villa Clara, aseveró: «Hace falta una nueva Revolución Verde que intervenga con técnicas de punta y que revolucione el campo de la biotecnología vegetal».²⁴ Sin embargo, él mismo comprende que la solución del problema del hambre no es tan científica y tecnológica como parece. En tal sentido expresó:

No es la Revolución Verde, los cultivos transgénicos o los orgánicos los que salvarán la situación del hambre en el mundo; esto es conocido por todos. Si las diferencias abismales que existen entre las sociedades no se terminan, independientemente de las tecnologías que se desarrollen, no se resolverá este

²³ Silvia Ribeiro: «¿Quiere bajar la producción? ¡Use transgénicos!», ALAI AMLATINA, 21 de julio de 2008.

²⁴ José Manuel Machado Rodríguez: Ob. cit. (en n. 9), p. 67.

problema. Siempre se hacen estudios de los alimentos que se producen, de las áreas para cultivos, pero sería también interesante analizar qué cantidad de alimentos se desechan, desperdician, botan, lo mismo de las mesas opíparamente servidas, que en los campos para mantener los precios que puedan llenar más los bolsillos y no los estómagos [...].²⁵

Miguel A. Altieri y Peter Rosset, al hacer referencia a que no existe relación entre el hambre en un país y su nivel de población, ofrecen los siguientes datos:

El mundo produce actualmente más alimento por habitante que nunca antes. Existe suficiente alimento para suministrar 2 kg por persona al día; 1,2 kg de granos y nueces; aproximadamente 0,5 kg de carne, leche y huevos y 0,5 kg de frutas y vegetales. Las verdaderas causas del hambre son la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso. Demasiadas personas son muy pobres para comprar el alimento que está disponible (pero frecuentemente poco distribuido) o carecen de la tierra y recursos para cultivarlos ellos mismos.²⁶

Desde los años setenta del siglo pasado, las estadísticas indican que el hambre y la producción de alimentos aumentan en la misma proporción. Es decir, teóricamente se dispone de la cantidad de alimentos para satisfacer los requerimientos alimentarios de la población mundial. Con relación a esas causas, que están más allá de la falta de alimentos, y refiriéndose a la razón principal del hambre en el mundo, Andrew Kimbrell escribió:

El sistema industrial, desde hace siglos y prácticamente en todas las partes del planeta, ha expulsado a las comunidades indígenas o campesinas de sus tierras apropiándose las para instalar allí cultivos de exportación. Los beneficios obtenidos a partir de estas exportaciones constituyen «la acumulación primitiva de capital» fundamental que requiere el desarrollo industrial en cualquier sociedad. Las consecuencias: millones de campesinos han perdido sus tierras, tradiciones y comunidades, y de forma inmediata su autosuficiencia alimentaria. Expulsados de sus tierras, emigran a las nuevas ciudades industriales donde rápidamente pasan a formar parte de las clases urbanas empobrecidas que compiten con trabajos mal pagados [...]. Actualmente más de 500 millones de habitantes de zonas rurales del tercer mundo no poseen tierra, o por lo

²⁵ *Ibíd.*, p. 68.

²⁶ Miguel A. Altieri y Peter Rosset: «¿Por qué la ingeniería genética no garantizará la seguridad alimentaria, ni protegerá el ambiente ni reducirá la pobreza en el Tercer Mundo?», *Revista Manejo Integrado de Plagas*, No. 58, 2009.

menos no la suficiente para autoabastecerse [...]. Como queda reflejado en el informe de Food First: «Si no accedes a la tierra donde poder cultivar tus alimentos y no puedes comprarlos, pasarás hambre aunque la tecnología incremente los rendimientos».²⁷

Mas vale precaver...

Biotecnólogos que abogan por los transgénicos suelen insinuar un apego a la «equivalencia sustancial» entre los cultivos y los alimentos transgénicos. Sin embargo, no son equivalentes. Este controvertido concepto ha sido puesto a la vanguardia del discurso de las transnacionales para lograr que las agencias reguladoras no pongan reparos a sus demandas, para que sus transgénicos sean aceptados sin pruebas toxicológicas y sin haber sido evaluado su impacto ambiental. Así, eximidos del etiquetado, tranquilizan a los consumidores.

Como parámetros de comparación entre transgénicos y no transgénicos, se considera la magnitud y el alcance de los propósitos que se quieren satisfacer con su desarrollo y aplicaciones. Por ejemplo, David Baltimore, biólogo molecular y Premio Nobel, dice que los seres humanos desde hace mucho tiempo jugamos a la genética y que, por lo tanto, siempre hemos estado combinando decenas de genes, generación tras generación. Esto significa creer que los objetivos de la ingeniería genética son los mismos que los de la mejora clásica. Por lo general se apela a las características específicas de cada biotecnología para argumentar sus rupturas, pero cuando se traen a colación las intenciones de servir a la satisfacción de expectativas humanas, entonces la atención recae en la continuidad. Es evidente que ambas actitudes se emiten, en última instancia, para reforzar un determinado juicio favorable o desfavorable sobre la transgénesis. La apelación a la continuidad se utiliza para articular un juicio favorable al desarrollo biotecnológico, mientras que la apelación a la ruptura sirve para advertir sus peligros y sugerir que se pongan barreras a sus aplicaciones.

Unas de las pocas informaciones públicas sobre el maíz transgénico cubano FR-Bt1, apunta: «El maíz transgénico sembrado en el Valle del Caonao a fines de diciembre no implica modificaciones esenciales de la planta ni de la mazorca, y mantiene sus valores nutritivos y el sabor, además del ciclo productivo, por lo cual se debe cosechar a fines de marzo o principios de abril». Esta declaración, que apareció en el periódico *Juventud Rebelde* en febrero de 2009, parece una expresión criolla del principio de equivalencia sustancial del que tanto hablan las transnacionales y las agencias reguladoras plegadas a sus intereses.

²⁷ Andrew Kimbrell: «¿Por qué ni la biotecnología ni las nuevas tecnologías agrícolas pueden alimentar al mundo?, *The Ecologist*, Vol. 28, No. 5, marzo de 1999, p. 46.

Ahora bien, ¿cómo obviar que este principio oculta las rupturas entre la selección artificial clásica y la transgénica, donde se borran las fronteras entre especies y donde la manipulación ocurre a nivel genético, con lo cual surgen incertidumbres y riesgos inéditos? Por otro lado, ¿cómo no tener en cuenta que este principio es más bien un resultado, a lo sumo, de un supuesto consenso —por no decir una estrategia malintencionada— de las transnacionales? Todo esto se evidencia muy bien en la excelente investigación que hiciera Robin en *El mundo según Monsanto*, donde se cita una opinión de la Dra. Linda Kahl en relación con los primeros procesos de aprobación de los transgénicos de esa transnacional por parte de la Food and Drug Administration (FDA): «El documento trata de forzar una conclusión definitiva según la cual no hay diferencia entre los alimentos modificados por manipulación genética y los modificados por las prácticas tradicionales de cruce [...]. Esto se explica por el objetivo de reglamentar el producto y no el proceso».²⁸

Incluso los científicos de la FDA reconocían las incógnitas y los efectos sanitarios, alérgicos y tóxicos (no identificados) que podrían tener los productos transgénicos, y que la inserción genética puede ser más peligrosa que la selección artificial. Esto significa que no había consenso en el organismo, y que, por otro lado, se dejaba en manos de las transnacionales la decisión de si un producto transgénico es seguro o no. En fin, que el público no tiene vela en este entierro.

Es verdad que nadie puede suponer a ciencia cierta qué pueda suceder dentro de cincuenta años o más con los transgénicos, pero atendiendo a que la transgénesis es una tecnología de mucha incertidumbre y riesgos —algo que ni siquiera los biotecnólogos se atreverían a negar— y que el principio de equivalencia sustancial peca de insostenibilidad científica, es prudente tomar en serio el principio de precaución. Este principio debe aplicarse también a los riesgos socioeconómicos, políticos y culturales de los transgénicos. Es hora de proponer que los sistemas de bioseguridad contemplen esos riesgos, y no se reduzcan a cuestiones que atañen a la salud y la contaminación del medioambiente. O simplemente abrir una ventana hacia sistemas de seguridad socioeconómica, política y ambiental, en la misma línea de razonamiento con que se contemplan los desafíos de la seguridad y soberanía alimentaria, y el desarrollo sostenible.

Hablemos un poco de este principio. Comencemos citando las sabias palabras de María Isabel Cárcamo, miembro de la Red de Acción contra Plaguicidas en América Latina (RAPAL):

A poco más de diez años de estar produciendo PCB, los científicos alertaron acerca de los peligros de esas sustancias y, pese a esto, tuvieron que pasar setenta años de su producción y uso para que los países firmantes y ratificantes del Convenio de Estocolmo reconocieran la toxicidad de estas sustancias y

²⁸ Marie-Monique Robin: Ob. cit. (en n. 21), p. 236.

se decidieran a eliminarlas. ¿Tendremos que esperar setenta o noventa años para que los países se junten y creen un convenio con el objetivo de eliminar los transgénicos porque se han dado cuenta de los efectos negativos que han causado a las personas y al medio ambiente? [...] Es hora de que una vez por todas se empiece a aplicar el principio de precaución, y que no nos pase con los transgénicos lo que pasó con los COP (sustancias contaminantes persistentes).²⁹

Rachel Carson, muy conocida por su valioso libro *Primavera silenciosa*, donde magistralmente coloca al desnudo los efectos ambientales del uso intensivo de plaguicidas, impulsado por el modelo de desarrollo agropecuario de Revolución Verde en los Estados Unidos, plantea que «la solución de un problema obvio y con frecuencia trivial puede crear otros muchos más serios, pero también menos tangibles». Carson enfatiza que hay daños que aunque pequeños, merecen que se les considere con toda seriedad. Es el caso, por ejemplo, de la posibilidad que hay entre mil de las interferencias que pueden causar una computadora o un celular encendidos en un avión que va a despegar o aterrizar. ¿Qué hacen las agencias de aviación? Simplemente, por precaución, prohíben que se usen tales aparatos en esos momentos. Es decir, toman en serio el principio de precaución.

La Conferencia Mundial «La ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso», auspiciada por la UNESCO y celebrada en Budapest el 26 de junio de 1999, apunta a este principio precautorio en los siguientes términos:

Vivimos en un mundo complejo caracterizado por la incertidumbre inherente en cuanto a su evolución a largo plazo. Los encargados de la adopción de decisiones deben tomar en cuenta este factor y, por consiguiente, tienen que fomentar el desarrollo de nuevas estrategias de previsión y vigilancia. El principio de precaución es un rector importante cuando la incertidumbre científica es inevitable, sobre todo cuando las repercusiones son potencialmente irreversibles o catastróficas.

En la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 se solicita a los Estados la aplicación del principio precautorio en dependencia de sus capacidades y la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medioambiente. La observancia de este principio también se contempla en el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de las Biotecnologías, firmado y ratificado en el año 2000 por muchos países —entre ellos Cuba— y que trata de regular los movimientos transfronterizos de transgénicos.

²⁹ María Isabel Cárcamo: Ob. cit. (en n. 18).

El principio de precaución ha logrado acaparar gran atención en los debates internacionales sobre los transgénicos, la salud pública y el medioambiente, pero las multinacionales que producen, venden o liberan plaguicidas y transgénicos han intentado socavarlo. Naturalmente, la aplicación al pie de la letra del principio precautorio afecta sus intereses. Yankelovicht, al criticar los pasos de quienes hacen caso omiso al principio precautorio, escribe:

El primer paso consiste en medir todo lo que se puede medir fácilmente. Eso es correcto. El segundo paso estriba en ignorar lo que no puede medirse, o darle un valor cuantitativo arbitrario. Eso es artificial y engañoso. El tercer paso consiste en suponer que lo que no se puede medir fácilmente en realidad no importa mucho. Eso es ceguera. El cuarto paso estriba en decir que lo que no puede medirse fácilmente no existe. Eso es el suicidio.³⁰

Otros autores apuntan que el principio precautorio exige la virtud de prevenir, es decir, evitar daños potenciales antes que tratar de acabar con ellos, informar de forma transparente a las personas de los daños posibles y reales, y que el pueblo participe en la toma de decisiones. También hablan de asumir la responsabilidad de la «carga de la prueba». Como ya se dijo más arriba, eso significa que el que siembra transgénicos debe pagar por la búsqueda de mejores alternativas, hacer todo lo posible para que no ocurran males, y pagar, compensar e indemnizar a quienes son afectados por su decisión.

Una de las condiciones asociadas a este principio, la de «la carga de la prueba», se está debatiendo muy intensamente en los últimos tiempos. Las discusiones comenzaron a intensificarse en marzo de 2009 a raíz de la conformación de un régimen internacional de responsabilidad y compensación por daños atribuibles al movimiento transfronterizo de transgénicos. Este régimen aplicaría el artículo 27 del protocolo sobre «responsabilidad y compensación», vigente desde 2003, y firmado por ciento cincuenta y tres países. Por cierto, países como Argentina, los Estados Unidos y Canadá, líderes en la siembra de cultivos transgénicos, no forman parte del protocolo de Cartagena y, por lo tanto, no participan en esta iniciativa. De aprobarse este acuerdo, probablemente se limitaría el movimiento transfronterizo de transgénicos y se obligaría a las empresas y a los Estados a cargar con la responsabilidad de los daños ocasionados por tales movimientos. Esas negociaciones serían muy pertinentes para la región latinoamericana y para Cuba. Hay quienes dicen que el maíz que importamos de los Estados Unidos puede ser transgénico, y con el acuerdo se podría despejar

³⁰ Citado por Jorge Riechmann en *Cultivos y alimentos transgénicos. Una guía crítica*, Editorial Los libros de la catarata, Madrid, 2000.

esa duda. Si se dan garantías en tal sentido, entonces tendremos un argumento menos para recurrir a los transgénicos.

En resumen

La «coexistencia pacífica» entre la agricultura transgénica, la convencional (no transgénica) y la ecológica (natural, orgánica, agroecológica y sostenible) es imposible. Responden a racionalidades y enfoques distintos de entender la agricultura y el desarrollo agrario y rural, y entrañan grados diferentes de riesgos. Un elemento fundamental que marca la distancia entre las dos primeras y la última es la exigencia de mano de obra o fuerza de trabajo. La agricultura transgénica y la convencional no transgénica atribuyen mayor peso a los insumos químicos, a la energía fósil, al monocultivo, a la concentración de las tierras y a un estilo de gestión empresarial altamente centralizado, verticalista y burocrático. La agricultura ecológica es más intensa en fuerza de trabajo y en vez de centrarse en los productos, se centra en los procesos, por lo que presupone una agricultura con campesinos, cooperativas y comunidades rurales comprometidas con la preservación del entorno natural y no su explotación indiscriminada.

El Estado cubano ha dado señales de voluntad para aprobar y regular la siembra de transgénicos en el país, pero aún no ha dicho la última palabra en cuanto a si finalmente dará luz verde a la propuesta de liberarlos en los campos, en los canales de comercialización agropecuaria y en la cadena alimentaria nacional. Al final, habrá que decidir entre dos opciones: 1) volver a experimentar un enfoque afín con una agricultura tipo Revolución Verde que, por principio, es dependiente de recursos externos, frágil y con una alta incertidumbre, o 2) apoyar y promover un modelo de agricultura ecológica, que ofrece más garantía de conservar los recursos naturales y que ha demostrado tener grandes potencialidades para lograr la seguridad y la soberanía alimentaria. Una agricultura que abre inmensas oportunidades y que prestigia política y moralmente al país entre las fuerzas progresistas del mundo y entre los gobiernos que hoy luchan contra las transnacionales, el neoliberalismo, el capitalismo y las supuestas panaceas biotecnológicas transgénicas que intentan imponer.

UNA APROXIMACIÓN «NO» ¿CIENTÍFICA? AL TEMA DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS Y EL MAÍZ FR-BT1

CARLOS J. DELGADO DÍAZ

Dr.C. Profesor Titular de la Facultad de Filosofía e Historia, Universidad de La Habana.

El título de este ensayo es ambiguo y ambivalente. Su ambigüedad permite pensar que se trata de una aproximación no científica, o de una que es negativa y científica a la vez con respecto a los alimentos transgénicos, o de una que los rechaza y no es científica. Su ambivalencia sugiere una contraposición entre un punto de vista científico y otro no científico, o entre una postura a favor y otra en contra.

Se escoge este camino aparentemente contradictorio, puesto que el autor considera primordial que en Cuba se haga valer una perspectiva de análisis en relación con los alimentos transgénicos y las nuevas tecnologías; que gane claridad sin excluir la ciencia, pero sin sobredimensionarla; que no se limite a desaprobado o aprobar; y que no incurra en los caminos fáciles de estigmatizar al considerar como «promotores» o «detractores» a quienes participan en el debate.

El universo del conocimiento humano es más rico que cualquier aproximación científica o no científica, promotora o detractora, y ante la complejidad de los problemas a que nos enfrenta la ciencia contemporánea, es preciso tomar todas las perspectivas juntas. Al hacerlo, quedará claro que el punto de vista que sostiene el autor no es anticientífico, pero trasciende la ciencia. Es filosófico. Se compromete con la dialéctica marxista y con otras manifestaciones del pensamiento dialéctico contemporáneo, como los estudios de la complejidad, la bioética global y la ética ambiental, y no está reñido con los saberes cotidianos. No pretende aportar un marco de verdad al que se subordinen los diversos puntos de vista, sino el rescate de algunas nociones esenciales que nos permitan pensar y tomar las decisiones responsables que necesitamos.

Al autor no le preocupa que su perspectiva sea catalogada de no científica si por ello se entiende que lo que propone toma como centro el conocimiento humano, incluye el conocimiento científico, pero no se reduce a él. Tampoco le preocupa que se piense que su propuesta es un «no» o un «sí» a los transgénicos. Su mayor interés es contribuir a pensar y evitar que nos dejemos llevar por primeras impresiones, o por arrogancias, prejuicios y preconceptos, tomando estas orientaciones de valor como claves principales para desencadenar los procesos de maduración de criterios, que nos permitan abordar problemas tan agudos como este.

Quienes abogan por la aprobación de estas tecnologías y sus productos, se basan en conocimientos y certezas que supuestamente garantizan seguridad. Quienes se oponen, se basan en los conocimientos y certezas que identifican amenazas, riesgos y peligros. El énfasis en lo positivo o en lo negativo que se asocia a estas tecnologías es evidente. A diferencia de estas posturas, el autor considera que hoy es imposible aceptar o prescindir de estas tecnologías con base en criterios certeros que garanticen una distinción exacta de seguridades y peligros. En el terreno bien definido que nos queda —al margen de seguridades, inseguridades, certezas, ambigüedades y ambivalencias—, podemos reconocer la presencia del conocimiento no manejable como un componente esencial del asunto que nos ocupa. Y ello nos permite identificar estas tecnologías con bastante exactitud en términos de riesgo.

El reconocimiento de los riesgos no justifica automáticamente la aprobación, ni la aceptación, ni la prohibición, ni el rechazo. Nos indica, por el contrario, que el asunto se mueve en un terreno de toma de decisiones que reclama la consideración fundamental de la responsabilidad. Que los riesgos sean inevitables, no significa que debamos abstenernos de utilizar estas tecnologías. Significa que debemos manejarlas con responsabilidad y tomar la decisión de utilizarlas o no, y en qué grado utilizarlas, después de considerar detenidamente las variables de conocimiento y los valores que inciden en la toma de decisiones.

Tomar decisiones responsables en condiciones de incertidumbre, ambigüedad y ambivalencia parece ser el signo de estos tiempos de intervencionismo científico en todas las esferas de la vida biológica y social. Han pasado los tiempos en que la humanidad podía basar la toma de decisiones con respecto a las tecnologías en certezas científicas que garanticen seguridad y control sobre los procesos que se desencadenan a partir de los desarrollos cognoscitivos y tecnológicos. Esto no quiere decir que se desvalore el conocimiento o se menosprecie su importancia en la toma de decisiones. Al contrario, la toma de decisiones responsable demanda considerar el conocimiento humano en toda su multilateralidad, pues solo podemos ser responsables en nuestras decisiones si conjugamos lo más armónicamente posible el conocimiento que emana de las ciencias y su historia, con el conocimiento que emana de diversas formas del quehacer humano, también en su historia.

De lo que se trata, por tanto, no es de tomar decisiones a favor o en contra de las nuevas tecnologías, basados en certezas, sino tomar decisiones responsables en condiciones de incertidumbre. Este parece ser el obstáculo principal, pues todas las tendencias chocan con él, y pierden credibilidad pública en la medida en que se menosprecian informaciones y conocimientos provenientes de diferentes fuentes. Así, quienes abogan por la tecnología y la afirman segura y factible de aprobación, a la vez que erigen sus criterios sobre algunas certezas, suelen subestimar incertidumbres y hasta información valiosa sobre los riesgos ambientales, así como las consecuencias de su uso a mediano y largo plazo. Por su parte, quienes se manifiestan en contra suelen, por el contrario, al afirmar certezas opuestas, subestimar los elementos de certeza y los imperativos socioeconómicos y políticos que forman parte, y orientan la toma de decisiones. En presencia de la incertidumbre, cuando deseamos fundamentar nuestras decisiones en certezas, no tenemos otra alternativa que reducir la complejidad del mundo a ciertos fragmentos donde las certezas operan, y olvidar el resto. Este procedimiento conduce a tergiversaciones de la complejidad inherente a la vida y la sociedad, y a la toma de decisiones irresponsables. Las decisiones responsables implican considerar los riesgos, las incertidumbres, las motivaciones y necesidades humanas, para sobre ellos, y no contra ellos, tomar decisiones que siempre entrañarán riesgos inevitables, pero que deberán ser asumidos conscientemente por la colectividad social. Las decisiones responsables no pueden conducir ni a patentes de corso que permitan, ni a bandos que prohíban. Deberían permitirnos manejar el conocimiento y las tecnologías basadas en ellos. Y para ser responsables, las decisiones no solo deben abrirse al reto de considerar seriamente las incertidumbres, deben también involucrar a los seres humanos que conforman las comunidades afectadas. De ninguna manera puede ser responsable en estos casos una toma de decisiones que involucre únicamente a los especialistas en ciencias, o en otras actividades profesionales. La responsabilidad concierne a la sociedad, no a los expertos que la representan o que supuestamente la representan.

El avance científico-tecnológico de la humanidad en la segunda mitad del siglo xx nos ha colocado en una situación en la que cada vez más irrumpe el aporte de una ciencia que no está al margen de las hegemonías imperantes en el mundo social. Y no podemos olvidar que se trata de una hegemonía capitalista. Esto atañe también a las ciencias biológicas y a la investigación biotecnológica. Así presentan el asunto, por ejemplo, dos reconocidos científicos estadounidenses, Richard Lewontin y Richard Levins, en *Biology under the Influence. Dialectical Essays on Ecology, Agriculture, and Health*.¹

Esta selección de ensayos explora la naturaleza dual de la ciencia: como desarrollo genérico del conocimiento humano a través de milenios y como producto o mercancía

¹ Richard Lewontin y Richard Levins: *Biology under the Influence. Dialectical Essays on Ecology, Agriculture, and Health*, Monthly Review Press, Nueva York, 2007.

de la industria del conocimiento capitalista. La influencia dual del mercado y el capitalismo en la biología trae consigo consecuencias importantes, que incluyen una sofisticación en el nivel de los proyectos de investigación en el laboratorio, y una creciente irracionalidad de la empresa científica como totalidad. La obra está dedicada a comprender la ciencia y los problemas cognoscitivos y prácticos que esta enfrenta en la actualidad, por lo que combina la crítica social y la crítica del conocimiento. Nos permite ver, sin exageraciones ni dogmatismos, el lado ideológico de la producción de conocimientos científicos.² Además, tiene el valor de no estar dedicada especialmente al tema de los transgénicos, lo que ayuda en el intento de superar el maniqueísmo que enfrenta a promotores y detractores. Para los cubanos tiene un valor añadido por el compromiso cívico que asumen los autores en la dedicatoria y los ensayos.³

En busca de un marco teórico para comprender la ciencia «creadora»: epistemología y ética

La biotecnología es uno de los dominios más prominentes de la ciencia contemporánea. Su importancia salta a la vista cuando consideramos que es el campo científico donde se produce en este momento la creación de vida.

La creación de vida pone sobre la mesa de discusión asuntos como la certidumbre del conocimiento científico; la urgencia en superar los enfoques disciplinarios del saber; la necesidad de considerar en la ecuación cognoscitiva un conjunto de variables sociales que habitualmente se sobreentienden o que intencionalmente se hace abstracción de ellas; la presencia de modelos explicativos contrapuestos, que llegan a

² La concepción clásica del conocimiento científico como descubrimiento de las propiedades del mundo, no reconoce el lado ideológico de la ciencia y por eso cae inevitablemente en la defensa de la neutralidad axiológica de la ciencia y la tecnología. Desde el surgimiento del marxismo, y en la filosofía contemporánea, se han desarrollado varias aproximaciones a este problema. Ellas incluyen: 1) la contextualización social del conocimiento científico; 2) la presencia de ideas paradigmáticas en el *corpus* de la ciencia, que ni son filosofía pura, ni pueden reducirse a conocimientos empíricos o teóricos; 3) nociones, también paradigmáticas, que prohíben o permiten determinados cursos de pensamiento, pues en la ciencia hay ideas prohibidas por los paradigmas dominantes (ver al respecto el artículo de Ilya Prigogine, hoy clásico, «Filosofía de la inestabilidad», *Futures*, agosto de 1989, pp. 396-400); y 4) la influencia de las grandes ideologías políticas y los modelos socioeconómicos hegemónicos en el curso del pensamiento científico de una época, que tiene manifestaciones directas en los modos de organización del conocimiento, la actividad académica, la credibilidad pública, y que llega directamente a los límites de la actividad política y los intereses políticos, con los que muchas veces se funde y confunde. Lewontin y Levins prestan atención en su libro a este tipo de influencias hegemónicas del capitalismo en la biología contemporánea.

³ El libro está dedicado a los cinco héroes prisioneros en cárceles de los Estados Unidos y a las personas que en todo el mundo luchan por su liberación. Es un testimonio de respeto y criticismo revolucionario.

formar verdaderos campos de batalla donde se enfrentan criterios y personas; y, finalmente, las consecuencias prácticas de las acciones que emprendemos, guiados por los criterios científicos en que las tecnologías se fundamentan.

El problema de la creación en la ciencia contemporánea no consiste entonces en la invención de algo *nuevo*. Tiene que ver con la invención de algo *de nuevo tipo* —no clásico—, que porta elementos inherentes de autonomía, independencia e incertidumbre. En el campo de la biotecnología tiene que ver con la creación de nuevas entidades vivientes.

El desarrollo de la investigación de las bases moleculares de la vida hizo posible que en un período relativamente corto las ciencias biológicas transitaran de observacionales a diseñadoras y creadoras de vida. El impulso dado a las investigaciones en la genética desde mediados del siglo xx consolidó una ciencia nueva, que amplió el conocimiento biológico mediante la intervención en los niveles moleculares y profundizó la transformación de la Naturaleza al generar resultados que se incorporan al proceso de vida con los atributos de autonomía e independencia que son inherentes a los seres vivos.

Este es un rasgo esencial de la biotecnología contemporánea que la cualifica, y sienta las bases para el planteamiento de numerosas cuestiones éticas. Todas las aplicaciones de la biotecnología nueva incluyen este momento cualitativo: constituyen actos de creación en los que se realizan operaciones de diseño y transformación directa de organismos vivos mediante la manipulación de su genoma. La intervención creadora se expresa en el proceso tecnológico o en su resultado final, como alteración del genoma de los organismos vivos para obtener cierto producto.

El ser humano en su aproximación cognoscitiva se manifiesta como un ente creador, que diseña socioculturalmente modelos de realidad, construye el conocimiento y realiza su proceso vital a través de la intervención en la Naturaleza y su constante transformación. La creación es un atributo cultural que ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad, y la biotecnología contemporánea es una de sus manifestaciones. Los resultados del proceso de intervención en la biotecnología son productos artificiales creados por el hombre. Al igual que otros productos humanos obtenidos con ayuda de la ciencia, no contradicen las leyes de la Naturaleza, pero sin la intervención humana es muy poco probable que hubiesen surgido como resultado de la evolución natural.

Desde el punto de vista epistemológico, la creación tiene que ver con la existencia de dos series de relaciones causales. La primera serie es la dinámica del sistema objeto; la segunda, la intervención humana, que introduce algún elemento nuevo a

rio con respecto a la Revolución Cubana, así como a la ciencia y sus aplicaciones en la agricultura. Ello puede constatarse especialmente en los ensayos que cierran el libro: «Ciencia y progreso: siete mitos desarrollistas en la agricultura», «La adultez de la agricultura capitalista: el granjero como proletario», «Cómo Cuba se hace ecológica» y «Vivir en la oncenava tesis».

aquella dinámica. La novedad de lo introducido modifica y altera, se incorpora a la dinámica del sistema objeto. El acto de creación puede desencadenar cambios profundos—incluso catastróficos y destructivos para el desenvolvimiento del sistema—, dependientes del grado de intervención y de la naturaleza de la dinámica propia del sistema objeto. El sistema de relaciones epistémicas está constituido por dos series de relaciones causales independientes antes y después del acto creador. El acto creador las pone en contacto y en lo ulterior ellas continúan su relación de independencia.

Si el sistema objeto es simple, lo más probable es que los efectos desaparezcan a corto y mediano plazo, o que no aparezcan en general debido al bajo nivel de interacciones, o que permanezcan como una huella física cualquiera. Si se trata de un sistema complejo, como en el caso de los organismos vivos y la biósfera, la incorporación de lo creado puede alterar sustancialmente el curso ulterior del desenvolvimiento del sistema, y puede hacerlo adquirir nuevas propiedades durante su evolución en el tiempo. Un ejemplo bien conocido de una intervención creadora de este tipo, ha sido el desarrollo de la resistencia de las plagas a los herbicidas, o el caso de la resistencia de los microorganismos a los antibióticos. En ambos ejemplos, la creación de algo nuevo, al incorporarse en una forma específica al proceso dinámico natural, provoca el reacomodo de esos procesos, que se modifican y se «adaptan» al cambio introducido.

Lo que ocurra dependerá de interacciones no actuales, sino futuras. Para ser responsables no basta con tener algunas certezas respecto al presente y lo inmediato. Se hace necesario indagar acerca de ese futuro. No basta con tener certezas sobre lo que hemos hecho, sino que es necesario considerar las incertidumbres con respecto a las consecuencias no de lo hecho, sino de las interacciones que se producirán cuando esa entidad viviente se desenvuelva por sí misma en el entorno natural.

La creación de vida introduce un elemento nuevo a considerar. En lugar de dos series de relaciones causales externas una a la otra, se establecen tres, que resultan conectadas por el acto humano deliberado y planificado: la intervención creadora directa en forma de diseño y manipulación. Además de las dos series de relaciones causales antes mencionadas, aparece una tercera: el desenvolvimiento de ese nuevo organismo en una red de relaciones causales naturales donde realiza una ejecutoria propia, relacionada con, pero independiente de, los dos nexos de causación anteriores. Epistemológicamente, hay que distinguir cada una, así como la modificación ocurrida en la segunda.

La primera serie de relaciones es la misma que está presente en cualquier proceso de creación cultural. Pero la segunda se ha modificado sustancialmente: se crea mediante una intervención directa. Lo creado no es algo a lo que el sistema objeto—la primera serie de relaciones— se adaptará. Lo creado es una tercera serie de relaciones causales capaz de desenvolver su dinámica propia; con ella se introduce e interactúa dentro de la primera línea de relaciones causales. La adaptación o reordenamiento

del sistema objeto dependerá no de la intervención humana, sino de esta y de las interacciones que la serie de relaciones creada introduzca. Estamos ante un proceso en el que se ha creado algo nuevo que tiene la capacidad de incorporarse a la dinámica de la vida en la Tierra y desenvolverse como parte de ella.

Hablar en términos de control sobre lo que ocurrirá en esas dinámicas es posible únicamente si hacemos una abstracción tan grande, que vaciamos el conocimiento de cualquier contenido. Sencillamente no podemos hacer afirmaciones exactas sobre esos procesos y debemos considerar la incertidumbre que ellos portan no como una limitación de nuestros conocimientos, sino como una característica de los procesos que estamos estudiando. Creer que conocemos y podemos controlar esas dinámicas no pasa de ser más que eso: una creencia infundada.

En la ciencia contemporánea no existe un criterio único sobre la distinción o no de la ingeniería genética con respecto de la mejora genética tradicional. Desde el punto de vista de la ecología, se reconoce una diferencia sustancial entre ambos procedimientos, pues la mejora tradicional podía llegar hasta la hibridación de especies o géneros emparentados, pero no podía traspasar las barreras evolutivas, mientras que la ingeniería genética salta las barreras entre las especies. Sin embargo, el punto de vista predominante que ha trascendido y se ha expresado en las políticas regulatorias es que no existe nada radicalmente nuevo o especial en la ingeniería genética. Como resultado, la regulación se ha concentrado en los productos y en las consecuencias de su introducción a corto y mediano plazo.

Si desde el punto de vista «técnico» se ha concluido que no hay diferencias profundas, desde el epistemológico —que juzga críticamente qué conocimiento humano es el que se está produciendo— no hay duda de que estamos ante profundas diferencias en lo que atañe a la causalidad, y por tanto, la diferencia entre la mejora tradicional y la modificación genética de animales y plantas es radical. No considerarla en los procesos regulatorios es resultado de una «incomprensión» que no es únicamente error de cálculo al no abordar el asunto desde la perspectiva epistemológica. Está condicionada por los intereses económicos y políticos que han acompañado la historia de esta tecnología y que han buscado siempre vías expeditas para hacer posible una biotecnología que sea simultáneamente negocio agrobiotecnológico.

Al considerar el asunto de los transgénicos y su introducción en Cuba, los científicos, la comunidad académica y política, y la ciudadanía deberían tener en cuenta que los procesos de aprobación que han ocurrido en otros países tienen el sesgo de una biotecnología y una ciencia biológica que no es neutral. Es una ciencia influida por el capitalismo, que está sometida a su hegemonía y que, a pesar de la buena voluntad de algunos de sus promotores, no escapa a esa hegemonía. No se excluye que los procesos de aprobación pudieran ser en algunos casos de dudosa credibilidad, pero el asunto va más allá de la credibilidad de este o aquel proceso. Como han señalado

otros autores, la influencia del capitalismo en la biología y las biotecnologías se hace sentir de manera decisiva en el desarrollo de las investigaciones y las somete a tres criterios para nada académicos: 1) las investigaciones deben ser rentables para los capitalistas; 2) deben irritar lo menos posible a las fuerzas políticas preocupadas por la salud y los asuntos ambientales; y 3) la propiedad y el control de los productos deben permanecer en manos de los capitalistas.⁴ En estas condiciones, es una ingenuidad enorme pasar por alto los ecos de estos criterios en nuestra biotecnología y suponer, además, que los procesos de aprobación en otros países garantizan certezas de seguridad, y que en Cuba podemos limitarnos a demostrar que los transgénicos resultantes de nuestra ciencia son equivalentes a aquellos y, por tanto, seguros. Sin lugar a dudas, serían seguros como aquellos, pero no por eso sabemos cuánto. Es erróneo suponer que la aprobación en otros lugares es evidencia científica suficiente en la que se puede confiar. En lugar de datos científicos de una ciencia universal, lo que emerge en primer plano es un producto social donde conocimiento y política se han fundido en un controvertido abrazo.

Lo anterior vale también con respecto a la práctica internacional de considerar equivalentes la mejora tradicional y la ingeniería genética.

Los organismos modificados genéticamente son entidades vivientes que desenvuelven una dinámica muy compleja con el entorno. Si se trata de organismos que se liberarán al entorno biósfera para desarrollar procesos productivos intensivos y extensivos, está claro que la Naturaleza —la biósfera y sus dinámicas— no solo no ha participado en su creación: ellos irrumpen en las dinámicas de la biósfera como algo nuevo, que tiene su propia dinámica, que se fundirá y transformará las dinámicas biosféricas. Hablar en términos de control y certeza sobre los procesos que ocurrirán a estos niveles, de los alcances de todo esto, no es más que un buen deseo y una ilusión. La introducción de especies no modificadas genéticamente ha traído siempre consecuencias imprevisibles para los procesos de los ecosistemas. Y se trata en esos casos de seres vivos que existían en otros entornos. Con la ingeniería genética nos enfrentamos a la introducción de seres vivientes diseñados que solo existían en la cabeza de quienes los hicieron realidad. No es ocioso recordar la observación hecha por un notable naturalista del siglo XIX cuando, asombrado ante la falta de timidez de muchas aves que «se podían coger con la mano o matar con un bastón», afirmó:

Solo hay un medio de explicar la rusticidad o miedo de las aves al hombre, que es el hábito hereditario. Muy pocos pájaros caza el hombre, relativamente cada año en Inglaterra, por ejemplo, y, sin embargo, casi todos, hasta los que todavía están en el nido, temen al hombre. Por otra parte, muchas especies,

⁴ Ver al respecto el ensayo «La adultez de la agricultura capitalista: el granjero como proletario», en Richard Lewontin y Richard Levins: Ob. cit., pp. 329 y ss.

tanto en las islas Galápagos como en las Falkland, han sufrido ataques del hombre, y, no obstante, no han aprendido todavía a temerlo. De todo lo cual podemos deducir que la introducción de un animal o presa en un país debe causar desastres horribles en tanto los instintos de las especies indígenas no se adapten a la astucia o la fuerza del extranjero.⁵

En Cuba, los casos del marabú y, más recientemente, de la claria son ejemplos palpables de lo que ocurre cuando una especie nueva ingresa súbitamente al entorno. Los transgénicos tienen la doble novedad de ser ajenos a los entornos y resultados de un diseño deliberado, es decir, no han existido antes en ningún otro entorno. Por todo lo anterior, el debate ético-político con respecto a esta tecnología es pertinente.

Las aplicaciones de la biotecnología contemporánea a la salud humana y a la modificación de animales y plantas levantan una enorme agenda de discusión ética y bioética. Nos centraremos en el análisis de una de ellas: la producción de alimentos transgénicos y el caso del maíz que se desarrolla en Cuba. Esta selección no es casual. La producción de alimentos transgénicos se realiza mediante un proceso que comienza con el diseño —tecnológico, científico, económico— y termina en la alimentación como acto cotidiano imprescindible a la vida. La tecnología y su inclusión en el proceso de vida, la magnitud de las intervenciones, los procesos científicos de creación y las variables sociales, pueden observarse aquí con mayor nitidez.

De la polémica viciada al examen contextualizado

Lo primero que salta a la vista cuando nos acercamos al debate sobre los alimentos transgénicos es la polarización absoluta de los campos. De un lado, los científicos, los biotecnólogos, las empresas biotecnológicas transnacionales que promueven la tecnología, el conocimiento, la racionalidad y el poder. En una palabra, los defensores de la nueva tecnología. Del otro, los ecologistas, los alarmistas, los no científicos, los bioeticistas, la «oposición» que supuestamente actúa desde el extremo del desconocimiento, las emociones y el recelo ante lo nuevo. En una palabra, los detractores. Defensores y detractores se presentan como dos polos en la discusión que adopta en los medios de comunicación una forma política muy poco saludable.

Pareciera como si no fuese posible la existencia de una crítica científica a la tecnología, como si en los campos de quienes la enjuician o quienes la defienden no se encontraran por igual científicos y no científicos, racionalidad y emociones. Esta polarización no es casual. Denota la preocupación ciudadana y comunitaria, así como

⁵ Charles Darwin: *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, t. 2, Gente Nueva, La Habana, 1978, p. 254.

la existencia de intereses económicos muy fuertes tras el avance tecnológico. Como hemos señalado antes, debemos dar cuenta en primer lugar del sesgo introducido por esta contraposición maniquea y desestimarla por su infertilidad.⁶

El procedimiento científico de modificación de plantas no es reprochable desde el punto de vista moral, y es indudable que representa un avance importante en el conocimiento, además de abrir nuevas posibilidades para la agricultura y el desarrollo de la producción. Sin embargo, la tecnología de los transgénicos no se reduce al acto científico de modificar el genoma de una planta en mayor o menor medida, ni ese cambio es un acto que pueda considerarse en los términos de seguridad con que la tecnología ha sido presentada.

¿Con qué criterios éticos valorar? ¿Es posible una metodología de análisis que supere el maniqueísmo que supone la escisión en detractores y defensores de la tecnología? ¿Cómo tomar decisiones acerca de su utilización?

Varios autores⁷ han apelado a la metodología y el principio de responsabilidad fundamentados por Hans Jonas en su obra *El principio de responsabilidad* (1979), que incluyen: 1) la consideración de los efectos remotos —que impone la necesidad de elaborar procedimientos estandarizados para evaluar los riesgos de liberación y el impacto ambiental de los organismos modificados genéticamente a mediano y largo plazo—; 2) la preeminencia de los pronósticos malos sobre los buenos —que demanda el aplazamiento o la suspensión definitiva de un proyecto si los estudios de evaluación ofrecen un margen razonable de previsión o de confirmación de efectos adversos; 3) la consideración de los intereses de los otros —que exige pensar en las verdaderas demandas de la sociedad, por encima de las del mercado—; y 4) el deber para con el futuro —que demanda pensar en las transformaciones en un marco general de acciones económicas y sociales que no comprometan la existencia futura.

Otra propuesta de evaluación de las tecnologías, implementada como una metodología ambientalista, es la que emana de la obra de F. Schumacher, que ha sido expuesta sintéticamente por D. Schumacher en los siete principios del cuidado ecológico: el principio del cuidado y la conservación, el de la escala correcta, el de habilitación, el de

⁶ Si algún grano racional tiene la contraposición entre dos tendencias opuestas en torno a los transgénicos, es únicamente que ella denota la existencia de dos paradigmas epistemológicos contrapuestos: uno que nos legó la modernidad europea y que todavía predomina y que pretende trabajar con un mundo simple —que en realidad no es simple, sino que ha sido simplificado en las elaboraciones cognoscitivas humanas—, que puede ser sometido a control con garantía de seguridad a partir de las certezas que aporta el conocimiento científico; otro emergente, que reconoce la complejidad del mundo que nos rodea, el desafío enorme que significa intentar conocerlo en medio de inevitables incertidumbres, y la urgencia de replantearnos los problemas del conocimiento y las acciones humanas en términos de humildad, prudencia y responsabilidad.

⁷ Ver José Ramón Acosta Sarrago: «Una nueva mirada al gen egoísta del mundo global», en Carlos J. Delgado Díaz: *Bioética y medio ambiente*, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006, pp. 186 y ss.

evaluación, el de diversificación, el de justicia social y ambiental, y el de prevención. Estos principios se instrumentan metodológicamente en la respuesta a cuatro preguntas evaluativas que deberían ser formuladas cada vez que se intente introducir una nueva tecnología: ¿es bueno para el individuo?, ¿es beneficioso y sostenible para la comunidad?, ¿es bueno para el empleo de las personas?, ¿es seguro para el medioambiente?⁸ La metodología en cuestión permite esclarecer algunos puntos álgidos de la evaluación de las tecnologías desde la perspectiva comunitaria, y, sobre todo, facilita la comunicación con sectores sociales de diversos niveles de instrucción, al implementarse en preguntas sencillas y directas. Este elemento la favorece desde el punto de vista educativo.

Otra parte importante de lo recomendado sobre la evaluación de las tecnologías está incluido a modo de preceptos morales que deben seguirse en diversos códigos de ética ambiental. Los códigos suelen ser un instrumento muy útil en el seno de las comunidades morales, y su existencia indica la preocupación latente, aunque por sí misma no garantiza una valoración adecuada de los problemas, ni una extensión de los preceptos grupales a la comunidad.

Además de todo esto, es importante considerar el diseño socioeconómico y científico, los intereses involucrados y los problemas cognoscitivos presentes, qué comprensión tenemos de la tecnología y sus límites, así como las consecuencias que el debate ha tenido para la tecnología y su credibilidad pública.

La problemática socioeconómica en torno a los cultivos transgénicos es sumamente amplia. Entre los asuntos más debatidos se incluyen la necesidad social de implementar la tecnología y sus riesgos; su potencialidad para resolver el problema del hambre; la influencia de su introducción en el cambio en la correlación entre los sectores público y privado en la producción agrícola; los cambios que se introducen en las prácticas agrícolas; la desigualdad de sus efectos en países del Norte y el Sur; los derechos de las transnacionales y la monopolización; los derechos de los agricultores; los derechos de los consumidores y el etiquetado; los instrumentos jurídicos para regular la entrada de nuevos productos al mercado; la biopiratería y el reconocimiento jurídico de derechos mediante el sistema de patentes.

Concentraremos el análisis en dos de los asuntos más debatidos: el problema del hambre y los riesgos de los transgénicos.

La necesidad de la transgénesis en plantas ha sido argumentada con diversas razones científicas y socioeconómicas. En general, de los alimentos transgénicos se espera una serie de beneficios con respecto a la agricultura y las formas tradicionales de mejoramiento de plantas, así como la obtención de resultados a los que no se puede llegar por aquellas vías. Entre ellos se encuentran el incremento de la producción de alimentos, la disminución del empleo de herbicidas, el control de plagas, insectos,

⁸ Ver D. Schumacher: «Los siete principios del cuidado ecológico», en Carlos J. Delgado Díaz (ed.): *Cuba verde. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI*, Editorial José Martí, La Habana, 1999.

hongos y virus, y la adaptación de las plantas a ambientes degradados. En un futuro se proyectan otros empleos más espectaculares vinculados a la medicina y la industria, que incluyen la producción de fármacos y vacunas para su consumo con la ingestión de los alimentos, o la producción de sustancias como los plásticos.

Uno de los argumentos más socorridos es la potencialidad de la tecnología para el incremento de la producción de alimentos y su efecto en la superación de un problema crucial de la humanidad: el hambre. La premura con que se introdujo la biotecnología agrícola de los transgénicos a gran escala, se argumenta en la necesidad de incrementar la producción de alimentos. La nueva tecnología se presenta y promueve como una alternativa para resolver el problema del hambre, dotar a las personas de productos que ayuden a mejorar el balance alimentario, y en general permitir el cultivo de áreas no cultivables hoy por el estado de los suelos o las condiciones de estrés ambiental.

Pensar que las biotecnologías resolverán por sí mismas con su impetuoso desarrollo el problema del hambre es un argumento promovido por las transnacionales y basado en una apreciación incorrecta del problema: pasa por alto que el hambre en el mundo no es un problema tecnológico, sino socioeconómico. Los alimentos transgénicos pueden ser una herramienta tecnológica potente para contribuir allí donde el asunto sea técnico. Pero el hambre mundial no es un asunto técnico, depende de las relaciones predominantes en el sistema de producción, distribución y comercialización, altamente polarizado en extremos de riqueza y pobreza, abundancia y opulencia de una parte, y hambrunas de otra.

Las transnacionales que controlan la producción mundial de cultivos transgénicos, en especial Monsanto, han esgrimido este argumento sin ocultar los propósitos propagandísticos para abrir paso a los cultivos y alimentos transgénicos, en un intento por superar la oposición desarrollada, sobre todo en Europa, además de mostrar un supuesto fin humanitario al promover estos cultivos. Sin embargo, los productos que se encuentran en el mercado indican claramente el predominio de otra finalidad. Mientras el problema del hambre se concentra en el Sur, los cultivos de soya y maíz modificados genéticamente están dirigidos a los mercados del Norte. Por el momento, las necesidades del Sur hambriento aparecen más en la propaganda que en los resultados. Desde el punto de vista ético, es una situación inaceptable.

Los cultivos transgénicos tienen potencialidad productiva, pues permiten una adecuación a condiciones específicas, pero el estado actual de desarrollo del sistema productivo se aparta cada vez más de la consideración de lo específico y se dirige como tendencia a lo extensible y comercializable a gran escala. Predominan los intereses de mercado, controlados monopólicamente por un grupo de empresas transnacionales. El desarrollo de la industria biotecnológica ha transcurrido como proceso de creciente concentración y monopolización, donde el sector y el interés privado han

tomado la delantera sobre el sector público y sobre lo público. Los intereses predominantes en la producción y promoción de los transgénicos son privados y prima en ellos la lógica del beneficio, el consumismo y la eficiencia. Incluso, siguiendo esta lógica de llegar primero a los mercados, ocupar los espacios y saturar al consumidor, la premura en la comercialización de los primeros transgénicos cometió un error de mercadotecnia elemental, al llevar a la mesa de los consumidores productos que tenían ventajas para los productores, los mercaderes y los propietarios, pero ningún beneficio distintivo para los consumidores. Este error les ha costado mucho a la industria biotecnológica y al negocio, pues se encuentra en la base del rechazo de los consumidores a estos productos nuevos, elaborados con una tecnología avanzada, envuelta en los misterios de la ciencia —a los ojos del hombre común— y desprovista de una ventaja cualitativa con respecto a los productos tradicionales.

La búsqueda de nuevas generaciones de transgénicos con «propiedades adicionales» no puede asumirse ingenuamente como un crecimiento de las preocupaciones humanitarias para dotar al consumidor de mejores opciones. Detrás de las intenciones humanitarias y las preocupaciones científicas serias se encuentran la mano del mercado y el interés privado.

La supuesta contribución biotecnológica a la solución del problema del hambre debe ser analizada también desde la perspectiva epistemológica. ¿Se ha pretendido antes algo semejante? Esta pretensión está lejos de ser nueva, y no se puede reducir únicamente a un vicio engendrado por los intereses económicos. Hay una falla epistemológica que ya estuvo presente en la Revolución Verde, cuando se pretendió algo semejante a partir de una comprensión demasiado lineal de la causalidad, que es la base epistémica de un error que ahora se repite.

Durante la Revolución Verde, la perspectiva basada en la causación unidireccional condujo a expectativas como las siguientes: si los pesticidas matan las plagas, el amplio uso de los pesticidas favorecería los cultivos; si la gente consumiera alimentos no estaría hambrienta, de manera que el incremento de los cultivos y su productividad aliviaría el hambre.⁹ Eran inferencias lineales plausibles, y tomadas en su letra, no son falsas. Pero los caminos en la vida no son simples y lineales, se ramifican, y lo inesperado suele ocurrir cuando los caminos se bifurcan y diversifican. La desaparición simultánea de las plagas y sus enemigos naturales benefició los cultivos en lo inmediato, pero trajo nuevas plagas, evolucionó la resistencia a herbicidas y la tesis opuesta a la inferencia lineal resultó cierta: los cultivos fueron perjudicados por el amplio uso de los pesticidas. Por su parte, el incremento de la producción no solo trajo más alimento, también estimuló el desvío de tierras a otros cultivos, pues se priorizó el mercado y la economía. El incremento de la producción no evitó el hambre. Además, se promovió la diferenciación clasista en el campo a partir de la implementación de

⁹ Ver al respecto el ensayo «Un programa para la biología», en Lewontin y Levins: Ob. cit., pp. 81 y ss.

un paquete tecnológico «técnico» que aparentemente nada tenía que ver con las clases sociales. El problema cognoscitivo que está en la base de todo esto consiste en que, cuando se perturba un sistema complejo, el impacto se deja sentir a través de muchas vías, y mientras más intensos y diversos son los procesos, mayor es la probabilidad de que nos encontremos con lo inesperado. Y nótese que inesperado no significa necesariamente adverso, puede ser amplificación, asimilación, inversión de lo que se esperaba. Lo favorable y lo adverso pueden aparecer en todo ese trasfondo de lo inesperado y no solo en las formas previstas.

¿Se puede evitar este tipo de errores? Las sorpresas son inevitables, pero si orientamos la atención a la totalidad, a la diferencia dentro de la totalidad y a la historia, y no únicamente a las relaciones de causalidad estrictamente lineales, podemos mejorar significativamente nuestro manejo de las sorpresas. No es sencillo hacerlo, pues los paradigmas predominantes, s por el aquí y el ahora, pasan por alto la totalidad, la diferencia y la historia. No obstante, la biología y las biotecnologías, y sobre todo los diseños tecnológicos basados en el conocimiento científico que ellas aportan, deben abandonar los determinismos lineales e intentar un acercamiento a las verdades que se encuentran en la totalidad, comprender que esa totalidad tiene diferenciaciones en subsistemas dentro de los cuales se enlazan conjuntos de interacciones y se producen efectos a sus niveles y a otros niveles. Deben comprender que la historia importa, pues las entidades vivientes tienen historia y los niveles individuales, de poblaciones y ecosistemas, y de la evolución se diferencian entre sí por el modo en que la historia se hace presente, pero están interconectados. Lewontin y Levins resumen este programa para una nueva biología en tres preguntas que es inevitable poner sobre la mesa al analizar el problema de los transgénicos: ¿por qué las cosas son de la manera que son en lugar de ser ligeramente diferentes?, ¿por qué las cosas son de la manera que son en lugar de ser de manera muy diferente?, y ¿cuál es la relevancia del resto del mundo? Estas son las preguntas por la homeostasis, la autorregulación y la estabilidad, la pregunta por la evolución, la historia y el desarrollo, y la pregunta por la totalidad. La investigación científica responsable debería tener respuestas para estas preguntas o reconocer la incertidumbre y los riesgos que se amplifican cuando actuamos sin saber esas respuestas. La producción de organismos modificados genéticamente pasa por alto estas cuestiones, pues las considera superfluas, o en todo caso un preciosismo especulativo demasiado costoso y paralizante como para tomarlo en serio y plasmarlo en los diseños tecnológicos. En el caso de Cuba, esta falla no es achacable solo a las ciencias naturales involucradas y tiene mucho que ver con el distanciamiento existente entre ciencias naturales y sociales. El diálogo de saberes debería comenzar por ellas, para ampliarse sistemáticamente y considerar el resto de los saberes humanos que pueden contribuir a una mejor previsión de los efectos sociales y ambientales a largo plazo.

En este marco general no es ocioso nunca que el investigador científico y la sociedad se pregunten: ¿qué pasa si estamos equivocados?, ¿podríamos estar equivocados? La admisión de esta posibilidad nos convoca a reflexionar sobre nuestras acciones y nos coloca sobre los rieles de la búsqueda responsable. Esta fue la pregunta que condujo a Van Rensselaer Potter a formular la demanda de humildad a la cabeza de la ciencia cuando planteara su bioética en 1970, y la definiera como una nueva ética que es un enfoque cibernético que busca la sabiduría necesaria para manejar el conocimiento. Para tomar decisiones responsables, es imprescindible asumir esta posición de honestidad académica, duda metodológica y humildad cognoscitiva. Una ciencia arrogante que pretende tener la verdad en sus manos difícilmente nos pueda conducir por los senderos de la responsabilidad. Y también nos apartaría de esos senderos una ciencia pusilánime que temiera al futuro y a lo nuevo, y que se abstuviera de realizar intervenciones. ¿Qué hacer? Si ser responsables significa adentrarnos en una nueva sabiduría, en el aprendizaje de cómo manejar el conocimiento para la supervivencia humana y para mejorar la condición humana, contar con la ciencia es fundamental, pero la ciencia debe ampliar sus horizontes paradigmáticos de comprensión y debe colocar la humildad a la cabeza de sus orientaciones de valor.

Lo anterior incluye considerar la existencia de otras alternativas. Cuando se plantea el asunto de los transgénicos desde esta óptica, aparece en el horizonte la alternativa que representa la propuesta agroecológica.

La falta de conocimientos con respecto a la alternativa agroecológica y los mitos que la suponen una opción «atrasada», poco productiva y de subsistencia, producen un efecto de menosprecio hacia toda la actividad que se realiza en torno a ella. Es este uno de los casos más claros en que se manifiesta la imposibilidad política de «ver» a que nos conducen los paradigmas dominantes, centrados en la «alta» tecnología, como es el caso de la producción de plantas modificadas genéticamente.

En gran parte del mundo, Cuba incluida, subsiste una serie de mitos desarrollistas con respecto a la agricultura, sumamente dañinos por la filosofía de dependencia y sumisión a la hegemonía del capitalismo que ellos representan. Pueden expresarse sintéticamente en las siguientes orientaciones de valor: 1) la agricultura atrasada es intensiva en el uso de la fuerza de trabajo, mientras que la moderna es intensiva en el uso de capital; 2) la diversidad es atraso, el monocultivo uniforme es moderno; 3) la pequeña escala es atraso, la gran escala es moderna; 4) el atraso es sujeción a la naturaleza, lo moderno implica un creciente control sobre todo lo que ocurre en el campo, el huerto y el potrero; 5) el conocimiento de la gente es atraso, el conocimiento científico es moderno; 6) los especialistas son modernos, la cultura general amplia es un atraso; 7) mientras más pequeño el objeto de estudio, más moderna es la investigación.¹⁰

¹⁰ Ver Lewontin y Levins: Ob. cit., pp. 321 y ss.

La preeminencia de estos mitos conduce a identificar cualquier crítica a las nuevas tecnologías como falta de conocimiento y atraso, incluso como una actitud política deplorable que niega a nuestro pueblo los avances que otros han alcanzado. La diversidad se asocia a la pequeña propiedad privada, considerada durante años y estigmatizada en el marxismo dogmático junto a las formas cooperativas como formas inferiores de propiedad frente a la gran propiedad estatal socialista, lo que hace prácticamente imposible pensar en un socialismo que en la agricultura no esté comprometido con la gran producción asociada al monocultivo. De hecho, las desventajas de la gran escala se minimizan y no se aprecia la importancia de la escala óptima para desarrollar los procesos productivos agrícolas. Todo esto conduce a que en la gran producción se sobreempleen —cuando existe disponibilidad— fertilizantes, herbicidas y plaguicidas, una herencia de la Revolución Verde.

La presencia de estos mitos hace que el diálogo entre la agricultura de los transgénicos y otras alternativas esté viciado, sin haberse iniciado. No obstante, resulta bastante claro que hoy el diálogo es una de las vías más importantes para diseñar una estrategia de integración que no descarte ni sobrevalore la agricultura de los transgénicos.

Tres variables que lo cambian todo

El desarrollo de los cultivos transgénicos nos enfrenta al problema de la complejidad de lo viviente, y demanda considerar con especial cuidado tres variables: la intensidad (temporalidad), la extensión (espacialidad) y la profundidad de los cambios. La conjugación de estas tres variables produce efectos sumamente complejos que se están pasando por alto en las tecnologías de los transgénicos agrícolas.

El sentido del tiempo es muy importante, pues se deben considerar la velocidad con que se introducen los resultados de una ciencia tan nueva, la permanencia de esos cambios en el ecosistema —que puede ser indefinida— y la consecuente indeterminación de lo que ocurrirá a largo plazo cuando tengan lugar las interacciones posibles. La tecnología de los cultivos transgénicos se presenta bajo el signo inequívoco de la intensidad. Se trata de introducir cambios para producir un efecto que en corto tiempo sea visible y abarcador. Es una tecnología de cultivo intensivo, pero no solo de cultivo. Es intensiva por el tipo de cambio que se produce en el genoma (producir algo específico de manera intensiva) y por el modo en que se produce ese algo. Por ejemplo, la liberación constante de una toxina por cada planta durante todo el ciclo vital para combatir las plagas.

En cuanto al cultivo, se trata de alcanzar altos volúmenes productivos sembrando la planta transgénica en condiciones intensivas —alta densidad de plantas, grandes extensiones de terreno sembrado, varias cosechas al año—, mediante un procedimiento

en el que la tecnología se centra en la planta, de espaldas al ecosistema, como si el área de cultivo fuera una habitación separada del entorno a que pertenece, tal como ocurre con cualquier otro cultivo intensivo en la agricultura propia de la Revolución Verde. A los efectos del carácter intensivo de la producción (siembra y cosecha), la tecnología maneja la modificación genética realizada solo para exigir ciertas conductas técnicas que de no cumplirse ponen en riesgo los rendimientos y la tecnología; pero se trataría supuestamente de una cuestión eminentemente técnica, similar a cualquier otra exigencia propia de un cultivo agrícola intensivo no transgénico. Se asume que no hay que tomar en cuenta la transgénesis más que como rasgo de la semilla y la planta, que obliga a cierto comportamiento puramente técnico para aprovechar la ventaja prevista al realizar la manipulación genética en el laboratorio. La tercera red de relaciones de causalidad que hemos señalado anteriormente no se toma en cuenta.

La extensión de las transformaciones no puede ser mayor. Se realizan a nivel de la biósfera y con una reconocida intención comercial a gran escala, todo lo cual exige una consideración especial. La biotecnología agrícola de los cultivos transgénicos desarrollada comercialmente no se ha pensado nunca en ninguna parte con un alcance regional, parcial, local o singular, sino que se piensa en términos globales, que son los más amplios posibles.

Al trabajar a este nivel, aparecen considerables efectos imprevisibles. Este es un punto importante, pues la evaluación centrada en cada producto transgénico pasa completamente por alto el efecto global y acumulativo de los transgénicos tomados en conjunto. No es correcto suponer que un producto tenga un impacto global, pues ciertamente se cultiva en espacios locales y pequeños sistemas, y el campo de cultivo es el sistema que más se toma en cuenta. Pero cuando se habla de que los transgénicos tienen un efecto global, no se está cayendo en una postura abstracta que toma en cuenta la totalidad en general y no se ocupa de los niveles intermedios. Es el caso de que efectivamente la proyección de la tecnología es global, aunque la proyección de uno de sus productos sea tan local que pueda centrarse la atención en el campo de cultivo o el ecosistema inmediato. Esto significa que hay una brecha en la seguridad, pues lo global, al ser difícil de manejar, queda fuera de los procesos o se trata muy someramente. En esta situación se hace evidente lo que significa el conocimiento no manejable, pues resulta difícil que alguien pueda acusar a los científicos de cometer errores. De hecho, sin cometerlos, los pronósticos pueden fallar.

Vale retomar aquí la experiencia acumulada en la historia del conocimiento humano en el caso de otra tecnología muy cercana a la biotecnología por trabajar los niveles básicos de la materia: la energía nuclear.

Cuando se compara la ingeniería genética con la tecnología nuclear, se suele objetar que son campos bien distantes y absolutamente diferentes. Sin embargo, dos rasgos esenciales las acercan: el trabajo con los niveles básicos de la materia y la vida,

y lo imprevisible de las consecuencias del uso de la tecnología, que se incrementan en la medida en que la tecnología se hace omnipresente.

En la actualidad, cuando se habla de la energía nuclear, se piensa inevitablemente en el accidente de Chernobil. ¿Era evitable? ¿Podríamos esperarlo? Es importante analizar lo ocurrido y sacar experiencias de ello. Es conocido que en una entrevista realizada unos meses antes de la catástrofe, el director de esa planta planteó que el sistema de seguridad era tan bueno que no deberíamos esperar un accidente serio por lo menos con una frecuencia no mayor de uno en diez mil años. La lección más importante de esta historia es que el científico no estaba equivocado. Aunque hubiera sobreestimado la seguridad de la planta, tenía razón. Pero si consideramos el número de reactores que existen en Europa, la probabilidad del accidente cambia. Lo que para el director de una planta concreta era algo altamente improbable, no lo era para una planta tomada en el conjunto de las existentes en Europa, pues cuando aumentan las oportunidades, los eventos más remotos pueden hacerse presentes.¹¹ Y en el caso de los cultivos transgénicos, la extensión y la intensidad hacen que esa frecuencia se incremente lo suficiente como para tomarla en cuenta seriamente, mucho más si consideramos no cada cultivo por separado, sino el conjunto de todos los cultivos, que han venido creciendo y se espera que crezcan más y se diversifiquen por todo el planeta. ¿Es exagerado considerar la aparición de posibles sorpresas en esas condiciones de extensionismo? Si consideramos que un evento casual con una baja probabilidad se convierte en una certeza determinada cuando existe un gran número de oportunidades, la pregunta por la escala de utilización de la tecnología no es en absoluto superflua.

La profundidad de los cambios, que hemos analizado previamente como creación de vida, nos coloca frente a un proceso de transformación impredecible en sus consecuencias a largo plazo. Creación de vida significa movilidad, ruptura de límites y barreras, devenir y emergencia en el más amplio sentido de esas palabras. Significa creación de algo que se determinará a sí mismo, y mientras más amplia sea la transformación y más extenso su alcance, mayor será la amplificación que el propio proceso se dará a sí mismo sobre bases naturales, fuera de control humano.

La complejidad que emana de estas tres variables, cuando se las toma de conjunto, nos indica que la tecnología de los cultivos transgénicos que se introduce hoy en el mundo implica que cuando cultivamos plantas transgénicas, estamos introduciendo al ambiente de manera súbita y a gran escala, entidades vivas nuevas, resultado de una alteración o modificación genética, que participarán de un conjunto de interacciones que no pueden abarcarse en las investigaciones científicas de un modo adecuado porque la ciencia todavía no conoce con exactitud la naturaleza del tipo de sistema

¹¹ Para un análisis más detallado de este ejemplo y su importancia para la comprensión de lo viviente, ver Lewontin y Levins: Ob. cit., p. 29.

involucrado. Estamos hablando de sistemas complejos, y no de un sistema cualquiera dentro de ellos, sino del más general en los ámbitos de la vida: la biósfera.

La ciencia ha desarrollado herramientas para manejar estos sistemas, y las investigaciones más serias intentan apoyarse en todas esas herramientas y utilizarlas lo más posible. Ellas incluyen superar la filosofía reduccionista que asume que las partes más pequeñas de un problema y el análisis son más importantes o fundamentales que la totalidad, manejar las estadísticas, la simulación, las herramientas cualitativas. Se necesita un acercamiento a estas herramientas que sea crítico y valore sus limitaciones, y que se plantee los problemas de manera amplia, transdisciplinaria, compleja en sí misma, para que se delimite una estrategia de indagación y no un programa cerrado de investigación-justificación del conocimiento alcanzado.

Debemos considerar, además, propiedades como la robustez y la emergencia, que suelen estar asociadas y caracterizar a los sistemas complejos. Robustez significa que una vez que estos sistemas han establecido un nivel de interacciones dinámicas, son capaces de asimilar diversas cargas que no logran alterar el sistema hasta cierto momento. Pero llegada cierta medida, pequeñas fluctuaciones pueden producir grandes cambios. Los sistemas complejos están alejados tanto de los equilibrios de aislamiento, como de los desórdenes o caos, tienden a desenvolver su dinámica en el borde del caos. Si fueran sistemas equilibrados, sería fácil predecirlos. Si fueran caóticos, serían impredecibles. Pero al estar dinámicamente al borde del caos, muestran una interrelación compleja que no alcanzamos a comprender todavía con la exactitud necesaria como para pretender alterar el sistema de forma controlada.

La robustez de lo viviente vuelve a colocar sobre la mesa la analogía con la tecnología nuclear, las condiciones para un accidente biotecnológico podrían estarse incubando durante un período prolongado de tiempo. Incluso, podríamos tardar mucho en percatarnos de la gravedad de un cambio y no estar entonces en condiciones de afrontarlo.¹²

Por su parte, la emergencia nos obliga a considerar que las propiedades de estos sistemas resultan de la conjugación de los componentes involucrados, las interacciones entre ellos, el propio devenir de la dinámica implicada y los cambios en el entorno. La emergencia nos presenta una inconmensurable complejidad donde el sistema se está haciendo a sí mismo constantemente, mediante un proceso en el que se generan hasta las condiciones de posibilidad de su futuro. La emergencia explica algunas cosas que aparentemente son contradictorias. Por ejemplo, hoy sabemos que las diferencias en las estructuras básicas del genoma entre el humano y otros seres vivos no son tan grandes como se suponía en un inicio. Consideremos entonces con toda seriedad: si con «pocas» diferencias en el genoma hay tantas diferencias en el resultado final, ¿nos percatamos de la magnitud del problema que entrañan los organismos modificados

¹² Ver al respecto, José Ramón Acosta Sarriego: Ob.cit. (en n. 7), p. 204.

genéticamente al cambiar «poco» pero potencialmente «mucho», si consideramos las interacciones con el entorno y las variables extensión y tiempo?

Finalmente, la responsabilidad y el principio preventivo son obligaciones morales y políticas frente al desarrollo tecnológico contemporáneo que nos indican la necesidad de entender la tecnología más allá del laboratorio. Necesitamos un análisis profundo de la tecnología. La modificación genética de plantas no comienza ni termina con la introducción de una variación en el genoma: es una intervención cultural que debe ser valorada en su contexto. Pensar la tecnología como un acto de laboratorio que se enlaza con una práctica de cultivo y cosecha es una visión estrecha y reduccionista inaceptable.

La tecnología no se reduce a las acciones técnicas que permiten la modificación de una planta o un organismo; es algo más. La modificación genética de animales y plantas se presenta como un modelo de transformación de la naturaleza a gran escala, que en el caso de la agricultura de los transgénicos incorpora un viejo elemento tecnológico que ha sido nefasto en otros modelos tecnológicos tradicionales y que se denomina monocultivo. La tecnología se presenta como un paquete de transformación agrícola en condiciones de plantación a gran escala, monocultivo y que funciona económicamente en términos de la teoría de la ventaja comparativa de David Ricardo, instrumento teórico justificador de las políticas agrícolas de mercado que han generado la inseguridad alimentaria en todo el mundo.

Una comprensión profunda y contextualizada de la tecnología no puede olvidar estos aspectos, pues en el marco teórico general los enigmas de la vida diseñada van de la mano con la lógica del eficientismo y la ganancia a corto plazo, el extensionismo y la maximización de los beneficios. Y cuando unimos esta comprensión general al debate entre dos modos de comprender el universo de lo vivo y enfrentar su complejidad, se vislumbran horizontes de responsabilidad muy distintos cuando nos planteamos la toma de decisiones como asunto concerniente a certezas y expertos, o la consideramos en un rango más amplio de interacciones sociales, incertidumbres cognoscitivas y participación de comunidades sociales responsables.

Algo más que modificar genéticamente, cultivar y cosechar maíz

Tras quince años de trabajo científico serio y consagrado, la ciencia biotecnológica cubana ha puesto a punto de introducción en el sistema productivo una variedad de maíz transgénico que se presenta con la promesa de alcanzar grandes producciones con mínimo laboreo, y con la potencialidad de resolver un problema socioeconómico importante y concreto: liberar al país de la compra de maíz en el extranjero —que ocasiona erogaciones monetarias sustanciales—, y garantizar a la vez la gran producción nacional de este grano, uno de los componentes básicos de la elaboración de piensos

para la alimentación animal. Esto tendría efectos multiplicadores en el sector agropecuario, en la producción de alimentos y en toda la economía nacional en su conjunto.

Es indudable que no pudo escogerse un producto transgénico mejor para abrir el camino a la introducción de esta tecnología en Cuba. Las posibilidades de éxito de este *diseño económico y científico* son bastante altas si consideramos que: 1) Se aprovecha el precedente de la experiencia internacional en esta modificación genética para hacer el maíz resistente a herbicidas y productor de su propia toxina para combatir las plagas, que son los dos eventos transgénicos más difundidos en el mundo. 2) Se intenta solucionar un asunto que no había sido resuelto nunca antes en Cuba: la producción a gran escala de maíz resistente a plagas para la alimentación animal y humana. 3) Se sustituyen costosas importaciones y se provee nacionalmente del componente básico para la producción de piensos. El *diseño económico* tiene todos los ingredientes que lo hacen socialmente atractivo y «políticamente correcto».

A mediados de mayo de 2009 se daban los pasos finales para iniciar la siembra en varias provincias, y se contaba con los tres niveles de aprobación requeridos: la licencia ambiental y de seguridad biológica para sembrarlo, la licencia para consumo animal y humano, y la certificación de variedades y semillas (el registro de variedades). La investigación había cumplido todos los pasos sucesivos establecidos para probar la tecnología, desde el trabajo inicial en laboratorio, la casa verde (invernadero cerrado), la parcela dentro del centro de investigaciones, los ensayos de campo —realizados en 2008 en varios lugares del país, aunque solo uno sobrevivió a los huracanes devastadores de ese año—, la producción de semilla básica y su multiplicación, lo que permite sembrar semilla registrada de alta calidad.

Terminado este proceso, se acentuó la atención en los aspectos tecnológicos del cultivo, para lo cual resulta imprescindible preparar a los productores y tecnólogos, en especial para evitar la que se considera como principal amenaza a la tecnología: la insecto resistencia. Para ello, se introduce el refugio obligatorio del 10% del área sembrada, como parte de un paquete tecnológico extraordinariamente atractivo para los productores que incluye: 1) mínimo laboreo (entrada al campo en tres ocasiones: siembra, aplicación de herbicida, cosecha); 2) oferta de semilla de alta calidad, certificada, sin costo; 3) entrega de la tecnología en su totalidad al productor sin costo, únicamente con la obligación contractual de cumplir con la disciplina tecnológica.¹³

¹³ La entrega sin costo de la tecnología y la semilla se justifican por el carácter de las relaciones económicas internas de la economía estatal, pero queda abierta la pregunta con respecto a los productores privados. Además, es necesario considerar que estimula la suspensión del juicio crítico por parte de las administraciones de las entidades agrícolas, pues ello trae consigo un balance económico positivo artificial, cuando la tecnología no ha sido todavía aplicada. No sabemos si se trata de una medida temporal para la introducción del cultivo, o de una estrategia permanente para la ejecución de esta tecnología. No obstante, queda claro que este procedimiento es opuesto al mecanismo económico capitalista en el aspecto

Si esta última se cumple, se esperan producciones de cuatro toneladas por hectárea de maíz seco (equivalentes a doce toneladas de maíz tierno), algo notable, mucho más para las condiciones del trópico.

La insecto resistencia se valora desde la perspectiva de la tecnología, lo que conduce a afirmar que si se viola y se produce insecto resistencia, se mataría una tecnología de poco gasto y alto rendimiento: una verdadera «gallina de los huevos de oro». En este punto, el *diseño tecnológico* comienza a ser cuestionable, pues la insecto resistencia afectaría algo más que la tecnología de cultivo de este maíz: pondría en riesgo uno de los bioinsecticidas más utilizados en la agricultura orgánica. De manera que otras tecnologías estarían también en riesgo.

Se asegura, además, que los monitoreos de insectos beneficiosos y polinizadores realizados hasta el momento, muestran el desarrollo de una rica entomofauna en los campos de maíz, por lo que la tecnología es amigable con el ambiente y una excelente herramienta para el manejo integrado de plagas del maíz en Cuba, esto último debido a la especificidad del Bt con respecto a la palomilla, que es la plaga que combate.

Las bondades y seguridades que nos brindan los investigadores presentan un *diseño científico* impecable, el cual no podemos juzgar debido a los límites de nuestra competencia profesional. Pero salta a la vista que este diseño, o ha resuelto de manera absoluta la pregunta acerca de si podríamos estar equivocados, o no se la ha planteado adecuadamente, pues se supone que se trabaja con total certeza. Lo grave del asunto radica en que cuando los resultados científicos conducen a la toma de decisiones políticas, que afectan los destinos de las personas y el medioambiente, la pregunta acerca de si podríamos estar equivocados no es un lujo. Debe formularse con total precisión y conducir a recomendaciones prudentes y responsables.

Potter, Lewontin y Levins coinciden en plantear la necesidad de aprender de la naturaleza, de aquellas estrategias desarrolladas por otras entidades vivientes para responder a las sorpresas. Ellas incluyen la detección y rápida respuesta, la predicción, la amplia tolerancia a cualquier cosa que ocurra y la prevención. Se observa en la naturaleza el empleo de estrategias mixtas como las más eficientes. Lewontin y Levins recomiendan emplear en la ciencia estrategias mixtas que incluyan, junto con la línea de investigación más prometedora, una línea de trabajo menos prometedora pero

político-económico del asunto, pero repite exactamente la filosofía de la concepción desarrollista de la agricultura «moderna», y manifiesta con claridad los signos distintivos del enfoque tecnológico «de arriba hacia abajo», legado por la Revolución Verde. De ello resulta que la tecnología es nueva por la modificación genética que implica, pero completamente anticuada por el modelo de relación tecnología-sociedad, y de «gran producción», donde el agricultor es pasivo, debe ser pasivo y se le obliga contractualmente a ser pasivo, a atenerse a las reglamentaciones y a la disciplina tecnológica, a ejecutar al pie de la letra lo que el diseño tecnológico indica.

con potencial para medir consecuencias importantes. Potter a su vez recomendaba insistentemente aprender de la naturaleza, no sucumbir ante el *defecto fatal de la evolución* para alcanzar sabiduría en el manejo del conocimiento.¹⁴

Con respecto al cultivo del maíz FR-Bt1, la posibilidad de sorpresas que el diseño científico prevé reducirse a la estrategia del refugio para evitar que aparezca la resistencia de las plagas. Incluso el problema del consumo humano parece resuelto de forma expedita y sencilla con una aprobación basada en la evidencia de que este maíz no es diferente de aquellos transgénicos que se consumen cuando Cuba lo compra en el extranjero. Como los productores y comercializadores internacionales no separan el transgénico del no transgénico, hace mucho que se consume maíz transgénico en Cuba.

Un análisis panorámico del *diseño tecnológico* nos permite identificar varios rasgos distintivos de esta tecnología, que la equiparan exactamente a la que se ha desarrollado en el resto del mundo. Esto atañe sobre todo al cortoplacismo, el intensivismo y el extensionismo, la producción a gran escala —que se propone incluso realizar tres cosechas anuales—, una confianza amplia en la seguridad que no varía en absoluto si se siembra una hectárea o un número mayor, si se siembra una vez en el año, o dos, o tres veces. Lo analizado previamente desde el punto de vista teórico parece contravenir esa extrema confianza en la seguridad de la tecnología.

Al no considerar el efecto acumulativo de la intensidad y extensión de los cultivos, se abren las puertas a las «sorpresas». Y si pudiéramos añorar las deseables, deberíamos ser responsables y prever qué hacer si se presentan las indeseables. Está claro que en este punto los intereses de alcanzar grandes volúmenes de producción a corto plazo y a gran escala impiden «ver» cuán indefensos quedamos ante las «sorpresas». Sería prudente y responsable pensar en los límites a que debieran someterse estas acciones extensionistas, pues la escala parece ser el punto crítico de este diseño tecnológico.

No escapa a este examen del diseño tecnológico el hecho de que las primeras siembras se realizaron en cinco lugares diferentes del país, una muestra clara de que se confía de manera casi absoluta en la seguridad y en los beneficios de la gran escala. Pero también evidencia la presencia de una racionalidad instrumental: sembrar allí donde están creadas algunas condiciones, como la existencia de máquinas de riego que faciliten el empleo mínimo de mano de obra, cierta experiencia previa en cuanto a disciplina tecnológica y elementos organizativas que facilitan la contratación y el control estatal. Todas estas condiciones son muy importantes para garantizar un

¹⁴ Potter ha planteado este concepto para designar la semejanza entre la evolución cultural de la humanidad y la evolución biológica, donde los organismos se adaptan a las condiciones del entorno y sucumben ante los cambios bruscos. Pareciera que la evolución biológica tiene una mirada de corto plazo, y la evolución cultural de la humanidad comparte esa mirada cortoplacista que se preocupa por lo inmediato y queda completamente indefensa ante las sorpresas del futuro. Ver al respecto Potter: «Bioética puente, bioética global, bioética profunda», en *Cuadernos del Programa Regional de Bioética*, No. 7, diciembre de 1998, pp. 30-31; y Lewontin y Levins: Ob. cit., p. 164.

buen resultado inicial que impacte positivamente en la sociedad, cuando las grandes producciones se hagan realidad y se den a conocer al más amplio público. Este último es un aspecto que requiere profundización, pues como veremos más adelante, el manejo de la información es uno de los puntos más cuestionables que acompaña todo el diseño.

Es bastante evidente que la concepción de la tecnología que subyace a este diseño tecnológico se limita a dos puntos centrales: 1) la creación del transgénico en el laboratorio y la garantía de seguridad según los estándares mundiales; y 2) la necesidad de una disciplina tecnológica en el cultivo, ya que la naturaleza misma del transgénico demanda cierta disciplina de trabajo y procedimientos concatenados que deben cumplirse. La dimensión social de la tecnología parece estar completamente al margen de las consideraciones, y las consecuencias ambientales se constriñen a una disciplina estricta con respecto al refugio y la minimización de la insecto resistencia como amenaza tangible a la tecnología.

En términos coloquiales, esto significa que:

1. Si los científicos lo han hecho todo bien desde el laboratorio...
2. Si se hace todo bien en el campo durante el proceso de cultivo y cosecha...
3. Si además, todavía no ha ocurrido nada sorprendente desde que se cultivan transgénicos en el mundo...

Entonces podemos concluir que:

4. No debemos esperar nada negativo, sorprendente o imprevisto. Si lo hacemos todo bien, no hay límites para sembrar, cosechar y disponer de abundante maíz.

El concepto de tecnología que se maneja pasa por alto aspectos sociales importantes, pues aunque se enfatiza la necesidad de disciplina y controles, aspectos técnicos como la cosecha quedan totalmente en manos de la entidad productora —no parece existir una indicación obligatoria al respecto—, lo que automáticamente abre las puertas a un fenómeno social que debe ser considerado: el cubaneo.

El cubaneo es un fenómeno propio del factor antropológico-cultural que hunde sus raíces en la respuesta criolla al derecho de indias y aquella máxima irreverente y omnipresente en nuestro tiempo: «se acata pero no se cumple». Se relaciona con la inventiva para sortear situaciones escabrosas, la violación de las normas en el sentido más general —desde el «resolver» hasta el delito, la apropiación indebida y, también, la indisciplina tecnológica—. Este fenómeno, muy propio de nuestro entorno social, no es necesariamente ni positivo ni negativo. Incluye tanto manifestaciones de indisciplina como el enfrentamiento ingenioso de las dificultades con estrategias creativas.

Estas últimas, en dependencia de los asuntos y los niveles culturales y de instrucción de los portadores, pueden llegar tanto a generar una innovación patentable, como a admitir la sustitución de un tornillo con arandela de seguridad y tuerca, por un alambrito, que aunque no sujeta igual, sujeta. A pesar de ser un fenómeno presente en todos los niveles de la vida social, se hace más evidente allí donde la improvisación suele predominar, y no es en absoluto despreciable cuando consideramos que se introduce una tecnología generada en el laboratorio, en un terreno agrícola muy alejado en lo material y lo ideal de las condiciones del laboratorio.

Este fenómeno antrosociocultural se hizo presente incluso en una reunión-seminario de trabajo realizado en el sur de La Habana a principios de mayo de 2009, en vísperas de la siembra del cultivo. En el mismo momento en que se realizaba un llamado a la disciplina y al cumplimiento riguroso de la tecnología, la observación de una persona del público, que se manifestó preocupado por la falta de máquinas cosechadoras, hizo irrumpir en la sala esta psicología especial. Resulta anecdótico y aleccionador que a esta preocupación concreta se respondiera apelando a la exhortación de primero tener la producción del maíz, ya que se disponía de cinco meses para llegar al momento de la cosecha, y encontrar para entonces una solución. Se suponía de hecho que se podía resolver en cinco meses un asunto que tenía una historia dilatoria y de imponderables, muy superior a ese plazo temporal.

Otro aspecto nada despreciable del cubano consiste en preguntarnos si podrá evitarse que ciudadanos aislados y productores privados obtengan semillas y cultiven por su cuenta esta variedad, puesto que se reconoce que su éxito rotundo garantizará que nadie quiera sembrar otra cosa. Esta situación pone al desnudo algunas lagunas del diseño tecnológico, pues la tecnología parece pensada para las condiciones propias de la gran empresa agrícola estatal y cooperativa, tecnificada y «disciplinada», y no solo parece vulnerable a la improvisación en general, sino de modo muy específico, por las distancias existentes entre las condiciones materiales y mentales de la ciencia y el laboratorio de una parte, y las realidades y mentalidades de los productores agrícolas de otra. Quedan completamente abiertas las interrogantes para el resto de los productores estatales, cooperativos y privados. ¿Ha sido pensada esta tecnología solo para quienes cumplan con algunos requisitos técnicos, o se inicia con ellos para garantizar el éxito de su introducción? ¿Pueden aspirar a ella otros productores menos tecnificados, estatales, cooperativos y privados? ¿Habrá restricciones especiales que impidan las siembras resultantes de las «gestiones» de semilla no autorizadas? La variable independiente del cubano, cuando se combine con las tres variables (intensidad, extensión, profundidad) anteriormente analizadas, puede generar situaciones sociales y ambientales que deberían preverse en el paquete tecnológico, por lo menos de manera orientadora general. De lo contrario, las sorpresas sociales podrían hacernos caer muy rápido en la conocida y dañina dinámica de un juego de suma cero donde se enfrenten las estrategias «de violación» y las «de prohibición».

Por otra parte, muy poco sabemos acerca de los costos de esta tecnología. Y no solo porque la información sobre los estimados y cálculos realizados no esté disponible, o porque la dualidad monetaria y la diversidad de realidades salariales, de formas de trabajo, instalaciones, retribuciones y estímulos económicos entre el laboratorio científico y el campo sean muy grandes y hagan muy complicados los cálculos financieros. Es también muy difícil estimar el costo material y humano de una tecnología desarrollada por una parte de la comunidad científica que trabaja en condiciones especiales, con respecto a los productores agrícolas, y con respecto también a otras comunidades de científicos que investigan e implementan otras tecnologías agrícolas. También se complica extraordinariamente calcular el «nosotros»: el lado ambiental de los costos.

Quedan además muchas preguntas abiertas con respecto a la posible existencia de otras alternativas, entre las que sobresale el contrapunteo con la agroecología. Y finalmente, la pregunta nada retórica acerca de si es o no inevitable apelar a los transgénicos en un país donde más de la mitad de la tierra cultivable no se cultiva. Evidencia inequívoca de que aunque existan problemas tecnológicos, el principal problema de la agricultura cubana es socioeconómico, de relaciones de producción, y no de tecnología. Todo esto indica que la tecnología de los transgénicos y su lugar en la agricultura cubana no pueden ser pensados al margen del necesario debate público sobre la agricultura cubana y la proyección de su desarrollo a corto, mediano y largo plazo.

Desde el punto de vista social y político, lo más relevante consiste en que, hasta el presente, todo el proceso de investigación e introducción del maíz transgénico se ha desenvuelto dentro de un escenario que podemos denominar como *escenario de aprobación*. Sus elementos centrales giran en torno a las instituciones científicas y regulatorias, la comunidad científica que participa en ellas, la sociedad y las personas como receptoras de los beneficios esperados, y la información-comunicación muy sesgada. Es importante considerar el papel que han desempeñado en este escenario la comunidad científica y los medios de comunicación, así como el impacto que podemos esperar con respecto al debate internacional sobre los transgénicos.

El *escenario de aprobación* se caracteriza por la realización de la investigación y la presentación de sus resultados ante las autoridades regulatorias, en el entendido de que estas resultan suficientes para tomar las decisiones necesarias con respecto a la nueva tecnología. El prolongado proceso de investigación y la escrupulosidad de la ciencia cubana sirven como puntos de partida para esta confianza, que es constitutiva de un modelo de delegación de la toma de decisiones en esas instancias. En lo más profundo se encuentra la hegemonía del modelo de relación ciencia-poder, donde a la ciencia le corresponde la responsabilidad de aportar los elementos técnicos de juicio para garantizar una correcta toma de decisiones. La sociedad delega en los expertos el poder del conocimiento, y estos realizan su labor siguiendo la normatividad

establecida. El Estado acompaña todo el proceso, lo ejecuta y lo fiscaliza, pues las instituciones científicas y regulatorias son estatales. Además, el Estado vela por el interés público, que tiene en el diseño económico un rostro preciso y atractivo. Por su parte, la comunidad científica participa desde las instituciones, como generadora de la tecnología y como evaluadora. El *escenario de aprobación* no reconoce otro papel a la comunidad científica, y su participación desde los espacios informales sobre este asunto es prácticamente nula.

Así, en este escenario los procesos transcurren de forma suave y tranquila, evolutiva, sin grandes conmociones, dentro de un silencio que se rompe levemente en la prensa con informaciones esporádicas cuando se alcanza algún hito.

A juzgar por estos rasgos, pareciera que no nos encontramos en el momento crucial en el que, con la aprobación de un primer producto transgénico, se abren las puertas de esta nueva tecnología. Como si esta decisión no tuviera consecuencias importantes que trascienden la ciencia y la tecnología. Por el contrario, el *escenario de aprobación* se construye socialmente mediante la idea de que se está dando solución tecnológica a un problema tecnológico, por lo que cualquier discusión no debería trascender a los medios, pues podría generar inseguridad o reproducir los imaginarios negativos que acompañan la tecnología de los transgénicos en los debates públicos que tienen lugar en el mundo. En general, a los medios ha trascendido información parcial, incompleta y positiva.

En el único momento en que se propició un intercambio semiabierto por la radio, —a propósito de dos programas televisivos que exhibieron un controvertido documental sobre los transgénicos y la investigación en Cuba—, el tratamiento a quienes se manifestaron críticamente con respecto a los organismos modificados genéticamente y las plantas transgénicas fue científicista, paternalista y autoritario. *Científicista*, pues se supuso que quienes diferían no contaban con los conocimientos suficientes y, como resultado de la información parcial e incompleta que manejaban, estaban influidos por las tendencias alarmistas que caracterizan el escenario de los debates en el extranjero. *Paternalista*, pues se manifestó comprensión ante este «error», mezcla de buena voluntad, preocupaciones sanas y falta de conocimientos científicos, y se afirmó que la ciencia cubana garantizaría la máxima seguridad, de manera que no había de qué preocuparse. *Autoritario*, pues el criterio opuesto, deslegitimado como no científico y desinformado, fue virtualmente prohibido y sacado totalmente del escenario de discusión.

Aunque se trató de dos programas televisivos y radiales, la forma en que ha sido manejada la información ulteriormente se caracteriza por ese silenciamiento de cualquier opinión divergente, manejada como equivalente a no científica, portada por personas confundidas y que no deberían transmitir su confusión al resto de la sociedad. A consecuencia de todo esto, no existe ni un foro nacional de debate público para

expresar cuestionamientos y canalizar el criterio divergente con respecto a la línea principal de optimismo tecnológico.

El *escenario de aprobación* reta a la comunidad científica cubana, pues corresponde a ella el deber de emprender los caminos necesarios para su superación. Lo principal, que consiste en preparar a la sociedad para tomar decisiones responsables en una nueva etapa de desarrollo de la relación ciencia-tecnología-sociedad caracterizada por la presencia del conocimiento no manejable, se pasa por alto y se intenta solucionar mediante un modelo que es insuficiente para dar cuenta de ese conocimiento. La participación de la comunidad científica se ha limitado hasta el momento a los espacios institucionales, las entidades regulatorias y los posicionamientos de las entidades científicas que investigan y desarrollan la tecnología. Es casi imposible escuchar fuera el leve susurro crítico y de preocupaciones que se expresan en algunas reuniones de trabajo y eventos científicos. En general, la comunidad científica permanece en silencio público y asume con ello una responsabilidad enorme, pues está en juego su credibilidad social como comunidad académica responsable. Además, está dejando de cumplir adecuadamente una de sus funciones más importantes, que tiene que ver con la educación y la preparación de la sociedad para tomar las decisiones responsables que se necesitan.

En un estudio realizado en la década de los noventa,¹⁵ mostramos que la ciencia en Cuba goza de un amplio reconocimiento social, y que la comunidad científica tiene una enorme responsabilidad social para conservar y fortalecer este estado de cosas. La participación de la comunidad científica en la formación de la política pública de medioambiente fue notable por sus conocimientos y potencialidad técnica, por la dimensión de las soluciones globales al problema ambiental, por el prestigio de la comunidad científica como tal, y por la existencia de vías estatales y no estatales para acceder a la formulación de políticas que tiene este grupo social.

No obstante lo anterior, se constató entonces que la comunidad científica desempeñaba un papel irregular y heterogéneo en la formulación de aquellas políticas; que las vías de su participación revestían un carácter irregular, informal, lo que impedía una corroboración inmediata del reflejo de diversos intereses grupales en ella y un funcionamiento más efectivo del sistema político; que el sistema político cubano estaba necesitado, dada su lógica de desarrollo, de una participación más directa de la comunidad científica en la formulación de las políticas públicas en las que se involucraban variables de conocimiento científico. Corroboramos también su papel como parte de la sociedad civil, su rol en la educación y la participación. Quedó claro entonces que su función es superior a su capacidad estrictamente técnica por su

¹⁵ Ver Carlos J. Delgado Díaz: «El papel de la comunidad científica en la formación de la política pública de medio ambiente en Cuba», en Carlos J. Delgado Díaz y Thalía Fung: *Ecología y sociedad. Estudios*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1999.

potencialidad como parte de la sociedad civil y grupo social interesado en promover un modo nuevo de plantear las relaciones sociedad-naturaleza, distinta del legado de la cultura capitalista.

La honestidad académica obliga a la comunidad científica hoy a pronunciarse con claridad en relación con esta tecnología y a emplear para ello las vías formales y no formales que han caracterizado su participación en toda la historia anterior. No se trata de generar una oposición a los transgénicos, sino de sentar las bases para que sea posible transitar hacia un escenario que permita la deliberación y la educación amplia de la población. La población cubana tiene una base cultural suficiente para abandonar la postura de receptor pasivo, pero necesita educarse para producir un consentimiento informado, educado y ciudadano, que nos permita ser responsables, no como personas aisladas, sino como comunidad social heterogénea que puede aportar muchos elementos de conocimiento coadyuvantes a soluciones que permitan un manejo sabio del nuevo conocimiento.

Queda claro que el *escenario de aprobación*, con su lógica principal de la delegación de responsabilidad en los expertos, no tiene futuro. Debilita la sociedad y el poder político, pues la responsabilidad ante los imponderables que el avance científico trae consigo no puede constreñirse a un grupo relativamente pequeño de especialistas y representantes. Si ocurriera un accidente, o un fracaso, el descrédito individual de algunas personas no significaría nada frente al descrédito social colectivo y sus consecuencias políticas. Se necesita avanzar hacia un escenario en el que la responsabilidad colectiva, sin anular la individual, se haga presente de manera patente y directa.

Por otra parte, el *escenario de aprobación* conduce a algunas consecuencias políticas controvertidas. La aprobación de los transgénicos que se inicia en Cuba con el maíz FR-Bt1 siguiendo los estándares internacionales, produce, sin quererlo, un espaldarazo a la producción internacional de transgénicos y a la credibilidad de los procesos de aprobación que han favorecido a las grandes megacorporaciones que impulsan la tecnología. Es un clásico bucle recursivo, donde se produce un efecto nada deseable. Asimismo, la aprobación en Cuba produce un efecto de rebote negativo contra todo el movimiento antitransgénicos, que a pesar de las exageraciones y los alarmismos, está cumpliendo una importante función antihegemónica, anticapitalista y de izquierda. Por ironía de la vida, en su campaña de descrédito contra esos movimientos, las megacorporaciones transnacionales han encontrado un soporte de argumentos donde menos podían suponerlo, y podrán ahora recurrir al caso de Cuba como ejemplo de que no hay motivos para preocupaciones.

Este efecto no deseado es todo un reto para las ciencias sociales, pues no se resuelve con afirmar que los objetivos y la forma social de la tecnología en Cuba y en el capitalismo transnacional son diferentes. Los puntos de continuidad y coincidencia entre ambos enfoques tecnológicos no son superficiales, ni se pueden reducir al régimen

socioeconómico. Resultan de un problema teórico planteado desde hace mucho, que afectó drásticamente los destinos del socialismo histórico: no romper a tiempo con la ideología del industrialismo, expresión solapada y concentrada de la ideología del capitalismo.¹⁶

Las debilidades del contexto de aprobación, que plantean la necesidad de superarlo, se resumen en las siguientes:

1. La delegación de la toma de decisiones en manos de los expertos, y la reducción de la sociedad a la condición de receptora de los beneficios de la tecnología, aunque la responsabilidad corresponde a la sociedad, no a los expertos.
2. El sesgo informativo y la reducción de cualquier crítica a la condición de «juicio imperfecto» que no debe considerarse. Esto impide una educación bioética que permita alcanzar un consentimiento informado, educado y ciudadano.
3. La comprensión estrecha de la tecnología y la subestimación de su naturaleza y las consecuencias sociales de su utilización.
4. El predominio de un optimismo tecnológico que no se plantea el problema de la escala correcta y desencadena procesos tecnológicos intensivos y extensivos que abren las puertas a las «sorpresas».
5. Las consecuencias internacionales de un diseño científico, tecnológico y económico que ha considerado insuficientemente la hegemonía del capitalismo en las ciencias naturales contemporáneas.

La comunidad científica podría trabajar mancomunadamente con las entidades del Estado aprovechando los espacios institucionales y académicos, formales e informales, para propiciar un tránsito hacia otro escenario, de deliberación, que permita considerar las debilidades antes señaladas para superarlas.

Transitar a un *escenario de deliberación* debería propiciar un debate amplio sobre la base de conocimientos y valores acerca de:

1. Los límites de intensidad y extensividad en el uso de esta tecnología.
2. Los basamentos nacionales de aprobación para evitar la dependencia con respecto a los procesos de aprobación de otros países, ubicados en contextos políticos y sociales divergentes del nuestro.
3. El seguimiento social ciudadano del desarrollo e introducción de otros productos transgénicos y de otras tecnologías donde se trabaje conocimiento no manejable.

¹⁶ Acerca de esa lógica compartida entre el capitalismo y el socialismo del siglo xx y los esfuerzos realizados en Cuba para superarla, ver Carlos J. Delgado Díaz (ed.): *Cuba verde. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI*, Editorial José Martí, La Habana, 1999.

4. El etiquetado responsable.
5. La educación para alcanzar un *consentimiento* informado y educado de la ciudadanía como paso necesario hacia la responsabilidad.
6. Trabajar mancomunadamente para diferenciar nuestros procesos de aprobación y evitar que signifiquen un espaldarazo o un seguimiento a aquellos que han estado afectados por las luchas de poder del capitalismo contemporáneo. Reconocer en la práctica, de hecho, y no solo en teoría, que la ciencia no es, ni axiológica ni políticamente, neutral, lo que significa reconocer que la biotecnología aprobada en el mundo es una biotecnología influida y dominada por la hegemonía del capitalismo.
7. Avanzar hacia el control social de la tecnología, con presencia fundamental del Estado, pero que no se reduzca a un control estatal.
8. Buscar los caminos para compatibilizar esta y otras tecnologías «avanzadas», con otras alternativas.
9. Contribuir al necesario debate de la transformación agrícola cubana y sus estrategias de desarrollo humano sustentable.
10. Sentar el precedente para otras tecnologías que forman parte de la revolución científica y tecnológica contemporánea, como es el caso de la nanotecnología.
11. Propiciar un amplio debate bioético para el crecimiento ciudadano, imprescindible hoy gracias a los niveles alcanzados por el país en materia de salud, educación, ciencia y tecnología.

El debate sobre estos aspectos abriría las puertas a un *escenario de responsabilidad* con amplia participación ciudadana y constante deliberación y control públicos sobre la toma de decisiones con respecto a esta y otras tecnologías semejantes.

El *escenario de deliberación* permitiría desarrollar un diálogo entre las colectividades científicas y los puntos de vista diversos, divergentes y a veces contrapuestos, para delimitar estrategias de integración consensuadas. Establecer el diálogo con saberes no científicos pero con raigambre social en el país, para producir, a partir de los consensos, una estrategia educativa que permita a la ciudadanía alcanzar niveles de conocimiento y educación en estas temáticas. Podríamos entonces comenzar a hablar de un consentimiento informado, educado y ciudadano. *Informado*, porque ha tenido acceso a la información disponible sobre los diversos puntos de vista y los debates, sin espacio para el optimismo tecnológico ni para el alarmismo a secas, que se petrifican con la confianza y con el miedo. *Educado*, en tanto tendrá en su centro la educación de la ciudadanía para una participación en la toma de decisiones en áreas tan complicadas como aquellas que tienen que ver con el conocimiento no manejable. Aquí se profundizaría en la educación de los individuos, las comunidades y la sociedad en

su conjunto, y se producirá un aprendizaje colectivo que repercutirá positivamente en la ciencia y su integración a la sociedad en todos sus subsistemas. El prestigio social de la ciencia dentro de un contexto como este se fortalecerá, y su pertinencia social se elevará significativamente. *Ciudadano*, porque no estará centrado en las instituciones y los expertos, sino que los pondrá en función de la sociedad de una manera nueva, que profundizará nuestro proceso social socialista y sentará un precedente invaluable para toda la humanidad. Estará centrado en la comunidad social, en todos sus subsistemas y componentes.

Contribuir a crear las condiciones para transitar de la aceptación tácita desinformada a un consentimiento informado, educado y ciudadano, es uno de los retos más importantes de la comunidad científica cubana en este escenario. Así, el *escenario de deliberación* puede sentar las bases para una transición relativamente rápida hacia un *escenario de responsabilidad*.

Este último superaría el modelo de relación saber-poder centrado en los expertos y las instituciones, y permitiría colocar a Cuba en la avanzada de la comunidad internacional en materia de regulación y participación ciudadana en la toma de decisiones sobre las nuevas tecnologías.

Una comunidad social que puede ofrecer su consentimiento informado, educado y ciudadano sobre las nuevas tecnologías, podrá resolver favorablemente problemas tan agudos como el etiquetado, imposible de ser planteado en un *escenario de aprobación* sin provocar contraposiciones y estigmas. Aún en las condiciones de procesamiento mínimo de los productos agrícolas, Cuba podría mostrar que es posible un etiquetado obligatorio y responsable, y que como parte de un consentimiento ciudadano educado e informado, no afecta el desarrollo y la introducción de nuevas tecnologías, sino que las habilita para contribuir a un mundo mejor. Esto tendría repercusiones positivas en el país, pero también internacionalmente, pues un producto transgénico elaborado en condiciones de manejo sometido a control social rompería con la lógica productivista de las transnacionales y marcaría una diferencia cualitativa notable.

Cuando analizamos la responsabilidad de la tecnología en el escenario de aprobación, el saldo no es positivo. Al evaluar la tecnología del maíz FR-Bt1 tomando en cuenta los cuatro aspectos señalados en el principio de responsabilidad, no encontramos evidencia que permita asegurar preeminencia de pronósticos malos sobre buenos de tal envergadura que veten de manera absoluta la tecnología y justifiquen una acción que detenga su introducción. Pero surgen cuestionamientos importantes con respecto a la consideración de los efectos remotos y a la necesidad de más investigación sobre estos. La consideración de los intereses de los otros tampoco resulta totalmente clara, pues aunque es indudable que la producción nacional de maíz responde a los intereses de la sociedad y a la solución de los problemas productivos y alimentarios, la pregunta por las alternativas muestra que hay mucho terreno que

recorrer antes de estar seguros de que hemos agotado todas las posibilidades y de que esta es la tecnología adecuada a nuestras condiciones.

La falta de un diseño que incluya amplias investigaciones sociales y de impacto colocan el cuarto aspecto —el deber para con el futuro— también sobre un terreno inestable. Cuando consideramos, además, que se trata del primer transgénico producido en el país, y que con él se abren las puertas a esta tecnología, es increíble que no se haya planteado desde las ciencias sociales un diseño de investigación interdisciplinaria que permita ganar claridad sobre este importante asunto. Al analizar la metodología propuesta por D. Schumacher, volvemos a encontrarnos con debilidades relativas al principio preventivo, y se plantean con mayor claridad las debilidades de la tecnología en relación con la escala correcta y la habilitación, pues se trata de un caso típico de tecnología «de arriba hacia abajo». Al responder las cuatro preguntas que lo simplifican, resulta difícil una respuesta unívoca con respecto a la sustentabilidad comunitaria y la seguridad ambiental.

Es factible esperar que la construcción de un *escenario de responsabilidad* —mediante la superación de las debilidades del *escenario de aprobación* y el desarrollo de un debate y educación amplios en el *escenario de deliberación*—, arroje un saldo muy diferente.

Las alternativas a esta transición de escenarios resultan poco prometedoras. La persistencia de un *escenario de aprobación* resulta posible, pero entraña riesgos sociales enormes de degeneración, hacia un escenario de enfrentamientos y conflictos inevitables a largo plazo. Otra alternativa podría consistir en la entrada tímida en un *escenario de deliberación* que diera cabida solo a los científicos en los espacios institucionales, no cumpliera sus funciones educativas y terminara en un estancamiento incapaz de producir el efecto social de crecimiento intelectual y práctico de la ciudadanía. Esta situación no sería muy diferente a la perpetuación de un *escenario de aprobación* y degeneraría finalmente en conflictos.

La alternativa al conflicto y el estancamiento parece encontrarse en una estrategia política de transformación social que haga posible la transición entre los escenarios de aprobación, deliberación y responsabilidad. Pensarlos y propiciarlos es posible, deseable y necesario.

ALIMENTOS TRANSGÉNICOS: ENTRE GRANDES ESPERANZAS E ILUSIONES PERDIDAS

JOSÉ R. ACOSTA SARRIEGO

Doctor en Medicina, Especialista de Segundo Grado en Salud Pública y Profesor Titular de la Universidad Médica de La Habana. Preside el Club Martiano de Bioética de la Sociedad Cultural José Martí.

En mayo de 1994, la agencia federal estadounidense Food and Drug Administration (FDA) aprobó la comercialización del tomate Flavr Svr, creado por la empresa Calgene. La autorización para producir ese vegetal modificado genéticamente fue el prolegómeno de una nueva era agrícola: la biotecnológica. Las imágenes de los enormes y jugosos tomates transgénicos de Calgene fueron difundidas ampliamente por la prensa y despertaron la esperanza en un futuro mediano y factible, en el que los altos rendimientos de los cultivos transgénicos contribuirían decisivamente a la eliminación del déficit en el consumo de alimentos esenciales.

La principal modificación genética introducida al Flavr Svr fue la adición de un gen «antisentido» artificial que evita la síntesis de la proteína responsable de su deterioro después de la maduración, lo que aumentaba ostensiblemente el tiempo disponible para comercializarlo. Desde entonces, se difundió la falacia de que la producción a gran escala de alimentos modificados genéticamente de origen vegetal o animal sería la solución más radical de la desnutrición y el hambre a escala mundial.

En realidad, ese tomate fue un producto temprano de lo que se conoce como la segunda generación de transgénicos, o sea, aquellos organismos modificados genéticamente y diseñados para reducir los costos energéticos, de procesamiento industrial y almacenamiento de la producción agroalimentaria. La primera generación de vegetales transgénicos había surgido en 1982, cuando la multinacional Monsanto logró la primera planta modificada genéticamente. Sus características principales fueron la inducción de tolerancia a herbicidas y la inclusión de genes insecticidas contra determinadas plagas. Ofensiva mediática aparte, ha sido ese tipo de modificación genética

la que ha prevalecido hasta hoy día en las grandes áreas de plantaciones dedicadas a cultivos transgénicos. Resulta innegable que la obtención de vegetales transgénicos, con su «enorme potencial» productivo y comercial, ha devenido uno de los grandes hitos de la nueva genética. Se consumaba así el relevo de la Revolución Verde, que solo pocas décadas antes había generado similares expectativas de bonanza.

Desde sus inicios, la genética estuvo muy ligada al estudio del comportamiento hereditario de plantas y animales con la intención de obtener variedades mejores y más productivas, para trascender así las fronteras de la selección natural y la experiencia empírica milenaria de los campesinos. Gregor Johann Mendel inauguró la llamada «genética de transmisión», al tratar de elucidar lo que denominó «factores» de la herencia a partir de experimentos de polinización cruzada inducida con guisantes que cultivó en el jardín del monasterio agustino de Santo Tomás en Brno. Mendel, que inició su pesquisa en 1856 y la condujo hasta 1863, presentó los resultados en dos conferencias consecutivas dictadas ante la Sociedad de Naturalistas de Brno en 1865 y los publicó un año después. No obstante, sus estudios estuvieron sumidos en el olvido hasta que en 1900 fueron redescubiertos por trabajos independientes de los botánicos Hugo de Vries, Carl Correns y Erch von Tschermak, quienes le confirieron el reconocimiento internacional de haber establecido los principios de la genética como disciplina.

La puesta en práctica de los principios mendelianos de la segregación de caracteres hereditarios marca la irrupción del pensamiento científico en la milenaria agricultura de mejora. La obtención intencional y razonada de variedades más resistentes y productivas, el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, así como la expansión y el perfeccionamiento de la maquinaria agrícola, constituyeron el arsenal tecnológico de la Revolución Verde que se desarrolló intensamente entre las décadas de 1950 y 1970. Independientemente de los incrementos productivos logrados —al costo del uso indiscriminado de agroquímicos, el agotamiento y la compactación de los suelos, así como de la salud humana y medioambiental—, el fracaso de esta promesa reorientó las esperanzas hacia nuevas tecnologías y volvió la vista a la agricultura ecológica.

La falta de soluciones globales ante el incremento de las personas que padecen hambre y las ridículas reducciones de su número propuestas por los organismos internacionales —hasta ahora nunca cumplidas y con un nivel de aspiraciones decreciente—, justifican las fanfarrias con las que fueron recibidas las posibles producciones de alimentos obtenidos a partir de plantaciones extensivas de organismos modificados genéticamente.

En la Conferencia Mundial sobre la Alimentación de 1974, convocada por la FAO —Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, según sus siglas en idioma inglés—, los países participantes se

comprometieron a eliminar el hambre en el mundo en el plazo de diez años. [...] En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en 1996, se planteó un objetivo más modesto, pero no por ello menos retórico: reducir el hambre a la mitad para el año 2015.¹

Pero como ya 2015 parece demasiado cercano en el horizonte, la borrascosa Cumbre Mundial sobre Seguridad Alimentaria y Cambio Climático celebrada en Roma durante junio de 2008, casi desfalleciendo, fijó vagas metas y pálidos compromisos. Según la propia FAO, en 1999 existían 815 millones de personas con hambre,² en 2007 esa cifra frisaba ya los 900 millones, y en 2009 se estima que por primera vez en la historia de la humanidad el número de hambrientos sobrepasó los mil millones. En pleno auge de la agricultura transgénica, el 14% de la población mundial sufre hambre física y, en el caso del África subsahariana, esa proporción se eleva al 42%.

Si bien se ha reiterado que el desarrollo de la agricultura biotecnológica constituiría la solución de los problemas alimentarios de la población mundial, también los hechos han refutado este argumento de forma convincente. La estructura de la producción y comercialización de alimentos transgénicos durante los últimos tres lustros ha concentrado como nunca antes el control del mercado de semillas y agroquímicos en manos de transnacionales de la biotecnología, las cuales han aumentado sus ganancias ostensiblemente. La producción y comercialización de alimentos transgénicos hasta ahora no ha solucionado, ni solucionará a largo plazo, el problema de la malnutrición y el hambre, puesto que está demostrado que el origen de ese problema no es la supuesta falta de alimentos, sino la inequidad económica, social y cultural.

Según estudios recientes, la producción mundial de alimentos básicos de origen vegetal —donde aún predominan los naturales— sobrepasa las necesidades globales. Se confirma así que la esencia del problema radica en las desigualdades en cuanto a la distribución y posibilidades de acceso a los alimentos, las relaciones de propiedad de la tierra cultivable, la falta de financiamiento para los campesinos y comunidades pobres, así como la desbalanceada disponibilidad de tecnología y maquinaria agrícola adecuadas.

Esta situación se ha complicado más debido a los proyectos de convertir cultivos de gran demanda, como la caña de azúcar, el maíz y la soya, en fuentes de combustibles. Sin embargo, la mayoría de los países industrializados, sus consumidores potenciales y promotores principales, carece del área cultivable necesaria para alcanzar las proporciones proyectadas de este tipo de energía renovable, cuyo fin es mantener los hábitos consumistas de la industria automotriz. Para abastecer a las plantas productoras de etanol, se han destinado grandes extensiones de tierra en países del Sur

¹ Claudio Lara Cortés: «Moral de mercado *versus* seguridad alimentaria: una aproximación desde la ética del bien común», *Acta Bioethica*, Año VII, No. 2, 2001, p. 235.

² FAO: *El espectro de la malnutrición*, Centro de Prensa FAO, Roma, 1999.

que tradicionalmente han cultivado granos. Incluso han sido desbrozadas millones de hectáreas de selva virgen en un intento por obtener beneficios económicos a corto plazo, soslayando los impactos negativos sobre el medioambiente. El estímulo a los agrocombustibles, junto al aumento de los costos de la producción agrícola por los fluctuantes precios del petróleo, constituyen las peores amenazas para la seguridad alimentaria mundial. Esta situación ha contribuido a disminuir, de manera desproporcionada y artificial, la accesibilidad de los pobres a los alimentos básicos.

Los casos de la proscrita tecnología Terminator, conocida por sus «semillas suicidas», y de las «semillas adictas» a agentes químicos creados por las mismas empresas que les dieron origen, constituyen ejemplos de la escasa voluntad de las compañías biotecnológicas por resolver los problemas alimentarios de la humanidad. También son muestras de su vocación por obtener ganancias a toda costa, sometiendo a agricultores y consumidores a una total dependencia. Las «tecnologías de restricción del uso genético», que incluyen a Terminator, consisten en una modificación genética que las hace estériles después de la primera cosecha e inhibe su posterior reproducción, lo que obliga al campesino a comprar nuevas semillas para cada ciclo productivo. Esta tecnología se acompañaba de otra análoga, pero más insidiosa, conocida como *Traitor*, que devuelve la fertilidad a las semillas si se utilizan inductores químicos producidos por la misma compañía dueña de las «semillas suicidas».

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) aprobó a la firma Delta & Pine Land Co. en 1998 la primera patente Terminator. Sin embargo, la Convención sobre Diversidad Biológica, celebrada un año después, adoptó una moratoria *de facto* por seis años sobre su escalado productivo, lo que de ningún modo hizo desistir a sus propietarios de la intención de comercializarla.

A principios de 2005 se celebró en Bangkok la décima reunión del Comité Científico del Convenio de Diversidad Biológica. Ese fue el escenario escogido por las transnacionales biotecnológicas para probar fuerzas nuevamente con Terminator. Cabilderos de Monsanto, Delta & Pine, Croplife y PHARMA trabajaron intensamente en esa dirección y contaron para ello con el apoyo cómplice del gobierno de Canadá, que paradójicamente había sido el primer Estado del G-8 en ratificar el Convenio sobre Diversidad Biológica y había aceptado ser la sede de su secretariado. La delegación canadiense tenía instrucciones de expresar en Bangkok la voluntad de Ottawa de levantar unilateralmente la moratoria y presionar la autorización de las pruebas de campo a fin de comercializar Terminator, e incluso de adoptar un lenguaje de confrontación y amenazar con retirarse de las negociaciones intergubernamentales si su propuesta no era aprobada. Aunque los móviles económicos eran evidentes, el argumento formal para levantar la moratoria se sustentaba en una cuestión de bioseguridad, al aducir su condición de semillas estériles después de la primera cosecha y, por tanto, no susceptibles de contaminar a sus congéneres naturales. Después de

intensos debates y tras una fuerte presión internacional, la moción canadiense no progresó y las transnacionales se vieron obligadas a replegarse.³

No obstante la derrota sufrida en Bangkok, la cuestión regresó a la octava reunión de las Partes del Convenio de Seguridad Biológica, que se celebró en Curitiba y donde por unanimidad las delegaciones participantes reafirmaron la moratoria acordada desde 1999. En mayo de 2007 varios parlamentarios canadienses introdujeron un proyecto de ley para prohibir en su país la plantación y comercialización de las semillas Terminator. Los promotores de esa iniciativa argumentaron que se hacían eco de los ingentes reclamos de campesinos, organizaciones sociales e investigadores. Esta fuerte presión legislativa obligó al gobierno a rebajar el perfil de su defensa pública de Terminator. Perder el apoyo canadiense fue un duro golpe para las transnacionales dueñas de las «semillas suicidas», pero con seguridad no será el final de esta puja entre los intereses de mercado y la responsabilidad social.

Estudios realizados a principios de la presente década auguraban que durante el quinquenio 2000-2005, el monopolio de las compañías biotecnológicas sobre el mercado de semillas sería casi absoluto y del «90 al 100% de las semillas comercializadas estarían manipuladas genéticamente; con ello obligarían a los agricultores a comprar semillas todos los años y cancelarían las regalías por concepto de patentes».⁴ Esta predicción se cumplió tempranamente para la multinacional Monsanto, ya que en 2002 el 90% de las semillas que comercializó fue de origen transgénico.

En 2007 sumaban veintitrés los países que poseían plantaciones transgénicas. De ellos, trece son los que Clive James llama «megapaíses biotecnológicos», porque tienen cincuenta mil hectáreas o más dedicadas a esos cultivos. Sin embargo, el grueso de las áreas dedicadas a cultivos transgénicos se concentra en seis grandes países: Estados Unidos, Argentina, Brasil, Canadá, India y China.⁵ De los vegetales modificados genéticamente, la soya, el maíz y el algodón son los más comercializados.

Como la mayor reserva de la biodiversidad se conserva en el Sur, ha sido práctica habitual que las grandes transnacionales del Norte se apropien de este patrimonio genético. Una vez manipulado en sus laboratorios y parcelas experimentales, se convierte en mercancía y constituye un objeto más dentro del intercambio desigual.

La biopiratería representa un eslabón más de la larga cadena de agresiones que venimos infligiendo a nuestro entorno. Los ecosistemas (naturales o

³ Pat Money: «Los nuevos confinamientos: dos estudios de caso en tiempo real», en Jorge Villarreal, Silke Helfrich y Alejandro Calvillo (eds.): *¿Un mundo patentado? La privatización de la vida y el conocimiento*, Ediciones Heinrich Böll. El Salvador, 2005, pp. 30-38.

⁴ María Isabel Manssur: *Biotecnología y bioseguridad: La situación de los transgénicos en Chile*, Fundación de Sociedades Sustentables, Santiago de Chile, 2000, p. 7.

⁵ Clive James: «Global Review of Commercialized Biotech/GM: 2007», ISAAA Briefs (2007), No. 24, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Ithaca, Nueva York, p. 4.

agrícolas) conforman, junto a los humanos, una unidad que es la única garantía que tenemos para sobrevivir en este nuestro planeta. La extracción aislada de un componente del mismo y su comercialización masiva significa un desequilibrio que ya ha demostrado su impacto en diversas oportunidades. Los monocultivos y el uso de agroquímicos que vienen de la mano de la producción agrícola industrial tienen a partir de allí impactos impredecibles en los ecosistemas.⁶

En 2005 la transnacional Syngenta presentó simultáneamente ante la Oficina Europea de Patentes y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos, una solicitud de patente megagenómica que cubría las secuencias de floración de cuarenta especies vegetales.⁷ Este intento fue conjurado entonces por la acción de las organizaciones ecologistas, pero al igual que el caso Terminator, evidencia el verdadero cariz y la voracidad de los consorcios biotecnológicos.

Si la necesidad alimentaria invocada a favor de la agricultura biotecnológica fuera real en un futuro mediato, la humanidad estaría en el deber de correr los riesgos sobre principios de equidad, responsabilidad y precaución. Sin embargo, a la luz de la desigual distribución mundial del consumo y el despilfarro de alimentos en las sociedades centrales, esta justificación, al menos por el momento, parece ficticia, aunque es posible que en el futuro se materialice el pronosticado desequilibrio entre una demanda objetivamente creciente y una producción insuficiente.

En los cultivos vegetales existe mayor experiencia en cuanto al uso a escala comercial de organismos modificados genéticamente. En la ganadería y en la acuicultura esta tecnología, aunque muy divulgada, se ha limitado a experimentos mayormente realizados en la agricultura supertecnificada propia de naciones industrializadas.

La posibilidad de producir animales transgénicos mediante la introducción de ADN exógeno existe desde hace muchos años. Sin embargo, los métodos disponibles hasta el presente para generar animales transgénicos, tales como la microinyección pronuclear o el uso de células madres embrionarias, han sido ineficientes o no han estado disponibles para todos los animales. La transferencia nuclear de células somáticas, recientemente introducida, representa un procedimiento alternativo para crear animales transgénicos, y supera muchas de las limitaciones de otros métodos.⁸

⁶ Camila Montecinos y Carlos A. Vicente: «Naturaleza, conocimiento y sabiduría», en Jorge Villarreal, Silke Helfrich y Alejandro Calvillo (eds.): Ob. cit. (en n. 3), p. 212.

⁷ Pat Money: Ob. cit. (en n. 3), p. 32.

⁸ Pablo Boch, Craig A. Hodges y Steven L. Stice: «Generation of Transgenic Livestock by Somatic Cell Nuclear Transfer», *Biotechnología Aplicada*, No. 21, 2004, p. 128. Traducción propia.

Las nuevas posibilidades del uso de esa tecnología en la ganadería de transgénicos beneficiarán la producción de leche, la progresión de crecimiento y el volumen de la masa muscular, la resistencia a enfermedades, la fertilidad y la capacidad reproductiva. Por otra parte, las aplicaciones biomédicas de importancia terapéutica incluirán la concentración de proteínas en la leche, como $\alpha 1$ antitripsina, para el tratamiento de la fibrosis quística; factores de la sangre, como antitrombina III, factor IX y fibrinógeno para el control de trastornos hemáticos; albúmina humana necesaria en la solución de quemaduras extensas; y animales donantes para xenotrasplante.⁹

La obtención de mamíferos superiores a través de la biotecnología, como las ovejas Dolly y Polly, los monos rhesus, el ternero Míster Jefferson o las vacas y tigres del Dr. Hwang, tienen el poderoso atractivo de acercar las cotas tecnológicas al humano. Sin embargo, los peces transgénicos, como el salmón y la tilapia, por su viabilidad comercial y la manera en que tendrían que ser liberados al medio, constituyen un peligro más inmediato para la biodiversidad, pues sencillamente resultan incontrolables una vez que ingresen al hábitat natural. Por otra parte, la temprana muerte de Dolly, a principios de 2003, ha hecho dudar aun a su propio creador, Ian Wilmut, sobre la capacidad real de supervivencia de los mamíferos clonados.

Sobrepasar las barreras que impone la evolución al intercambio biológico entre las especies, es otra aspiración que la tecnociencia contemporánea está concretando y que ya nos ha dado las primeras señales de alerta. Desde la detección en 1994 del primer caso de la encefalopatía espongiiforme bovina, llamada «mal de las vacas locas», esta enfermedad ha recibido una gran atención. No solo por el dramatismo con que agonizan y mueren los animales afectados y el peligro que representa para el mercado ganadero en los principales productores, sino también porque se relaciona con un problema de salud humano: el Síndrome de Creutzfeldt-Jacob o encefalopatía espongiiforme humana, que es contagiada a las personas por las vacas. El «mal de las vacas locas» tuvo su origen en las prácticas de la ganadería intensiva y altamente tecnificada. Surgió con el fin de obtener extraordinarios rendimientos en el menor tiempo posible a través del empleo de desechos de carne ovina para alimentar a los animales, con lo que se violentaba el carácter herbívoro de la nutrición del ganado vacuno.

El «mal de las vacas locas» puso de manifiesto las nefastas consecuencias de transgredir ciertos límites naturales de la cadena alimenticia, cuando los intereses del mercado se sobreponen irresponsablemente a la salud pública y al equilibrio

⁹ Ibid., p. 134.

medioambiental.¹⁰ Además, confirmó los experimentos de Carleton Gajdusek en cuanto a la capacidad que poseen las infecciones de franquear la barrera de las especies. A la vez se corroboró el papel del nuevo agente patológico descubierto por Stanley B. Prusiner en la década de 1980: la proteína resistente a la proteasa (PrP) como responsable de la destrucción del sistema nervioso central durante el proceso de las encefalopatías espongiiformes, lo que contradujo abiertamente la creencia generalizada hasta ese momento de que las infecciones eran transmitidas solo a través de ARN o ADN.

Mientras en los animales las manipulaciones genéticas han estado encaminadas fundamentalmente a acelerar el proceso de crecimiento, en el caso de los vegetales las modificaciones introducidas al genoma de los cultivos han estado relacionadas con su resistencia a plagas y herbicidas.

[el] 77% de los cultivos transgénicos plantados comercialmente en 2001 estaban manipulados con una sola característica: la tolerancia a herbicidas patentados por la compañía que vendió las semillas. Del resto, el 15% fue manipulado para ser plantas insecticidas, introduciéndoles el gen de la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), y el 8% restante fue una combinación de ambas características. O sea, dos características de modificación genética totalizan el área plantada comercialmente en el mundo.¹¹

Desde la liberación de los cultivos transgénicos en 1994, el número de hectáreas dedicadas a ellos ha crecido rápidamente y ya suman decenas de millones. O sea, estamos ante un hecho consumado y difícil de revertir en las circunstancias económicas y sociales actuales. Entre 1996 y 2001 las áreas dedicadas a cultivos transgénicos aumentaron de 1,7 millones de hectáreas a 52,6 millones.¹²

En 2007 el área cultivada de transgénicos fue un 22% mayor con relación al año precedente —un incremento de 26 millones de hectáreas—, y alcanzó los 143 millones. Solo en los Estados Unidos se registraron 57,7 millones, es decir, una cifra superior a las plantadas en todo el mundo seis años atrás.¹³ El aumento de las plantaciones transgénicas entre 2006 y 2007 casi duplica la media histórica de los doce años precedentes, que fue de un 12% anual (12,3 millones de hectáreas anuales). En

¹⁰ José Miguel Vera Lara: «El “mal de las vacas locas”. Un tema de bioética en los nuevos escenarios», *Acta Bioethica*, Año VII, No. 2, 2001, pp. 226-227.

¹¹ Peter Rosset: «El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: ¿Una tecnología adecuada?», en Heinke Corina (comp.): *La vida en venta: Transgénicos, patentes y biodiversidad*, Ediciones Heinrich Böll, El Salvador, 2002, p. 120. [Incluido en el presente volumen. *Nota de los editores*].

¹² Clive James: Ob. cit. (en n. 6).

¹³ *Ibid.*, p. 3.

esta progresión exponencial, mucho ha tenido que ver la demanda de materia prima para la producción de etanol. En noviembre de 2007 el gobierno brasileño anunció que en el cuatrienio siguiente dedicaría 23 000 millones de dólares para un «Plan de acción para la ciencia, la tecnología y la innovación», y uno de los pilares de ese plan es el apoyo a la biotecnología y los biocombustibles.

Sin embargo, los resultados de la anunciada prosperidad de los cultivos transgénicos han sido contradictorios. Y si bien en esos cultivos ha disminuido la necesidad del uso de pesticidas, han requerido un mayor uso de herbicidas por la polinización cruzada de sus genes resistentes con las especies naturales circundantes. Informes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de 1998 y 1999 reportaron un decrecimiento del 6,7% en los rendimientos por hectárea de la soya transgénica, a la par que se incrementó la demanda de herbicidas hasta cinco veces. Publicado en 2007, un informe del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA), prolijo en cuanto a las áreas cultivadas y las ganancias monetarias, no es explícito con relación a los rendimientos productivos globales. Las ganancias pueden estar aumentando por el mayor volumen de alimentos transgénicos comercializados y el elevado control del mercado por parte de las transnacionales biotecnológicas, y no precisamente por registrarse excepcionales rendimientos productivos.

De persistir la estructura agrícola internacional actual, estaríamos presenciando un dilema parecido al de Ulises ante Escila y Caribdis: los cultivos extensivos naturales necesitan grandes volúmenes de plaguicidas y herbicidas, y los transgénicos de estos últimos. Por tanto, ambas cosechas pueden provocar toxicidad al consumo, y tal vez los rendimientos no sean tan espectaculares como para justificar los riesgos que se corren con la liberación de los transgénicos al medioambiente. Únicamente la prudencia puede lograr el debido equilibrio.

Según Úrsula Oswald Spring,¹⁴ los principales daños potenciales para la salud humana debido a la ingesta sistemática de organismos modificados genéticamente son:

- Toxicidad aguda y crónica por ADN recombinante contaminado.
- Inestabilidad de genes implantados y producción involuntaria de tóxicos.
- Alergias, sobre todo en niños.
- Resistencia a antibióticos.
- Debilitamiento del sistema inmunológico.
- Efectos acumulativos que producen procesos degenerativos en los tejidos.

¹⁴ Úrsula Oswald Spring: «El reordenamiento de la naturaleza: Impactos ambientales y sociales de los transgénicos. Transgénicos: ¿Una panacea o una amenaza?», en Heinke Corina (comp.): Ob. cit. (en n. 11), p. 64.

- Desequilibrios hormonales debido a hormonas residuales de plantas y animales transgénicos destinados a la alimentación humana.
- Efectos secundarios aún desconocidos.

La propia autora¹⁵ señala otras repercusiones agrobiológicas que pudieran ocasionar serios daños al ambiente y a la producción de alimentos:

- Resistencia a otros agroquímicos, específicamente plaguicidas, incluidos los naturales.
- Polinización indeseada.
- Hibridación con especies silvestres.
- Reducción de la biodiversidad por proliferación de organismos modificados genéticamente.
- Muerte de la fauna silvestre.
- Afectación de la cadena alimentaria.
- Destrucción de la reacción autoinmune de las plantas.
- Reducción de microorganismos en los suelos.
- Contaminación genética por nuevos virus y bacterias.
- Resistencia a insectos y creación de superinsectos.
- Surgimiento de nuevas plagas difíciles de controlar (superplagas).
- Resistencia de plantas a antibióticos y tratamientos tradicionales.
- Riesgos desconocidos por cúmulo de factores que se refuerzan entre sí y afectan la biodiversidad.

Un cultivo transgénico resistente a herbicidas pudiera convertirse en supermaleza, invadir extensas áreas, quedar fuera de todo control y dañar a las plantaciones nativas. ¿Existen alternativas tecnológicas que permitan prescindir o reducir el uso de cultivos transgénicos ante la certeza de un incremento de la población del planeta, cuya capacidad de carga límite (10 000 millones de personas) puede sobrepasarse antes de la mitad del presente siglo?

Tanto los defensores de la agricultura orgánica como los de la biotecnológica, pecan de optimismo en ese sentido. En caso de mantenerse los patrones de consumo primermundistas y la estructura del mercado internacional, ni siquiera la anunciada panacea biotecnológica libraría a la humanidad de la crisis alimentaria y de la hambruna. Las conmovedoras escenas que recorrieron el mundo y nos enfrentaron al desborde del drama cotidiano haitiano como consecuencia de los tres huracanes que asolaron el Caribe durante el verano de 2008, se multiplicarán por los oscuros parajes

¹⁵ *Ibid.*, p. 65.

del planeta que ya hoy padecen hambre. El egoísmo propio del modelo económico imperante interfiere cualquier ejercicio de la razón.

La concentración y la transnacionalización del capital son circunstancias que prevalecen en los fines ocultos del uso comercial de la manipulación génica. Unas pocas compañías gigantes de la biotecnología —Monsanto, Bayer, BASF, DuPont y sus megafusiones, como Syngenta (la rama agraria de Novartis más AstraZeneca) y Aventis (Hoechst más Rhône Poulent)— o subsidiarias, se disputan el mercado internacional de los organismos modificados genéticamente, dictan las pautas mercadotécnicas, las líneas de investigación y producción, a la vez que seducen o someten a los gobiernos del Norte y del Sur para evadir, violentar o incluso evitar que se aprueben regulaciones. En fin, un poder irresponsable dominado por el único afán de las ganancias como patrón de éxito.

Baste recordar la acérrima oposición del Grupo de Miami a la firma del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad Biotecnológica, resultado de la Cumbre de la Tierra. Este Grupo, compuesto por los Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina, Chile y Uruguay, centró su reparo al Protocolo de Seguridad Biotecnológica en evitar que se incluyera el principio de precaución relacionado con el movimiento de organismos vivos modificados genéticamente, en especial los que constituían objeto del protocolo: semillas y animales domésticos. Otra aspiración del Grupo de Miami era subordinar la observancia del protocolo a la Organización Mundial del Comercio. Pese a esta oposición, el documento definitivamente se firmó en Montreal en el año 2000, incluyendo el principio de precaución, el cual estipula que cuando haya peligro de daño grave o irreversible sobre la biodiversidad, la certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces que impidan la degradación del medioambiente, aduciendo sus posibles costos.

Gilberto Cely Galindo, en uno de sus aportes a la segunda edición de esa obra pionera que es *El horizonte bioético de las ciencias*, expresó:

Todos los seres vivos —vegetales, animales y humanos— tenemos derecho a la vida y a la calidad de vida. Este derecho es inherente a la vida misma, como un logro inalienable de la materia altamente organizada a través de una larguísima evolución físico-química constitutiva de leyes biológicas que valen por sí mismas y merecen respeto. [...] La propiedad y el uso privado de los recursos naturales son éticamente inaceptables. El bien común y universal prima sobre los derechos territoriales, sean personales o estatales, porque todos los ecosistemas conforman uno macroestructural [...].¹⁶

¹⁶ Gilberto Cely Galindo: «Ecología humana, nueva urdimbre para el discurso ético», en Gilberto Cely Galindo (ed.): *El horizonte bioético de las ciencias*, Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1995, pp. 362-364.

Llama la atención cómo Cely Galindo, ya en 1995, aplica términos propios del pensamiento complejo al análisis del patrimonio biológico de la humanidad, así como el concepto de comunes, que hoy día es objeto de profunda reflexión por parte de la ecología política. Los recursos genéticos constituyen un bien común que trasciende los derechos patrimoniales, incluso de los Estados nacionales. El intento de privatizarlos remeda el movimiento de los cercados de tierras comunales que tuvo lugar en Inglaterra entre los siglos xv y xix.

Desde el punto de vista de un economista, el dato más significativo sobre el movimiento de los cercados es que funcionó: este régimen nuevo de propiedad permitió la expansión de las posibilidades productivas. Al transferir la tierra común, ineficientemente administrada, a manos de un solo propietario, el confinamiento apartó el exceso de uso de las tierras comunales, denominado oportunamente como «tragedia». También creó los incentivos para la inversión a gran escala, permitió el control de la explotación y, en general, aseguró que los recursos se emplearan sin desperdicio. [...] Como resultado del movimiento de los cercados fallecieron menos ingleses de hambre, ya que se plantaron más granos y criaron más corderos... literalmente se salvaron vidas, sin embargo, el movimiento de los cercados impuso devastadores costos en un segmento de la sociedad. Algunos, brutal y despiadadamente «importantes», como la conversión de campesinos y terratenientes en peones, obreros asalariados de temporada, o simplemente, como dice Tomás Moro en su *Utopía*, en pordioseros y ladrones. Pero fue más difícil clasificar otros daños, como la pérdida de un estilo de vida y el despiadado poder de la lógica del mercado para emigrar hacia lugares nuevos, perturbando las relaciones sociales tradicionales, la concepción del ser y hasta la relación del ser humano con el medioambiente.¹⁷

Aquella revolución tecnológica y de las relaciones de propiedad propició un incremento notable de la productividad de la tierra, pero no cambió la situación de explotación de los campesinos, al contrario, la aumentó. Por lo tanto, que un modelo determinado funcione desde el punto de vista económico, no quiere decir que lo logre en el plano social.

Según el reporte de 2007 del ISAAA, durante el decenio 1996-2006 las ganancias aportadas por la agricultura biotecnológica fueron de 34 000 millones de dólares (16 500 de ellos para los países productores en vías de desarrollo). Aproximadamente

¹⁷ James Boyle: «Las ideas cercadas: El confinamiento y la desaparición del dominio público», en Jorge Villarreal, Silke Helfrich y Alejandro Calvillo (eds.): Ob. cit. (en n. 3), pp. 40-41.

en el mismo período, el número de hambrientos en el mundo creció alrededor de cien millones de personas. Al igual que en el caso de los cercados de tierras, con los nuevos cercamientos simbolizados en los cultivos transgénicos se reitera que el incremento global de los rendimientos y las ganancias no se revierte sobre los más necesitados. Y ello no solo porque los países más pobres estén marginados de estas tecnologías —y lo serán más en la medida en que se privatizan los recursos genéticos—, sino porque el intercambio desigual no se eliminará con una mayor productividad de la agricultura biotecnológica.

Ante las insistentes críticas de la opinión pública, las compañías han tratado de conferir una imagen diferente de la tercera generación de transgénicos, haciendo hincapié en sus propiedades nutritivas, suplementarias y medicinales. Pretenden que los consumidores los perciban como medicamentos y alimentos biofortificados.

Con la tercera generación, será imposible distinguir las líneas divisorias entre granjas y farmacias, alimentos y medicinas. La generación 3 incluirá nutracéuticos y alimentos funcionales, o sea, productos alimentarios que se afirmará tienen un «valor agregado» desde el punto de vista nutricional o de salud. Es posible que veamos alimentos con ácidos grasos omega-3 para la prevención de enfermedades cardiovasculares, lechugas con vitamina C, maíz con hierro para combatir la anemia y muchos más. Actualmente muchos productos con agregados minerales y vitaminas ya existen en el mercado, pero no son modificados genéticamente. Los gigantes genéticos se proponen reemplazar muchos de estos productos por transgénicos.¹⁸

Un controvertido ejemplo de estos nuevos transgénicos es el denominado «arroz dorado». Rico en vitamina A, se presenta como remedio contra la desnutrición, enfermedad carencial que afecta a más del 40% de la población mundial, en especial a mujeres y niños, y es precisamente la insuficiencia de vitamina A (IVA) una de sus principales causas.

El arroz enriquecido con vitamina A fue presentado en sociedad por la revista *Science*, en su edición de agosto de 1999. Esta variedad de arroz manipulado genéticamente produce betacaroteno en su endosperma, dándole la pigmentación amarilla característica que le ganó el nombre de «arroz dorado». Toda la investigación y desarrollo de esta variedad se realizó con fondos de la Fundación Rockefeller y la Unión Europea y, puesto que se hizo fuera del ámbito

¹⁸ Silvia Ribeiro y Grupo ETC: «El poder corporativo de las nuevas generaciones de transgénicos», en Heinke Corina (comp.): Ob. cit. (en n. 11), pp. 122-123.

empresarial privado, el «arroz dorado» se ha convertido en la herramienta perfecta y oportuna de relaciones públicas que tanto necesitaban los promotores de la ingeniería genética [...]. A pesar de toda la publicidad, la promesa de este arroz de terminar con la IVA aún está lejos de cumplirse. [...] A pesar de haber sido financiado con fondos del sector público, el «arroz dorado» es en gran medida un producto de empresas privadas. Hay por lo menos seis patentes involucradas en el desarrollo de esta variedad de arroz transgénico que cubren procesos, genes y promotores ya previamente patentados. Además, los equipos de investigación del Instituto Tecnológico Suizo, en Zúrich, y de la Universidad de Friburgo, Alemania, ya presentaron una solicitud de patente que cubre el proceso de inserción de la vía metabólica para producir el beta-caroteno en las semillas.¹⁹

Como consecuencia de estas pujas patrimoniales, parece alejarse en el horizonte la promesa de que las semillas del «arroz dorado» llegarían a los productores libres de regalías por concepto de patentes. Además, resulta del todo contradictorio que en amplias zonas geográficas asoladas por la desnutrición, como el Sur y el Sudeste de Asia, se apele a este arroz transgénico cuando es perfectamente posible alcanzar allí una dieta de productos naturales ricos en vitamina A si existiera mayor justicia y equidad social.

En poco más de un cuarto de siglo la humanidad ha sido testigo del surgimiento de tres generaciones de organismos modificados genéticamente, incluso los de origen vegetal ya han escalado una producción comercial importante dominada por los grandes gigantes biotecnológicos. En estas circunstancias de anarquía e impunidad, no puede producirse con seriedad la impostergable evaluación del papel de esos organismos en el desarrollo futuro de la civilización del conocimiento.

Durante el período 1996 a 2007, la proporción de la superficie mundial destinada a cultivos biotecnológicos de los países en desarrollo ha ido en constante aumento año tras año. En 2007, el 43% de la superficie agrotecnológica mundial (frente al 40% en 2006), equivalente a 49,4 millones de hectáreas, estaba en países en desarrollo, donde el crecimiento entre 2006 y 2007 había sido mucho mayor (un 21% u 8,5 millones de hectáreas) que en los países industrializados (un 6% o 3,8 millones de hectáreas).²⁰

¹⁹ Peter Rosset: «El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: ¿Una tecnología adecuada?», en Heinke Corina (comp.): Ob. cit. (en n. 11), pp. 101-103. [Incluido en este libro. *Nota de los editores*.]

²⁰ Clive James: Ob. cit. (en n. 6).

Argentina se incorporó al mercado de los transgénicos en 1996 y produce fundamentalmente soya Roundup Ready (rr), algodón Bt y maíz resistente a insectos. Durante el período 1998-2007, entre los tres cultivos se obtuvieron ganancias de 20 200 millones de dólares.²¹ Durante 2008 los grandes propietarios agrícolas argentinos sostuvieron una puja contra el gobierno de ese país, dado su desacuerdo con los impuestos sobre las ganancias establecidos para revertir estos recursos en programas sociales de apoyo a los menos favorecidos. Este es un ejemplo significativo de que los beneficios de la agricultura biotecnológica no necesariamente se reparten de forma equitativa entre todos los que comparten los riesgos potenciales de su práctica extensiva.

La diversidad cultural también ha sufrido con la implantación de un modelo agrícola extensivo altamente tecnificado. En lugar de ser conservado y aprovechado en todas sus posibilidades, el etnoconocimiento está desapareciendo.

Los conocimientos tradicionales constituyen un aporte sustantivo en la cadena de producción farmacológica y biotecnológica. Sin embargo, a pesar de que se han hecho esfuerzos para alcanzar acuerdos acerca de la conservación, como el Convenio de Diversidad Biológica, no se tratan las cuestiones de diversidad en forma holística, sino muy fragmentada en asuntos técnicos, con énfasis en valores comerciales; no tienen en cuenta las inequidades y preocupaciones de los pueblos indígenas, su derecho a la autodeterminación ni su derecho colectivo sobre conocimientos tradicionales y recursos naturales.²²

Si la humanidad no puede renunciar a los usos agrícolas de las biotecnologías, ¿cómo es posible entonces aplicar con responsabilidad el principio precautorio en el contexto de una economía global ávida de ganancias y carente de escrúpulos? ¿Cómo discernir con un margen razonable de bioseguridad aquellas aplicaciones destinadas a la producción de alimentos que no comprometan la salud humana y no agredan irreversiblemente la biodiversidad?

La consideración del impacto de los avances biotecnológicos en la salud humana como fenómeno global, pasa necesariamente por el tamiz del análisis del equilibrio medioambiental. La confluencia de estas ideas, más allá de su derrotero ético-filosófico, es esencial para la búsqueda del mínimo moral de la cultura de la supervivencia que enunció Van Rensselaer Potter.

²¹ *Ibíd.*, p. 8.

²² Sandra Herrera Vásquez y Eduardo Rodríguez Yunta: «Etnoconocimiento en Latinoamérica. Apropiación de recursos genéticos y bioética», *Acta Bioethica*, Año X, No. 2, 2004, p. 185.

Ahora bien, transgénicos: ¿sí o no? Al resumir las ideas hasta aquí expresadas, estoy en la obligación de precisar que, en mi criterio, la manipulación genética no es un pecado ético. Hay un recurrente argumento enarbolado por los críticos de las biotecnologías acerca de que la creación de los organismos modificados genéticamente «viola la integridad de las especies que han habitado sobre la Tierra durante millones de años».

Hay especies que habitan hoy día nuestro planeta que compartieron el mesozoico con los dinosaurios y han visto aparecer y desaparecer otras especies animales y vegetales; ejemplos de adaptación de unas e inadaptación de otras. La aparición y desaparición de especies, como respuesta adaptativa a los cambios en los ecosistemas, es un proceso natural. El surgimiento de una nueva especie, aunque sea de origen biotecnológico, no afecta *per se* la integridad natural si se introduce de manera que permita la adaptación del ecosistema, dado que su inducción artificial es un proceso inverso al que ocurre naturalmente.

El problema está en que durante cerca de tres lustros de práctica extensiva de cultivos modificados genéticamente, su aplicación ha sido tan galopante e indiscriminada, en tanto se han constituido en fuente de pingües ganancias, que ese modo de actuar irresponsable es el que viola la integridad biológica de las especies vivas y de otros elementos que conforman el conjunto del gran ecosistema que es la biósfera.

Existen pruebas de efectos indeseados y daños ocasionados por alimentos transgénicos a partir de conductas irresponsables de los productores, como sucedió con la compañía Novartis, que en 1995 debió retirar del mercado la soya tratada con genes de nuez de Brasil por las reacciones alérgicas que provocó. O por parte de agricultores, como sucedió con el caso denunciado por Greenpeace en 2001 sobre el maíz transgénico sembrado a campo abierto y mezclado con el maíz natural en México, debido a la indolencia de importadores y autoridades aduaneras. Otro caso es el de la proteína StarLink, originalmente aprobada a la compañía Aventis solo para el consumo animal debido a su alto efecto alérgico sobre las personas, y que fue detectada en diversos productos de la marca Kraft comercializados para consumo humano. Cuando este hecho fue denunciado por organizaciones ecologistas, 2,5 millones de cajas de estos alimentos fueron retiradas del mercado.

No es mi intención pormenorizar los hallazgos negativos. Solo quiero resaltar que la conducta temeraria en relación con el uso de organismos modificados genéticamente puede provenir de diferentes agentes, sean productores, comercializadores o autoridades. Actuar con responsabilidad es la única alternativa sensata, y aplicar la metodología propuesta por Hans Jonas en *El principio de responsabilidad* se erige como una posible vía para lograrlo.²³ Analicemos pues la cuestión de estos organismos utilizando los cuatro pasos propuestos por este filósofo judío:

²³ Hans Jonas: *El principio de la responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Empresa Editorial Herder S.A., Barcelona, 1995.

- *Representación de los efectos remotos:* En términos de actuación, se requiere elaborar procedimientos estandarizados para evaluar no solo los riesgos de liberación, sino también el impacto ambiental de los organismos modificados genéticamente a mediano y largo plazo.
- *Preeminencia de los pronósticos malos sobre los buenos:* Si los estudios de evaluación de los riesgos ofrecen un margen razonable de previsión de efectos adversos, debe aplazarse el proyecto hasta tener mayor información o suspenderlo definitivamente, si estos efectos adversos son confirmados.
- *La consideración de los intereses de los otros:* La determinación de las verdaderas necesidades de la sociedad contemporánea, superando la imaginiería del mercado, es esencial para emprender proyectos biotecnológicos realmente pertinentes.
- *El deber para con el futuro:* Ser responsable para con el futuro es serlo con el presente, satisfacer las necesidades objetivas del presente sin comprometer las de las generaciones futuras. Esto significa que la investigación, escalado y comercialización de los organismos modificados genéticamente deben enmarcarse en un proyecto general de desarrollo económico y social sustentable.

Llevar a la práctica esta metodología no es tarea sencilla. A principios de la década de 1960, Edward Norton Lorenz demostró la imposibilidad de establecer pronósticos meteorológicos a largo plazo. Aunque los supuestos teóricos establecidos por este iniciador del pensamiento complejo se mantienen vigentes, ese tipo de predicción a corto y mediano plazo ha ido alcanzando mayor precisión. El problema es que el pronóstico relacionado con el impacto ambiental de la modificación genética tiene que ser necesariamente a largo plazo. ¿Cómo resolver esta contradicción? No queda otra alternativa que tratar de acercarse lo más que se pueda a un pronóstico científico y razonablemente aceptable.

Para conocer el probable impacto ambiental de un organismo modificado genéticamente es necesario considerar dos variables imprescindibles: tiempo necesario para su incorporación adaptativa al ecosistema y pronóstico a largo plazo de sus interacciones con el medio natural, e incluso con sus congéneres concomitantes. Las investigaciones sobre el impacto ambiental de los transgénicos representan una exigua porción en el contexto de la biotecnología contemporánea, impelida por los intereses económicos a buscar resultados de rápida aplicación y explotación.

Recientemente los medios de comunicación cubanos anunciaron que el país se sumará a la producción de cultivos transgénicos, en particular con la plantación de maíz FR-Bt1, obtenido por el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), y que será cultivado en diferentes áreas agrícolas del país. Lograr soberanía alimentaria es una cuestión de seguridad nacional. De ello depende en gran medida

la supervivencia de nuestro proyecto social en el plano económico. Sin embargo, el incremento de la producción de alimentos no depende necesariamente del tipo de semilla que se siembre, sino de otros factores que han sido reiteradamente señalados por la dirección del país.

A nivel internacional, Cuba ha sido pionera en el debate público sobre el uso de las biotecnologías, cuyo punto de partida puede considerarse que fue el *Coloquio sobre problemas filosóficos de la medicina*, desarrollado en el Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas Victoria de Girón entre 1983 y 1987. En 1999, la Editorial Elfos del CIGB convocó al Primer Taller Nacional sobre Organismos Modificados Genéticamente, que alcanzó una amplia convocatoria, más allá incluso de la propia comunidad científica, y cuyos resultados fueron publicados de manera completa y detallada en un número especial de la revista *Biotecnología Aplicada*.

Un paso tan trascendental como el que se está dando ahora, debió haber seguido ese mismo derrotero, no porque considere improcedente el apelar a la agricultura biotecnológica, sino porque ante los problemas organizativos y de recursos materiales que confronta la producción agroalimentaria en Cuba —estos últimos agravados por los efectos de la actual crisis económica internacional—, no es el momento más oportuno para adentrarnos en un tipo de cultivo que obliga al cumplimiento de requerimientos muy precisos a fin de observar el principio de precaución.

Plantar cultivos transgénicos no es exclusivamente una cuestión científico-tecnológica, productiva o de decisiones gubernamentales. Hubiese sido una actitud más prudente esperar a que la profunda reorganización de la agricultura y de la economía cubana en su conjunto que tiene lugar actualmente, empiece a dar sus frutos y con ellos la creación de mejores condiciones técnico-materiales que permitan decidir si se asume o no este nuevo tipo de cultivo. Entretanto, pudiera realizarse un amplio debate público sobre el tema, del cual tenemos ya una positiva experiencia previa.

El ejercicio del principio precautorio solo es posible con la debida información en las instancias de deliberación y participación social. Esta cuestión es de tal envergadura para el futuro de la humanidad que no puede quedar solo en manos de entidades productoras, sean ellas de carácter privado o público, por lo que crear conciencia ciudadana al respecto es un deber de los políticos, la comunidad científica y los medios de difusión masiva.

Mientras en nuestro país la anunciada plantación de maíz FR-Bt1 es el primer paso en la introducción a gran escala de estas biotecnologías a la producción agrícola, con el loable fin de aumentar sus rendimientos y con ello las posibilidades nutritivas de la población bajo un régimen justo de su distribución; en el contexto internacional tres grandes destinos esperan a las plantas transgénicas en el esquema del comercio mundial: los biocombustibles, la alimentación animal y el consumo de las personas en los países y poblaciones pobres y desinformadas.

Sin una acción solidaria de los humanos entre sí y con el resto de las especies vivas y el mundo natural en el que todos habitamos, no se logrará justicia y equidad en cuanto a la calidad de vida de todos los habitantes del planeta, pero tampoco se podrá conjurar el holocausto ecológico. Para lograr ese propósito, resulta imprescindible subvertir la aspiración de progreso material que nos ha legado el modelo capitalista predominante como medida del éxito individual, corporativo y social. Es necesario superar los hegemonismos a través de una cultura de paz y de diálogo como vía de solución de los conflictos y concertación de sus posibles soluciones. Parece una utopía, pero es el único camino posible de la supervivencia de nuestra especie, abocada al agotamiento de su hábitat natural.

DIVERGENCIA DE ENFOQUES ENTRE AGROECOLOGÍA Y TRANSGÉNICOS

FERNANDO R. FUNES-MONZOTE

Dr.C. Agroecólogo, investigador de la Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas.

Para iniciar este ensayo, en busca de los modelos agrícolas más apropiados para Cuba, es preciso conocer que en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la sociedad existen apreciables diferencias entre las contradicciones antagónicas y no antagónicas.¹ Entre otras muchas contradicciones que se suscitan en una sociedad como la cubana, en constante cambio (revolución), ha irrumpido en la escena el tema de los transgénicos. Su llegada, no por avisada, es menos polémica, en especial porque ocurre justo cuando en el país se fortalece un modelo agroecológico que podría lograr la sostenibilidad de la agricultura a mediano y largo plazo. Este modelo ha sido construido de manera sistemática durante casi veinte años con la participación de la población rural y urbana.

La introducción de variedades transgénicas, además de los riesgos probados y probables, entra en contradicción con cuatro principios fundamentales de la agroecología:

¹ «El rasgo característico de las contradicciones antagónicas estriba en que en el proceso de su desarrollo, se agudizan, se hacen más hondas y la lucha entre ellas llega hasta el conflicto agudo. [...] Las contradicciones no antagónicas expresan las que se dan no entre clases enemigas, sino entre clases y grupos sociales que poseen, además de contradicciones entre sí, una comunidad de intereses esenciales. [...] Las contradicciones no antagónicas no se superan mediante una encarnizada lucha de clases, sino a través de la transformación gradual y planificada de las condiciones económicas y de otra índole que las originan. Estas contradicciones, como las demás, cualesquiera que sean, también se superan por medio de la lucha de lo nuevo contra lo viejo, de lo progresivo contra lo atrasado, de lo revolucionario contra lo conservador. Con el cambio del carácter, del contenido de las contradicciones, cambian solo las formas de su superación. Pero la contradicción como ley del desarrollo no desaparece bajo el socialismo. Antagonismo y contradicción no son de ningún modo una misma cosa. El primero desaparece bajo el socialismo; la contradicción persiste». (*Recopilación leninista*, 1929, tomo XI, p. 357).

la diversidad, la heterogeneidad, la innovación local y la autogestión. También se contradice con el momento histórico que vive el país, signado por una agricultura más enfocada en los recursos locales y la descentralización de las estructuras y las decisiones. El uso de paquetes tecnológicos prediseñados, que dejan poco o nada a la creatividad de los agricultores en medio de un contexto tan cambiante y dinámico, aumenta la incertidumbre de los sistemas de producción agropecuarios y los torna frágiles, dependientes e insostenibles. No se puede entender por qué tomar un camino tan riesgoso como incierto y cuestionable, cuando disponemos en Cuba de otras alternativas.

La principal contradicción que subyace en este debate es entre lo nuevo y lo viejo, pero no siempre queda definido con claridad qué es lo nuevo y qué es lo viejo. Esta contradicción, por ineludible, requiere de un análisis constructivo, participativo, inclusivo y transdisciplinario para encontrar las mejores soluciones. Aunque la ingeniería genética se muestre como «lo nuevo» —podría ser una tecnología novedosa, como también lo son muchas prácticas agroecológicas—, en realidad representa el renacer de la vieja idea agrícola caracterizada por el monocultivo, la homogeneidad y la centralización. Es continuidad de un modelo agrícola industrial con el que se lograron significativos avances en la producción de alimentos en el mundo durante la segunda mitad del siglo xx, pero que hace años quedó agotado. Este modelo se ha mantenido como política predominante a pesar de su responsabilidad comprobada en el deterioro del medioambiente, así como sus efectos negativos sobre la salud humana.² Incluso, a pesar de su progresiva inviabilidad económica y energética, ha sido sostenido mediante especulación y subsidios. Las externalidades producidas por el modelo industrial que la agricultura de los transgénicos retoma, cuestan a la sociedad de hoy y de mañana más de lo que puede pagar. En cambio, la agroecología emerge como un nuevo modelo —aunque se relacione a menudo con lo viejo y lo atrasado—, en el que aún se ha investigado poco y que, sin embargo, tiene un inmenso potencial.

En este texto se analizará cómo todavía quedan muchos recursos que son despreciados por el modelo industrial de agricultura. Entre ellos se encuentran la diversidad genética y tecnológica, en contraposición al monocultivo; la adaptación a la heterogeneidad de los ambientes climáticos y edafológicos, en sustitución de la visión homogénea de los sistemas productivos; y el uso de los recursos locales en una concepción integrada y participativa del desarrollo rural, en lugar de la dependencia de insumos provenientes de mercados externos. El empleo de estos recursos «internos» —abundantes, dinámicos, adaptables, resilientes y duraderos— abre una puerta ancha, con soluciones multifuncionales para cada problema derivado de la agricultura convencional. El cambio de la concepción de «una plaga, un plaguicida», por la de «una plaga, un gen», no solo será incapaz de solucionar tales problemas, sino que podría agravar la situación.

² Rachel Carson: *Silent Spring*, Houghton Mifflin Company, Boston-Nueva York, 1994.

El problema

Pero ¿cuál es el problema para la ciencia y la sociedad cubana actual? Analizado desde cualquier perspectiva, el problema es la liberación de la tecnología de cultivo transgénico y su posible expansión en condiciones comerciales en el país, específicamente de la variedad de maíz FR-Bt1. El Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) ha anunciado que ya cuenta con las tres principales licencias otorgadas por los organismos competentes: la licencia del Ministerio de Salud Pública para el consumo, la licencia de seguridad biológica otorgada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y la inclusión en el registro de variedades del Ministerio de la Agricultura. El debate y la profundización del problema ofrecerán, sin duda, puntos de vista que pueden ayudar a tales autoridades a tener mayores elementos para la toma de decisiones, independientemente de que los resultados experimentales que se obtengan a escala de campo durante su introducción sean positivos o no.

La metodología empleada para la creación de la variedad de maíz transgénico cubano FR-Bt1, como ha sido descrita por los investigadores del CIGB,³ consiste en la incorporación a la variedad híbrida FR-28, a través de métodos tradicionales de mejoramiento, de la información genética correspondiente al «evento» TC1507. Este «evento» transgénico registrado internacionalmente y aprobado en diferentes países para la siembra, consumo animal y humano, fue identificado por métodos moleculares en semillas transgénicas de maíz provenientes de los Estados Unidos, Argentina y Brasil. En esencia, el procedimiento permite insertar en la variedad FR-28 propiedades de resistencia a la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y conferirle resistencia a herbicidas (Finalé, Instakil, Basta, Liberty, Rely u otros) cuyo principio activo sea el glufosinato de amonio. Ambas características actúan de manera combinada y dominante. La resistencia a la palomilla del maíz responde a la inserción de la proteína insecticida CryIFa extraída de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, con alta selectividad para este insecto fitófago. Por su parte, la tolerancia a los herbicidas la confiere un gen que destruye la molécula del glufosinato de amonio durante los primeros estadios del desarrollo de la planta. De esta manera, el maíz transgénico se hace resistente al herbicida en su estado juvenil, hasta que tiene cinco hojas, aproximadamente unos doce a trece días después de la siembra.

Los experimentos realizados en laboratorio para demostrar el grado de susceptibilidad al ataque de palomilla del maíz de la variedad FR-28 en comparación con la FR-Bt1, están sesgados por métodos que distan mucho del efecto real de la plaga en condiciones de campo. Para realizar tales experimentos, la planta fue sometida,

³ Conferencia impartida por los especialistas del CIGB en distintos auditorios: «Maíz FR-Bt1: variedad sintética de genotipo amplio, resistente a la palomilla del maíz y tolerante al herbicida glufosinato de amonio», 2009.

en cámara cerrada, a una infestación alta de la plaga y a la ausencia de enemigos naturales u otros efectos físicos o biológicos. El hecho de involucrar un solo factor, siguiendo el principio atomístico de la ciencia y anulando la influencia de los demás factores, conduce a un alto nivel de incertidumbre cuando las pruebas son trasladadas a campo abierto. En condiciones de campo la planta de maíz es afectada por un gran número de plagas y enfermedades, lo que contrasta con la alta selectividad del maíz transgénico FR-Bt1 al insecto blanco (la palomilla). Entre las plagas comunes que afectan el cultivo del maíz en Cuba están: el gusano de la mazorca del maíz (*Helicoverpa zea*), el saltahojas del maíz (*Dalbulus maidis* y *Peregrinus maidis*), enfermedades como carbón del maíz (*Ustilago zaeae*), fusarium (*Gibberella zaeae*), enanismo arbustivo del maíz (*Maize bushy stunt phytoplasma*), podredumbre blanda del tallo (*Erwinia chrysanthemi* pv. *zaeae*), mosaico del maíz (*Maize mosaic virus* - MMV) y mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus* - CMV). En función de las condiciones que existan para su desarrollo, pueden afectarlo en mayor o menor grado otras plagas (*Diatraea saccharalis*, *Diatraea lineolata*, *Radopholus similis* y *Rhopalosiphon maidis*) y enfermedades (*Corticium rolfsii*, *Macrophonia phaseolina*, *Maize dwarf mosaic virus* y *Puccinia sorghi*).⁴

Ahora que ha sido liberada al ambiente la variedad FR-Bt1, aunque sea en condiciones experimentales, sus implicaciones resultan incontrolables. Por tal motivo, este texto no tiene el objetivo de persuadir sobre la pertinencia de introducir o no los cultivos transgénicos, sino de profundizar en sus riesgos y aportar otros elementos que deben considerarse antes de su eventual expansión. Además, insiste en el potencial ampliamente demostrado de los métodos agroecológicos para producir alimentos en Cuba, en su divergencia con el enfoque de la ingeniería genética, y en el riesgo que presupone la liberación de transgénicos para el desarrollo del movimiento agroecológico en el país.

Si las autoridades encargadas de seguridad biológica confirieran el permiso para la expansión del cultivo transgénico, se hace imprescindible cumplir, de manera estricta, el Reglamento para el Otorgamiento de la Autorización de Seguridad Biológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en vigor desde el 7 de diciembre de 2007. En su capítulo III, sección segunda, se incluyen los requisitos para la renovación; en la tercera, para la modificación; y en la cuarta (artículos 40 al 47), para su suspensión en caso de incumplimiento:

ARTÍCULO 40. La licencia de seguridad biológica, una vez otorgada, puede ser suspendida por la autoridad facultada en cualquier momento o estadio de la actividad prevista, siempre que concurran los presupuestos siguientes:

⁴ Eduardo Martínez, Gonçal Barrios, Luciano Rovesti y Roberto Santos (eds.): *Manejo integrado de plagas. Manual práctico*, Biopreparados, La Habana, 2007, pp. 228-239.

- a) Cuando se presenten situaciones no previstas en el momento de su otorgamiento, que puedan provocar alteraciones en la salud humana y el medio ambiente sin que estas situaciones impliquen un cambio esencial en la actividad.
- b) Cuando el titular ha dejado de cumplir con los requisitos y condiciones en base a los cuales le fue otorgada la licencia.⁵

Sin duda, será muy complejo garantizar que se cumplan los requisitos de seguridad biológica previstos en este reglamento. Según el capítulo V, artículo 55, «las delegaciones territoriales del CITMA son la autoridad facultada para realizar las Notificaciones de los registros de aquellas actividades que apenas presenten riesgo, de acuerdo con el presente reglamento, dentro de los límites de sus respectivos territorios. El Centro Nacional de Seguridad Biológica actúa como órgano de control en este proceso».

En la práctica existen suficientes elementos para afirmar que muchas legislaciones y tecnologías, sobre todo en la agricultura, han sido históricamente violadas, desde las reales órdenes de los monarcas españoles hasta hoy. Esto es lo que el doctor en Filosofía Carlos Delgado denomina «cubaneo», que consiste en justificar la indisciplina y el incumplimiento de lo legislado por razones muy disímiles. Nadie crea que por el solo hecho de existir una ley, esta va a cumplirse al pie de la letra. El éxito de la agricultura, un sector muy complejo por tratarse del manejo de entes vivos, depende en gran parte de la dedicación y compromiso de los agricultores y de todas las personas involucradas, así como del sistema organizativo empleado. Recientemente, el propio ministro de la Agricultura, en entrevista al periódico *Trabajadores*, apuntó que «lo que más falta en la agricultura cubana es disciplina».⁶ Habría que hurgar en las causas de la indisciplina o en cuáles serían las medidas que pudieran utilizarse para «disciplinar» a los trabajadores relacionados con la actividad agropecuaria. Lo delicado del asunto es que nunca antes una legislación comprendió elementos tan sensibles y que, de ser violada, acarrearía consecuencias impredecibles.

Preguntas para el debate

Entre las innumerables preguntas que ha suscitado la introducción de transgénicos en la agricultura cubana, pueden enunciarse: ¿Por qué recurrir al empleo de variedades transgénicas cuando existen soluciones agroecológicas a los problemas que estas

⁵ Ver apéndice. *Nota de los editores*.

⁶ Ana Margarita González: «Lo que más falta en la agricultura es disciplina», *Trabajadores*, 19 de octubre de 2009, p. 16.

pretenden resolver? ¿Por qué emplear cuantiosos recursos para producir un maíz transgénico, si su variedad base (la FR-28) u otras variedades e híbridos han demostrado obtener producciones más altas? ¿Quién garantiza que se cumplirá —rigurosa y disciplinadamente— el uso de un paquete tecnológico imprescindible para que la tecnología no «muera»? ¿Quién reparará los daños a los productores participantes en el proyecto y no participantes —aledaños—, si no se cumplen estas regulaciones? ¿Cómo podría asegurarse que otros agricultores no hayan sustraído ya semillas transgénicas y las estén sembrando sin aplicar la tecnología con rigor? ¿Cómo se podrá monitorear y detectar este fenómeno? ¿Qué legislaciones se aplicarían en tales casos? ¿Qué métodos se han empleado para garantizar la inocuidad del maíz transgénico a la salud y al equilibrio ecológico? Y por último, ¿por qué recurrir a principios descalificados internacionalmente como el de la equivalencia sustancial,⁷ el antiprecautorio,⁸ y el de la coexistencia, como argumentos básicos para introducir tal tecnología en Cuba?

Muchas de estas preguntas aún no han sido respondidas. Mientras, podemos afirmar que sin el reconocimiento de los fenómenos ecológico-ambientales, económicos, organizativos y sociales relacionados con la actividad agrícola, no se podrá diseñar ninguna estrategia de desarrollo tecnológico acertada. Y que no hay tecnología ni modificación genética que, aisladamente, tenga la capacidad de solucionar los problemas del agro cubano ni de ningún otro país. Por lo tanto, es preciso un enfoque integral que conduzca a análisis más holísticos para tomar decisiones más conscientes.

Contexto mundial de la agricultura y la alimentación

El primero de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas (ONU) es «erradicar la pobreza extrema y el hambre». En los últimos

⁷ Ver la formidable conferencia dictada por Sergio Cecchetto, de CONICET / Asociación Argentina de Investigaciones Éticas en el curso Regulación jurídica de las biotecnologías. Disponible en www.biotech.bioetica.org/docta3.htm.

⁸ El principio de precaución en materia ambiental se distingue del principio de prevención porque el primero exige tomar medidas que reduzcan la posibilidad de sufrir un daño ambiental grave a pesar de que se ignore la probabilidad precisa de que este ocurra, mientras que el principio de prevención obliga a tomar medidas dado que se conoce el daño ambiental que puede producirse. El principio de precaución, también llamado de cautela, exige la adopción de medidas de protección antes de que se produzca realmente el deterioro del medioambiente, operando ante la amenaza a la salud o al medioambiente y la falta de certeza científica sobre sus causas y efectos. Científicos ligados a la industria biotecnológica alrededor del mundo han estado trabajando en el principio de la precaución inversa. Según este otro principio, todos los procesos y productos deben ser aprobados, a menos que se compruebe que son absolutamente inseguros. El argumento de que no se ha visto aún que alguien haya muerto por comer un alimento modificado genéticamente, no quiere decir que esto no pueda llegar a ocurrir. Si se han

años, esta organización ha realizado múltiples esfuerzos en el diseño de políticas internacionales para cumplirlos. Sin embargo, Ban Ki-moon, su Secretario General, ha reconocido que «a pesar de haber alcanzado importantes logros, se ha avanzado muy lentamente en el cumplimiento de tales objetivos».⁹ Esta insatisfacción ha sido la razón por la que se convocó a una sesión de alto nivel para septiembre de 2010, con el fin de renovar los compromisos de los países miembros. Sin embargo, ya es seguro que, a pesar de los pronósticos y promesas, tales compromisos no serán cumplidos en el plazo indicado de 2015.

Hace solo unos meses la FAO reconoció que por primera vez el mundo rebasó los 1 000 millones de hambrientos, cifra muy contrastante con los 450 millones que se estimaron hace veinte años.¹⁰ Se conoce que el hambre y la desnutrición son problemas directamente relacionados con la falta de oportunidades, la insalubridad, el analfabetismo, la degradación ambiental, pero también las injusticias sociales y económicas. Por otra parte, en un comunicado más reciente, esta organización declaró que «el futuro de la agricultura y la seguridad alimentaria están estrechamente ligados al cambio climático», remarcando que este fenómeno agravará la situación de los pobres.¹¹ A la vez que se demandan mayores producciones de alimentos a nivel mundial, se responsabiliza a los modelos industriales de agricultura de manera directa por los daños ambientales, situación que continúa agravándose. El informe del panel internacional «Evaluación Internacional del Papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Agrícola» considera que

El ritmo de generación y adopción de tecnología formal ha sido sumamente dispar. Los interlocutores de América del Norte y Europa, así como de las economías emergentes que han conseguido economías de escala considerables gracias a un sistema de Conocimientos, Ciencia y Tecnología Agrícolas (CCTA) estructurado, seguirán dominando las exportaciones agrícolas y las cadenas de valor extendidas. Existe una necesidad apremiante de diversificar y fortalecer los CCTA reconociendo las diferencias en las agroecologías y

hecho estudios de inocuidad de los alimentos transgénicos, estos deberían estar disponibles al público general, lo cual no sucede, pues son clasificados y padecen de numerosas inconsistencias.

⁹ ONU [Organización de las Naciones Unidas]: «La ONU revisará el avance en los objetivos de desarrollo del milenio en una sesión de alto nivel en septiembre de 2010». Comunicado de prensa, 21 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/>.

¹⁰ FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación]: «El número de víctimas del hambre es mayor que nunca». Comunicado de prensa, 15 de junio de 2009. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_up...%20june-es.pdf.

¹¹ FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación]: «2050: el cambio climático agravará la situación de los pobres». Comunicado de prensa, 30 de septiembre de 2009. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/35831/icode/>.

las condiciones sociales y culturales. La necesidad de reformular los CCTA, reducir la pobreza y mejorar las opciones de subsistencia de los pobres de las zonas rurales, especialmente de los que carecen de tierras y de las comunidades campesinas y los trabajadores urbanos migrantes o del sector extraoficial, representa un gran reto.¹²

A inicios del mes de octubre de 2009, tuvo lugar el foro «Cómo alimentar al mundo en 2050», espacio de reunión de 300 expertos de alto nivel que fijaba un plazo cada vez más lejano para un problema cuya solución inmediata no se visualiza. En ese foro se reconoció que será necesario incrementar las inversiones en la agricultura al menos un 50% para poder cubrir la demanda de una población de 9 mil millones esperada para entonces. Los expertos reclamaban además que los rendimientos de los cultivos deberían aumentar en un 70% para cubrir tal demanda.¹³ Lo anterior confirma que: 1) los modelos agrícolas industriales están alejándose cada vez más del problema del hambre y 2) es necesario implementar sistemas agropecuarios resilientes y biodiversos capaces de adaptarse a las transformaciones que operan en los ambientes naturales y socioeconómicos. Amén de esta situación, antes del *boom* de los transgénicos, ya se conocía que en el mundo se producían más alimentos de los que su población necesitaba.¹⁴ Se sabe desde hace años que es el acceso a estos alimentos y los medios para producirlos, así como la falta de educación y la exclusión social, lo que mantiene en la pobreza y resulta la principal causa del hambre de uno de cada seis habitantes del planeta.

Todo esto ocurre hoy día, aunque hace trece años se liberó el uso comercial de cultivos transgénicos en el mundo, con la esperanza de retomar el modelo industrial de agricultura, incrementar los rendimientos agrícolas y buscar soluciones tecnológicas a los problemas que causó el propio sistema de monocultivo y agresor del medioambiente. Entonces se prometía, a través del uso de transgénicos, conferir a los cultivos resistencia a sequía, hacer que sus frutos fueran más duraderos y que incrementaran su valor nutritivo, entre otras aplicaciones. Sin embargo, ninguna de estas promesas ha sido cumplida. Hoy ya se reportan más de 120 millones de hectáreas de cultivos transgénicos sembradas en todo el mundo.¹⁵ Presentados a inicios de los noventa como la tecnología que supuestamente salvaría la crisis y las contradicciones

¹² Ver www.agassessment.org.

¹³ FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación]: «Cómo alimentar al mundo en 2050». Comunicado de prensa, 1 de octubre de 2009. Disponible en <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/es/>

¹⁴ Frances Moore Lappé, Joseph Collins, Peter Rosset y Luis Esparza: «World Hunger: Twelve Myths», Grove-Press-Earthscan, Nueva York-Londres, 1998.

¹⁵ Clive James: «Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2007». *Brief*, No. 37, ISAAA, 2007.

insolubles del modelo convencional, los transgénicos han contribuido a incrementar ostensiblemente las ganancias de las multinacionales que los promueven, pero no han tenido un impacto visible sobre la seguridad alimentaria. El mayor volumen de estos cultivos, cuya producción se concentra en pocos países, no es apto para el consumo humano y se emplea para la alimentación animal o para la fabricación de biodiesel. Las variedades transgénicas tampoco están accesibles para los productores pobres y mucho menos los recursos necesarios que aseguren la tecnología de apoyo. Un reporte publicado en 2008 por la organización española Amigos de la Tierra Internacional, titulado «¿Quién se beneficia con los cultivos transgénicos?»,¹⁶ demuestra que no son precisamente los agricultores ni los consumidores los favorecidos.

El foro «Cómo alimentar al mundo en 2050» también concluyó que «el efecto del crecimiento demográfico, el fuerte aumento de los ingresos y la urbanización, resultará en una demanda de casi el doble de alimentos». Ni el modelo convencional de agricultura ni el de los transgénicos tienen la solución para este reto. Está cada vez más claro que el comercio mundial de transgénicos no responde a una lógica enfocada al desarrollo rural, si tenemos en cuenta que es el negocio más lucrativo de las transnacionales —que ahora controlan toda la cadena alimentaria, desde la semilla hasta los productos farmacéuticos para curar las enfermedades que sus propios productos contaminados provocan—, a expensas de la ruina de millones de agricultores en el mundo.

En esencia, se ha demostrado que con la introducción de organismos modificados genéticamente en la agricultura mundial, los sistemas agrícolas locales y su sostenibilidad resultan socavados, en algunos casos de manera irreversible. Está comprobado que la contaminación transgénica es real e imposible de evitar una vez que estos organismos son liberados al ambiente. Las organizaciones GeneWatch y Greenpeace International mantienen un registro de eventos de contaminación transgénica en el mundo que ya en 2007, diez años después de su introducción con fines comerciales, incluía al menos 216 casos en 57 países.¹⁷ Estos datos justifican la preocupación que existe a nivel internacional por lograr los objetivos del milenio en cuanto a alimentación, pero de una manera sostenible, en equilibrio con los recursos naturales y sin afectar la salud humana.

Hasta hace relativamente poco no se habían obtenido resultados conclusivos sobre la calidad de los alimentos orgánicos y sus efectos sobre la nutrición y la salud. James Cleeton, coordinador de políticas de proyectos de la Soil Association del Reino Unido, realizó un estudio que concluyó que una dieta predominantemente orgánica permite que se incremente el consumo de vitaminas y minerales beneficiosos, ácidos

¹⁶ Disponible en www.foeeurope.org/GMOs/Who_Benefits/FULL_REPORT_FINAL_FEB08.pdf.

¹⁷ Ver «Informe Anual de Registro de Contaminación Transgénica», 2008. Disponible en <http://tinyurl.com/79osjp>.

grasos esenciales y antioxidantes. Además, parece tener el potencial de disminuir la incidencia de cáncer, enfermedades coronarias, alergias e hipertensión en niños.¹⁸ Aunque es bien conocido el refrán «la salud entra por la boca», estas son afirmaciones basadas en estudios científicos que bien deberían dirigir los esfuerzos por mejorar la salud y el bienestar de la población cubana.

Agroecología *versus* transgénicos

La agroecología es una forma de convivir con la naturaleza, en armonía con ella, sirviéndonos sin perjudicarla, imitándola; es la forma de hacer agricultura para toda la vida, de obtener beneficios sin perjudicar a nada ni a nadie.

JOSÉ ANTONIO CASIMIRO, campesino cubano

Existe una clara divergencia de enfoques entre el modelo agroecológico y el modelo agrícola en que se basa la ingeniería genética. Aunque algunos científicos y miembros de la sociedad civil se empeñen en buscar los puntos comunes, el sustento ideológico, tecnológico y moral de ambos enfoques transita por sendas opuestas, y esto se refleja en la divergencia de sus propuestas. En la base de toda la discusión se encuentra el tema de los modelos y, por tanto, es ineludible tratarlo aquí (tabla 1).

La estrategia de uniformidad genética que caracteriza a las tecnologías asociadas con los transgénicos es uno de los puntos más álgidos del debate. Es absurdo pensar que una tecnología tan homogénea tendrá un comportamiento adecuado en diferentes situaciones ecológicas y culturales. Numerosos estudios han concluido que las variedades locales bien adaptadas y domesticadas son desplazadas por los nuevos cultivos transgénicos y, como ha ocurrido en muchos casos, al dejar de ser cultivadas terminan por desaparecer. Por otra parte, con el monocultivo aumentan los riesgos de pérdidas de cosechas, pues al aparecer un organismo para el cual no exista control, virus, bacteria u hongos, este tiene condiciones óptimas para desarrollarse. De otro modo habría que recurrir una y otra vez a productos químicos en concentraciones superiores, mayor cantidad de aplicaciones y prácticas que incrementan el uso de energías no renovables, que contaminan el ambiente y envenenan las cosechas. Es simplemente un efecto en espiral que ya ha sido documentado en el mundo y experimentado en Cuba con la aplicación del modelo convencional durante unos treinta años.

Otro elemento que surge en el debate crea confusión: ¿es posible un transgénico orgánico? Se sostiene que la implementación de cultivos transgénicos en Cuba «está asociada con una agricultura más de tipo orgánico y sostenible», e incluso que este sería un caso único que se probará a nivel mundial.¹⁹ Pero en realidad ese argumento

¹⁸ James Cleeton: «Organic Foods in Relation to Nutrition and Health: Key Facts», en *Coronary and Diabetic Care in the UK 2004*, Association of Primary Care Groups and Trusts, Reino Unido, 2004.

¹⁹ Entrevista al Dr. Carlos Borroto, Noticiero Nacional de la Televisión Cubana, 6 de julio de 2009.

Tabla 1. Diferentes formas de pensar entre agroecología e ingeniería genética

Aspectos	Agroecología	Ingeniería genética
Principios básicos y posición ética	<p>Se basa en una consideración holística de los sistemas naturales.</p> <p>Esfuerzos enfocados hacia una producción económica, social y ecológicamente sostenible.</p> <p>Alta consideración de la dignidad de los seres vivos.</p> <p>Se observan las interrelaciones en el agroecosistema y los impactos negativos se minimizan.</p> <p>Lema: el todo es mayor que la suma de las partes.</p>	<p>Se basa en una concepción simplista de los organismos vivos y los sistemas naturales.</p> <p>El objetivo de muchas de las investigaciones en ingeniería genética es obtener mayores rendimientos o simplificar técnicas de producción.</p> <p>Ignora y desconoce las consecuencias sobre la totalidad de las plantas y animales, y sobre las interrelaciones y conexiones con el ecosistema.</p> <p>Los animales y las plantas son simplemente materia viva para uso humano.</p> <p>Lema: el todo es la suma de las partes.</p>
Agricultor/ conocimiento	<p>Considerable <i>know-how</i>, mayores poderes de decisión y puesta en práctica.</p> <p>Se basa en un vasto conocimiento empírico y cualidades de los agricultores, así como en modernas investigaciones para proporcionar nuevas tecnologías.</p>	<p>Recurre a tergiversaciones sobre el <i>know-how</i> en la agroindustria.</p>
Aspectos sociales y económicos	<p>La atención se centra en los procesos sociopolíticos y en la sensibilización de los actores.</p> <p>La diversidad varietal de cultivos y de ganado es un bien común con un alto valor cultural.</p> <p>Bajo costo de desarrollo y aplicación.</p>	<p>Variedades universales e insumos no adaptables a condiciones locales.</p> <p>Desplazamiento de variedades localmente adaptadas.</p> <p>Cultivos y ganado son objeto de explotación comercial (patentes).</p> <p>Dependencia de compañías multinacionales.</p> <p>Intensivo capital en desarrollo y aplicación.</p>
Aspectos del producto	<p>Objetivo: alimentos de alta calidad.</p>	<p>Objetivo: alimentos con óptimos contenidos en sus componentes específicos.</p>
Aspectos de producción y ecología	<p>Los riesgos de generar organismos con resistencias dañinas son mínimos.</p> <p>Optimización de muchos impactos parciales.</p> <p>Corta los problemas desde la raíz.</p> <p>Fomenta la capacidad normal de autorregulación, así como la salud y el vigor de los suelos, plantas y animales.</p>	<p>Los riesgos son conocidos y a los agricultores se les dan instrucciones y consejos para el manejo de resistencias, pero no siempre se aplican.</p> <p>Los impactos individuales se amplifican. Es la lucha de los síntomas.</p>

Fuente: FIBL [Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica]: «La agricultura ecológica y la ingeniería genética», *Dossier FIBL*, No. 3, febrero 2003.

carece de sustento científico, pues ninguna investigación ha demostrado la compatibilidad de ambos modelos. Por una parte, la agricultura orgánica no se basa en los síntomas para atacar un problema en particular, sino en el conocimiento de sus causas a fin de emprender medidas agroecológicas con un enfoque holístico. Por otra, no se trata de un argumento nuevo; la ideología de la coexistencia ha sido la principal estrategia de las transnacionales de los transgénicos para socavar la agricultura campesina y la orgánica.

El supuesto de que la ingeniería genética apunta al beneficio ambiental y tiende a la sostenibilidad de la agricultura por reducir el uso de plaguicidas de amplio espectro, se ha esgrimido como una estrategia de *marketing*. En la práctica, el consumo de químicos y sus impactos sobre el ambiente y la salud se han incrementado. Además, el control de las semillas y la uniformidad genética a que la agricultura transgénica tiene sometido al mundo, no solo va contra los principios de la agroecología, sino que ha puesto en alerta a toda la comunidad internacional.

El 21 de octubre de 2009, el relator especial de la ONU sobre el Derecho a la Alimentación, Olivier de Schutter, declaró su preocupación acerca del monopolio de las transnacionales sobre las semillas: «Solo diez compañías del mundo controlan el 67% de la propiedad del mercado de semillas para la agricultura y todas son de países desarrollados». De Schutter sostuvo que «la creciente distribución comercial de las semillas modificadas constituye un obstáculo al desarrollo del sistema tradicional de producción agrícola. Hay una presión creciente hacia plantaciones más uniformes. [...] Hoy apenas se cultivan ciento cincuenta especies en el mundo y la mayoría de los esfuerzos están dirigidos a mejorar el trigo, el maíz, el arroz y la papa. Dentro de cada cultivo, la diversidad genética está desapareciendo».²⁰

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) plantea cuatro principios fundamentales de la agricultura orgánica y ninguno se adecua a los requerimientos de los cultivos transgénicos:

Salud: Sostener y promover la salud del suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible.

Ecología: Estar basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos.

Equidad: Estar basada en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida.

Precaución: Ser gestionada de una manera responsable para proteger la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras y el ambiente.²¹

²⁰ Ver www.discapnet.es/Castellano/actualidad/Linea_Social/paginas/detalle.aspx?Noticia=196304.

²¹ Ver www.ifoam.org.

Quienes promueven los modelos industriales de agricultura cuestionan la agroecología a partir de varios mitos: 1) la agroecología es una agricultura de subsistencia o pobreza, 2) con métodos agroecológicos se obtienen bajos rendimientos, 3) la agroecología solo es posible en pequeña escala, 4) con agroecología no se podrá alimentar a la población cubana y mundial, y 5) los sistemas agroecológicos tienen problemas de plagas y de nutrición del suelo. Todos estos mitos están altamente sesgados por una gran prepotencia, por un enorme desconocimiento y por una notable insensibilidad hacia el papel que desempeñan los campesinos en el desarrollo rural sostenible de cualquier país. En contraposición a los métodos industriales que buscan los efectos de las economías de escala y desconocen los daños que ocasionan, la agroecología construye un futuro de bienestar común para garantizar la seguridad alimentaria y conservar la naturaleza.

Eficiencia energética

Hoy en Cuba se persigue el uso óptimo de los recursos disponibles, que no se refiere solamente a reducir las importaciones de alimentos, sino a que los que se producen en el país lo hagan de una forma sustentable. Una de las vías para lograrlo podría ser prestar más atención a la eficiencia biológica, energética y económica de los insumos utilizados para producir alimentos. Existen métodos para conocer con exactitud cuál es la eficiencia energética de un sistema agropecuario en particular y, por tanto, resulta imperdonable que se derrochen recursos costosos en sostener sistemas que no logran siquiera recuperar el gasto energético empleado.

Estudios realizados en el país por espacio de diez años muestran que los sistemas agroecológicos son altamente eficientes en el uso de la energía disponible y logran balances positivos, sin renunciar a una alta productividad por unidad de superficie agrícola. El costo energético de producir un kilogramo de proteína por vías agroecológicas puede ser entre dos y cuatro veces menor que por vías convencionales, lo cual ahorra recursos e incrementa la productividad de los sistemas agrícolas con recursos locales (energía cultural industrial y cultural biológica).²² Un adecuado balance entre eficiencia económica, eficiencia productiva y eficiencia energética, amén de su impacto social, permitirá una evaluación más justa de los sistemas agropecuarios.

Al analizar el paquete tecnológico propuesto para la producción de maíz transgénico FR-Bt1, llaman la atención los altos volúmenes de insumos planteados, que sobrepasan a los que se utilizan en los sistemas convencionales y mucho más a los de bajos insumos. En sentido general, el paquete incluye:

- Preparación del suelo en terrazas planas.
- Siembra directa con máquina sembradora y aplicación de 450 kg/ha de fórmula completa.

²² Fernando R. Funes-Monzote: *Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba*, Indio Hatuey, Matanzas, 2009.

- Empleo de 150 kg/ha de urea a través del sistema de riego correspondiente a unos 110-120 kg N/ha.
- Dosis de siembra de aproximadamente 55 mil plantas por hectárea (5 plantas por metro lineal) x 90 cm de camellón con el fin de tener unas 50 mil plantas por hectárea en la cosecha.
- Irrigación permanente en ausencia de lluvias, de 18 a 22 riegos.
- Aplicación de 2,5 kg/ha de herbicida 12 o 13 días después de la siembra.
- Siembra de área de refugio correspondiente al 10% de la totalidad del campo.
- Rotación con soya.

En la tecnología no se especifica si el 10% del área de refugio estará en correspondencia con el tamaño y la conformación del campo, es decir, si se aplica este mismo porcentaje a un área de una hectárea que a otra de cien, y qué repercusión tendría este factor. Tampoco se distingue qué variedad de soya será utilizada ni el tipo de manejo que se empleará. Teniendo en cuenta las innumerables dificultades que ha tenido este cultivo en Cuba, constituye un reto mayor establecer tales sistemas de rotación por su complejidad intrínseca. Otro asunto cuestionable de la tecnología es la necesidad de aplicar herbicida, exista o no una alta población de malezas, y que se considere aumentar sus dosis en función de la infestación, máxime si se conoce muy bien que a través de labores fitotécnicas apropiadas se pueden controlar las malezas sin provocar daño económico. Al parecer, tampoco se valora el uso eventual o preventivo de algún insecticida para contrarrestar el ataque de otras plagas, como presumiblemente ocurrirá.

Es cierto que al minimizar el número de labores agrotécnicas al cultivo de maíz transgénico, se reduce la mano de obra y, por ende, la erogación de moneda nacional para salarios. En principio, este hecho puede verse reflejado en la rentabilidad para el productor, pero... ¿cuánto costaría la tecnología al país en términos económicos y energéticos? ¿Estará Cuba en condiciones de subvencionar indefinidamente el costo de este paquete tecnológico en divisas? Para responder con rigor estas dos preguntas, sería necesario hacer un serio análisis económico, que hasta el momento no está disponible. Sin embargo, con la limitada información que tenemos, sí podríamos realizar un cálculo energético. Este análisis preliminar, con alto grado de especulación, nos permitirá evaluar la factibilidad energética del paquete tecnológico propuesto.

A partir de los datos estimados,²³ y de obtenerse un rendimiento de 4,5 t/ha de maíz seco en el período de 150 días que dura el ciclo biológico del cultivo, se producirán unos 405 kg/ha de proteína y 14,9 Gcal/ha de energía alimentaria. Si este alimento fuera

²³ Para estimar los gastos energéticos de la producción se consideró que se aplicaron 450 kg/ha de fórmula completa, 110 kg N/ha en forma de urea, 2,5 litros del herbicida glufosinato de amonio, 288 horas/hombre durante el ciclo del cultivo de 120 días (a razón de 2,4 h/ha/día) y electricidad a razón

utilizado directamente para humanos (como producción primaria), sería suficiente para cubrir las necesidades de proteína y energía en un año de 26 y 14 personas respectivamente. Si se utilizara para la producción animal (cerdos) —según los promotores de la tecnología, este es su propósito (producción secundaria)—, entonces tenemos que la eficiencia de conversión del cerdo en energía²⁴ es de 18,8 Kcal de energía digerible consumida por Kcal de energía producida, lo que resulta en 729 Mcal/ha en forma de carne, suficientes para alimentar solo a 0,7 persona/ha/año. Por otro lado, si tenemos en cuenta que la eficiencia del cerdo para la conversión de proteína es de cuatro gramos de proteína bruta consumida por gramo de proteína producida, y que el requerimiento anual de proteína animal de una persona es de unos 10 kilogramos, tendríamos que una hectárea de maíz con este rendimiento sería suficiente para alimentar solo a siete personas. Con esto ya bastaría para sustentar lo ineficiente que es producir granos para la alimentación animal en estas condiciones de altos insumos, pero hay más.

La ineficiencia energética de tal sistema no solo es relativa a la especie animal, sino también, y de manera muy directa, al propio sistema tecnológico y al uso de energía para producir una unidad energética o proteica en forma de producto consumible. En este sentido, nuestros cálculos —con un alto nivel de incertidumbre por no contar con la información adecuada— muestran que el balance energético del sistema es de 0,75 calorías producidas por caloría invertida, resultado no muy diferente del encontrado en los sistemas industriales de México y los Estados Unidos.²⁵ Estos sistemas productivos ineficientes son, por principio, dependientes de insumos externos y frágiles, por lo que se mantienen con subsidios energéticos y financieros.

Pudo comprobarse además el alto costo de producción de proteína vegetal (36,8 Mcal/kg), que hace que la producción sea irrentable desde el punto de vista técnico y biológico. Este no es un problema exclusivo de la tecnología transgénica, sino de los métodos convencionales de agricultura que tienen en quiebra la producción de alimentos mundial y cada vez requieren más insumos para sostenerse. A manera de comparación, podemos decir que, en condiciones de sistemas diversificados a varias escalas (pequeña, mediana y grande) y con diferentes modelos de integración, se han logrado resultados muy superiores a estos,²⁶ que deberían ser más promovidos y financiados. Existen numerosas tecnologías agropecuarias que utilizan bajos niveles

de 770 Kw/h por riego (unos 14 mil Kw/h en 18 riegos). También se consideraron las labores agrotécnicas de preparación del suelo, siembra, aplicación de herbicidas y fertilizantes y cosecha para un total de 400 litros de combustible diesel.

²⁴ Roberto García Trujillo: *Los animales en los sistemas agroecológicos*, ACAO, La Habana, 1996, p. 43.

²⁵ Omar Masera y Marta Astier: «Energía y sistema alimentario en México: Aportaciones de la agricultura alternativa», en *Agroecología y desarrollo agrícola en México*, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco, 1993, pp. 17-34.

²⁶ Fernando R. Funes Monzote: *Eficiencia energética de los sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado*, ACTAF, La Habana, 2009.

de piensos concentrados, combinaciones de caña de azúcar, mieles, forrajes proteicos, entre otras opciones de probada efectividad y productividad para la alimentación en los trópicos y que contribuirían a lograr la sostenibilidad económica, ecológica y energética de la agricultura cubana. Si vamos a dejar de importar granos para producirlos en Cuba a un precio incluso mayor, habría que valorar seriamente otras alternativas, como las que la agroecología puede ofrecer, porque de lo contrario seguiríamos hipotecando el futuro de nuestra agricultura.

Alimentación del ganado vacuno en Cuba: ¿granos o pastos y forrajes?

No es ocioso recordar que a inicios de la Revolución se debatió con gran intensidad para definir las mejores alternativas de alimentación del ganado vacuno: ¿utilizar granos o pastos y forrajes? Luego de acaloradas discusiones entre el científico inglés Thomas Preston y el Comandante en Jefe Fidel Castro, la conclusión fue que el futuro de la ganadería en Cuba debía basarse en el uso de estos últimos, como la opción más económica y ecológicamente aceptable para nuestras condiciones. Las enseñanzas del Dr. André Voisin y las prácticas tradicionales de alimentación del ganado en el país, sustentaban esta decisión. Sin embargo, el subsiguiente desarrollo de la ganadería cubana, subsidiada por los países socialistas, derivó en el uso indiscriminado de piensos concentrados basados en granos proteicos, de los que se llegó a importar hasta 600 mil toneladas. Esta estrategia tiene una larga historia, que fracasó a inicios de los años noventa al no contar el país con los recursos necesarios para sostenerla. Siempre se supo que la utilización de grandes extensiones para producir los granos que necesitaría el ganado en Cuba es una aventura sin posibilidades de progresar. Prueba de ello es que varios años más tarde, el Dr. Preston, nutricionista de gran prestigio internacional, le dio la razón a Fidel al reconocer que otras vías más rentables y ecológicamente apropiadas para el trópico eran posibles, y desde entonces se ha dedicado al estudio de los sistemas agroecológicos integrados. Habría que pensar seriamente, ante la compleja situación nacional e internacional reinante, si el país está en condiciones de hacer este esfuerzo para alimentar con maíz al ganado vacuno, máxime cuando los rendimientos alcanzados generalmente no lo ameritan. Entonces, ¿cuál sería el costo de la leche y la carne producidas?

Los rendimientos: añejo debate en un nuevo escenario

En una encuesta realizada en Cuba²⁷ se encontró que existe una amplia percepción de que la introducción de cultivos transgénicos incrementa los rendimientos. Por eso es importante aclarar que ninguna de las modificaciones genéticas realizadas al FR-Bt1

²⁷ Manuel Álvarez Gil: «Alimentos transgénicos: percepción por ciudadanos cubanos». Conferencia impartida en el Seminario de la cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de la Universidad de La Habana, 20 de mayo de 2009.

han tenido tal finalidad. Por tanto, no se podría esperar que esto ocurra por el solo hecho de poseer resistencia a los herbicidas y a la palomilla del maíz. En realidad, el incremento de los rendimientos está influenciado, en primer lugar, por el potencial genético de la variedad y por las labores agrotécnicas que se realicen al cultivo, por ejemplo, la presencia de riego en el momento preciso, la incorporación de nutrientes y la radiación solar. En la introducción de esta tecnología en otros países, las variedades transgénicas han sido fuertemente subsidiadas de varias formas, sin embargo, la aplicación de altos insumos no ha redundado en mejores rendimientos. Un estudio publicado recientemente en los Estados Unidos compiló información de veinte años y demostró que los cultivos transgénicos no han tenido un efecto significativo en el incremento de los rendimientos. Pero además, cuando, lo han hecho, no se han podido atribuir a las supuestas mejoras genéticas, sino al paquete tecnológico convencional utilizado, y en algunos casos la tendencia ha sido decreciente.²⁸

Es importante acotar también que no es cierto que los rendimientos del maíz en Cuba oscilan típicamente entre 0,5 y 1,5 t/ha. Varios factores pueden influir en estos pobres resultados: sistemas de cultivos de subsistencia donde los insumos externos son muy escasos, manejo precario de los recursos disponibles, labores agrotécnicas deficientes, efectos de la sequía, falta de riego, ataque severo de diversas plagas, deficiente contenido de nutrientes en el suelo y otros. Los bajos rendimientos también pueden deberse a la asociación del maíz con otros cultivos, como en los sistemas biodiversos, donde el maíz no es necesariamente el principal, pero contribuye a incrementar el índice de utilización de la tierra. Los rendimientos de las razas cubanas de maíz y los híbridos obtenidos por las instituciones científicas durante los últimos cuarenta años, han mostrado que se pueden lograr en condiciones de producción entre 4 y 6 t/ha.²⁹ Este no es el caso de los rendimientos en áreas agrícolas más favorecidas, donde se han realizado las pruebas de campo del maíz transgénico, como las provincias de La Habana, Matanzas y Ciego de Ávila. En una de las zonas estudiadas, el municipio matancero Máximo Gómez, los rendimientos promedio obtenidos con un paquete tecnológico convencional —por cierto, no estricto en el uso de insumos, sino con aquellos disponibles inestablemente y muchas veces en rotación con otros cultivos, como la papa, beneficiándose de la fertilidad residual— son, según técnicos del Ministerio de la Agricultura, típicamente de 1 000 a 1 200 quintales por caballería, equivalente a entre 3,5 y 4,2 t/ha. Estos rendimientos se han logrado sin toda la tecnología de apoyo y el seguimiento que ha tenido la variedad transgénica. Vale señalar también que los resultados técnicos de la evaluación de la variedad base utilizada para

²⁸ Doug Gurian-Sherman: *Failure to yield. Evaluating the performance of genetically engineered food*, Union of Concerned Scientists-UCS Publications, Cambridge, 2009.

²⁹ Lianne Fernández Granda: «Identificación de razas cubanas de maíz (*Zea mays* L.) presentes en el germoplasma cubano». Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas, 2009.

obtener la FR-Bt1, fue «generalizada en 1 409 hectáreas en todo el país en el año 1993, con un rendimiento potencial de 6 t/ha». Los científicos que evaluaron esta variedad, además, certificaron que se adapta bien a condiciones de bajos insumos.³⁰

Otro de los argumentos más fuertes que sustenta la introducción del FR-Bt1, es que entre el 60 y el 70% de las afectaciones a los rendimientos en la producción de maíz en Cuba se deben a *Spodoptera frugiperda*. Sin embargo, no existe un estudio o documento científico que lo haya comprobado. Pérez Montesbravo,³¹ investigador del INISAV, planteó: «La palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) constituye la plaga más importante del cultivo del maíz en Cuba y en diferentes países de la región neotropical. Las pérdidas que esta ocasiona son cuantiosas, pudiendo reducir los rendimientos en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de la producción en condiciones de Cuba». Aquí se asume que el rendimiento promedio es de poco más de 2 t/ha. Y continúa: «La explotación masiva en grandes extensiones crea condiciones propicias para que la plaga se reproduzca y disemine con mayor facilidad».

Un estudio realizado en la provincia Granma propone una metodología confiable para estimar las afectaciones ocasionadas por *Spodoptera frugiperda* al considerar la densidad final de plantas/ha (como porcentaje de la densidad inicial), y el porcentaje final de plantas con mazorcas (expresada como el total de plantas productivas/ ha al momento de la cosecha entre la densidad inicial de plantas/ha). La investigación demostró la influencia de otros factores bióticos y abióticos sobre la producción de mazorcas por planta: virosis por *Peregrinus maidis* (Ashmead) (*Homoptera: Delphacidae*), la competencia entre las plantas de maíz por el agua, la luz, los nutrientes, factores genéticos, la influencia de malezas y otros.³²

La tecnología se presenta con un potencial nunca menor de 4 t/ha de maíz seco, rendimiento que está por debajo de lo que la variedad base logró en condiciones comerciales en Cuba. Es muy cuestionable el hecho de que si la variedad original de maíz híbrido (la FR-28) utilizada para crear la variedad FR-Bt1, tiene un rendimiento potencial de 6 t/ha de maíz seco,³³ para la variedad transgénica se estimen rendimientos entre 4 y 4,5 t/ha, como se ha planteado repetidamente. Datos extraoficiales muestran que, en los experimentos de campo realizados en varias provincias,

³⁰ Cecilio Marcos Torres, Ovilio Rabí y Manuel Sánchez: «Maíz», en Antonio Casanova Morales (ed.): *Memorias del 25 Aniversario del Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliانا Dimitrova*, La Habana, 1997, pp. 42-43.

³¹ E. Pérez Montesbravo: «Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz», s.f. Ver www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm.

³² J.L. Fernández: «Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*) en el cultivo del maíz», *Investigaciones Agropecuarias: Producción y Protección Vegetal*, Vol. 17, No. 3, 2002, pp. 467-474.

³³ Cecilio Marcos Torres, Ovilio Rabí y Manuel Sánchez: Ob. cit. (en n. 29).

los rendimientos han fluctuado: desde 2,3 en el municipio San Antonio de los Baños hasta 4,6 en Máximo Gómez, lo cual indica una alta incertidumbre en la tecnología, en especial cuando sabemos que durante esta fase han estado garantizados todos los insumos necesarios y ha habido un seguimiento estricto. Incluso, no está claro si en este rendimiento también se incluye el 10% del área de refugio imprescindible para evitar la insecto resistencia. Por lo demás, se conoce que variedades híbridas probadas en Cuba han tenido rendimientos con paquetes convencionales de hasta 8 t/ha en condiciones comerciales en las provincias de La Habana y Matanzas.

Entonces, si la variedad transgénica no incrementa los rendimientos debido a que: 1) no tiene una modificación genética que lo permita; 2) el daño económico de la palomilla del maíz o la presencia de malezas en muchos casos no parece ser un factor limitante fundamental del rendimiento; y 3) podrían existir otros factores que influyen en este indicador, como el ataque de otras plagas, ¿qué utilidad tiene esta variedad?

Efecto de dilución

Un aspecto no menos importante es el efecto de dilución cuando se obtienen altos rendimientos. Altas dosis de fertilizantes, irrigación y genética resultan en cultivos de papa de alto rendimiento. Sin embargo, investigaciones recientes muestran que en este cultivo un incremento de los rendimientos basado en un mayor tamaño de las raíces está frecuentemente asociado a una reducción en la concentración de los nutrientes constitutivos. Es decir, un mayor volumen del producto no representa un aumento de sus cualidades nutricionales.³⁴ Otro estudio sobre los impactos de los rendimientos en la calidad nutricional muestra que los productos orgánicos presentan un mejor balance de nutrientes que sus equivalentes obtenidos por métodos convencionales.³⁵ Los factores fisiológicos que tuvieron que ver más con este comportamiento fueron el nivel y la forma de los fertilizantes nitrogenados aplicados, el balance entre micro- y macronutrientes en el suelo, el tamaño promedio de las células y la concentración de metabolitos secundarios en las plantas. En mercados estadounidenses y británicos se han encontrado efectos de dilución de algunos nutrientes en frutas y vegetales de entre 5 y 40% que los hacen menos nutritivos. Un estudio reciente comparó cultivares de brócoli y granos de bajo y alto rendimiento para confirmar las correlaciones negativas que existen entre el rendimiento y las concentraciones de minerales y proteína, un nuevo efecto de dilución atribuido a las características genéticas de los cultivos.³⁶

³⁴ Philip J. Whitel, John E. Bradshaw, M. Finlay B. Dale y Gavin Rlmsay: «Retationships Between Yield and Mineral Concentrations in Potato Tubers», *Horticultural Science*, Vol. 44, No. 1, 2007, pp. 6-11.

³⁵ Charles Benbrook: «The Impacts of Yield on Nutritional Quality: Lessons from Organic Farming», *Horticultural Science*, Vol. 44, No. 1, 2009, pp. 12-14.

³⁶ Donald R. Davis: «Declining Fruit and Vegetable Nutrient Composition: What Is the Evidence?», *Horticultural Science*, Vol. 44, No. 1, pp. 15-19.

El movimiento agroecológico cubano

Las evidencias y la historia reciente muestran que nunca antes un país tuvo la oportunidad que tiene Cuba de hacer efectivo un modelo agroecológico a escala nacional (Funes, 2002).³⁷ Ninguna nación se ha visto en circunstancias tan particulares como las que han tenido lugar aquí, donde se han creado condiciones óptimas para una transición de tal magnitud. El capital social, junto al Índice de Desarrollo Humano, ubica a la Isla en una situación privilegiada con respecto al resto de las naciones del mundo en desarrollo.³⁸ Numerosas investigaciones realizadas en Cuba comprueban que los sistemas agroecológicos podrían proporcionar más alimentos de los que necesitaríamos para satisfacer a la población cubana de forma sostenible, con mínima dependencia de insumos, sin degradar los agroecosistemas y, lo que es más importante, sin causar perjuicios a la salud humana. Se ha demostrado ampliamente que los sistemas agroecológicos, basados en el uso de la biodiversidad y enfocados al desarrollo local, son intensivos en el uso de los recursos naturales, más eficientes y productivos que los sistemas convencionales y, además, económicamente más factibles y socialmente más justos.³⁹

Sin embargo, cuando los recursos materiales y financieros vuelven a estar disponibles, por lo general se destinan a implementar sistemas convencionales de monocultivo, especializados y a gran escala, como es el caso de la tecnología transgénica. Estos sistemas son altamente ineficientes y derrochadores, frágiles y dependientes de insumos externos. Por principio, resultan ineficientes en el uso de los recursos naturales disponibles y degradan el ambiente, con lo que hipotecan el futuro de la agricultura y amenazan el desarrollo sostenible en Cuba.

La mayor diferencia que tenemos con el resto del mundo es que el modelo industrial ya fue experimentado en el país entre los años setenta y ochenta. Además, sabemos que la escala y el volumen de los recursos entonces disponibles ya no lo están ni lo estarán más. Aun bajo aquellas circunstancias sumamente favorables, los resultados productivos no fueron los esperados. Otros factores de carácter ecológico, económico y social no permitieron lograrlos, a pesar de toda la tecnología utilizada y de los recursos financieros puestos a su disposición por el Estado.

³⁷ Fernando Funes: «El movimiento cubano de agricultura orgánica», en Fernando Funes, Luis García, Martín Bourque, Nilda Pérez y Peter Rosset (eds.): *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible*, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, 2001, pp. 15-38.

³⁸ Cuba ocupa la posición 50 entre 177 países según el Índice de Desarrollo Humano calculado por el PNUD. En el país se han elaborado tres informes sobre desarrollo humano en los años 1996, 1999 y 2003. Ver www.undp.org/cu/indice_cuba.html

³⁹ Fernando R. Funes-Monzote: Ob. cit. (en n. 22).

Hacia la autosuficiencia alimentaria

Desde la época colonial hasta hoy, el problema más grave de la agricultura cubana ha sido su condición monoprodutora y monoexportadora, y la excesiva extracción de los recursos naturales. Practicado durante siglos, ese modelo ha generado una alta dependencia (en insumos o en mercados externos para sus materias primas) y ha causado un impacto ambiental muy negativo sobre los suelos, la biodiversidad y la cubierta forestal. También ha sido una característica permanente la baja autosuficiencia alimentaria, la pobre eficiencia energética, así como un acentuado proceso de «descampesinización», desarraigo y pérdida de valores y tradiciones vinculados con la vida rural y la producción de alimentos. Erradicar las consecuencias de este modelo ha estado en el centro de no pocas discusiones científicas a través de la historia del país. El debate se aviva con los patrones industriales que subyacen la aplicación de la ingeniería genética en la agricultura.

Durante los últimos quince años, el desarrollo agrícola cubano ha sido reorientado. Como nunca antes, hoy existe una preocupación por la autosuficiencia alimentaria y la protección ambiental. En 1994 fue instituido el Programa Nacional para el Medio Ambiente y Desarrollo (la versión cubana de la Agenda 21 de las Naciones Unidas), y dos años después fue aprobada la Estrategia Ambiental Nacional. En 1997 la Ley de Protección del Medio Ambiente hizo que la protección ambiental se convirtiera en política de Estado. A pesar de que esta ley aún no se practica consistentemente, es incuestionable que la voluntad del gobierno para preservar el ambiente ha promovido un curso más sostenible para la agricultura cubana. A diferencia de los movimientos aislados de agricultura sostenible desarrollados en la mayoría de los países del mundo, Cuba ha protagonizado un movimiento masivo y de amplia participación popular, donde la producción agraria se considera clave para la seguridad alimentaria de la población. Aún en etapas tempranas, la transformación del sistema agrícola cubano ha consistido básicamente en la sustitución de insumos químicos por biológicos y en el empleo más eficiente de los recursos. Mediante estas estrategias, se han alcanzado numerosos objetivos de la agricultura sostenible. La persistente carencia de insumos externos y las prácticas de diversos sistemas de producción han favorecido la proliferación de la agroecología en todo el país.

La transformación que se produjo en el campo cubano durante la última década del siglo xx es un ejemplo de conversión a gran escala, de un modelo altamente especializado, convencional, industrializado y dependiente de insumos externos, a uno basado en los principios agroecológicos y de la agricultura orgánica. Numerosos estudios atribuyen el éxito de esta conversión a la forma de organización social empleada y al desarrollo de tecnologías ambientales de una manera sistemática, desde la base. Aunque algunos sostengan que no es sustancial la contribución de los sistemas agroecológicos a la seguridad alimentaria en Cuba, debe recordarse que en 2006 se

reconoció oficialmente que los pequeños agricultores, con el 25% de la tierra, lograban producir el 65% de los alimentos para el consumo interno.⁴⁰ A partir de esta realidad, e impulsado por la crisis internacional reinante y la inestabilidad en el precio de los alimentos importados, durante el último año (2008-2009), el Estado aprobó el Decreto-Ley 259, que ha otorgado derechos de usufructo sobre la tierra a más de 100 mil personas naturales y jurídicas. Esta medida permitió que hoy se cuente con un ejército de casi un millón de agricultores rurales y urbanos, organizados de diversas formas, que producen alimentos principalmente con métodos agroecológicos, en pequeñas extensiones y aprovechando los recursos locales, a tono con la política actual del país.⁴¹

En resumen, puede afirmarse que, bajo las condiciones actuales, ni el modelo convencional ni el de sustitución de insumos serán lo suficientemente versátiles y dinámicos como para cubrir las demandas tecnológicas de la agricultura heterogénea y diversa que tiene lugar en Cuba. La reimplantación de los modelos convencionales en el contexto actual, tendrá un doble efecto destructivo. En primer lugar, el impagable costo ambiental, económico y social de subsidiar modelos derrochadores de energía y recursos financieros que además degradan el medioambiente. En segundo lugar, el efecto contraproducente que tiene sobre el fortalecimiento de los logros del movimiento agroecológico en los últimos quince años. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar un enfoque agroecológico más integrado, participativo y a largo plazo, así como combinar adecuadamente las dimensiones económica, ecológica y sociopolítica de la producción agrícola. Hoy es un imperativo tomar decisiones políticas más audaces que promuevan una agricultura realmente sostenible.

La posición moral de Cuba dentro del movimiento progresista mundial

Cuba tiene un reconocido liderazgo dentro del movimiento progresista mundial. Los aciertos y desaciertos del proceso revolucionario cubano han sido percibidos como modelo en la construcción de una sociedad más justa. La lucha por la soberanía alimentaria, los derechos de los campesinos a la tierra y el uso sostenible de los recursos naturales ocupan un lugar importante entre las tendencias que identifican a los movimientos de izquierda actuales. Invariablemente, los movimientos sociales que reclaman sus derechos a la tierra tienen una clara visión ecologista y en esta lucha

⁴⁰ Raisa Pagés: «Necesarios cambios en relaciones con el sector cooperativo-campesino», *Granma*, 18 de diciembre de 2006, p. 3.

⁴¹ Ana Margarita González: Ob. cit. (en n. 6). Ver también Raúl Castro: «Mientras mayores sean las dificultades, más exigencia, disciplina y unidad se requieren». Discurso pronunciado en la conclusión de la Sesión Constitutiva de la Asamblea Nacional del Poder Popular, *Granma*, 25 de febrero de 2008.

converge el repudio a los intereses monopolistas de las grandes empresas transnacionales que dominan el mercado mundial de agroquímicos, la distribución de semillas y, en los últimos años, la propiedad intelectual y los derechos sobre las variedades obtenidas por ingeniería genética.

El uso de variedades de plantas transgénicas no solo implica un riesgo demostrado para los productores, al quedar atados de pies y manos a las empresas que dominan las semillas, sino también para la integridad de la biodiversidad agrícola y las bases del funcionamiento armónico y natural de los agroecosistemas. Estos son reclamos del movimiento progresista mundial, antineoliberal y antiimperialista. Desde su perspectiva, no se podría entender por qué Cuba, disponiendo de otras alternativas, apostaría por el uso de transgénicos que tanta desolación causan en todo el mundo y que son promovidas por compañías transnacionales representativas de los intereses más mezquinos del capitalismo. Las políticas de estas poderosas compañías ponen en riesgo la diversidad y las agriculturas tradicionales alrededor del planeta y en Cuba esto no será diferente. La introducción de la variedad transgénica de maíz cubano FR-Bt1 ha sido acogida con beneplácito por las compañías y medios de información relacionados con la industria química y las transnacionales de la biotecnología a nivel mundial. ¿Por qué estarían tan satisfechos estos grupos de poder con los progresos obtenidos en Cuba? ¿Estarán interesados en la independencia de nuestra nación y la alimentación del pueblo cubano?

Mirar hacia adelante

Los problemas de la agricultura cubana no radican en la tecnología en sí misma, sino que están íntimamente ligados a la manera en que son utilizados los recursos disponibles y los códigos que rigen la vida de los agricultores. Problemas socioeconómicos y medioambientales irreconciliables del modelo de gran escala, de monocultivo y convencional, impiden el desarrollo del potencial agroecológico. Estos deben ser atendidos con urgencia para que definitivamente se abran las puertas a una nueva agricultura en Cuba.

El futuro de la agricultura cubana dependerá de un modelo que ponga en el centro de las prioridades al ser humano, sus necesidades, aspiraciones y capacidad de transformación. Los cultivos transgénicos en Cuba no distarán mucho de ser lo que han sido en otros países, donde la agricultura tiene cada vez menos futuro, al desplazar del campo a poblaciones enteras a las que le han arrebatado su capacidad de producir para desarrollarse de una manera sana y soberana. Los modelos agro-eco-lógicos ofrecen un infinito mosaico de soluciones a cada problema y una alternativa de futuro. Esta agricultura deberá ser diseñada y sostenida por sus propios protagonistas, bajo condiciones justas, equitativas y solidarias que contribuirán a un mundo mejor.

MAÍZ TRANSGÉNICO CUBANO ¿Y LA SOSTENIBILIDAD?

RAMÓN MONTANO MARTÍNEZ

MSc. Investigador del Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).

Introducción

Actualmente la agricultura cubana experimenta un aparente renacer de las técnicas asociadas a la Revolución Verde, antes muy extendidas por la geografía de la Isla. Aunque se habla de cultivos «potenciados» y unidades productivas «fortalecidas», adjetivos que hoy renombran los conocidos «paquetes tecnológicos» con base en fertilizantes y plaguicidas que entonces nos fueran familiares, y aunque este movimiento se acompaña de inversiones importantes en riego y maquinaria agrícola de «última generación» y, en general, de recursos y procedimientos del llamado «primer mundo» —gracias a los cuales un importante sector social espera que alcancemos la suficiencia alimentaria—, la decisión de enmarcarlos en la pequeña propiedad y asociarlos a la sostenibilidad, impulsada por las autoridades del área, marcan una distancia apreciable de los conceptos clásicos de la agricultura industrial. Para muchos, sin embargo, esta visión apuesta nuevamente por el desarrollo de cada cultivo de manera aislada, «poniéndoles todo lo que necesitan», enfoque muy alejado de la sostenibilidad y de la práctica agroecológica. Como para darles la razón, se suma ahora lo más sonado: el anuncio de la incorporación a la agricultura cubana de los organismos modificados genéticamente (OMG).

Llama la atención que esta declaración se haga cuando en «la capital» de los transgénicos, los Estados Unidos, muchas empresas alimentarias, en correspondencia con la tendencia europea, están renunciando a emplear materias primas de esa procedencia en sus productos, como respuesta a las crecientes exigencias de los

consumidores,¹ lo cual amenaza con la inviabilidad comercial y, por tanto, con la desaparición a corto plazo de estos cultivos. Probablemente esta situación haya impulsado a la última administración estadounidense al lanzamiento frenético de los biocombustibles como estrategia para reflotar el negocio, pues en este terreno los transgénicos encuentran innegable espacio. Mucha tiene que ser la confianza de nuestras autoridades en esta tecnología para, a pesar de esta situación, dar ese paso, que en la actual coyuntura constituye un llamativo relanzamiento ¡ahora desde Cuba!

Aunque «desde hace más de diez años se viene trabajando y se tienen resultados en caña, boniato, papa, papaya, banano, piña, citrus, café, arroz, tomate, maíz, soya y tilapia»,² por lo inmediato de su implementación y por la superficie agrícola que forzosamente se involucrará, lo más inquietante es el maíz transgénico FR-Bt1 resistente al herbicida Basta (glufosinato de amonio). Este cultivo se inscribe en el esfuerzo nacional por la sustitución de importaciones, en este caso de los granos utilizados como materia prima para fabricar piensos concentrados con destino a la producción intensiva de carne y derivados.

Este movimiento coincide con llamados de alerta de la más alta dirección del país para aprovechar las tierras cercanas a las ciudades,³ la tracción animal y la cercanía de la fuerza de trabajo en aras de practicar una agricultura «con el menor gasto de combustible» —preocupación que se puede hacer extensiva a otros recursos e insumos involucrados que pudieran no estar disponibles en un momento dado—. Dejando de lado los cuestionamientos más socorridos que en todo el mundo demonizan a los OMG, y con el ánimo de esclarecer los términos para evitar probables confusiones, es conveniente que desde el punto de vista de la sostenibilidad —concepto que sintetiza el reclamo de nuestro Presidente—, nos respondamos las siguientes preguntas:

¿Son los métodos intensivos los más apropiados para producir carne y derivados en Cuba? Dada la enorme factura que representan las erogaciones por concepto de importación de materias primas para piensos concentrados, ¿qué potencialidades entrañan otros recursos alternativos para alimentar la masa animal? Si de todas formas se requirieren cantidades sustanciales de maíz, ¿existen alternativas más sostenibles a los métodos de cultivo convencional? En ese caso, ¿será ventajoso el cultivo de maíz transgénico?

En las páginas que siguen trataré de responder estas interrogantes, pero antes analicemos los paradigmas agrícolas vigentes, que sirven de criterios de afiliación a la comunidad científica, a las autoridades, a los productores y a los ciudadanos, que no

¹ Marie-Monique Robin: *El mundo según Monsanto*, Ediciones Península, Madrid, 2008, pp. 444-447.

² Carlos Borroto: «Impactos de los OMG en la agricultura cubana». Conferencia presentada en Biotecnología Habana 2008.

³ Raúl Castro: Discurso en el VII período ordinario de sesiones de la VII Legislatura de la Asamblea Nacional, La Habana, 1 de agosto de 2009. Ver también su discurso pronunciado el 26 de julio de 2009.

deben ni pueden permanecer al margen del tema pues constituyen, en última instancia, la diana de las políticas que se adopten.

El viejo paradigma de la Revolución Verde y algunos de sus impactos en Cuba

La idea de que el aumento de la producción agrícola es la consecuencia incuestionable de la tecnología, está tan arraigada en la mentalidad de muchos colegas, que ni siquiera sienten la necesidad de analizar el entorno ambiental y social en que tales métodos pueden dar los resultados esperados y las tipicidades de nuestro país que representan fortalezas o debilidades contrastantes. Creo que no existe otra área económica donde se acepten inversiones millonarias, dando por sentado resultados que más de una vez se han mostrado insuficientes en nuestras condiciones.

Para citar un ejemplo, veamos la fertilización mineral. La hipótesis «los fertilizantes aumentan los rendimientos» se supone suficientemente demostrada y obvia. «Todos lo saben», se escucha cuando se aborda el tema. Las condiciones específicas del entorno bajo las cuales los resultados de la producción se corresponden con el presupuesto, no aparecen en la ecuación. Sin embargo, es ahí precisamente donde está la base del problema. En la década de los ochenta, Cuba se colocó en el segundo lugar mundial en aplicación de fertilizantes (202 kg/ha), solo superada por Europa Occidental (227 kg/ha) y muy por delante de los Estados Unidos (93,3 kg/ha).⁴ También se aumentaron otros rubros necesarios para garantizar que los fertilizantes cumplieran su función. Así, creció el número de tractores, que llegaron a más de 2,2 unidades por 100 hectáreas, con una potencia que subió de menos de 60 caballos en 1985 a más de 74 al final de la década; crecieron los herbicidas —que, inexistentes antes de la Revolución, alcanzaron en esta etapa consumos por unidad de producto entre los más altos del mundo— y otros plaguicidas químicos necesarios para garantizar un buen estado fitosanitario.

Sin embargo, los resultados distaron mucho de lo esperado, tanto en los cultivos de exportación como en los alimentarios. En algunos, la producción total ni siquiera alcanzó las del período prerrevolucionario, cuando se cultivaban superficies más pequeñas con insumos mucho menores. En aquellos en los que creció, sucedió a expensas de las áreas, pues los rendimientos fueron francamente inferiores. Pero la falta de respuesta de los rendimientos no fue el único problema. Como en otras regiones del mundo, «esa agricultura reduccionista que hace de los fertilizantes y pesticidas

⁴ Armando Nova: *La agricultura en Cuba. Evolución y trayectoria (1959-2005)*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2006.

químicos productos necesarios para protegerse de su propia vulnerabilidad»,⁵ nos pasó la cuenta y, entre otras, las consecuencias se manifestaron en perturbaciones ambientales inesperadas cuando dicho sistema colapsó. La más visible, aunque no la única, se puede observar hoy en los cientos de miles de hectáreas que permanecen cubiertas de marabú en un extraño tipo de barbecho largo, alarmantemente monoespecífico, muy alejado de la vegetación autóctona de esos ecosistemas que, después de dos décadas, de alguna manera tendría que manifestarse. Hoy los gastos para la recuperación de esas áreas —recuperación que se piensa también en términos de «tecnología», mecanización y herbicidas— son cuantiosos y probablemente de incierto efecto. Esto es apenas una muestra del daño que esas prácticas ocasionan a los agroecosistemas.

Además del impacto ambiental negativo, este modelo productivo nos legó un sistema agrícola que no se reproduce. El número de campesinos disminuye incesantemente, y si no se toman medidas urgentes, su desaparición total está a la vista. Junto con la significación económica, sin duda la desaparición del campesinado,⁶ «de lo campesino» —implícito en el paradigma reduccionista de la agricultura industrial que aspira a sustituirlos por mecánicos, choferes y operadores de equipos—, tendrá un profundo y negativo impacto moral en la sociedad. No se puede desconocer lo que este término significa en nuestra idiosincrasia, esas características inefables que llamamos *cubanía*, y que registra en esta figura el más rico anecdotario de heroicidades y sacrificios en las luchas por la independencia y soberanía del país. Nuestros niños aprenden del campesino-combatiente-patriota Elpidio Valdés el amor a la patria y descubren en él el orgullo de lo «cubano». Hay que detener la corriente que hiperboliza lo «urbano» sobre lo «rural» ante el efecto devastador que nos puede dejar como secuela la desvalorización de lo campesino y su proletarización.

La sostenibilidad. El nuevo paradigma en Cuba

No conozco ninguna publicación oficial que documente las experiencias de la agricultura cubana desde finales de la década de los sesenta hasta inicios del período especial, pero muchos estudiosos cubanos han analizado profundamente esos años y han aventurado hipótesis para explicar los desaciertos y tratar de enmendar el rumbo. Esas hipótesis, a muy grandes rasgos, se pueden dividir en dos corrientes

⁵ Frances Moore Lappé: *Food First: Beyond the Myth of Scarcity*, Houghton Mifflin, Boston, 1997.

⁶ La agroecología distingue entre *agricultor* y *campesino*. La diferencia radica en el grado de compromiso ético que este último asume con respecto al cuidado y preservación de los recursos naturales en el marco de una agricultura productiva y socialmente comprometida. Por su parte, un agricultor o productor puede, presionado por otras fuerzas, sacrificar el paradigma de sostenibilidad por utilidades económicas circunstanciales.

fundamentales: a) las economicistas, que enjuiciaban principalmente las dimensiones de las explotaciones agrícolas y el tipo de propiedad vigente, y b) las que cuestionaban todo el modelo agrario cubano de la época a partir de su «insostenibilidad». Mientras que los primeros no desaprobaban los métodos intensivos de manejo de los agroecosistemas, los segundos se preocupaban no solo por lo oneroso e inseguro que desde el punto de vista económico podía llegar a ser una agricultura basada en altos insumos importados, sino también por las repercusiones ambientales, sociales y de salud que tal sistema de explotación intensiva podía llegar a alcanzar.

Ya sabemos que la productividad de la tierra se incrementa a medida que la superficie de la explotación disminuye. No importa la tecnología que se aplique ni el lugar: a igualdad de condiciones, mientras la escala es menor, la productividad de la finca es mayor.⁷ Y cuando se aprovechan las ventajas de la diversificación espacial y temporal, entonces la diferencia es inmensa. Los partidarios de la agricultura industrial han considerado casi exclusivamente la productividad del trabajo como índice evaluativo, comparando la finca con una industria donde la productividad crece cuando se cambia trabajo por capital. Con este criterio, solo la agricultura de altos insumos es productiva, pero cuando se considera la productividad, además del trabajo humano, el consumo energético, los recursos naturales y los industriales que le son imprescindibles, así como la acumulación de desechos contaminantes, se pone de manifiesto que la agricultura industrial es derrochadora y ya no tan productiva.

Durante el período especial, al igual que ocurría a nivel mundial, el paradigma de la sostenibilidad fue ganando adeptos entre nosotros. Tanto organizaciones profesionales y de masas como universidades e instituciones científicas levantaron este paradigma como principio conductor para edificar una agricultura eficiente y aceptable desde la perspectiva ambiental, cultural y social. Desde entonces, la inmensa mayoría de los estudios e investigaciones que se presentan en nuestros eventos tiene por objeto esta propuesta. Tan impresionante fue la acogida que tuvieron estas ideas, que durante esos años se celebraron congresos para tratar los temas de esta agricultura, a los que se integró el movimiento campesino con la riqueza de sus puntos de vista, experiencias, observaciones, sugerencias, propuestas para construir nuevos equipos, conclusiones teóricas, etc. Muy lejos de la imagen de productores «cumplidores escrupulosos de la disciplina tecnológica» que tanto promueve y reclama la Revolución Verde, mostraban el orgullo de los que crean y descubren. Era el tesoro creado por la Revolución Cubana alimentando una nueva cultura.

Como en el capitalismo eso sigue siendo una quimera, la posibilidad de que tal cosa ocurriera en Cuba puso nuestro esfuerzo bajo escrutinio internacional por parte de muchos estudiosos, organizaciones campesinas y pueblos originarios de otros países, que veían en el apoyo del Estado socialista la fuerza capaz de lograr lo que para ellos,

⁷ Peter Rosset: «Terres sans Paysans et Paysans sans terre», *L'Ecologiste*, No 7, enero de 2002.

siempre marginados y carentes de apoyo de todo tipo, constituye un sueño. Esto le confirió una nueva dimensión a nuestro esfuerzo. Así, se ha avanzado por casi dos décadas, con un impresionante inventario de logros productivos (las formas campesinas de producción, por ejemplo, que poseen el 25% de la tierra, producen el 66% de los alimentos y la mayor parte de los renglones que se dedican a la exportación), con un caudal nada despreciable de conocimientos científico-técnicos —biofertilizantes y abonos verdes, bionutrientes naturales, plaguicidas botánicos, producción a escala local de entomófagos y entomopatógenos, conocimientos sobre manejo ecológico de plagas y arvenses, etc.— que posibilitan hoy, sin duda alguna, la aplicación de la agroecología, de forma masiva, en el escenario agrícola cubano.

Pero hay que reconocer que mientras esto sucedía, la corriente partidaria de la agricultura industrial o intensiva no había muerto, sino que descansaba, recuperaba fuerzas, se reponía. ¿De dónde emana su vitalidad?

Fuerzas que apoyan el viejo paradigma

Cuatro son los pilares que lo soportan:

- En primer lugar, el empeño de la más alta dirección del país por humanizar el trabajo mediante el empleo de la mecanización. De este modo, es posible aumentar la productividad, sobre todo en el sector agrícola, donde históricamente prevaleció el trabajo manual, extenuante en las condiciones del trópico, y cuya referencia obligada nos remite a la esclavitud y a las formas de explotación capitalistas, muy alejadas del ideal agroecológico. No por casualidad la primera máquina cosechadora de caña que se diseñó y construyó en el país después del triunfo de la Revolución se llamó «Libertadora»
- Importantes sectores del país hiperbolizan las posibilidades de la ciencia y la tecnología en la agricultura. Existe una tendencia muy inquietante que, consustancial al capitalismo, subsiste entre muchos de nosotros y se contrapone a un pensamiento ecológico es la idea del «imperativo tecnológico» «todo lo que pueda técnicamente hacerse ha de hacerse». ⁸ Se justifica casi cualquier proceder en aras de aumentar los rendimientos. Se privilegia el monocultivo. Se subvalora el efecto degradante que sobre la base productiva tienen las tecnologías propias de la agricultura industrial. Se asume, por ejemplo, que la fertilidad de los suelos puede enmendarse o conservarse indefinidamente con fertilizantes, y que la simplificación de la biodiversidad no tiene repercusión sobre

⁸ L. Anderson: *Transgénicos. Ingeniería genética, alimentos y nuestro medio ambiente. GALA. Proyecto 2050*, Vensolce SL., Barcelona, 2001.

la producción si se disponen de suficientes plaguicidas. También se asume que estos no dañan a las personas «si se usan bien». La agricultura es vista como una guerra entre el hombre y la naturaleza, una guerra en la que usamos todo tipo de armas para exterminar «al enemigo». A la tierra «hay que arrancarle» los frutos, hay que «explotarla» al máximo, dicen continuamente representantes del sector de todos los niveles, tanto en asambleas y reuniones como en declaraciones públicas, amplificadas luego hasta el infinito por los medios de comunicación.

- La percepción sobre los OMG. En muchos colegas reina la confusión. Están deslumbrados por la extensión que han alcanzado estos cultivos en algunos países, las propiedades agronómicas que exhiben y magnifican sus resultados económicos: rendimientos y costos —de hecho, esto se utiliza como argumento para demostrar su excelencia—. Piensan que es la tecnología «moderna» y están influidos por el innegable prestigio científico de la institución que aquí los patrocina. Otros, con muy poca ética, piensan que no vale la pena oponerse a una tecnología que en Cuba ha sido «benedicida desde «arriba», lo que inferen dado el apoyo brindado por el Estado a estas investigaciones.⁹ También hay colegas que simplemente temen ser acusados de anticientíficos y así enajenarse el reconocimiento de esta comunidad.¹⁰
- Las empresas extranjeras del agronegocio presentes en Cuba, ejercen una influencia notable, muy visible, en muchos técnicos y en no pocas autoridades del sector. Se tiene en alta estima la honorabilidad de las mismas, de tal forma que su ética no se relaciona con sus necesidades de promover las ventas y cumplir con sus accionistas —lo cual contrasta con la percepción de la mayor parte de los consumidores, productores y campesinos en el extranjero—. Los seminarios que imparten, dirigidos a presentar sus productos y magnificar sus bondades, se llevan a cabo en lugares y en condiciones materiales que distan mucho de las que nuestros investigadores pueden emplear. De esta forma, los asistentes identifican, por la opulencia relativa de los lugares, las

⁹ Por suerte para nosotros como sector social y como ciudadanos, el Estado se interesó en el desarrollo de las ciencias desde el principio. De lo contrario, ni siquiera existiríamos como profesionales y esta discusión no se podría llevar a cabo. Este ha sido el caso en muchos países, donde los OMG sí se instalaron «desde el poder». Como veremos más adelante, el Estado cubano también apoyó fuertemente otros proyectos que pueden contribuir de forma decisiva a la sostenibilidad de nuestros agroecosistemas.

¹⁰ Sobre la percepción que tenemos de lo que «es o no es» científico, hay mucho de qué hablar. En la ciencia cartesiana queda muy claro qué se entiende por este término, según definió en su momento Galileo. El problema se presenta cuando lo «científico» se contrapone a lo «ecológico» en situaciones en que lo empírico puede ser mucho mejor que lo científico. Un ejemplo que involucra también a los OMG lo tenemos en la vacuna transgénica contra la garrapata del ganado. Esta vacuna es un logro científico muy reconocido en nuestro país. Existen otros métodos alternativos que también tienen como objetivo «matar» las garrapatas, para lo cual se utilizan medios biológicos no modificados

formas y los métodos, el éxito comercial con las características «científicas» de los productos que se ofrecen. En Cuba emplean estos métodos y otros —por ejemplo, el copatrocinio económico de nuestros eventos científicos, que han venido haciendo por décadas, incluyendo el período especial, durante el cual se redujeron mucho las posibilidades de negocios ¿como inversión a futuro?—, en sustitución de los anuncios en los medios de comunicación, cuyo acceso hasta ahora han tenido vedado, y ante la prohibición de la venta directa de sus productos a los agricultores. Me imagino que pondrían «el grito en el cielo» si el Estado cubano, en correspondencia con su decisión de alcanzar la sostenibilidad en el sector, anunciara su disposición a abandonar a corto plazo los subsidios a los agroquímicos y privilegiar la fabricación y uso de los medios biológicos y naturales que el país ha desarrollado en todos estos años.

Con la mejora ostensible de la situación económica, con la disposición del Estado a entregar tierras ociosas en usufructo a personas naturales o jurídicas que se comprometan a ponerlas a producir, con el renacer de la «tecnología» y la introducción de la «alta tecnología» (cultivos transgénicos), y aprobada la ley que regula los términos para su liberación «si han pasado más de diez años sin impactos negativos a la salud en el país de procedencia»,¹¹ los partidarios de la agricultura industrial piensan que las condiciones para repetir la experiencia de la Revolución Verde, ahora escalada a una nueva dimensión, están creadas.

Dado que el argumento principal para la introducción del maíz modificado genéticamente (la punta de lanza), es la necesidad de sustituir las importaciones de este grano para la alimentación animal, revisemos entonces la tecnología convencional intensiva de cría de animales sobre la base de pienso concentrado y compáremosla con otra basada en recursos propios.

genéticamente. Para muchos, estos métodos son «menos» científicos que la vacuna transgénica, aunque todavía son considerados «científicos». La disminución del rango puede que se deba a que no utiliza para sus fines lo «último» en la ciencia y al hecho de que no «mata» a todas las garrapatas. Sin embargo, existe otro método alternativo que «usa» las garrapatas para alimentar gallinas y producir carne y huevos mediante el «pastoreo» de ellas junto con el ganado, usando la simbiosis natural entre estos y las aves. Es un método ecológico, en el que el manejo del «rebaño» de gallinas puede reducir la plaga por debajo del nivel de daño aceptable. Aunque este método convierte una plaga en un nuevo recurso y, por tanto, es superior a los otros dos, no se considera en absoluto «científico». La agroecología tiene que luchar por que los científicos coloquemos en la punta lo «ecológico» y le confirmamos la jerarquía a la que tiene derecho.

¹¹ Resolución No. 180/2007 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, en *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, Edición Ordinaria, Año CV, No. 84, 19 de diciembre de 2007. Disponible en www.gacetaoficial.cu. [Ver apéndice en el presente volumen. *Nota de los editores*].

Alimentación animal con pienso concentrado

La agricultura industrial promueve la tecnología de piensos concentrados para la cría de animales. Antes de la Revolución, solo las aves se criaban con maíz de producción nacional, mientras que los cerdos recibían una alimentación basada en recursos marginales, como el palmiche y los desperdicios. Ambas crías tenían mucho de artesanal y los precios no eran bajos. La carne de cerdo incluso era la segunda más cara, detrás del ovino importado. En la década de 1950 comienza un desarrollo incipiente de la cría industrial de pollo y la producción de huevos, para lo cual se importaba pienso concentrado. Por esta vía se producían los pollos y huevos de «granja» o «americanos», como se les denominaba popularmente, poco apreciados por los consumidores frente a la tradicional alternativa «criolla». A partir de los años sesenta comienza la importación masiva de granos (maíz, soya y otros) y se desarrolla aceleradamente la producción nacional de piensos para todos los tipos de ganadería.

Con el objetivo de instaurar este sistema, se levantó una importante y costosa infraestructura que comprendía instalaciones portuarias para la recepción, el transporte de granos, los silos, las fábricas de piensos, su sistema de distribución, el almacenamiento, las instalaciones de cría intensiva, así como los sistemas de tratamiento de residuales y uso de vitaminas y medicamentos, cuya demanda crecía en función del hacinamiento de los animales en el proceso de cría. Este sistema demandaba con muchísima fuerza energía y todo género de insumos, sin los cuales colapsaba irremediabilmente.

La rentabilidad del proceso pasó a depender del desempeño de las instalaciones de cría tecnificadas, donde los índices de eficiencia se medían según el pienso consumido por unidad de producto y el número de animales atendidos por trabajador. El resultado de tal sistema hizo dependiente nuestra cabaña de las importaciones en un mercado ventajoso, solidario y «seguro», lo que permitió a corto plazo proporcionarle a la población una alimentación con un componente importante de derivados animales.

Con el colapso del campo socialista, este sistema mostró su absoluta insostenibilidad. Si antes, nadie o muy pocos pudieron darse cuenta de su fragilidad, posteriormente muchos comprendieron y buscaron soluciones que permitieran protegernos en el futuro de las veleidades de las relaciones internacionales. El descubrimiento de las propias potencialidades se imponía. Precisamente de esta reflexión surgió el movimiento por la agricultura orgánica, de cuyas entrañas nació el paradigma de sostenibilidad que tiene a la agroecología como base obligada. En esa misma cuerda y haciendo gala de creatividad, surgió y se desarrolló el movimiento de la agricultura urbana, que en poco tiempo y con recursos locales resolvió el abastecimiento de vegetales y condimentos frescos y originó nuevas fuentes de trabajo bien remunerado en pleno período especial. Queda evaluar en qué medida este flujo adicional de alimentos

frescos de elevada calidad biológica contribuyó a superar las deficiencias nutricionales que entonces padecíamos y mejorar la salud de la población cubana. Veamos a continuación una de las múltiples posibilidades que tenemos a mano para alimentar animales con recursos propios de nuestros agroecosistemas.

Producción animal con caña y leguminosas

La ceiba de cerdos y vacunos en el trópico, sin maíz como alimento básico, ha sido utilizada durante muchos años en el Caribe y en Asia. En esta latitud geográfica, ningún otro cultivo supera a la caña en la producción de carbohidratos asimilables por hectárea al año (10-12 toneladas) con recursos mínimos y sin gastos de siembra una vez fomentado el cañaver. El jugo es la fuente energética para los cerdos, mientras que el resto (bagazo, azúcares remanentes, hojas y cogollos), convenientemente tratado, forma parte de la dieta de los rumiantes. Para los cerdos, además se requiere de soya como fuente proteica, no solo el grano, sino también la propia planta verde cosechada con el grano en leche. Una característica importante es que esta proteína se suministra de forma restringida y constante (independientemente de la edad y el peso del animal), en cantidad igual a 500 gramos diarios de frijol de soya hervido o 1 kilogramo de soya-mata (diez plantas de setenta días, aproximadamente), o una mezcla de ambos según se disponga y de acuerdo con la estación —en época de lluvia es más fácil recolectar la planta verde con el grano en leche que esperar a la maduración para cosechar el grano; por supuesto, esta soya se planta escalonadamente—. El cerdo puede asimilar cantidades importantes de alimentos ricos en fibras (soya-mata), después que alcanza los 30-35 kilogramos de peso, sin trastornos de ningún tipo.¹²

El módulo productivo consta de una superficie que garantice un mínimo de 80 toneladas de caña al año, sembrada en asociación con soya —en marco estrecho puede requerirse desde 3/4 hasta 1,3 hectáreas, según suelo y abundancia de precipitaciones, y 1 hectárea de soya, con rendimientos aproximados de 1 t/ha de frijol. También se requiere 0,5 hectáreas de algún árbol leguminoso, como el bien vestido (*Gliricidia sepium*), que sembrado en cercas vivas o en superficies intensivas permite una poda trimestral para suministrar follaje a los vacunos. Además del trapiche, una instalación muy importante es la cochiquera con digestor de biogás para diez o quince animales. Ella suministra el combustible necesario para mantener un quemador de seis pulgadas encendido seis horas diarias, lo cual resulta suficiente para cocinar los alimentos de la familia y hervir 2,5-3 kilogramos de soya para los animales. Según

¹² Thomas Preston y Enrique Murgueito: «La caña de azúcar como base de la producción pecuaria en el trópico», en GEPLACEA/PNUD: *Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento*, México D.F., 1988, p. 525.

varios estudios el suministro adicional de frutos de noni a los animales, tanto vacunos como cerdos, ahorra concentrados vitamínicos, incrementa la conversión en carne por cada kilogramo de alimento consumido y mejora el estado de salud.¹³

Este sistema ofrece infinitas variantes de manejo. En el caso típico, se alimentan entre diez y quince cerdos cada noventa días (se reciben con 30-40 kilogramos para ceba) y diez toros por año (se reciben con 200 kilogramos). Para esto se corta y traslada al trapiche aproximadamente veinte arrobas diarias de caña entera —la caña se cosecha todo el año, pues lo que interesa son los azúcares totales que se mantienen sin grandes fluctuaciones, igual ocurre cuando existen cañas acamadas por eventos meteorológicos—. El trapiche, que puede moverse con tracción animal o eléctrica, acoplado a la barra de un tractor o de otra forma, solo extrae el 50% de los azúcares, por lo que en el bagazo queda la misma cantidad. Este bagazo, predigerido para hacerlo más asimilable, se utiliza en la ceba de los vacunos. La caña exprimida, se mezcla con sosa cáustica y urea (únicos insumos externos obligados) a razón de 1 kilogramo de cada componente por tonelada de bagazo húmedo a lo que se le añade 20 kilogramos de follaje del árbol leguminoso. Esta constituye la dieta básica de los rumiantes. Como vemos, la caña se utiliza integralmente: el guarapo se conduce a la cochiguera, en la que se suministra *ad libitum* (como promedio cada animal consume 1 tonelada de guarapo durante el ciclo de ceba), mientras que el resto se suministra a los rumiantes.

Para cosechar el grano, la soya se siembra al principio de la estación seca. En Cuba existen variedades de maduración temprana, media o tardía que pueden adaptarse a diversos suelos y épocas. La siembra puede realizarse en un sistema de bajos insumos, mecanizada o manual, sin empleo de herbicidas, para lo cual basta con utilizar previamente un abono verde determinado. Por ejemplo, el millo plantado a boleto produce entre 40 y 50 toneladas de masa verde por hectárea en cuarenta y cinco días, que quedan sobre el campo una vez chapeado. Sobre este rastrojo se siembra la soya con laboreo mínimo y sin que el enyerbamiento constituya un obstáculo. Hay otros sistemas igual de eficientes que pueden incluir sorgo o maíz, variedades convencionales que, como veremos, son capaces de producir en estos sistemas con rendimientos más que decorosos. En este caso, la finca puede mantener sus propias reproductoras y cerrar el ciclo desde el nacimiento hasta la ceba. Por su parte, para cosecharse en forma de planta, la soya se siembra en asociación con la caña en el área recién cortada. La siembra tiene lugar en fase con el corte de caña. Este cultivo germina sobre la paja húmeda, evita el enyerbamiento del cañaveral y fija nitrógeno. Cuando se cosecha, a los setenta días ya la caña no requiere desyerbe adicional.

¹³ Presentados en la mesa redonda de la ANAP del séptimo Encuentro de Agricultura Orgánica celebrado en La Habana en mayo de 2008.

Este mismo sistema puede servir de base, como se hace en Asia, a una cabaña importante de aves, principalmente ocas y patos ponedores del tipo blanco pequinés¹⁴ y entonces producir de forma especializada aves y huevos en lugar de cerdos. También es posible implementar manejos de este tipo para explotaciones lecheras.

Con este sistema alimentario manejado en una superficie de 2 a 3 hectáreas, se puede entregar anualmente no menos de cuarenta cerdos con peso entre 80 y 90 kilogramos y diez toros de 450 kilogramos. No se cuentan otros tributos que pueden esperarse cuando la parcela se inscribe en una finca mayor, por ejemplo, de 13,42 hectáreas, como las que actualmente se entregan en usufructo. En este caso, las 10-11 hectáreas que no se comprometen con la producción animal y se dedican a cultivos alimentarios, aportan residuos y otros desperdicios y subproductos que pueden también integrar las dietas de los animales. En este sistema, los animales no solo crecen en la finca, sino que son la «fábrica» de fertilizantes, pues propician el reciclaje de nutrientes, prácticamente sin inversión alguna en transporte.

Comparación entre ambas tecnologías

El sistema sostenible en el trópico tiene alta productividad de carne por unidad de área. Se ceban cuarenta cerdos que ganan 50 kg/cabeza, lo que suma 2 toneladas. Los rumiantes se reciben de 200 kilogramos y ganan otros 250, lo que representa 2,5 toneladas en un hato de diez cabezas. En total, el sistema produce 4,5 toneladas de carne en pie en 2-3 hectáreas cultivadas. El rendimiento es de 1,5 a 2,25 t/ha. Por su parte, el sistema convencional requiere suministrar 4 toneladas de concentrados (70% maíz + 30% torta de soya) por tonelada de carne de cerdo. Suponiendo rendimientos de 7 t/ha de maíz y 2 t/ha de soya (rendimientos promedios de los Estados Unidos), se requerirían 1 hectárea de maíz y 2 de soya para producir 10 toneladas de concentrados, ya que la soya debe exprimirse para extraerle el aceite, pues es dañino al animal (28% de aceite) cuando se suministra conjuntamente con maíz. Esto puede producir 2,5 toneladas de carne, lo que resulta en un índice productivo de 0,83 t/ha.

Por otra parte, el sistema sostenible no requiere un suministro de energía específico para la crianza, todo lo contrario: el sistema permite la instalación de un digestor de biogás, que garantiza la energía (renovable) suficiente como para preparar el alimento de los animales y de la familia. La escala pequeña simplifica el tratamiento de residuales con un nivel muy bajo de inversión y mantenimiento y sin gastos significativos en transporte, por lo que los convierte en otro recurso económicamente valioso. La cría industrial intensiva, por otro lado, tiene en los residuales su principal «talón de Aquiles». La contribución de estas instalaciones al aumento de la carga

¹⁴ Rena Pérez: *La producción de patos con caña de azúcar*, Ministerio del Azúcar, La Habana, 1992.

contaminante es sustancial, y afecta cursos de agua, embalses, mantos freáticos, bahías y estuarios, con la consiguiente destrucción de ecosistemas frágiles. La cría intensiva depende en gran medida del suministro de electricidad y de otras fuentes de energía para el bombeo del agua y, en las instalaciones mecanizadas del primer mundo, para el suministro interno del pienso, el manejo de las camas de los animales y la evacuación y traslado de las excretas fuera de la unidad, sin lo cual se paraliza la producción. Solo con respecto al índice de consumo de agua, vale la pena destacar que según la FAO se estima en cien mil litros de agua por kilogramo de carne obtenido en esta forma de producción. ¿A eso aspiramos?!

«Para la ecología, la resiliencia es la propiedad de los ecosistemas de responder al estrés provocado por la depredación o la perturbación proveniente de fuentes externas (incluidas las actividades humanas), lo que determina en última instancia el valor de la biodiversidad. La biodiversidad, ecológicamente crucial, es el mecanismo vital que asegura la resiliencia esencial de los ecosistemas. La resiliencia es, en última instancia, la única garantía de la sustentabilidad ecológica de los ecosistemas».¹⁵ En este sentido, el sistema sostenible tiene resiliencia, pues posee una capacidad potencial de adaptación a las principales circunstancias que históricamente han hecho colapsar nuestro sistema de producción pecuaria. Me refiero a las condiciones climáticas extremas: sequías, ciclones y epidemias, espontáneas o introducidas, tanto accidental como intencionalmente (sabotajes) y las consecuencias de la cambiante situación internacional que con el bloqueo a la cabeza puede hacer extraordinariamente difícil, y hasta imposible, la adquisición de insumos, piezas y equipos, medicamentos, vacunas o materias primas para fabricarlas.

La producción sostenible aquí descrita —en el entendido de que no es la única y que en el país existen muchas y muy diversas experiencias válidas— tiene en cuenta estos fenómenos, pues de hecho solamente requiere dos insumos externos: urea y sosa cáustica, esta última de producción nacional. La resiliencia se alcanza como resultado del manejo de una biodiversidad adecuada en la finca, lo que posibilita el reciclado casi total de nutrientes y contempla el uso de cultivos básicos permanentes, bien adaptados y resistentes, con amplia cultura de manejo entre nosotros, cuya cosecha se realiza todos los días, sin necesidad de maquinaria ni combustible para siembra y cosecha. Tampoco requiere fábricas de piensos, silos o transporte del alimento animal a los puntos de cría. Además, el empleo de elementos locales para levantar la infraestructura posibilita la recuperación a corto plazo y a muy bajo costo cuando se requiera. Como se comprende, tal sistema deviene ambientalmente sano, pues no libera gases de efecto invernadero y conserva la base productiva en cuanto al suelo y la biodiversidad.

¹⁵ A. Toledo: *Economía de la biodiversidad*, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, No. 2, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2005.

Tabla 1. Comparación de los tipos de crianza del ganado

Índices	Producción intensiva a partir de piensos concentrados	Cría sostenible en la finca con recursos propios
Instalaciones e infraestructura	Especializadas, costosas	Sencillas, de bajo costo, hechas con materiales de la propia finca o de la localidad
Rendimiento en toneladas de carne por hectárea	0,83 t de carne de cerdo	Entre 1,5 y 2,25 toneladas de carne de cerdo + vacuno
Residuales	Requiere tratamiento y transporte (combustible fósil) para reciclar residuos y dar mantenimiento a las instalaciones	Se recicla en la propia finca
Escala	Centenares, miles o decenas de miles de animales por instalación	15 cerdos y 10 vacunos por ciclo de ceba por instalación
Insumos externos	Pienso concentrado importado o producido en el país, equipamiento y repuestos, medicamentos, vacunas, desinfectantes, medios de limpieza, electricidad	0,5 toneladas de urea + 0,12 de sosa cáustica por instalación
Fuerza de trabajo	Externa	La propia familia
Relación con la agricultura	Indirecta	Directa
Resiliencia	Muy baja. Puede perjudicarse por alteraciones en los mercados suministradores, daños a las instalaciones por tormentas o huracanes, epidemias, sabotajes, etcétera.	Alta. Se basa en cultivos permanentes resistentes, los animales son pocos y las instalaciones están dispersas
Costo de las instalaciones	Alto, tanto más cuanto más se quiera asegurar contra huracanes	Bajo. Materiales locales o de la propia finca para techado y paredes
Consumo de agua	Elevado	Bajo
Consumo de energía	Alto	Bajo. Incluso produce suficiente para preparar el alimento de los animales y de la familia

En este enfoque resulta crucial que la ganadería y la agricultura se asocien en el mismo espacio productivo, ya que propicia la disminución de transporte automotor y del combustible fósil, permite el reciclado de nutrientes, evita los desperdicios y simplifica las instalaciones productivas, a la vez que brinda la posibilidad de emplear el biogás para cocinar.¹⁶

A nivel nacional, una superficie de 150 000 hectáreas, de las más de 1,7 millones que actualmente se distribuyen en lotes de 13,42 hectáreas, podría asumir la producción de toda la carne de cerdo y vacuno que se demande (a un nivel mínimo de 20-25 kilogramo por persona al año). Además, podría suministrar cantidades importantes de otros animales, como ovinos, conejos y patos, que también pueden alimentarse con estos recursos y propiciar que no menos de cien mil familias utilicen energía renovable para cocinar y, eventualmente, producir electricidad. No imagino un entorno en el cual este sistema de producción de carne pudiera colapsar, pues resulta verdaderamente invulnerable.

En la tabla 1 aparece un resumen de los principales indicadores comparados entre tecnología intensiva de ceba *versus* cría sostenible con recursos propios.

Hasta aquí las bondades del sistema sostenible de producción de carne en el trópico. Retornemos ahora al modelo convencional de cría intensiva a partir de concentrados y examinemos los cambios que puede experimentar cuando los granos se cultiven en el país. Esta variante gana importancia ahora que los precios del mercado aumentan o se produce una coyuntura política desfavorable para Cuba, como la agudización del bloqueo, porque entonces el sistema sufre considerablemente y se afecta no solo la alimentación de la población sino también la economía del país, pues incrementa los subsidios a los empleados que quedan interrumpidos por la reducción inevitable de las operaciones.

Producción convencional de maíz y soya en el trópico

La producción de maíz y soya para alimento animal en el trópico ha sido siempre muy cuestionada por sus bajos rendimientos, especialmente en regiones insulares. Con la Revolución Verde y el surgimiento de las semillas mejoradas, estos cultivos han requerido cada vez mayores recursos en maquinarias, instalaciones de riego, plaguicidas y fertilizantes, lo cual los ha hecho aún más onerosos. La opción de importarlos —en parte también gracias a los subsidios que en los países desarrollados exportadores se le confiere a la producción de granos— ha sido siempre asumida por nuestros países como la variante más económica. Por supuesto, la expansión o

¹⁶ Fernando R. Funes-Monzote, Alberto Hernández, Rasiel Bello y Aurelio Álvarez: «Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos», *LEISA. Revista de Agroecología*, Vol. 24, No. 2, 2008, pp. 9-12.

la contracción de la producción de carne en los países capitalistas en función del mercado suministrador, afectan los precios y, por consiguiente, a la población. Pero esto no tiene las connotaciones que alcanza en Cuba, a partir del compromiso político del país con la seguridad alimentaria para todos.

En Cuba, por ejemplo, la tecnología convencional para el maíz demandaría roturar anualmente decenas de miles de hectáreas. Esta operación es más costosa en nuestros suelos que en los de los países templados, debido a su composición arcillosa, que reclama mayor tamaño y potencia de los equipos y, por tanto, más petróleo por unidad de superficie trabajada. El uso de maquinaria más pesada trae como consecuencia la compactación del terreno, que impide el crecimiento adecuado de las raíces, limita el aprovechamiento de los fertilizantes y el agua, y disminuye drásticamente los rendimientos. Para contrarrestar este fenómeno en Cuba, es necesario más laboreo del suelo, y esto exige más maquinaria especializada y más combustible. En los países templados, sin embargo, el suelo se ve sometido a variaciones de temperaturas por debajo de 4°C durante el invierno, esto descompacta el terreno de forma natural, sin que haya que invertir un gramo de petróleo. La calidad del agua de riego es otro problema. Nuestro país posee un subsuelo eminentemente calizo. Las aguas son mucho más ricas en calcio —y en sales en general, debido a la cercanía del mar— que las aguas continentales. Incluso, lo mismo ocurre con las aguas embalsadas. Esto limita el riego, pues con las altas temperaturas, la evaporación puede salinizar el terreno rápidamente y afectar tanto la infiltración del agua como su ingreso al interior de la planta. Este fenómeno es independiente de la tecnología de riego que se aplique.

Otras consecuencias dañinas acompañan la tecnología convencional. Los requerimientos de fertilizantes, por ejemplo, acidifican el suelo con más o menos rapidez. Los herbicidas y plaguicidas tienen consecuencias letales sobre la biodiversidad. A mediano plazo es la selección de malezas con especies de más difícil control y la aparición de insecto resistencia y nuevas plagas.¹⁷ Por otra parte, la introducción de más plaguicidas al ambiente trae más perturbaciones a la salud de la población, incluso con impactos sin relación aparente. Por ejemplo, el incremento de los casos de suicidio a medida que aumenta la manipulación y uso de plaguicidas de los grupos fosforados, carbámicos y piretroides que actúan sobre neurotransmisores. Hoy se conoce que ellos están asociados a la depresión psicológica. También suelen incrementarse las disfunciones hormonales, el daño al nacer, el retraso mental y el autismo en niños.¹⁸

¹⁷ Peter Rosset: «La crisis mundial de la agricultura convencional y la respuesta agroecológica», en *III Encuentro de Agricultura Orgánica*, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 14 al 16 de mayo 1997. Conferencias, pp. 87-95.

¹⁸ Ver J.E. Vega: «Exposición paterna a pesticidas y malformaciones congénitas. Velasco, Holguín. 1996-2000», en *V Encuentro de Agricultura Orgánica*, La Habana, mayo de 2003; y R. Recio: «Pesticide Exposure Alters Follicle-Stimulating Hormone Levels in Mexican Agricultural Workers», *Environ Health Perspect*, No. 113, pp. 1160-1163. DOI: 10.1289/ehp.7374 disponible en <http://dx.doi.org/>.

La contaminación no solo daña los cursos de agua, crea eutrofización en ecosistemas remotos, barreras coralinas y manglares —lo que provoca incrementos de la intrusión salina, especialmente dañina en épocas de sequía—.¹⁹ También los daños a las playas y a la pesca de plataforma son otros tantos perjuicios que incrementan el costo real de estas tecnologías y que normalmente se externalizan.

Para Cuba, el desarrollo del modelo convencional de agricultura implica importar la maquinaria, los fertilizantes, los plaguicidas, el combustible, los medios o la tecnología de riego y los repuestos, suponiendo el uso de semilla nacional, en cuyo caso hay que asegurar los medios para producirla con una calidad mínima aceptable. Además, se necesitan tierras fértiles y agronómicamente productivas que pudieran dedicarse a producir alimentos directos para la población.

El aporte del maíz transgénico

En los últimos años se han desarrollado los cultivos modificados genéticamente, principalmente con especies propias de zonas templadas. La canola, el maíz y la soya ocupan la mayor parte de las áreas dedicadas a transgénicos. Aunque las áreas plantadas han crecido rápidamente, el número de productores que aceptan estos cultivos es limitado. La superficie aumenta a expensas de la competencia y en busca de la rentabilidad, que en estos cultivos solo se logra a grandes escalas. Gracias a la transgénesis, se obtienen variedades que permiten disminuir los costos al simplificar la agrotécnica y, fundamentalmente, reducir la fuerza de trabajo necesaria. Por supuesto, estas ventajas comportan riesgos para la salud y, sobre todo, para el ambiente, que unidos al fenómeno del desempleo, la expulsión de los campesinos y la transnacionalización de la producción alimentaria, están en la base de la ola de rechazo mundial a estos cultivos.

La tecnología de la que hablamos implica realizar las operaciones agrotécnicas siguientes: se aplica un herbicida total —glifosato, glufosinato de amonio (en el caso de la variedad cubana) u otros—, se siembra el maíz por el método de siembra directa (laboreo mínimo), se fertiliza, se hace otra aplicación del herbicida durante el ciclo de crecimiento del maíz y finalmente se cosecha. Como es habitual, los riegos se realizan según la fase de crecimiento del cultivo. No es necesario aplicar plaguicidas contra la palomilla (*Spodoptera frugiperda*), pues la planta expresa la toxina Bt, letal para este insecto. El método simplifica la fase de preparación del terreno, con la consiguiente reducción de petróleo, y conserva mejor el suelo por la no inversión del prisma, aunque extermina totalmente toda la vegetación acompañante. Además de una reducción en salarios, el costo total puede disminuir porque el herbicida cuesta

¹⁹ V. Smil: «Abonos nitrogenados», *Investigación y Ciencia*, septiembre, 1997.

menos que el petróleo, y si no se presentan otras plagas, también se ahorran gastos en plaguicidas y aplicaciones.

Como la aparición de resistencia a la toxina Bt por parte de la palomilla es un evento indeseable y probable, hay que sembrar en la vecindad áreas de maíz susceptible al insecto a fin de permitir cierto grado de cruce entre insectos resistentes y susceptibles. El tamaño de esta área se estima en no menos del 20% del total para las variedades de Monsanto —a pesar de lo cual esta misma empresa admite que en treinta años aparecerá de todas formas la resistencia—. ²⁰ En esta superficie no se produce maíz, sino palomillas «normales» susceptibles a la toxina Bt y capaces de cruzarse con las resistentes que sobrevivan en el área del cultivo Bt colindante. Fomentar estas áreas y eliminar la inflorescencia también tiene un costo que pesa en el costo global. El área total sembrada es superior a la de cosecha efectiva, lo cual atenta contra los rendimientos, que pueden ser sustanciales para el costo total. Por ejemplo, si el área transgénica rinde 9 t/ha y la colindante es un 20%, el rendimiento total es 7,2 t/ha (en los Estados Unidos rinde 7). Apúntese además que el fomento y mantenimiento de estas áreas «estériles» requerirán una fuerte disciplina, porque atentan directamente contra los ingresos de los productores y las metas de producción de los territorios. Imagino que no se podrán dejar al libre albedrío y que demandarán gastos adicionales para su control.

No considero el problema de la probable contaminación del transgén con variedades de maíz autóctonas, algo que puede requerir segregaciones de áreas y acciones especiales para evitar no solo la dispersión por agentes naturales, sino también por factores sociales. Para regular este último fenómeno, será necesario una legislación especial y más gastos.

Con todo esto, los partidarios de esta tecnología en Cuba esperan que la ventaja de la manipulación genética justifique tales costos y los de los insumos importados —herbicidas, fertilizantes, plaguicidas, petróleo, maquinaria, etc.— sin los cuales este cultivo se reduce a simple maleza. Aunque parezca increíble, la experiencia de lo que sucedió en la agricultura cubana cuando colapsaron nuestros mercados y llegó el período especial, y el descubrimiento de que el mundo unipolar es aún más peligroso e inestable —visto en la política de los biocombustibles, el incremento de los precios de los alimentos, las guerras y la actual crisis económica mundial—, no nos han hecho más conservadores a la hora de vincular nuestra alimentación a los mercados internacionales de materias primas e insumos.

Es conveniente destacar aquí que muchos países desarrollados de clima templado, principalmente de la Unión Europea, con suficientes tierras, tecnología, dinero y capitalistas ávidos de ganancias, colocados ante la imposibilidad de alimentar su ganado con subproductos de la industria de la carne, como tradicionalmente hicieron,

²⁰ Marie-Monique Robin: Ob. cit. (en n. 1), pp. 444-447.

prefieren importar la mayor parte de estos insumos para fabricar sus concentrados antes que producirlos internamente.

La tecnología transgénica tiene aportes sustanciales específicos que repercuten sobre los costos del cultivo. A cambio de ello, los grandes productores capitalistas, que no tienen nuestras limitaciones de mercado, financieras, bloqueo, etc., han estado dispuestos a obviar posibles riesgos e impactos ambientales y de salud actuales y futuros. Para tener una visión integral del problema que nos permita pronunciarnos a favor o en contra de la tecnología transgénica, expongamos ahora cómo se puede incrementar la sostenibilidad de este cultivo —disminuir costos, insumos, dependencia, evitar la erosión de la base productiva y riesgos ambientales y para la salud— con el empleo de nuevos productos de la ciencia cubana y de tecnologías propias de la agroecología.

Efectos de un producto cubano y de algunas técnicas agroecológicas sobre la sostenibilidad del maíz convencional

Producción de maíz tierno

Entre enero y marzo de 2007 se llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue determinar el efecto del bionutriente cubano FitoMas E, con marcada influencia antiestrés, sobre el rendimiento del maíz tierno, variedad FR-28, bajo estrés nutricional.²¹ En él se compararon los rendimientos y algunos parámetros relacionados de parcelas fertilizadas con otras no fertilizadas, donde se aplicó el producto a 0,75 l/ha; se usó también un testigo absoluto. El FitoMas E se aplicó foliarmente, a punto de goteo (en dilución 1:200), dos veces durante el ciclo, la primera vez a los doce días después de la siembra (DDS) y la segunda a los cuarenta y cuatro (DDS).

Todos los parámetros medidos indican claramente la influencia positiva que el producto cubano ejerce sobre el cultivo. Un parámetro particularmente importante es la masa de hojas que envuelven la mazorca (paja). Estas hojas son las que más participan en la fijación de carbono fotosintético en la mazorca propiamente dicha y además la protegen de daños por ataque de plagas. Los resultados demuestran que en el tratamiento con FitoMas, el 42,3% de la masa de la mazorca con paja corresponde a las hojas, mientras que en el tratamiento fertilizado este porcentaje desciende

²¹ El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de producción sobre suelo Ferralítico rojo compactado Eutrítico, en áreas de la Cooperativa de Producción Agropecuaria Amistad Cuba-México, ubicada en la finca América Libre, municipio Alquízar, provincia La Habana, entre el 14 de enero y el 30 de marzo de 2007, fecha óptima de cosecha. Ver D. García: «Evaluación del bioestimulante FitoMas E en el cultivo del maíz (*Zea mays L*) var FR-28». Tesis de Grado, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, 2007.

a 34,9% y solo es el 30,3% para el testigo absoluto. De esta manera se deduce que el bionutriente estimula la aparición en la planta de las estructuras más favorables para la absorción de nutrientes y el traslado del carbono hacia la parte cosechable y para su protección. El FitoMas a 0,75 l/ha incrementa en 77,4% el rendimiento sobre el testigo absoluto (19,6 t/ha vs. 11,0 t/ha) y en 42,1% sobre la variante fertilizada (13,8 t/ha) (peso de la mazorca con paja). En el trabajo no se menciona si se produjo algún daño por palomilla ni se especifica el método de control o manejo, si es que se usó alguno. En general, las atenciones al cultivo se realizaron de acuerdo con la norma vigente. El deshierbe fue manual.

Producción de maíz seco

También se estudió el efecto del FitoMas E a dosis de 2 l/ha, tres veces durante el ciclo, a los siete, treinta y cuarenta y cinco días después de la germinación, en maíz fertilizado con 300 kg/ha de urea —se fertilizó a los veinticinco días después de germinado—. ²² La siembra se realizó el 12 de octubre de 2006 y se cosechó a los ciento veinte días. El experimento se llevó a cabo en la finca Josefina, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios fortalecida Niceto Pérez, en el municipio habanero de Güira de Melena, sobre suelo Ferralítico rojo compacto. FitoMas-E incrementó el diámetro de la mazorca con respecto al testigo en 15,6% y su longitud en 6,9%, el peso de los granos en 8,5%. El rendimiento por unidad de superficie superó al testigo (4,4 t/ha), en 63 % (7,2 t/ha), es decir, representó 2,8 t/ha adicionales (peso de los granos a los ciento veinte días). El deshierbe fue manual y no se empleó ninguna medida de control fitosanitario contra la palomilla. Solo se reportó un 27% de plantas afectadas en el testigo y 9% en el tratamiento, que no constituyó daño económico.

Como se puede observar, en este último experimento el rendimiento del testigo no es malo si se tienen en cuenta los valores mundiales para el maíz de consumo humano en el trópico y el hecho de que posee un ciclo mucho menor que el maíz de clima templado. El rendimiento de la variante tratada con el bionutriente cubano se inscribe entre los mejores resultados para la zona.

Se destaca el papel de FitoMas E en la estimulación a las defensas propias de la planta, que se puede explicar por el incremento del número de brácteas que recubren la mazorca, tal como se demostró en el primer experimento. Esto también puede explicar el comportamiento de la variante tratada en el segundo estudio con relación al bajo índice de afectación por palomilla en comparación con el testigo.

Como ejemplo de lo que queda por andar en esta dirección, se reporta un rendimiento de maíz de 10,4 t/ha, cuando de manera simultánea se aplicó con el

²² J. Yumar: «Efecto de tres dosis de FitoMas E en el cultivo de pimienta y maíz», Fórum Provincial, La Habana, octubre de 2007.

FitoMas una suspensión de nemátodos entomopatógenos de una cepa que se produce comercialmente en ochenta y siete Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) del país y se usa en diferentes cultivos de cincuenta municipios. Se destaca el significativo efecto depresivo que este tratamiento ejerció sobre *Spodoptera frugiperda*.²³

Control y manejo alternativo de Spodoptera frugiperda

En Cuba se han desarrollado diversas estrategias para el control y/o manejo de la palomilla. En este marco se inscriben desde plaguicidas botánicos del tipo del Nim, con recursos de la propia finca, hasta medios biológicos que abarcan la bacteria *Bacillus thuringiensis*, hongos entomopatógenos y la cría y liberación de enemigos naturales. Todos estos medios tienen procedimientos de obtención y reproducción eficientes y se pueden producir en nuestros CREE a bajo costo, en instalaciones locales, brindando posibilidades de empleo técnico nada despreciables.²⁴

Existen también métodos de manejo que garantizan un muy bajo nivel de infestación sin costo alguno, a partir del fomento y la conservación de la biodiversidad animal y botánica en el cultivo. Referente obligado, la tecnología de la milpa, aplicada en toda la América Latina tropical y subtropical desde la época precolombina, todavía hoy produce más del 60% del maíz y los frijoles que se consumen en el área.²⁵

En estos sistemas la salud de los cultivos crece a medida que se diversifican. Existen policultivos de maíz, frijol, boniato y calabaza en los que no cabe siquiera hablar de «complejo de plagas». Solo en maíz plantado en monocultivo, con las técnicas de la agricultura industrial, que provocan una reducción significativa de la biodiversidad, la palomilla se convierte en Cuba en un enemigo importante. Recuérdese que a finales de los años cincuenta, Cuba producía más de 240 000 toneladas de maíz,²⁶ seguramente con mucho menos insumos, fertilizantes y plaguicidas, a pesar de la siempre presente palomilla.

Todavía queda por analizar la solución alternativa a uno de los aspectos más importante de los cultivos transgénicos, presente en nuestra variedad de maíz Bt: el control de malezas, que para los partidarios de la agricultura industrial representa uno de los aspectos más revolucionarios.

²³ Ver M. Rodríguez, R. Enrique, E. González, L. González, M. Bertolí y R. Montano: «Desarrollo y uso racional de nemátodos entomopatógenos en el manejo de plagas», Resúmenes del II Taller Internacional de Manejo de Plagas, en *Fitosanidad*, Vol. 12, No. 4, 2008, pp. 244-255.

²⁴ Ver Luis L. Vázquez, Yaril Matienzo, Marlene M. Veitía y Janet Alfonso: *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*, INISAV, La Habana, 2008.

²⁵ Gutiérrez-Martínez y otros: «Impacto socioeconómico de las sistemas de policultivos maíz, frijol, calabaza en la Frailezca, Chiapas, México», *Primer Seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos sostenibles e indicadores*, 16-17 de octubre de 2007, Almería.

²⁶ Ver Armando Nova: Ob. cit. (en n. 4).

Manejo alternativo de la maleza

En los monocultivos, el control de malezas adquiere una importancia capital. Ello se debe a que esta forma de cultivo «rara vez usa toda la humedad, la cantidad de nutrientes y la luz disponible para el crecimiento de las plantas, dejando con ello nichos ecológicos abiertos que deben protegerse de la invasión y competencia de las malezas oportunistas».²⁷ Este problema siempre tiene un impacto importante en los costos. Normalmente nos enfrentamos a una situación en la que hay tres alternativas: uso de herbicidas, poda mecánica o deshierbe manual. Las dos últimas, con limitaciones obvias: por el estado del cultivo y la humedad del suelo en las mecánicas; y por la escasez de la fuerza de trabajo en la manual. Cuando se usan herbicidas, existe una complicación adicional: generalmente hay que emplear varios de ellos en función del cultivo, su estado de desarrollo y las malezas que deben ser controladas. Por ejemplo, en Cuba el control integral de malezas en caña requiere el empleo de ocho diferentes. Sin duda, esto resulta complicado porque incluye diversos suministradores, dispositivos de aplicación, formas de preparación, almacenaje y manejo especializado.

En este aspecto, es significativa la ventaja que confieren los cultivos modificados genéticamente al posibilitar el empleo de un herbicida único durante todo el ciclo del cultivo. En su contra tiene la reducción brutal de la biodiversidad, la contaminación del entorno y de la cosecha con altas dosis del herbicida y la aparición, tarde o temprano, de malezas resistentes, lo cual nos retrotrae a la situación de los monocultivos clásicos.

Si bien los daños que ocasionan las malezas en los cultivos han sido muy estudiados, para la agroecología estas son componentes importantes de los agroecosistemas, donde cumplen diversas funciones, muchas de ellas útiles. En un ecosistema la flora da lugar a una red de relaciones tróficas cuya complejidad guarda relación con la diversidad. Cada planta se sirve y sirve a otros seres vivos relacionados entre sí. En el suelo, por ejemplo, existen hongos que a partir de las sustancias que obtienen de las plantas y de otros organismos, producen el «pegamento» que mantiene unidas las partículas de suelo para formar agregados estables que influyen en la aireación interna y permiten el crecimiento de las raíces. También facilitan una mejor nutrición y absorción de agua a las plantas, además de un mejor anclaje, lo cual confiere resistencia ante daños mecánicos por vientos fuertes y otros eventos potencialmente dañinos. Estas raíces, a su vez, forman un entramado que «sujeta» los agregados del suelo e impiden la erosión. Al respecto, Weil encontró en un estudio en maizales en Malawi que la cobertura del suelo con malezas reducía las pérdidas por erosión de 12.1 t/ha

²⁷ Miguel A. Altieri: «Ecología y manejo de malezas», en Miguel A. Altieri: *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sostenible*, Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo, La Habana, 1997.

sin malezas a 4.5 t/ha con malezas. Concluyó que economizar 8 t/ha de suelo al año, debería ser potencialmente un beneficio capaz de balancear todas las reducciones en rendimiento a largo plazo.²⁸

Muchos microorganismos producen y acumulan proteínas recalcitrantes del tipo de la glomalina, que son la reserva de carbono orgánico del suelo y actúan como esponjas que atrapan el agua y constituyen su reserva hídrica principal. En estos sistemas, otros microorganismos se asocian para la solubilización de minerales, que de otra forma no estarían disponibles para el cultivo. Las plantas del ecosistema sirven de alimento también a la fauna silvestre y a la mesofauna asociada, organismos descomponedores, lombrices, hormigas —que en su inmensa mayoría son el herbicida biológico por excelencia, pues se alimentan de semillas de malezas—, insectos benéficos y perjudiciales al cultivo que coexisten en el sistema y se ven desplazados por la simplificación de la biodiversidad. Los insectos beneficiosos desaparecen al perder los refugios y el alimento alternativo, mientras que los perjudiciales se mudan para el cultivo como única opción. Otro tanto ocurre con los patógenos, que preferían las malezas y ahora colonizan el cultivo.²⁹

Las malezas almacenan cantidades importantes de nutrientes que si se manejan adecuadamente quedan a disposición del cultivo. Cuando se cultiva en terreno «limpio», este potencial se desaprovecha. Por otro lado, hay «malezas que están o alternan en los sistemas de cultivos tradicionales, que son parientes silvestres de algunas plantas de cultivo. La amplitud ecológica de estos parientes puede exceder la de los cultivos, provenientes de ellos o relacionados con ellos, características que han usado los mejoradores de plantas para aumentar la resistencia o el período de adaptación de los cultivos».³⁰ Su eliminación reduce drásticamente el fondo genético del agroecosistema. Y la supresión total de la vegetación secundaria en los cultivos ocasiona una pérdida neta de biomasa que deja de estar disponible para alimentar importantes componentes del agroecosistema, esenciales para su salud y estabilidad, lo que incluye el rechazo a especies y organismos foráneos que intenten colonizar.

¿Qué estrategias se pueden instrumentar en el maíz para lograr el control de malezas y al mismo tiempo aumentar la sostenibilidad del proceso? Sobre esto hay abundante bibliografía.³¹ La solución radica, nuevamente, en el manejo de la biodiversidad, que en este caso se centra en el empleo de policultivos, abonos verdes y

²⁸ R. P. Weil: «Maize-weed Competition and Soil Erosion in Unweeded Maize», *Tropical Agriculture*, No. 59, 1982, pp. 207-213.

²⁹ Clara Nicholls: «Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas», *Agroecología*, Vol. 1, 2006, pp. 37-48

³⁰ Ver Miguel A. Altieri: Ob. cit. (en n. 27).

³¹ Ver D. Foguelman: «IFOAM, plagas y enfermedades en manejo orgánico», en www.ifoam.org, 2003; W. Pengue: *Agricultural industrial y transnacionalización en América Latina*, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, No 9, 2005; y A. Toledo: Ob. cit. (en n. 15); Miguel A. Altieri: Ob. cit. (en n. 27).

cubiertas vivas o muertas.³² Cuba posee muchos estudios sobre el tema. Universidades agrarias e institutos de investigación han realizado un trabajo encomiable, con resultados dignos de ser tomados en cuenta. De hecho, en nuestro país no se concibe ninguna explotación agrícola campesina en la que el maíz no esté presente, tanto para el autoabastecimiento como para la alimentación de aves de corral. Y como parte de otros sistemas de cultivo, contribuye con la atracción de insectos benéficos, como barrera viva a fitófagos o al modificar las condiciones de luminosidad y humedad de cultivos principales.

Con los rendimientos actuales que se logran en Cuba gracias al empleo de variedades convencionales y medios biológicos y naturales, solo en policultivos con frijol u otras leguminosas, boniato, yuca, malanga, calabaza, tomate y otros, cualquier productor agroecológico que maneje un sistema de producción animal como el referido, puede producir cantidades sustanciales de maíz sin que las malezas sean un impedimento. Visto de conjunto, cien mil familias productoras pueden producir entre 200 000 y 300 000 toneladas por año e incrementar sensiblemente el balance del país.

Si se planta maíz como cultivo principal, se debe asociar con leguminosas del tipo de la canavalia, la soya y otras que se plantan anticipadamente. Hay múltiples arreglos para ello, que permiten incluso el manejo mecanizado de grandes áreas. Esta asociación reduce sensiblemente las necesidades de fertilizante nitrogenado y presenta pocos problemas de enyerbamiento. Pero si se desea reducir más este aspecto, es posible «engañar» a las malezas asociadas al cultivo y obligarlas a brotar anticipadamente. Para ejecutar este ardid, se preparan macerados de tallos de maíz y se dejan reposar por 48-72 horas. Para una hectárea de suelo se utilizan 200 litros del macerado y un litro de FitoMas E, mezcla que se asperja sobre el suelo. En muy poco tiempo brotarán las malezas, que entonces podrán ser eliminadas, preferiblemente con métodos mecánicos. Después se planta la asociación sin mayores problemas. Las malezas que se pueden presentar no suelen competir con el maíz. Y el rebrote de malezas competitivas vendrá cuando ya no sea posible que ocasionen daños económicos a la plantación, por lo que no habrá que realizar ninguna labor suplementaria.

Debe recordarse que el uso de abonos verdes, que se plantan previamente y es una técnica muy socorrida, tiene influencia alelopática importante sobre la vegetación indeseable que concurre al cultivo. De ahí que contribuya a atenuar este problema. Finalmente, no se puede olvidar que las malezas forman parte del manejo de fitófagos y sus depredadores, por lo que en el diseño del cultivo hay que incluir espacios en los que se permita su crecimiento espontáneo. Sin duda, el manejo agroecológico, unido a los nuevos productos de la ciencia cubana, permitirá producir de forma sostenible todo el maíz que se necesite, tanto para la ganadería como para la alimentación humana.

³² Ver Luis L. Vázquez, Yaril Matienzo, Marlene M. Veitía y Janet Alfonso: Ob. cit. (en n. 24), y Clara Nicholls: Ob. cit. (en n. 29).

¿Cómo instrumentar una agricultura sostenible en Cuba?

La agricultura cubana no está urgida de disminuir costos ni de sustituir importaciones; lo que necesita es convertirse en una fuente de riqueza. Para esto se impone crear un sistema que se apoye en el subsidio ambiental en lugar del económico y que, sobre la base de sus propias potencialidades, abandone la angustiada necesidad de importar. Tal sistema implica una agricultura sostenible. Sabemos que esa agricultura se edifica sobre principios ecológicos, principalmente en el respeto a los períodos de recarga de los agroecosistemas y en el fomento y la conservación de la mayor biodiversidad posible. ¿Cómo instrumentarla en la práctica?

En Cuba, este aspecto requiere una atención muy especial. Por ejemplo, el método de cría animal en el trópico es conocido de antaño entre nosotros, pero tradiciones, situaciones internacionales, mercados y elementos estructurales de nuestra agricultura han conspirado contra esa posibilidad. Todos sabemos lo que ha significado y significa la caña en Cuba. Tradicionalmente, se ha visto como materia prima para la industria, que la ha tenido como objeto de exportación y, en menor medida, la satisfacción de la demanda interna (aunque hoy se invierten los términos). Es conocida la estructura organizativa que separó las tierras «cañeras» de las «agrícolas». Creada para favorecer la especialización del sector azucarero, esa estructura no se prestaba fácilmente a la conversión hacia la ganadería y otros cultivos de forma masiva. Durante mucho tiempo el precio relativo del azúcar de exportación era remunerador, lo que permitía la importación de los granos para piensos.

Cuando a finales de los ochenta y principios de los noventa el precio del azúcar se desplomó internacionalmente, en nuestra área geográfica muchos países se volcaron hacia la «diversificación» con el propósito de mantener la agricultura cañera. Una de las opciones que se manejó fue la cría ganadera con base en la caña. Organizaciones internacionales, como el PNUD y el GEPLACEA (Grupo de Países de Latinoamérica y del Caribe Exportadores de Azúcar), patrocinaron eventos en Cuba con el fin de mostrar y promover en el área estas alternativas. En la Cuba de entonces, bajo el período especial, sin mercados lucrativos ni recursos con los que mantener la agricultura cañera, pero con el azúcar casi como única opción exportadora, esta elección no era viable. Después, los intentos por utilizar la caña en la ganadería como forraje en época de seca, no han alcanzado un elevado grado de generalización, dada una organización que incluso muchas veces les dificulta a los ganaderos acceder a la semilla. Mientras tanto, en el área casi todos los países suscribieron esta forma de alimentación, tanto con base en residuos y subproductos de los propios ingenios como directamente con caña. Resultados particularmente interesantes se produjeron entre muchos productores de carne de cerdo, que con muy pocos recursos, incluso con trapiches movidos con tracción animal, registraron espectaculares ganancias a partir de la caña.

Estos sistemas solo colapsaban cuando los gobiernos permitían la importación masiva de granos estadounidenses subsidiados a muy bajos precios, lo que permitía a criadores sin vínculo con la agricultura rebajar más los costos. No se puede aventurar qué pasará con los precios futuros, dado que tanto la caña como los granos para piensos son materias primas de los biocombustibles. Sin embargo, resulta evidente que si deseamos desarrollar una base alimentaria propia para la cabaña, estamos obligados a escoger entre las alternativas discutidas: a) la siembra industrial de los granos para piensos, ya sea por vía convencional o a través de los cultivos modificados genéticamente, como se hace en los Estados Unidos, muy dependiente de las importaciones y del combustible fósil, b) plantar semilla convencional en policultivos como forma de incrementar la sostenibilidad ambiental y económica, o c) aplicar el método con base en caña, árboles leguminosos y soya, con sus infinitas combinaciones, costo mínimo y segura invulnerabilidad.

A favor de los métodos industriales solo puedo argumentar que son más fáciles de implementar si se dispone de recursos económicos para invertir y personal capacitado para controlar el cumplimiento de los procesos tecnológicos con la «disciplina» requerida.

El segundo método requiere asentar campesinos. No es posible practicar esta agricultura si el productor vive a 5 kilómetros de la finca o es un simple obrero. Tampoco es posible alcanzar la sostenibilidad si se siguen métodos burocráticos de dirección «desde arriba». Hay que comprender que la agricultura siempre es un fenómeno local. Lo que es adecuado en un lugar deviene perjudicial en otro, y el intento de imponer variedades, tecnologías o métodos exitosos en un sitio, se puede volver dispendioso en recursos y casi siempre degradante en otro. Es necesario trasladar las decisiones a las localidades y analizarlas en ese marco, con la presencia de todos los factores e intereses. Este es el marco en el que se pueden fijar precios mutuamente aceptables, con los cuales el productor se sienta retribuido y los consumidores puedan acceder a los productos sin subsidios humillantes. Esto acerca mutuamente a los consumidores y a los productores, necesitados unos de otros. Los interrelaciona, contribuye a la comprensión y les permite proyectarse en la nación.

En la localidad también se abren espacios para la complementariedad de la producción rural. En este ámbito se encuentran los técnicos calificados y los obreros que pueden ejecutar múltiples oficios, a través de los cuales se puede incrementar el valor agregado de las producciones, construir y reparar maquinarias y aperos, producir medios biológicos esenciales que aseguren determinadas cosechas y desarrollar industrias locales para el procesamiento de los animales y sus derivados. Esto último, además, puede dar lugar al surgimiento de nuevas industrias y artesanías a partir de los recursos agropecuarios y naturales de la zona, explotados de forma sostenible.

En este ámbito es donde se definen los indicadores de sostenibilidad y se realiza el monitoreo del daño ambiental. Para esto se necesitan conocimientos científicos y medios e instrumentos adecuados. Gracias a estos indicadores se puede decidir la adopción de nuevas tecnologías que posibiliten el aumento de la productividad del trabajo sin degradar la base productiva. Cada localidad es diferente y las soluciones que se implementen constituyen «cátedra» en la incesante búsqueda de la sostenibilidad. Estos conocimientos, en la medida en que profundizan en las particularidades de nuestro ambiente, se convierten en la base de la genuina ciencia cubana. No una ciencia de «nivel» mundial, que también puede serlo, sino la ciencia inexcusable que nos dice cómo somos y cómo es nuestro país, ese conocimiento que está en la base del desarrollo y cuya carencia nadie puede suplir por nosotros.

También hay que superar las concepciones que dividen *ganaderos* de *agricultores*. Para la sostenibilidad, es esencial integrar ambas *profesiones*, con independencia de las preferencias personales condicionadas por gustos y tradiciones y de la proporción que cada actividad pueda ocupar en el contexto de las fincas en una región determinada.

Todo esto conforma un entorno que no solo se desarrolla y diversifica a partir de sus propios recursos, sino también propicia el crecimiento del empleo con tecnologías de bajos insumos para muchas de sus actividades productivas. La localidad es el entorno en el que se liberan las fuerzas creativas de la sociedad en aras de resolver problemas concretos. Es en este nivel donde el hombre se realiza, es conocido y es estimado por sus capacidades y su obra. La calidad de lo que hace lo enorgullece y ennoblece. Esa es la base del sentimiento de pertenencia de las personas a su localidad y, a través de ella, a su país.

Conclusiones

Muchos se preguntan cómo será la agricultura dentro de cincuenta o cien años y qué tendencias predominarán. ¿Se impondrá el uso de tecnologías de corte industrial, que ya hoy están bien establecidas con los cultivos modificados genéticamente y su maquinaria afín, con muy alta productividad del trabajo —entre 50 y 250 hectáreas por trabajador, según cultivo y región—, el uso de agua fósil para riego y el empleo generalizado de agroquímicos viejos y nuevos, introducidos ahora con el equipamiento de la agricultura de precisión y regulados por la tecnología espacial? O al contrario, ¿será una agricultura ecológica, ambiental, social y culturalmente aceptable, con profundo contenido ético, afianzada en la biodiversidad y en el respeto a los ciclos de reposición naturales, con mayor productividad por hectárea en alimentos sanos, pero con menor productividad del trabajo?

A diferencia de lo que muchos esperarían, la respuesta no se encuentra en los campos de las ciencias naturales ni en el de la tecnología o la economía. Depende del tipo de sociedad en que entonces vivamos. Si se mantiene la preponderancia del capitalismo actual, las fuerzas ciegas de la competencia y las ganancias asociadas a la economía de escala, terminaremos con la alternativa «desarrollada», la insostenible, la de alto costo y productora de alimentos de baja calidad «solo para el mercado». Si, como consecuencia de las luchas sociales, «un mundo mejor» se hace posible, entonces la agricultura ecológica ganará la batalla. Entraríamos así en una nueva era en que la sociedad será capaz de dirigir su desarrollo hacia metas verdaderamente ecológicas, donde se perfeccione el aspecto esencialmente humano del hombre.

En la actualidad vivimos una era turbulenta, frustrante, en la que colapsan tanto los sistemas agrícolas tradicionales que durante milenios funcionaron de manera estable, como las explotaciones tecnológicamente «desarrolladas». Al lado del campesino indígena, con su agricultura itinerante de tumba-roza y quema, se arruinan también el granjero estadounidense que no puede refinanciar sus deudas y el productor de alimentos para el mercado local de cualquier país del tercer mundo, que ve invadido su mercado con alimentos muy baratos, cedidos «generosamente» por los países desarrollados como «ayuda» o importados por su propio gobierno, libre de aranceles, para presionar la «modernización» de la agricultura local bajo el pretexto de abaratar los alimentos de los consumidores urbanos.

Presionados para exportar, los países del Sur abandonan la producción alimentaria para importarlos a menor costo desde los países desarrollados, donde se consiguen gracias a la elevada productividad del trabajo y los generosos subsidios. Entonces cambia el perfil productivo tradicional, que ahora se concentra en la producción de materias primas para alimentar animales en el mundo desarrollado y en las ciudades de nuestros países para satisfacer la demanda «de los que lo puedan pagar». A partir de aquí fluyen las inversiones de todo tipo para implementar la tecnología que permita competir en la economía mundial.

Como consecuencia, los campesinos sufren una triple exclusión: de la tierra, del trabajo y del mercado, en tanto el hambre se acentúa.³³ En respuesta, el Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial, los bancos regionales, la Organización Mundial del Comercio y otras entidades internacionales presionan por la modernización del sector agrícola en nuestros países como requisito básico para acabar con ese flagelo. Es un sarcasmo.

En este contexto debemos tener presente que el mundo se enfrenta a desafíos nunca antes vistos. Nos encontramos en un punto sin retorno donde la extinción de nuestra

³³ J. Chonchol: «La alimentación: entre el mercado y las necesidades de los hombres», 2003, en www.pekea.org.

especie y hasta de la misma vida es un algo más que probable. Cada día descubrimos nuevas evidencias. Ahora son las catástrofes las que impulsan el conocimiento científico. Muchos fenómenos que estudiamos en los laboratorios, se comportan de manera muy diferente en la naturaleza y a menudo con una violencia que anonada. Los eventos que ayer se preveía ocurrieran dentro de cien años, hoy descubrimos que serán realidad dentro de solo quince.

La agricultura industrial aporta un tercio del total de los gases que causan el efecto invernadero.³⁴ Este es un número inmenso si sabemos que todo el transporte del planeta aporta solo el 11%. No puede haber reducción significativa de las emisiones si no diseñamos una nueva agricultura. En la base de ese diseño se inscribe la agroecología, cuya meta es la sostenibilidad en un sistema de producción ambientalmente compatible y social, y culturalmente aceptable. Se conocen las causas socioeconómicas que impiden esto y propician la debacle. Cada vez son más las personas que en el mundo protestan y exigen una solución a este problema. De alguna manera, los ambientalistas y los anticapitalistas han venido a coincidir en sus demandas y metas. Cada vez se comprende mejor que los reclamos sociales no tienen ya sentido sin las correspondientes vindicaciones ambientales. Se intuye también que en el capitalismo prácticamente son nulas las posibilidades de conquistar metas ecológicas significativas, pues en este sistema «solo es posible incrementar la explotación del trabajo aumentando la explotación de la naturaleza».³⁵

Muchos admiradores de Cuba comprenden que en nuestro sistema social se encuentran las bases de la sostenibilidad ecológica a largo plazo. Hay otros que descubrieron estas posibilidades a partir de los cambios de nuestra agricultura a formas sostenibles durante el período especial. Si de agricultura se trata, no parece buen mensaje el que enviamos cuando le rendimos culto a la «alta» tecnología o a la tecnología de «punta» que, entre otras cosas, perpetúa la dicotomía entre el hombre y la naturaleza. Para la gente de buena voluntad que en todas partes piensan «que otro mundo es posible», resulta incomprensible esta posición.

Este es el paradigma que hay que cambiar. El momento ha llegado. No importa que se nos acuse de antitécnicos, incluso de anticientíficos. Debemos y podemos demostrar que mediante tecnologías ecológicamente aceptables conseguiremos alimentarnos y a la vez preservaremos el ambiente. A nivel mundial las fuerzas productivas tienen los conocimientos y han desarrollado las tecnologías ecológicas necesarias para adoptar el nuevo paradigma. En Cuba, además de estos conocimientos, desde hace medio siglo tenemos un sistema social que ha privilegiado el bien colectivo sobre el individual y ha hecho de la solidaridad un principio de aplicación universal. «No damos

³⁴ Ver D. Guillet: Ecoportal.net, en www.liberterre.fr/gaiasophia/agriculture/desertification/index.html.

³⁵ E. Sevilla Guzmán: *De la sociología rural a la agroecología*, Icaria Editorial, Perspectivas Agroecológicas- Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura y Pesca, Barcelona, 2006.

lo que nos sobra, compartimos lo que tenemos», es mucho más que una consigna. Es una nueva ética. No es posible que las personas educadas bajo este principio posean una visión de la naturaleza que hoy es inmoral. No hay razón para optar por metas productivas decadentes ni por modelos dispendiosos que solo se justifican cuando la meta fundamental es incrementar las ganancias. ¡La agroecología es la vida!

Recomendaciones

1. A partir de lo expuesto en estas páginas, es necesario hacer evaluaciones abarcadoras en las que la tecnología propuesta por el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) se compare en campo, en ensayos paralelos, con sistemas de bajos insumos y según los procedimientos aquí señalados u otros que productores agroecológicos destacados aplican en el país. Ellos son, en definitiva, quienes practican una agricultura ambientalmente segura. Los resultados deben someterse al escrutinio de la comunidad científica para una acertada evaluación económica y de riesgo. Solo así sabremos realmente a qué atenernos.
2. La población cubana permanece al margen de esta discusión. Esto se debe a que un grupo partidario de la aplicación de los organismos modificados genéticamente ha monopolizado el discurso y brindado solo su versión del tema, lo cual resulta espiritualmente empobrecedor. Por esta razón, se deben divulgar públicamente los resultados de estos estudios para así desarrollar la cultura sobre este asunto. Si el cultivo de organismos modificados genéticamente es en efecto superior a los métodos aquí defendidos, nos ahorraremos en lo adelante no pocos esfuerzos en la consecución de una quimera. Por el contrario, si resultan menos seguros, más caros, vulnerables y potencialmente peligrosos, entonces la población, que se tornará más exigente, habrá incrementado su conocimiento ambiental y será mucho más receptiva y cuidadosa con la herencia común.

LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y LOS ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE*

ARMANDO NOVA GONZÁLEZ

Dr.C. Profesor e Investigador Titular del Centro de Estudios de la Economía Cubana (CEEC), Universidad de La Habana.

A finales de los años cincuenta hubo un importante descubrimiento que permitió obtener híbridos de algunas gramíneas en los que la enzima responsable del crecimiento del tallo quedaba inhibida. Esto significó un nuevo camino hacia una revolución tecnológica que hoy conocemos como la Revolución Verde, que logró incrementos importantes en los rendimientos, pero a la vez ocasionó serias afectaciones en los agroecosistemas.

Con los avances en materia de recombinación genética, surgió una nueva etapa. Las barreras establecidas por los procesos naturales de la evolución a lo largo de millones de años dejaron de mostrarse como tales, debido a la posibilidad de obtener seres vivos en los que se insertaba un segmento del código genético de otros. La ingeniería genética permitió, por primera vez, producir plantas con características introducidas a voluntad por el ser humano.

Desde su aparición comercial, en 1994, los organismos modificados genéticamente (OMG) —también conocidos como transgénicos—, han registrado un significativo crecimiento en cuanto a áreas dedicadas a la producción y volúmenes producidos. A la vez, estos cultivos han suscitado numerosas interrogantes y cuestionamientos. En 1985 la empresa europea Plant Genetic Systems obtuvo, a escala experimental, la primera planta transgénica de tabaco. Al año siguiente, Monsanto y Calgene lograron sus primeras semillas de transgénicos. Y en 1989 Monsanto comenzó a realizar

* Una versión de este texto apareció en *Agricultura Orgánica. Revista de la Asociación de Técnicos Agrícolas y Forestales*, Año 15, No. 1, 2009, pp. 38-40.

pruebas de campo con soya modificada genéticamente en los Estados Unidos, Puerto Rico, Argentina, Costa Rica y República Dominicana.

El 18 de mayo de 1994 la Food and Drug Administration de los Estados Unidos autorizó la comercialización del primer alimento transgénico. Este contenía un gen que evitaba la producción de enzimas causantes del deterioro (maduración) del producto. Se trataba de la variedad de tomate Flavr Svr, obtenido por la empresa Calgene. De esta forma quedaba inaugurada la era de los denominados alimentos transgénicos. Calgene inició sus pruebas de campo con algodón transgénico en 1989 en los Estados Unidos, Argentina y Bolivia. Tres años después consiguió la aprobación para entrar al mercado y desde 1994 esa semilla se comercializa masivamente. En 1991 la Ciba Geigy comenzó las pruebas de maíz transgénico en los Estados Unidos y Argentina, luego en Francia e Italia y más adelante en Nueva Zelanda.

Características del proceso

Todos los organismos vivos están constituidos por un conjunto de genes que determinan las características de cada organismo según, las diferentes formas en que se organizan. Al alterar su composición, los científicos han logrado modificar las características originales de una planta o animal. Este proceso consiste en transferir un gen responsable de determinada característica de un organismo a otro, en el que se pretende incorporar ese rasgo. Sobre este tema se ha desarrollado una fuerte y amplia polémica, que puede resumirse en dos posiciones totalmente opuestas:

1. Los transgénicos son la mejor solución para paliar o eliminar el hambre en el mundo.
2. Los transgénicos traerán más problemas de los que realmente solucionarán.

Prestigiosas organizaciones de productores y consumidores en el mundo se inclinan por un modelo de producción de alimentos conocido como agricultura orgánica, basado en tecnologías limpias que excluye el uso de transgénicos y agroquímicos. Entre los modelos transgénico y orgánico, se encuentra la agricultura convencional, consumidora de agroquímicos, que actualmente continúa siendo la mayor productora de volumen de alimentos y materias primas de origen agropecuario.

En un pasado bastante reciente, la Revolución Verde se propuso aumentar la productividad y los alimentos con el objetivo de reducir o eliminar el hambre. Este objetivo demandó un amplio apoyo institucional público y subsidios para la difusión de las nuevas tecnologías. Son bien conocidos los resultados desfavorables y los efectos negativos en los ecosistemas derivados de la aplicación de la Revolución Verde.

Sin embargo, el problema del hambre jamás fue resuelto. Al contrario, el número de personas con hambre en el mundo aumentó.

Impacto económico

A los transgénicos se les atribuyen determinadas «ventajas económicas», entre ellas disminuir los costos e incrementar los rendimientos. En realidad, el costo de la semilla transgénica suele ser entre 35 y 50% superior al de la semilla convencional en el mercado de los Estados Unidos. Si bien es cierto que reduce los costos de laboreo —por el ahorro de mano de obra y combustible, entre otros insumos—, también provoca un impacto social desfavorable pues afecta el empleo rural. En cuanto al incremento de los rendimientos agrícolas, esto resulta bastante relativo, si tenemos en cuenta que desde que comenzó a aplicarse esta tecnología varios estudios científicos han revelado lo contrario (tabla 1). Otras investigaciones más recientes, realizadas con datos de la introducción de transgénicos a escala comercial durante trece años en los Estados Unidos, lo han corroborado (Gurian-Sherman, 2009).

Tabla 1. Rendimientos de soya transgénica y convencional en los Estados Unidos (t/ha)

Estado	Soya convencional	Soya transgénica
Illinois	3,90	4,04
Michigan	4,44	4,30
Minnesota	4,44	4,10
Nebraska	3,90	3,43
Ohio	4,04	3,90
Dakota del Sur	3,30	2,96
Wisconsin	4,77	4,64
Kansas	2,35	2,10

Fuente: Benbrock, 1998 a partir de Oplinger y Duffy.

El maíz Bt, resistente a insectos, fue modificado con la incorporación de genes para la síntesis de toxinas nocivas a los insectos de la familia Lepidoptera. No obstante, puede ser afectado por otras plagas o por malezas. En el caso del maíz transgénico, se han reportado mejoras en los rendimientos de 3 a 9% en comparación con el maíz convencional, y en ello incide el comportamiento anual de la infestación por plagas. Sin embargo, el costo de los agroquímicos y de la semilla de maíz Bt se han elevado considerablemente en relación con el del maíz convencional (tabla 2).

Tabla 2. Costo por acre de semillas de maíz y agroquímicos en el cinturón maicero de los Estados Unidos (en USD)

	1975	1980	1996	1997
Semillas	9,51	14,66	27,38	29,60
Agroquímicos	12,13	15,13	28,66	28,07
Rendimientos	91,80	98,50	132,12	134,92
Gastos agroquímicos/bushel	0,13	0,15	0,22	0,21
Semillas y agroquímicos/bushel	0,24	0,30	0,42	0,43
Semillas y agroquímicos en costo total (%)	11,40	11,10	15,50	16,10
Gasto semilla y agroquímicos del ingreso total (%)	9,50	9,90	15,10	16,90

Fuente: Benbrook, 1998.

La introducción de los transgénicos crea una fuerte dependencia de productos químicos específicos —por lo general creados y vendidos por las propias empresas que producen y comercializan las semillas transgénicas— a expensas de la expiración de la patente. A los costos anteriores se añaden los ingresos que se dejan de obtener por la necesidad de establecer una proporción de entre 10 y 20% del área total de una variedad susceptible a la plaga —área de refugio—, con el objetivo de disminuir la insecto resistencia a la variedad transgénica Bt.

A pesar de las medidas de control que se aplican en el cultivo de los transgénicos, existen riesgos importantes por la posibilidad de que la tolerancia a un herbicida específico se transmita a otras plantas. Lo anterior puede generar malezas de alta resistencia a herbicidas y, por tanto, de muy difícil control, lo que implicaría un mayor uso de herbicidas. La probabilidad de que ocurra una insecto resistencia es mayor en los cultivos transgénicos que en los convencionales. En una planta transgénica el insecto dispone de alimento durante todo el ciclo biológico, a diferencia de los métodos convencionales de control, que realizan aplicaciones puntuales de insecticidas. En este caso, la plaga posee un menor tiempo de exposición al insecticida y, por ende, menor probabilidad de desarrollar insecto resistencia. En cuanto a los insectos beneficiosos, su población puede verse mucho más disminuida, alterándose así el proceso de polinización de otras especies y, consecuentemente, la biodiversidad.

Los transgénicos y la alimentación

Los consumidores, cada vez más preocupados por el impacto que pudiera tener la ingestión de transgénicos en la salud humana, reclaman disponer de mayor información sobre el contenido de los productos que se encuentran en el mercado. A tales efectos, varias empresas agroalimentarias han creado líneas de productos no

transgénicos, para diversificar las opciones del consumidor. Tal es el caso de los supermercados TESCO y Sainsbury, británicos, y Carrefour, francés. En el Reino Unido, empresas como Northern Foods decidieron estar libres de productos transgénicos, como mismo hicieron Kellogg's, Nestlé, Cadbury-Schweppes, entre otras. Asimismo, las estadounidenses McDonalds, Frito-Lay y Burger King dejaron de utilizar papa transgénica.

El maíz transgénico Liberty Link, usado en la preparación de alimentos para cadenas de comidas rápidas, ha sido retirado del mercado debido a los resultados desfavorables de las pruebas para medir sus efectos alérgicos. De igual forma se ha comprobado experimentalmente que el ADN incorporado a los humanos a través de los alimentos transgénicos, «se puede recombinar en el estómago e intestino humanos, transfiriendo a las bacterias de la flora intestinal propiedades de las plantas transgénicas, derivando en resistencia a los antibióticos».¹

Como resultado de los riesgos mencionados, durante los últimos años se ha desatado el reclamo de los consumidores y diversas organizaciones, tanto en Europa como en los Estados Unidos y Canadá, para diferenciar los precios de los productos transgénicos, los convencionales y los orgánicos. Ante esta presión, se ha establecido un sistema de etiquetado que indica la identidad y origen de los productos, de manera que los consumidores puedan conocerlo, y elegir si están dispuestos a pagar un diferencial de precio por aquellos alimentos con demostrada inocuidad o estar alertas ante uno potencialmente perjudicial a la salud humana y al medioambiente.

Resulta evidente que hoy la humanidad se enfrenta a tres problemas fundamentales: 1) la producción y disponibilidad de alimentos, 2) el déficit energético y 3) la preservación del medioambiente. En cuanto al primero, numerosos analistas consideran que se produce suficiente cantidad de alimentos para una población incluso superior a la actual. Todo parece indicar que la principal causa del problema alimentario mundial no radica en la tecnología, sino en el limitado acceso a los alimentos; es decir, en la forma en que son distribuidos los ingresos. Hacia allí es que se debe centrar la búsqueda de las soluciones.

La alimentación de la población a partir de fuentes nacionales constituye aún un problema no resuelto de la economía cubana. A pesar de que desde enero de 1959 se desarrolló una amplia voluntad política en tal sentido, no se han logrado los resultados esperados y se mantiene una elevada dependencia de la importación de alimentos. La voluntad política constituye una condición necesaria, pero no suficiente, que debe ir acompañada de medidas, instrumentaciones, facilidades, cambios en las relaciones de producción, entre otros aspectos, que propicien el desarrollo de las fuerzas productivas. En la actualidad la producción nacional de alimentos es insuficiente

¹ «Transgénicos, la mano invisible», 2009. En www.geocities.com/la_cou/biotechno.htm.

y de baja productividad. Esto significa limitaciones en la oferta y precios elevados en relación con los salarios (en el caso de los mercados de oferta y demanda) que reducen el acceso de los consumidores a los alimentos.

La introducción de los cultivos transgénicos en Cuba puede traer consigo otras complicaciones de mayor alcance que las originadas por una agricultura altamente consumidora de agroquímicos, de elevadas inversiones y dependiente de insumos importados, que tuvo su mayor expresión en la década de los ochenta. La crisis económica de los años noventa propició el inicio de cambios en el sector agropecuario cubano. En ese entonces acercó la agricultura a formas agroecológicas de producción con una mayor y mejor interacción hombre-naturaleza. La introducción de los transgénicos pudiera atentar contra los logros alcanzados en este período. Por otra parte, la producción orgánica constituye un nicho de mercado importante, tanto para el mercado interno con destino al turismo, como para la exportación. Mercados como el canadiense y el posible mercado estadounidense, constituyen espacios donde la producción orgánica nacional puede encontrar una demanda atractiva y creciente de productos exportables con alto valor agregado, que derivará en la ampliación y diversificación de las exportaciones, tan necesarias para la economía cubana.

Bibliografía

- «Alimentos transgénicos: ¿son seguros?», en www.dietas.com/articulos/alimentos-transgenicos-son-seguros, saludMania.com, 2008.
- «Alimentos transgénicos: equivalencia sustancial y análisis de alimentos transgénicos», Cátedra de Biotecnología, Biodiversidad y Derecho. Disponible en www.bioetica.org/ap21.htm, 2003.
- ALTIERI, MIGUEL A.: «La biotecnología no garantizará la seguridad alimentaria», en *Ecoportal.net. Directorio ecológico y natural*. Ver <http://ecoportal.nettemas/transngenic.htm>, 2002.
- _____: «Diez razones que explican por qué la biotecnología no garantizará la seguridad alimentaria, ni protegerá el ambiente ni reducirá la pobreza en el tercer mundo». En <http://ecoportal.nettemas/transngenic.htm>, 2003.
- GURIAN-SHERMAN, DOUG: *Failure to Yield. Evaluating the Performance of Genetically Engineered Food*, Union of Concerned Scientists Publications, Cambridge, 2009.
- «Ingeniería genética: Ventajas, inconvenientes. Ingeniería genética: alimentos transgénicos». En www.lector.net/versep98/inge.htm, 2003.
- MORALES, C.: *Las nuevas fronteras tecnológicas en la agricultura. Los transgénicos y sus impactos*, CEPAL-ONU, Santiago de Chile, 2003.
- NOVA GONZÁLEZ, ARMANDO: *La agricultura en Cuba: evolución y trayectoria (1959-2005)*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2006.

UNA VISIÓN ENTOMOLÓGICA DE LA INTRODUCCIÓN DEL MAÍZ TRANSGÉNICO FR-BT1 EN CUBA

LUIS L. VÁZQUEZ MORENO

Dr. Investigador Titular del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta muy popular y de gran tradición en Cuba. Se emplea como alimento humano y animal, pero también como cultivo asociado, barrera viva, reservorio de entomófagos, entre otros. No por gusto la introducción del maíz transgénico en la agricultura cubana ha motivado diversas preocupaciones y debate. Sin embargo, con frecuencia se emiten opiniones y argumentos que no están sustentados científicamente o que provienen de estudios y publicaciones sin suficiente rigor.

En los últimos años se ha incrementado la información sobre los efectos negativos del maíz modificado mediante ingeniería genética con la incorporación de la toxina de *Bacillus thuringiensis* Berliner y de resistencia a herbicidas. Abundan los argumentos de carácter social —desplazamiento de la producción de variedades tradicionales, efectos de los alimentos modificados genéticamente sobre la salud, entre otros—, los económicos —demandas de tecnologías intensivas, en especial monocultivo con agroquímicos y mecanización— y los ambientales —persistencia, y sus efectos, de las proteínas Cry en el campo, transferencia del gen Cry a plantas silvestres relacionadas con el cultivo, efecto de las proteínas Cry sobre organismos que no son plagas (organismos no blanco), y posible desarrollo de resistencia de las plagas hacia las proteínas Cry, entre otros— (Altieri, 2001; Álvarez, 2009; Permingeat y Margarit, 2005; Scott y Pollak, 2005; Soleri *et al.*, 2005). Sin embargo, los riesgos sobre las poblaciones de insectos, entre otros artrópodos, y sus relaciones tróficas en agroecosistemas, han sido poco documentados, principalmente en la región neotropical, puesto que las investigaciones son de diseños complejos, requieren tiempo y gastos elevados en equipamiento, insumos y recursos humanos.

Entre los insectos fitófagos, la palomilla o cogollero del maíz [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] se considera como la principal plaga de este cultivo, debido a que es habitual y sus daños al brote o cogollo de la planta (Bruner *et al.*, 1975; Vázquez, 1979). También resulta de gran importancia, por sus daños en los granos, el gusano de la mazorca (*Helicoverpa zea* Boddie) (Bruner *et al.*, 1975). Más recientemente, han adquirido relevancia los saltahojas [*Peregrinus maydis* (Ashmead) y *Dalbulus maidis* (De Long y Wolcott)], por ser vectores de virus y fitoplasmas, respectivamente (González *et al.*, 2002). Por otra parte, la planta de maíz sustenta una gran diversidad de insectos fitófagos y benéficos (Bruner *et al.*, 1975; Vázquez, 2005), que por su papel ecológico en los agroecosistemas (Fernández, 2001; Mederos, 2002; Rojas, 2000a), puede ser afectada potencialmente por las toxinas de Bt que se expresan en los tejidos y exudados de sus órganos.

Como una contribución al conocimiento de los riesgos potenciales de introducir maíz Bt sobre la entomofauna y sus relaciones tróficas, ofrecemos algunos elementos ecológicos que deben tenerse en cuenta antes de generalizar esta tecnología.

Servicios ecológicos del maíz en los agroecosistemas

En los últimos quince o veinte años la agricultura cubana ha experimentado una transición que se expresa en el desarrollo de las Cooperativas de Créditos y Servicios y de las Cooperativas de Producción Agropecuaria, en la transformación de las grandes empresas especializadas en granjas estatales y cooperativas (Unidades Básicas de Producción Cooperativa), en el desarrollo de la agricultura urbana y periurbana, en la entrega de tierras en usufructo de forma masiva, entre otros cambios organizativos, estructurales y funcionales. Como resultado de este proceso, se han incrementado los sistemas de cultivos diversificados, que se manifiestan en:

- Mayor cantidad de sistemas de producción y, por tanto, de administradores de las tierras.
- Mayor diversificación y protagonismo de los decisores en el manejo de los cultivos, principalmente finqueros y parceleros.
- Reducción del tamaño de los campos e incremento de las parcelas y los canteros.
- Efecto de las tradiciones campesinas sobre los «nuevos» agricultores.
- Diversificación de cultivos y demandas de los mercados locales.
- Desarrollo de programas de producción de controles biológicos y de abonos orgánicos.

- Incremento de la cultura agroecológica entre agricultores, técnicos y directivos.
- Desarrollo de los procesos de innovación tecnológica horizontal.

Por otra parte, la escasez de insumos agroquímicos, de maquinaria y de energía también ha contribuido a cambios tecnológicos, dirigidos principalmente a reducir las tecnologías intensivas y aumentar las agroecológicas. Entre estas prácticas se incluye el uso del maíz como cultivo intercalado y en asociación, como barrera viva en campos de otros cultivos (Leyva y Pohlen, 2005; Mojena y Bertoli, 1999; Paredes *et al.*, 1995). El maíz es una planta altamente entomófila, propiedad que los agricultores aprovechan para aminorar los daños por plagas en sus cultivos (Fernández y Vázquez, 2009; Hurtado *et al.*, 2006; Vázquez, 2007; Veitía *et al.*, 2004).

En cursos y otras actividades de capacitación que se realizan con técnicos y agricultores, se resalta la importancia de la diversidad de plantas en el manejo fitosanitario por sus efectos sobre la ocurrencia de plagas y en el incremento de los biorreguladores, principalmente el uso del maíz como cultivo asociado, intercalado en franjas y en barreras alrededor de los campos (Fernández y Vázquez, 2009; Vázquez, 2004, 2008; Vázquez *et al.*, 2008; Veitía, 2004).

Se ha demostrado que por sus características biofísicas, el maíz asociado, intercalado, en barreras vivas y en mosaicos de cultivo, cumple importantes funciones entomológicas (Vázquez, 2004; Vázquez y Fernández, 2007):

- Contribuye al microclima del campo, principalmente porque atenúa las corrientes superficiales de aire, retiene la humedad y reduce la incidencia directa de las radiaciones solares sobre la superficie del suelo, condiciones que tienen efectos positivos en la biodiversidad asociada al cultivo.
- Actúa eficientemente como barrera física de poblaciones inmigrantes de adultos de insectos.
- Es refugio de insectos benéficos ante los efectos de los plaguicidas, las prácticas culturales, las corrientes de aire y las radiaciones solares.
- Es reservorio de poblaciones de enemigos naturales en diferentes huéspedes que habitan en el maíz, principalmente en el cogollo de la planta, que se considera uno de los principales reservorios de entomófagos.
- Contribuye al desarrollo de poblaciones de hormigas en el suelo.
- Contribuye al manejo ecológico de las arvenses.

En particular, intercalar otros cultivos en campos de maíz, como los de cobertura o porte bajo (boniato, frijol y otros), es una práctica que ha aumentado debido a que reduce la incidencia de la palomilla (*Spodoptera frugiperda*) por confusión en la orientación de las hembras que acuden al campo de maíz a ovipositar. Con esta práctica

también se incrementan las poblaciones y la diversidad de enemigos naturales de la plaga, y se favorece la diversidad de hormigas depredadoras. Por otra parte, el cultivo intercalado contribuye a reducir las afectaciones por el tetuán del boniato (*Cylas formicarius* L.) y el saltahojas de los frijoles (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore).

Según un estudio realizado en la agricultura urbana y periurbana, las plantas más utilizadas como barreras vivas para la conservación de enemigos naturales de plagas de insectos son el maíz, el sorgo y el girasol, aunque hay agricultores que utilizan otras, pero a un nivel muy bajo (tabla 1). Lamentablemente, la mayoría emplea barreras vivas simples, muy pocos hacen combinaciones de maíz-sorgo, maíz-girasol y los menos incluyen las tres.

Tabla 1. Plantas consideradas barreras vivas que se manejan en los alrededores de canteros, parcelas o campos en Ciudad de La Habana

Sistema de cultivo	Plantas utilizadas como barreras vivas, %		
	Maíz (<i>Zea mays</i>)	Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>)	Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)
Organopónicos	86,4	32,0	23,0
Huertos intensivos	92,0	42,0	17,0
Fincas típicas (periurbanas)	63,4	3,9	21,6

Fuente: Vázquez *et al.*, 2005

Bajo las mismas condiciones, se ha comprobado que las barreras de maíz al cultivo de la habichuela (*Vigna* spp.) funciona como sitio de refugio y alimentación de numerosas especies de enemigos naturales de insectos fitófagos, al hospedar a *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey, *Orius insidiosus* Say, *Lysiphlebus testaceipes* Cresson, *Paragus* sp., *Polistes cubensis* Lep., *Condylostylus* sp., *Hyperaspis bigeminata* Randall, tres especies de taquínidos y *Apis mellifera* L. como polinizador. En las barreras de maíz al cultivo de la berenjena (*Solanum melongena* L.) han sido registradas las especies *C. sanguinea limbifer*, *P. cubensis*, *Orius* sp., *Scymnus* sp., una especie de *Syrphidae* y dos de *Tachinidae* no identificadas (*Diptera*) asociadas a los fitófagos *P. maidis* y *R. maidis* (Matienzo, 2005).

Respecto a *S. frugiperda*, principal plaga del maíz en Cuba, las investigaciones realizadas por Mederos (2002) comprobaron que el maíz sembrado en monocultivo es más afectado por esta plaga que cuando se asocia con frijol, sobre todo en las siembras de enero. La adopción de estas prácticas ha contribuido a aprovechar los efectos fitosanitarios del maíz (tabla 2) y a reforzar sus servicios ecológicos en los sistemas agrícolas.

La importancia del maíz se evidencia en la percepción que tienen los agricultores sobre sus efectos beneficiosos en el manejo de plagas. Una encuesta nacional realizada

Tabla 2. Asociaciones de cultivos con maíz y efectos sobre las plagas de insectos y sus enemigos naturales

Cultivos asociados o intercalados	Principales plagas reguladas	Efectos sobre los entomófagos
Boniato-maíz	<i>Cylas formicarius</i> (boniato), <i>Spodoptera frugiperda</i> (maíz)	Incremento de hormigas predadoras de <i>Cylas formicarius</i> en boniato y de lepidópteros en maíz. Presencia de avispas predadoras de lepidópteros plagas del maíz. Incremento de parasitoides de <i>S. frugiperda</i> en maíz.
Papa-maíz	<i>Thrips palmi</i> (papa)	Aumento de los predadores de <i>Thrips palmi</i> en papa, principalmente <i>Orius insidiosus</i> y <i>Franklinothrips vespiformis</i> .
Calabaza-maíz	<i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Thrips palmi</i> (calabaza)	Las flores de la calabaza sirven de alimento a los adultos de entomófagos de <i>S. frugiperda</i> en maíz y <i>Diaphania hyalinata</i> en calabaza. El maíz contribuye al incremento de las poblaciones de enemigos naturales de <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> y <i>Thrips palmi</i> en calabaza.
Melón-maíz, pepino-maíz	<i>Thrips palmi</i> (melón, pepino) <i>Diaphania hyalinata</i> (pepino)	Aumento de <i>Orius insidiosus</i> , coccinélidos y crisopas, predadores de <i>Thrips palmi</i> . Incremento de la presencia de avispas predadoras de larvas de <i>Diaphania hyalinata</i> en pepino. Incremento de los enemigos naturales de <i>Bemisia tabaci</i> en pepino.
Yuca-maíz	<i>Erinnyis ello</i> , <i>Lonchaea chalybea</i> (yuca), <i>Spodoptera frugiperda</i> (maíz)	Incremento de los enemigos naturales de <i>S. frugiperda</i> en maíz y de <i>Erinnyis ello</i> en yuca. Se incrementan los enemigos naturales en los campos cercanos.
Maíz-frijol	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Empoasca kraemeri</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> , <i>Thrips palmi</i> , <i>Aphis spiraecola</i> (frijol), <i>Spodoptera frugiperda</i> (maíz)	Aumento de hormigas predadoras. Incremento de parasitoides de <i>S. frugiperda</i> en maíz y de los fitófagos del frijol.
Maíz-calabaza-ajonjolí, maíz-calabaza-vigna, maíz-yuca-pepino	<i>Spodoptera frugiperda</i> (maíz), <i>Diaphania</i> spp., <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Thrips palmi</i> (calabaza, pepino)	Las flores de calabaza, vigna y ajonjolí contribuyen a la alimentación de los entomófagos de <i>S. frugiperda</i> en maíz. El maíz favorece los parasitoides de los fitófagos de la calabaza y el pepino.
Tomate-maíz	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> (tomate)	El maíz contribuye al incremento de las poblaciones de enemigos naturales de <i>Bemisia tabaci</i> y <i>Liriomyza trifolii</i> .
Yuca-maíz-frijol	<i>Erinnyis ello</i> , <i>Frankliniella</i> spp. (yuca), <i>Spodoptera frugiperda</i> (maíz), <i>Empoasca kraemeri</i> , <i>Thrips palmi</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> (frijol).	Aumenta la diversidad y las poblaciones de enemigos naturales de las principales plagas de los tres cultivos. Se incrementan los enemigos naturales en los campos cercanos.
Pimiento-maíz	<i>Spodoptera exigua</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (pimiento).	El maíz contribuye al incremento de las poblaciones de enemigos naturales de fitófagos en pimiento.

Fuente: Sintetizado de Pérez y Vázquez, 2001; Vázquez *et al.*, 2005; Veitía, 2004; Veitía *et al.*, 2004.

durante 2003-2005 concluyó que al menos diez plantas se emplean con tal propósito, principalmente sorgo, girasol, maíz y escoba amarga (Veitía, 2008).

Insectos fitófagos del maíz en Cuba

En los agroecosistemas cubanos, la planta de maíz sustenta poblaciones de 56 especies de insectos fitófagos (tabla 3). De ellas, cinco pertenecen al orden Thysanoptera (8,9%), 13 al Hemiptera (23,2%), 15 al Coleoptera (26,8%), 19 al Lepidoptera (33,9%), tres al Diptera (5,4%) y una al Hymenoptera (1,9 %) (figura 1).

De estos insectos fitófagos, son considerados de importancia alta y permanente (plagas habituales) a *S. frugiperda* en el follaje, *H. zea* en los granos tiernos y *S. zeamays* en los granos almacenados, que se manifiestan en altas poblaciones en todos los agroecosistemas del país. Por otra parte, las especies de importancia menor, pero que siempre están presentes, y las de importancia alta y no frecuente (plagas ocasionales), son plagas potenciales del cultivo; es decir, resultan nocivas pero requieren de algún factor que favorezca su incremento poblacional, sea por efecto directo sobre sus poblaciones —insecticidas, toxinas, clima, tecnologías intensivas, etc.— o por afectaciones sobre sus enemigos naturales, estrés del agroecosistema, entre otras causas.

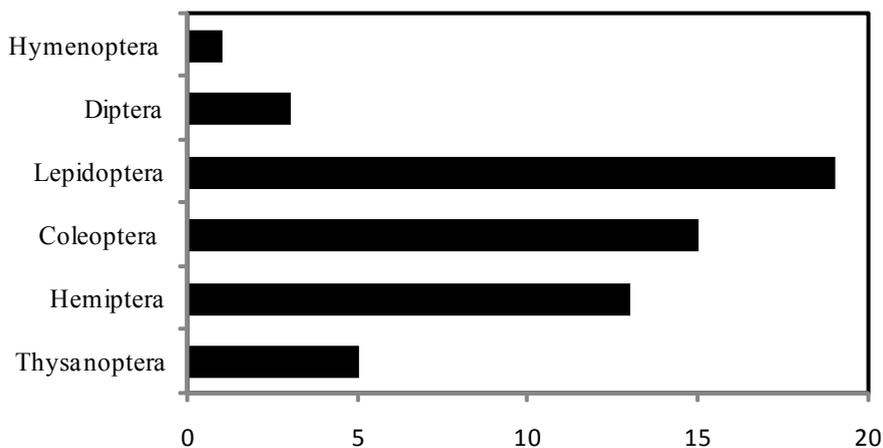


Figura 1. Número de especies de los diferentes órdenes de insectos que atacan al maíz en Cuba.

El mayor número de los insectos que atacan al maíz se alimenta de las hojas (51,8%), con representantes de cada uno de los seis órdenes, principalmente Hemiptera y Lepidoptera. Siguen los que se alimentan de las semillas y granos almacenados (28,6%), representados por los órdenes Coleoptera y Lepidoptera, que constituyen los gorgojos y polillas de almacenes (tabla 4).

Tabla 3. Lista taxonómica de los insectos fitófagos del maíz en Cuba

Familia	Especie	Órganos de la planta	Importancia relativa*
Orden Thysanoptera			
Thripidae	1. <i>Chirothrips</i> sp.	Hoja	5
	2. <i>Frankliniella williamsi</i> Hood	Hoja, inflorescencia	5
	3. <i>Neohydatothrips</i> sp.	Hoja	5
	4. <i>Sericothrips</i> sp.	Hoja	5
	5. <i>Thrips tabaci</i> Lindeman	Hoja	5
Orden Hemiptera			
Aphididae	6. <i>Hysteronera setariae</i> (Thomas)	Hoja tierna, inflorescencia	5
	7. <i>Myzus (Nectarosiphon) persicae</i> (Sulzer)	Hoja tierna	5
	8. <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	Inflorescencia, hoja tierna	2
Pseudococcidae	9. <i>Schizaphis graminum</i> (Rondani)	Hoja, inflorescencia	5
	10. <i>Pseudococcus</i> sp.	Hoja, tallo	5
Cicadellidae	11. <i>Trionymus radicolica</i> (Morrison)	Raíz	5
	12. <i>Dalbulus maidis</i> (De Long y Wolcott)	Hoja tierna	2
Delphacidae	13. <i>Draeculacephala producta</i> (Ball)	Hoja	5
	14. <i>Hortensia similis</i> (Walker)	Hoja	4
Delphacidae	15. <i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead)	Hoja tierna	2
Tingidae	16. <i>Leptodictya bambusae</i> Drake	Hoja	5
	17. <i>Leptodictya tabida</i> (Herrich-Schaffer)	Hoja	5
Lygaeidae	18. <i>Blissus leucopterus insularis</i> (Barber)	Hoja	5
Orden Coleoptera			
Elateridae	19. <i>Anchastus opaculus</i> (Candeze)	Raíz	5
	20. <i>Conoderus bifoveatus</i> (Palisot de Beauvois)	Raíz	5
	21. <i>Heteroderes amplicolis</i> (Gyllenhal)	Raíz	5
Bostrichidae	22. <i>Dinoderus minutus</i> (Fabricius)	Semilla almacenada	4
	23. <i>Rhizoperba dominica</i> (Fabricius)	Semilla almacenada	2
Trogoitidae	24. <i>Tenebroides mauritanicus</i> (Linnaeus)	Semilla almacenada	5
Silvanidae	25. <i>Ahasverus advena</i> Waltl	Semilla almacenada	4
	26. <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	Semilla almacenada	4
	27. <i>Cryptolestes pusillus</i> (Schönherr)	Semilla almacenada	4
	28. <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	Semilla almacenada	4

Familia	Especie	Órganos de la planta	Importancia relativa*	
Tenebrionidae	29. <i>Tribolium castaneum</i> Herbst	Semilla almacenada	4	
Chrysomelidae	30. <i>Diabrotica balteata</i> Le Conte	Hoja, raíz	4	
Curculionidae	31. <i>Caulophilus oryzae</i> (Gyllenhal)	Semilla almacenada	5	
	32. <i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus)	Semilla almacenada	2	
	33. <i>Sitophilus zeamais</i> Motshulsky	Mazorca (granos secos) y semilla en almacén	1	
Orden Lepidoptera				
Cosmopterygidae	34. <i>Pyroderces rileyi</i> (Walsingham)	Mazorca (granos secos en campo)	5	
Gelechidae	35. <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)	Semilla almacenada	2	
Pyralidae	36. <i>Cadra cautella</i> (Walker)	Semilla almacenada	5	
	37. <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton)	Semilla almacenada	4	
	38. <i>Diatraea lineolata</i> (Walker)	Tallo	2	
	39. <i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius)	Tallo	4	
	40. <i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	Hoja (plántula)	5	
	41. <i>Ephestia calidella</i> (Guenée)	Semilla almacenada	4	
	42. <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	Semilla almacenada	4	
	43. <i>Zea diatraea zeaeolella</i> Dyar	Tallo	5	
	Noctuidae	44. <i>Agrotis subterranea</i> (Fabricius)	Hoja	5
		45. <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Mazorca (granos tiernos)	1
46. <i>Leucania secta</i> Herrich-Schäffer		Hoja	5	
47. <i>Leucania unipuncta</i> (Howard)		Hoja	5	
48. <i>Mocis disseverans</i> (Walker)		Hoja	5	
49. <i>Remigia latipes</i> (Guenée)		Hoja	4	
50. <i>Spodoptera exigua</i> (Hübner)		Hoja	3	
51. <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)		Hoja tierna	1	
52. <i>Spodoptera latifascia</i> (Walker)		Hoja	4	
Orden Diptera				
Otitidae	53. <i>Eumecosomya nubila</i> (Wiedemann)	Mazorca (pelos)	2	
	54. <i>Euxesta stigmatias</i> Loew	Mazorca (pelos)	2	
Agromyzidae	55. <i>Agromyza parvicornis</i> Loew	Hoja	4	
Orden Hymenoptera				
Formicidae	56. <i>Atta insularis</i> Guérin-Meneville	Hoja	4	

* 1: alta y permanente. 2: menor y permanente. 3: alta, pero no frecuente. 4: menor y poco frecuente. 5: menor y rara.

Fuente: Vázquez, 2005.

Tabla 4. Proporción (%) de insectos fitófagos en los diferentes órganos de la planta de maíz en los agroecosistemas de Cuba

Órganos de la planta	Número de especies de los diferentes órdenes de insectos						
	Total (%)	Thys.	Hemip.	Coleop.	Lepid.	Dip.	Hym.
Raíz	5 (8,9)		1	4			
Tallo	4 (7,1)		1		3		
Hoja	29 (51,8)	5	12	1	9	1	1
Fruto (mazorca)	5 (8,9)			1	2	2	
Inflorescencia	4 (7,1)	1	3				
Semilla y grano almacenado	16 (28,6)			11	5		

Resulta interesante, desde el punto de vista de las relaciones tróficas, que de los insectos fitófagos del maíz, el 96,4% se hospeda además en otras plantas que se cultivan o habitan los agroecosistemas (Bruner *et al*, 1975; Vázquez, 2005). Los casos con mayor riqueza de hospedantes son precisamente las dos especies de más importancia en este cultivo: *S. frugiperda* —que ataca también los cultivos de millo, arroz, caña de azúcar, maní, gandul, pimiento, papaya, fresa, menta, kenaf, gladiolos, entre otros— y *H. virescens*, que afecta además plantaciones de tomate, pimiento, ají, girasol, habichuela, calabaza, menta, frijol, millo y otras.

Aunque el objetivo del maíz Bt es controlar *S. frugiperda* (insecto blanco), y los efectos sobre las poblaciones de otros lepidópteros que atacan este cultivo (insectos no blanco) son menores, a largo plazo la presión de selección contribuirá a que se manifiesten desequilibrios en las poblaciones de estos insectos en los campos de maíz en primera instancia, y en los agroecosistemas, posteriormente. Esta situación también se manifiesta en las arvenses que habitan los sistemas de cultivo de maíz, pues con el uso de herbicidas, la comunidad de estas plantas dejará de ejercer su función como reservorio de insectos fitófagos, los cuales emigrarán al propio maíz y a otros cultivos, sobre todo en los monocultivos intensivos.

La palomilla del maíz en los agroecosistemas

La palomilla del maíz es una especie polífaga, pues se ha detectado que se alimenta de 80 especies de 22 familias de plantas (Pashley, 1988); y en las condiciones de Cuba, diversos estudios documentan su presencia en 27 plantas de 15 familias (tabla 5), por lo que el número de hospedantes debe ser mayor. Sus plantas preferidas son el maíz y el millo, aunque también se manifiesta en el arroz en algunas regiones del país y puede

Tabla 5. Plantas hospedantes de *S. frugiperda* en Cuba

Plantas hospedantes		Importancia relativa*
Familia	Especie	
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> (papaya)	4
Compositae	<i>Calendula officinalis</i> (caléndula)	5
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i> (pepino)	5
Graminaceae	<i>Zea mays</i> (maíz)	1
	<i>Sorghum vulgare</i> (sorgo)	1
	<i>Oryza sativa</i> (arroz)	2
	<i>Saccharum</i> spp. (caña de azúcar)	4
	<i>Digitaria decumbens</i> (pangola)	2
	<i>Panicum maximum</i> (yerba de Guinea)	2
	<i>Sorghum halepense</i> (yerba de Don Carlos)	1
	<i>Cynodon plectostachyus</i> (pasto estrella)	2
	<i>Panicum purpurascens</i> (= <i>Brachiaria mutica</i>) (yerba del paral)	2
	Iridaceae	<i>Gladiolus</i> spp.(gladiolo)
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	5
Leguminosae	<i>Arachis hypogaea</i> (maní)	4
	<i>Phaseolus lunatus</i> (frijol caballero)	5
	<i>Pueraria thumbergiana</i> (kudzú)	5
Malvaceae	<i>Hibiscus cannabinus</i> (kenaf)	5
	<i>Mentha</i> spp. (menta)	5
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulencis</i> (eucalipto)	5
Orchidaceae	<i>Spathoglottis plicata</i> (orquídea)	5
Pandanaceae	<i>Pandanus</i> sp. (pándano)	5
Papilionaceae	<i>Cajanus indicus</i> (gandul)	4
	<i>Cicer arietinum</i> (garbanzo)	4
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> (verdolaga)	5
Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i> (fresa)	4
Solanaceae	<i>Datura candida</i> (trompeta de los ángeles)	5

* Importancia relativa de *S. frugiperda*: 1: alta y permanente. 2: menor y permanente. 3: alta, pero no frecuente. 4: menor y poco frecuente. 5: menor y rara.

Fuente: Vázquez, 2005.

constituir plaga en la caña de azúcar, los pastos y otras plantas cultivadas (Ayala *et al.*, 1988; Bruner *et al.*, 1975; Meneses y Triana, 2006; Murguido, 1995; Vázquez, 1979; Zayas, 1989).

No obstante la importancia que se le atribuye a esta plaga, según refiere Fernández (2002), en Mesoamérica la mayoría de los autores recomienda iniciar su control si se registran valores de infestación por debajo del 40%. Sin embargo, resultados de las investigaciones desarrolladas en la provincia Granma muestran que en muchas ocasiones los daños de la plaga son «espectaculares», pero afectan

poco a los rendimientos (Fernández, 2001), puesto que las plantas son capaces de recuperarse de niveles relativamente elevados de daños foliares si su verticilo no es muy dañado. Esto solo ocurre cuando se alcanzan los grados de daño 4 o 5 de la escala propuesta (Fernández y Expósito, 2000). El mismo autor agrega que es muy probable que por estas razones la afectación de *S. frugiperda* se haya sobreestimado en la región, y los NDE (niveles de daño económico) sean demasiado bajos, lo que se traduce en la aplicación de medidas de control innecesarias, la elevación de los costos y la consiguiente disminución de las ganancias.

Por otra parte, *S. frugiperda* en maíz se considera entre los insectos más estudiados en América Latina (Andrews, 1988). Particularmente en Cuba, las investigaciones documentadas se iniciaron con los ensayos sobre el uso de insecticidas sintéticos para su control (Rojas *et al.*, 2000c;) y continuaron con estudios bioecológicos para conocer el ciclo de vida, el comportamiento de sus poblaciones (Ayala *et al.*, 1988; Fernández, 1998), la nocividad sobre el maíz (Fernández, 2002; Popov y Reines, 1988) y el arroz (Meneses y Triana, 2006; Murguido, 1995; Murguido *et al.*, 1990), los métodos de monitoreo y señalización (Fernández y Expósito, 2000), el uso de controladores biológicos (Armas *et al.*, 1997; Fernández-Larrea, 1999; Fernández *et al.*, 2001; García y del Pozo, 1999; Lobaina, 1999; Massó *et al.*, 2002; Rojas, 2000a y b; Vázquez, 2004) y la integración de prácticas en programas de manejo (Fernández, 2001; Pérez *et al.*, 1997), entre otros.

Sobre el desarrollo del maíz Bt en Cuba, Téllez *et al.* (2002) mencionan investigaciones en desarrollo en varios cultivos, mientras que Rodríguez *et al.* (2008) y Ayra *et al.* (2006, 2008) determinaron una nueva toxina quimérica que muestra una mayor actividad insecticida que su molécula parental y es efectiva contra más plagas, incluyendo la palomilla del maíz. Estos autores agregan que CryAAC-R423S puede ser utilizada para aplicaciones foliares o para plantas Bt en programas de manejo integrado de plagas en maíz, arroz, tomate y col.

De hecho, la lucha contra esta plaga se ha desarrollado con una proyección hacia los métodos sostenibles, pues en los años sesenta y hasta mediados de los setenta se controlaba básicamente mediante aplicaciones programadas de insecticidas. Desde finales de los setenta, se introdujo la señalización para decidir las aplicaciones de insecticidas sobre la base de índices poblacionales (umbral económico), lo que contribuyó a reducir su número entre 50 y 60%. A finales de los años ochenta ya se había generalizado el manejo integrado y comenzaron a utilizarse los controles biológicos de larvas jóvenes con la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* y el himenóptero parasitoide de huevos *Trichogramma* spp. Este sistema se fue enriqueciendo en la década siguiente con otras prácticas agroecológicas (Vázquez, 2006, 2007), lo que ha contribuido a que sea mínimo el uso de insecticidas en la lucha contra esta plaga, pues los agricultores han logrado adoptar las prácticas siguientes (Perez *et al.*, 1997):

- Señalización de la plaga: Sistema conducido por los agricultores y la red de Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP) del Sistema Estatal de Sanidad Vegetal, con el fin de mantener información constante sobre la incidencia de la plaga, decidir las aplicaciones de insecticidas químicos y biológicos, así como determinar la efectividad técnica de las medidas de control y del manejo integrado.
- Prácticas agronómicas: Básicamente rotaciones de cultivos (boniato-papa, girasol-frijol y otros), sistemas de preparación del suelo (multiarado, tiller) y asociaciones de cultivos (maíz-frijol, maíz-girasol y otros).
- Control biológico: Liberación de parasitoides (*Trichogramma* spp., *Euplectrus plathypenae*, *Chelonus insularis*, *Archytas* sp., *Telenomus* sp.) y aplicación de bioplaguicidas (*Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Neumorea rileyi*, Virus de la Poliedrosis Nuclear y otros).
- Trampas de captura: Utilización de trampas de melaza para capturar adultos.
- Control químico: Insecticidas granulados en moteo y aspersiones foliares, siempre que se justifique según índice de la plaga y etapa del cultivo.

Aunque no se han detectado evidencias de resistencia en el uso de bioplaguicidas a base de *B. thuringiensis*, se realiza un manejo de cepas, para lo cual se dispone de tres que se producen en el país (Fernández-Larrea, 1999). La probabilidad de resistencia cuando se emplean bioplaguicidas Bt es mínima, porque este biopreparado tiene una permanencia reducida en el ambiente, lo que implica una baja presión de selección.

Enemigos naturales de los insectos fitófagos del maíz

La diversidad de enemigos naturales de los insectos fitófagos del maíz en los sistemas agrícolas no es suficientemente conocida, a pesar de que los estudios que se realizan en el país desde principios del siglo pasado han contribuido a disponer de información sobre las especies que interactúan con mayor frecuencia en las poblaciones de insectos fitófagos convertidos en plagas (Alayo, 1970; Alayo y García, 1980; Alayo y Hernández, 1978; ; Bruner *et al.*, 1975; Gómez *et al.*, 2000; Rojas *et al.*, 2000a y b).

Así, en el caso de los predadores, se han detectado 30 especies de nueve órdenes de artrópodos, con una mayor representación de las familias Syrphidae (Diptera) y Coccinellidae (Coleoptera), de los cuales el 23,3% preda inmaduros de *S. frugiperda* (tabla 6) y el 73,6% otros fitófagos del maíz.

Entre los patógenos que parasitan fitófagos del maíz en los agroecosistemas, se informa que el hongo entomopatógeno *N. rileyi* causa epizootias naturales en poblaciones de *H. zea* y *S. frugiperda* (tabla 7).

Tabla 6. Predadores de los insectos fitófagos del maíz en Cuba

Enemigos naturales Clasificación	Especie	Fitófagos hospedantes**
Diptera: Syrphidae	<i>Ocyptamus</i> sp.	5, 7
	<i>Ocyptamus scutellatus</i> Loew	8
	<i>Ocyptamus dimidiata</i> (F.)	8
	<i>Pseudodoros clavatus</i> (F.) (= <i>Baccha clavata</i> (F.))	7, 8
	<i>Brachiacantha decora</i> (Casey)	7
	<i>Toxomerus</i> (<i>Mesognapta</i>) <i>subannulatus</i> Loew*	15
Coleoptera: Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea sanguinea</i> Casey	5, 7, 8
	<i>Cycloneda sanguinea limbifer</i> Casey	8
	<i>Coleomegilla maculata</i> (DeGeer)	7
	<i>Chilocorus cacti</i> (L.)	7, 8
	<i>Diomus</i> (= <i>Scymnus</i>) <i>roseicollis</i> Mulsant	8
	<i>Hyppodamia apicalis</i> Casey	8
Coleoptera: Elateridae	<i>Ignetaler</i> (= <i>Pyrophorus</i>) <i>havanensis</i> (Cast.)	20, 21
	<i>Pyrophorus noctilucus</i> (L.)	20, 21
Coleoptera: Carabidae	<i>Scarites subterraneus</i> Fabricius	21
Neuroptera: Chrysopidae	<i>Chrysopa</i> spp.	5, 8
Hemiptera: Anthocoridae	<i>Orius insidiosus</i> (Say)	2, 5
Hemiptera: Reduviidae	<i>Zelus longipes</i> (L.)	51
Hemiptera: Lygaeidae	<i>Geocoris bullatus</i> (Say)	45
Hemiptera: Miridae	<i>Engyptatus</i> (= <i>Cyrtopeltis</i>) <i>varians</i> (Distant)	51
	<i>Nesidiocoris</i> (= <i>Cyrtopeltis</i>) <i>tenuis</i> Reuter	51
Hymenoptera: Formicidae	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius)	51
	<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander)	38, 43
Hymenoptera: Vespidae	<i>Polister major</i> Palissot de Beauvois	51
	<i>Polistes cubensis</i> Lepeletier	51
Dermaptera: Forficulidae	<i>Doru lineare</i> (Dohrn)	51
Thysanoptera: Aeolothripidae	<i>Franklinothrips vespiformis</i> Crawford	2
Acari: Phytoseiidae	<i>Properioseius</i> (= <i>Amblyseius</i>) <i>asetus</i> (Chant)	2
Araneae: Tetragnathidae	<i>Tetragnata pallescens</i> (Kern.)	13, 14

* *Conura birtifemora* (Ashmead) (Hymenoptera: Chalcididae) parasita la larva de *Toxomerus subannulatus*.

** Los números representan las especies de fitófagos que aparecen en la tabla 3.

Fuente: Vázquez, 2005.

Tabla 7. Patógenos de los insectos fitófagos del maíz en Cuba

Enemigos naturales Clasificación	Especies	Fitófagos hospedantes*
Hyphomycetes: Moniliales	<i>Numoraea rileyi</i> (Farlow) Samson	45, 51
	<i>Aspergillus flavus</i> Link	15
Virus	Virus de la poliedrosis nuclear (VPN)	51
Nematoda: Mermithidae	<i>Hexameris</i> sp.	51

* Los números representan las especies de fitófagos que aparecen en la tabla 3.

Fuente: Vázquez, 2005.

Los parasitoides que regulan poblaciones de insectos fitófagos del maíz en Cuba también están integrados por veintinueve especies, en este caso de los órdenes Diptera e Hymenoptera, el 69% de estas parasitan inmaduros de *S. frugiperda* (tabla 8) y seis especies (20,7%) parasitan entre dos y tres fitófagos de esta planta. Los enemigos naturales o biorreguladores de insectos son organismos que habitan en los agroecosistemas y que en su proceso coevolutivo con sus huéspedes o presas, principalmente en el área de origen de estos, alcanzan diversos grados de relaciones tróficas. Esas relaciones involucran a las plantas cultivadas, a las arvenses que crecen dentro de los campos, a las que se desarrollan espontáneamente en los alrededores, así como a los insectos fitófagos que constituyen hospedantes o presas.

También se incluyen las características edafoclimáticas, la tecnología de cultivo y el manejo del sistema de producción, lo que se considera un sistema complejo y multifactorial que determina, junto con las características biológicas de los enemigos naturales, su actividad reguladora (Vázquez *et al.*, 2008). La palomilla del maíz es un ejemplo de ello. Se trata de una plaga habitual que usualmente se controla mediante plaguicidas sintéticos con el objetivo de mantener sus poblaciones por debajo del umbral económico. La diversificación de la agricultura y la adopción de prácticas agroecológicas han creado las condiciones para el incremento de sus enemigos naturales. En un estudio realizado por Fernández (1998) en la provincia Granma se demostró que estos regularon el 49,1% de la población de esta plaga (tabla 9).

Investigaciones similares realizadas por Rojas (2000a) en la región central del país encontraron un 36,19% de mortalidad en poblaciones de esta plaga, de la cual el 25,55% correspondió a los parasitoides y el resto a entomopatógenos o a otras causas. De los parasitoides encontrados, el más común fue *Chelonus insularis*, con un 34,39% de parasitoidismo.

Tabla 8. Parasitoides de los insectos fitófagos del maíz en Cuba

Enemigos naturales Clasificación	Especies	Fitófagos hospedantes***	
Diptera: Tachinidae	1. <i>Archytas marmoratus</i> (Townsend) (= <i>Archytas piliventris</i> (V. de Wulp.)	45, 51	
	2. <i>Gonia texensis</i> Reinhard	51	
	3. <i>Eucelatoria armigera</i> (Coquillet) (= <i>Blondelia</i> (= <i>Frontina</i>) <i>armigera</i> Coq.)	51	
	4. <i>Lespesia archippivora</i> Riley (= <i>Achaetoneura archippivora</i> Will.)	51	
	5. <i>Hyphantrophaga collina</i> (Reinhard) (= <i>Zenillia blanda</i> ; <i>Eusisyropa blanda</i> (Osten-Sacken)	51	
	6. <i>Lixophaga diatraeae</i> (Townsend) (Diptera: Tachinidae)	39, 40, 48	
Hymenoptera: Aphelinidae	7. <i>Aphelinus</i> sp.	7	
Hymenoptera: Braconidae	8. <i>Cotesia marginiventris</i> (Cresson)*	51	
	9. <i>Chelonus insularis</i> (Cresson)	51	
	10. <i>Aleiodes laphygmae</i> (Viereck)*	51	
	11. <i>Aleiodes vaughani</i> (Muesebeck)	51	
	12. <i>Homolobus truncator</i> (Say)	51	
	13. <i>Diaeretiella rapae</i> (Mintosh)	7	
	14. <i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)	8	
	15. <i>Apanteles diatraeae</i> Muesebeck	43, 48	
	Hymenoptera: Chalcididae	16. <i>Conura</i> (= <i>Spilochalcis</i>) <i>femorata</i> (F.)	45, 51
		17. <i>Conura side</i> (Walker)	51
	Hymenoptera: Eulophidae	18. <i>Euplectrus plathyhypenae</i> (Howard)***	51
	Hymenoptera: Ichneumonidae	19. <i>Enicospilus merdarius</i> Gravenhorst (= <i>E. purgatus</i> Say).	45, 51
		20. <i>Ophion flavidus</i> (Brullé)	51
		21. <i>Temelucha fulvescens</i> (Cress.)	51
		22. <i>Netelia</i> sp.	51
23. <i>Anomalon basale</i> (Cresson)		21	
Hymenoptera: Mymaridae		24. <i>Gonatocerus</i> (= <i>Lymaenon</i>) <i>mexicanus</i> (Perk.)	13
		25. <i>Anagrus flavoelolus</i> Waterhouse	15
Hymenoptera: Scelionidae	26. <i>Telenomus heliothidis</i> Ashmead	51	
	27. <i>Telenomus</i> sp.	51	
Hymenoptera: Trichogrammatidae	28. <i>Trichogramma</i> spp.	40, 45, 51	
	29. <i>Ufens niger</i> (Ashm.)	13	

* Hiperparasitoide: *Conura* (= *Spilochalcis*) *pallens* (Cresson) (Hymenoptera: Chalcididae).

** Hiperparasitoide: *Horismenus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae).

*** Los números representan las especies de fitófagos que aparecen en la tabla 3.

Fuentes: Bruner *et al.*, 1975; Gómez *et al.*, 2000; Molina *et al.*, 2003; Rojas *et al.*, 2000a; Vázquez, 2005.

Tabla 9. Mortalidad natural de *S. frugiperda* en dos municipios de la provincia Granma, mayo-agosto de 1995

Tipos de enemigos naturales	Número de larvas afectadas	Porcentaje de mortalidad*
Patógenos	41	11,6
Parasitoides	52	14,8
Parásitos	18	5,1
No determinados	80	22,7
Total	173	49,1

* n = 352 larvas colectadas al azar.
Fuente: Fernández, 1998.

Riesgos del maíz transgénico sobre la entomofauna del maíz y sus relaciones tróficas

Como se explicó antes, el maíz es una planta altamente entomófila (fitófagos, entomófagos y otros), pero también forma parte de las relaciones tróficas con las arvenses asociadas (microclima, alelopatía, competencia, flujo de poblaciones de organismos vivos y otras) y con los insectos fitófagos y sus enemigos naturales (figura 2). Se trata de un complejo de gran afinidad ecológica que se ha desarrollado como un proceso coevolutivo, favorecido por las tradiciones culturales de los campesinos.

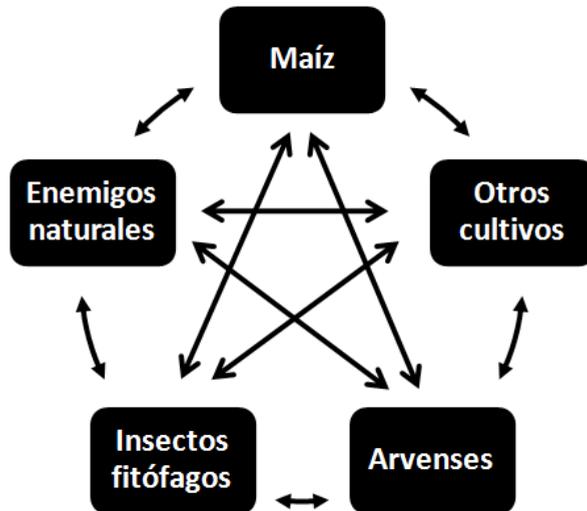


Figura 2. Relaciones tróficas de carácter entomológico con el maíz en los agroecosistemas de Cuba.

En particular, la fauna entomológica asociada al maíz es muy rica (tabla 10) y llama la atención que exista un equilibrio respecto al número de especies de fitófagos (48,7%) y entomófagos (51,3%). Esto significa que en la composición de especies de insectos que habitan en esta planta existe una activa relación trófica.

Tabla 10. Síntesis de la entomofauna del maíz en Cuba

Hábitos	Número de taxas conocidos y distribución porcentual		
	Familias	Especies	%
Fitófagos	21	56	48,7
Predadores	15	30	51,3
Parasitoides	9	29	
Total	45	115	100

Los efectos potenciales del maíz Bt sobre esta rica y funcional diversidad entomológica requieren de análisis complejos y multifactoriales, ya que se pueden manifestar de diversas formas:

- Reducción de poblaciones de fitófagos huéspedes de enemigos naturales en el maíz como cultivo hospedante, sobre todo *S. frugiperda* y potencialmente de las otras 18 especies de lepidópteros que atacan el maíz en Cuba.
- Manifestación de *S. frugiperda* y *H. zea* con mayor intensidad en otros cultivos hospedantes, por ruptura de las relaciones tróficas en el maíz.
- Eliminación de arvenses que actúan como reservorios de fitófagos y entomófagos, debido a que el maíz Bt no es afectado por herbicidas (glufosinato de amonio), además de que se cultiva básicamente en sistemas intensivos, donde se garantiza el empleo de estos productos.
- Efectos tóxicos directos o indirectos sobre las poblaciones de entomófagos, sea a través de sus huéspedes o presas, de los exudados de la planta, de las flores o de los cadáveres de larvas jóvenes infectadas.

Con el maíz Bt las posibilidades de que se desarrollen poblaciones de *S. frugiperda* resistentes son mayores, ya que la presión de selección es constante. Esto dependerá mucho de diversos factores, en especial los siguientes: la superficie que se siembre y si es en monocultivo intensivo, la distribución de los campos en los sistemas agrícolas —bloques de monocultivo o mosaicos de cultivos—, la cercanía o composición del maíz convencional en estos sistemas, el nivel de afectación del flujo de genes, la tecnología de cultivo que se emplee (intensiva o agroecológica), el cambio climático, entre otros.

Realicemos un análisis hipotético comparativo de la efectividad técnica (porcentaje de reducción de las poblaciones) considerando la actividad insecticida de la toxina Bt en el maíz, de los insecticidas químicos y de los bioplaguicidas entomopatógenos que se utilizan en este cultivo (figura 3).

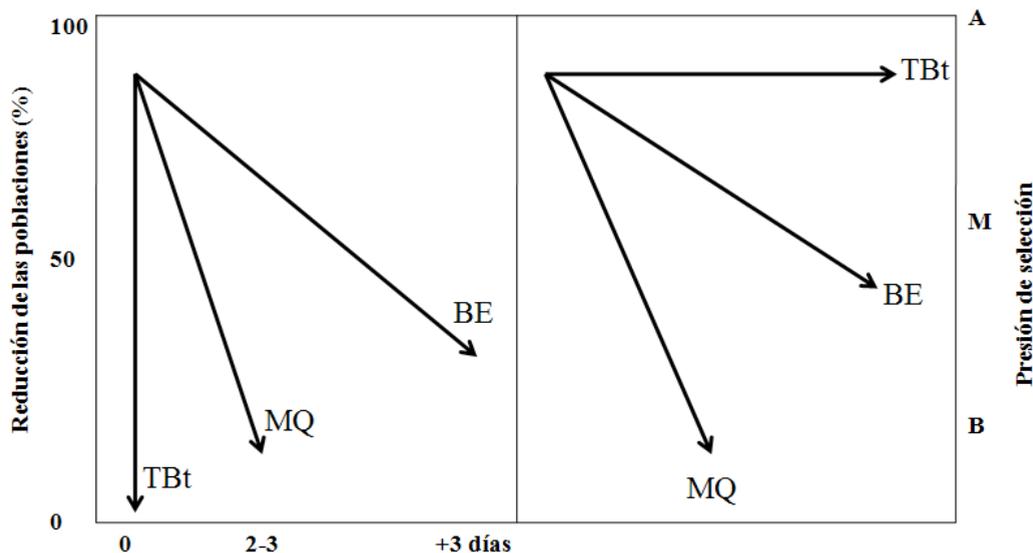


Figura 3. Representación comparativa entre la toxina en maíz Bt (TBt), las moléculas de insecticidas químicos (MQ) y los bioplaguicidas entomopatógenos (BE) respecto a la efectividad técnica (%) y la presión de selección sobre las poblaciones de *S. frugiperda* en maíz.

La planta de maíz Bt reduce las poblaciones de *S. frugiperda* a niveles casi nulos y en corto tiempo, pues las larvas que emergen de los huevos comienzan a alimentarse de las hojas de la planta, dejan de hacerlo inmediatamente y mueren a los pocos días. De esto se desprende que los daños son mínimos, además de que no se desarrollan nuevas generaciones de la plaga en el cultivo. En cambio, cuando se utiliza un insecticida químico, las poblaciones de la plaga se reducen en más del 90% en las primeras horas y durante los dos o tres días siguientes, mientras la molécula química esté presente en las hojas de la planta a concentraciones letales. Cuando se aplica el bioplaguicida entomopatógeno a base de Bt, la efectividad técnica es menor (70-80%), se expresa desde que se aplica y mientras se mantiene la concentración letal de esporas y cristales sobre la superficie de las hojas tiernas de la planta. En estos casos una parte de la población de la plaga queda en el campo, la que continúa causando daños y contribuye al desarrollo de una nueva generación de la plaga en el cultivo.

Lo anterior, que ha sido ampliamente documentado, es uno de los argumentos más sólidos a favor del maíz Bt (DaSilva *et al.*, 2002). Lo mismo sucedió cuando

aparecieron las primeras moléculas insecticidas luego de la Segunda Guerra Mundial y que caracterizó al período de la Revolución Verde. En ambos casos se ha tratado de intervenciones de efectos casi totales sobre las poblaciones de la plaga, con resultados espectaculares desde el punto de vista económico, con efectos inmediatos en la percepción de los agricultores y los técnicos, y sin considerar en profundidad los efectos colaterales, que ya han sido demostrados en el caso de los insecticidas químicos.

Sin embargo, si analizamos los efectos en el tiempo sobre las poblaciones de *S. frugiperda*, la presión de selección de poblaciones tolerantes y resistentes es permanente y alta por el maíz Bt (figura 3), en comparación con los insecticidas biológicos y químicos. Esto significa que esta toxina está actuando permanentemente sobre las poblaciones de la plaga y de otros lepidópteros, siempre que el maíz transgénico esté sembrado en los campos. Pero en el caso de los insecticidas químicos y biológicos, esta es media o baja, pues solamente se produce cada vez que se realiza una aplicación.

Cuando esto suceda, según Gould (1998), la generación de resistencia sería negativa porque se perdería, además de la efectividad de los cultivos Bt, la posibilidad de utilizarlos como bioplaguicidas. La hipótesis anterior sugiere que en los sistemas agrícolas en los que se autorice la siembra de maíz Bt, la actuación permanente de la toxina sobre las poblaciones de *S. frugiperda* deberá tener efectos a largo plazo en la selección de poblaciones resistentes. Esto se debe fundamentalmente a que la hembra adulta siempre acudirá con preferencia a los campos de maíz para ovipositar, ya que esta es su planta hospedante principal y con la que mantiene las mayores relaciones coevolutivas.

Por otra parte, debido a que el maíz Bt se siembra en sistemas de cultivo intensivos, es decir, en campos grandes y con la aplicación de herbicidas, el contraste entre las hileras de plantas y el suelo limpio facilitará la ocurrencia de un mayor número de hembras para ovipositar, las que se orientarán con más facilidad.

Dos prácticas que se están recomendando para paliar esta situación son rotar maíz Bt con maíz convencional y establecer un área de refugio que consiste en sembrar maíz convencional en los bordes de los campos de maíz Bt (aproximadamente un 10% de la superficie sembrada con maíz transgénico). Esta última práctica asegura que las poblaciones de *S. frugiperda* puedan volar y cruzarse con cualquier potencial sobreviviente del maíz Bt (Andow, 2002) y ha sido muy bien acogida por su enfoque agroecológico, pero es poco efectiva y transitoria debido a los desequilibrios que se desencadenarán en las relaciones tróficas de *S. frugiperda* por los efectos del flujo de genes de maíz transgénico hacia el convencional.

Además, existen mayores posibilidades de que las plagas habituales del maíz se manifiesten en otros cultivos, según su preferencia, como es el caso de *S. frugiperda* en sorgo, arroz, caña de azúcar, maní, gandul, pimiento, papaya, fresa, menta, kenaf y gladiolos, y de *H. virescens* en tomate, pimiento, ají, girasol, habichuela, calabaza, menta,

frijol y millo, donde las afectaciones podrían ser mayores. Los daños potenciales de estas plagas en tales cultivos no han sido suficientemente estudiados y en muchos de ellos las poblaciones de sus enemigos naturales no se desarrollarán de la misma forma que en el maíz, debido a diversos factores ecológicos y tecnológicos.

Por ejemplo, los riesgos de *S. frugiperda* para arroz y caña de azúcar quizás pudieran ser otros, debido a que las poblaciones de estos cultivos pertenecen a un biotipo diferente al que ataca al maíz y al millo, que no manifiestan la misma susceptibilidad a los insecticidas (Pashley, 1988). Según Cabrera (2001) esto también pudiera suceder con la tasa de adaptación a la toxina de Bt expresada en las plantas transgénicas.

Por otra parte, como han descrito Futuyma (1983) y Cabrera (2001), la habilidad de *S. frugiperda* para alimentarse de varias plantas hospedantes indica que ha tenido éxito en adaptarse a nuevos desafíos con rapidez, como pudiera suceder con la tolerancia a la toxina de Bt expresada en las plantas transgénicas. De hecho, las plantas de maíz transgénico expresan las toxinas de Bt específicas y más efectivas contra *S. frugiperda* en las hojas. Sin embargo, en menor magnitud estas toxinas pueden tener efectos contra las otras especies de insectos del orden Lepidoptera que en Cuba atacan las plántulas (dos especies), el tallo (tres), las hojas (siete), las hojas tiernas del cogollo (una), los granos tiernos en la mazorca (una), las semillas en campo (una) y almacenadas (cinco) (tabla 3). De ellas resultan de importancia *H. zea*, *D. lineolata* y *Z. zeacolella* de las cuales el maíz es planta hospedante principal.

Se han documentado varias especies de otros lepidópteros cuyas poblaciones han logrado adquirir resistencia al Bt (Cabrera, 2001), como es el caso de *Plutella xylostella* (L.) y *Trichoplusia ni* (Hübner) en col o repollo, *Plodia interpunctella* (Hübner) en cereales, *Spodoptera exigua* (Hübner) en remolacha, *Heliothis virescens* (F.) en tabaco y *Spodoptera littoralis* (Boisduval) en algodón, todas pertenecientes a tres familias (Noctuidae, Plutellidae y Pyralidae). Esto sugiere que la habilidad para adquirir resistencia a Bt está distribuida en el orden Lepidoptera (Gould *et al.*, 1995; McGaughey y Whalon, 1992; Moar *et al.*, 1995).

Además de los lepidópteros, otras especies de fitófagos que se alimentan del maíz (tabla 3) entrarían en contacto con la proteína Cry al consumir partes de la planta, y pueden así quedar expuestos a la acción tóxica, aunque la proteína expresada posee una alta especificidad a insectos lepidópteros.

Resulta importante aquí la situación de *S. exigua*, que se manifiesta como plaga polífaga (Vázquez, 2005). En los últimos años aparece entre las principales plagas de la cebolla en algunas regiones del país y se ha documentado entre las especies que han adquirido resistencia al Bt, lo que pudiera constituir un riesgo adicional para el maíz transgénico y para los demás cultivos que son atacados por esta plaga. Por otra parte, al utilizarse herbicidas de amplio espectro y acción rápida en el maíz, la comunidad de arvenses reducirá su función como reservorio de insectos fitófagos, que emigrarán al

propio maíz y a otros cultivos. Esto resulta más evidente en los monocultivos intensivos, donde el empleo de herbicidas es parte importante del «paquete tecnológico».

En los campos de maíz normalmente crecen algunas poblaciones de arvenses, incluidos los que son sometidos a deshierbes mecánicos. Pero muchos agricultores han aprendido a realizar prácticas agronómicas que reducen la incidencia de malezas competidoras con el cultivo y permiten el crecimiento de ciertas especies que sustentan poblaciones de enemigos naturales o cuyas flores les sirven de alimento a los adultos de los entomófagos. Investigaciones conducidas en Cuba por Mederos (2002) permitieron comprobar que en la asociación frijol-maíz desyerbada en el primer tercio del ciclo del cultivo, la diversidad de enemigos naturales fue superior a la que se desyerbó durante todo el ciclo del cultivo. Lo mismo sucedió en la variante de maíz monocultivo, lo cual se atribuye a que la comunidad de malezas sirve de atracción, refugio, camuflaje y alimento a muchas especies benéficas.

Respecto a los enemigos naturales, merece especial atención el nicho de *S. frugiperda*, cuyas larvas se desarrollan en el brote terminal (cogollo) de la planta de maíz. Aquí cohabita una comunidad de insectos con diferentes funciones, tales como predadores, parasitoides, hiperparasitoides, entomopatógenos, coprófagos, micófagos, entre otros. Ellos comparten este nicho ecológico para alimentarse y reproducirse de las secreciones que se forman como resultado de la actividad de este complejo de insectos, microorganismos saprofitos y hojas tiernas del maíz. El cogollo posee características muy peculiares, pues las hojas se desarrollan semienrolladas unas con otras, hay menor incidencia de las corrientes de aire, de las radiaciones solares y mayor humedad relativa, condiciones que propician una buena protección a los primeros estadios larvales y a sus enemigos naturales. Además, se conoce que el cogollo del maíz es uno de los principales reservorios de enemigos naturales de lepidópteros en los agroecosistemas de Cuba, principalmente:

- Las moscas predatoras generalistas de la familia Tachinidae: *Archytas marmoratus* (Townsend), *Gonia texensis* Reinhard, *Eucelatoria armigera* (Coquillet), *Eusisyropa blanda* (Osten-Sacken), *Lespesia archippivora* Riley.
- Los himenópteros parasitoides más generalistas y eficientes: *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Chelonus insularis* (Cresson), *Rogas* sp., *Aleiodes laphygmae* Viereck, *Aleiodes vaughani* (Muesebeck), *Homolobus truncator* (Say), *Euplectrus plathyhype-nae* (Howard), *Enicospilus purgatus* (Say), *Ophion flavidus* Brullé, *Temelucha fulvescens* (Cress.), *Netelia* sp., *Conura femorata* (F.), *Conura side* (Walker).
- El hongo entomopatógeno *Numuraea rileyii* (Farlow) Samson (Hyphomycetes: Moniliales) y el Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN), que producen epizootias naturales en el maíz que sirven como fuentes de inóculo para infectar otros lepidópteros en los agroecosistemas diversificados.

Para entender mejor las relaciones tróficas que ocurren en el cogollo de la planta de maíz, la figura 4 muestra los cuatro niveles en que estas se expresan: el brote de la planta (I); los fitófagos, representados básicamente por insectos de los órdenes Thysanoptera, Hemiptera (áfidos y saltahojass) y Lepidoptera (II); los enemigos naturales de los fitófagos, cuyos hábitos son como predadores (PRED), parasitoides (PARAS) y patógenos (PAT) (III) y los hiperparasitoides (IV). La palomilla (*S. frugiperda*) tiene un gran protagonismo en estas relaciones tróficas con siete predadores, veinte parasitoides (y sus tres hiperparasitoides) y tres entomopatógenos, que también se relacionan con otras especies de lepidópteros, lo que significa una mayor complejidad.

La reducción paulatina de poblaciones de larvas de *S. frugiperda* de este nicho, así como la acumulación de cadáveres de larvas jóvenes infectadas por la bacteria Bt, contribuirán a desequilibrios poblacionales de este complejo fagístico. Con relación a los posibles efectos tóxicos del maíz Bt sobre los enemigos naturales, diversos estudios coinciden en que estos no son afectados (Dutton *et al.*, 2002; Romeis *et al.* 2004), aunque algunos han hallado algún nivel de toxicidad (Hilbeck *et al.*, 1998, 2003) o

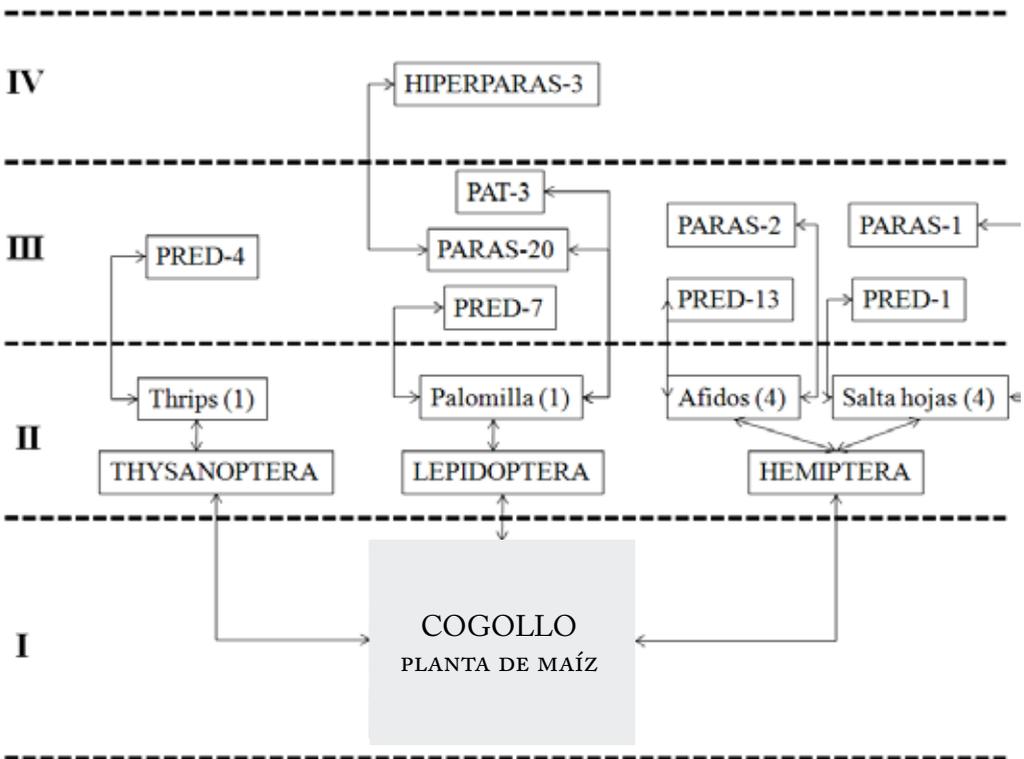


Figura 4. Composición y relaciones tróficas de la entomofauna del cogollo o brote terminal del maíz en los agroecosistemas de Cuba.

un bajo nivel de la toxina en sus presas, que se pierde con el tiempo y no afecta al predador (Obrist *et al*, 2005).

Desde luego, es bien conocida la especificidad de la acción tóxica del Bt, ya que en el medio alcalino del aparato digestivo de la larva del insecto blanco, la proteína (pro-toxina) es activada por las enzimas allí presentes, que la cortan liberando su parte tóxica (endotoxina). Por ello estas especies de lepidópteros son susceptibles a la proteína, debido a que poseen un sitio de unión específico en sus aparatos digestivos que la «reconocen» y le permiten ejercer su toxicidad. La proteína adherida a las membranas celulares altera el equilibrio osmótico celular y causa la lisis de las células de la pared interior del tracto digestivo, lo que en pocos minutos paraliza su actividad. Si bien la larva muere a los pocos días, en minutos deja de alimentarse, con lo que el daño se frena casi inmediatamente. Solo unas pocas especies poseen en su aparato digestivo el sitio de unión que reconoce la proteína; por lo tanto, otros organismos la digerirán del mismo modo que digieren cualquier otra proteína. Esto otorga una altísima especificidad a la acción tóxica del Bt y por ello se argumenta que los cultivos Bt no poseen efectos tóxicos sobre organismos no blanco.

A pesar de lo anterior, y aunque la mayoría de las investigaciones ecotoxicológicas con insectos entomófagos se han realizado con gran rigor, se mantienen hipótesis y metodologías muy similares a las utilizadas en la época en que se iniciaron los estudios para demostrar los posibles efectos tóxicos de los plaguicidas químicos. Lo más estudiado ha sido exponer predadores en laboratorio a inmaduros de sus presas o huéspedes, para evaluar si al comer o succionar ingieren la bacteria y mueren por septicemia. Sin embargo, este protocolo es muy simple como para conocer si realmente existen efectos, pues los entomófagos seleccionan muy bien sus presas o huéspedes, y si están enfermos los rechazan o desisten en el primer intento. También se han recomendado estudios de laboratorio en los que se sumergen huevos o larvas de lepidópteros en una suspensión de la toxina, para comprobar su efecto cuando el predador se alimenta de estas presas o mezclar dicha suspensión con una solución azucarada y exponer adultos de parasitoides al alimento. Estos son experimentos que ofrecen información útil, aunque resulta muy diferente de lo que sucede bajo las condiciones de campo, donde intervienen otros factores.

Por otra parte, la mayoría de estas investigaciones han empleado como insecto patrón el *Chrysoperla carnea*, que bajo las condiciones de Cuba no constituye un enemigo natural de importancia en la regulación de poblaciones de plagas en maíz; además de no ser representativo desde el punto de vista ecológico. Se han hallado 60 especies de entomófagos que tienen relaciones funcionales con las poblaciones de los insectos fitófagos del maíz en Cuba, lo que significa que las investigaciones deben buscar mayor representatividad faunística. Es común observar estudios realizados en condiciones de campo que no consideran todas las posibles interacciones, pues se

evalúan las poblaciones de enemigos naturales y de los fitófagos en parcelas de plantas Bt en comparación con un testigo convencional. Este método no es representativo en tiempo ni espacio, pues las interacciones bajo condiciones de campo son más complejas, principalmente en el neotrópico.

Por otra parte, los adultos de entomófagos, sean parasitoides o predadores, no solamente se alimentan de sus fitófagos presas o huéspedes, sino que complementan su dieta con polen y secreciones o exudados de las plantas, mecanismo que debe tomarse en cuenta por el papel de estas fuentes nutritivas en su reproducción. Aparte de estas consideraciones metodológicas, aun no son suficientemente conocidos los mecanismos de defensa de los entomófagos y las posibles vías de sensibilidad al Bt y otros entomopatógenos.

Por ello, Romeis *et al.* (2006) recomiendan que las pruebas o ensayos de efectos tóxicos sobre enemigos naturales de plagas deban cumplir rigurosos parámetros de calidad y protocolos completos y representativos en el tiempo. Al respecto Andow *et al.* (2006) propusieron una metodología que incluye los procesos siguientes: 1) selección del punto final de riesgo, 2) las hipótesis de riesgo para guiar la caracterización de la exposición, los efectos adversos y el riesgo, y 3) uno dinámico y adaptable.

Desde luego, si se demostrara que las toxinas de Bt no afectan directa ni indirectamente la fauna de entomófagos, la reducción de poblaciones de sus huéspedes, sobre todo lepidópteros, contribuye a que estos insectos benéficos se reduzcan. Con ello se perjudicarían las relaciones tróficas en los agroecosistemas, debido a que la entomofauna de parasitoides y predadores de la planta de maíz ofrece servicios ecológicos a otros cultivos.

Monitoreo y manejo de riesgos entomológicos en sistemas agrícolas potencialmente estresados por el cultivo intensivo de maíz Bt

El monitoreo entomológico durante el proceso de introducción de esta variedad en los sistemas agrícolas del país contribuirá a evaluar los impactos negativos y los riesgos, así como a determinar la posibilidad de resiliencia de la entomofauna benéfica y sus relaciones tróficas con los insectos fitófagos y sus plantas hospedantes. Los sistemas de producción en que se cultive maíz Bt se consideran potencialmente estresados, principalmente por la acumulación de los efectos de los siguientes factores:

- El maíz se cultiva generalmente mediante tecnología intensiva (campos extensos, mecanización, sistema de riego, fertilización química, control de malezas con herbicida, etc.).

- La planta de maíz presenta toxinas de Bt en los tejidos y exudados de sus órganos.
- La afectación de la microflora epifítica que protege los órganos de la planta.
- La reducción de la diversidad y tasas poblacionales de enemigos naturales de *S. frugiperda* en el maíz y otras plantas hospedantes de esta plaga.
- La reducción de las poblaciones de arvenses hospedantes de las especies de lepidópteros que también se hospedan en el maíz.

La potencialidad del estrés resulta evidente por el hecho de que en los últimos veinte años en la mayoría de los agroecosistemas del país el maíz se ha cultivado mediante tecnología agroecológica, en que la entomofauna fitófaga muestra una tendencia al equilibrio con sus enemigos naturales. Por ello el programa de Manejo Integrado de la Palomilla del Maíz debe asumir como nuevo componente el manejo de los riesgos (Alcantara, 2004), que incluya prácticas de mitigación y de monitoreo. A continuación ofrecemos los indicadores que debe incluir un sistema de monitoreo de la entomofauna:

- Monitoreo de la resistencia de poblaciones de *S. frugiperda* al maíz Bt en sistemas de producción intensiva.
- Monitoreo periódico de poblaciones de *S. frugiperda* en campos estacionarios de maíz convencional, maíz Bt y sorgo.
- Determinación de las tasas de parasitoidismo (Hymenoptera y Diptera) en larvas de *S. frugiperda* en maíz convencional, maíz Bt y sorgo en parcelas de provocación (sin aplicaciones de insecticidas químicos ni biológicos).
- Registro estacional de la composición de especies de insectos fitófagos (Lepidoptera) que se manifiestan en el maíz, el sorgo, el arroz y la caña de azúcar en sitios permanentes a nivel del sistema agrícola.

El registro cuidadoso de estos indicadores y su análisis a mediano y largo plazo en sistemas agrícolas representativos del país, constituyen una labor necesaria y responsable de manejo de riesgos, de gran importancia económica y medioambiental.

Bibliografía

- ALAYO, P.: *Catálogo de los Himenópteros de Cuba*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1970.
- _____ y L. R. HERNÁNDEZ: *Introducción al estudio de los Himenópteros de Cuba. Superfamilia Chalcidoidea*, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1978.
- _____ e I. GARCÍA: *Lista anotada de los dípteros de Cuba*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1980.

- ALCANTARA, E.: «Monitoring Insect Abundance and Diversity in Bt Corn», en *Impact Assessment of Bt Corn in the Philippines*. Reporte final, International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, 2004.
- ALTIERI, MIGUEL A.: «Los impactos ecológicos de la biotecnología agrícola», febrero de 2001, en www.actionbioscience.org.
- ÁLVAREZ, E.R.: «Aspectos ecológicos, biológicos y de agrobiodiversidad de los impactos del maíz transgénico», Laboratorio de Genética Molecular, Desarrollo y Evolución de Plantas, Instituto de Ecología, UNAM, 2009. Disponible en www.ccc.org.
- ANDOW, D.A.: «Resisting Resistance to Bt Corn», en D.K. LETOURNEAU y B.E. BURROWS (eds.): *Genetically Engineered Organisms: Assessing Environmental and Human Health Effects*, CRC Press, Animal and Plant Health Inspection, Boca Raton, 2002, pp. 99-124.
- _____ et al.: «Non-target and Biodiversity Risk Assessment for Genetically Modified (GM) Crops», en *Ninth International Symposium on Biosafety of Genetically Modified Organisms Biosafety Research and Environmental Risk Assessment*. Memoirs, Jeju Island, Korea, 24-29 de septiembre de 2006.
- ANDREWS, K.L.: «Latin American Research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)», *Florida Entomology*, Vol. 71, No. 4, 1988, pp. 630-653.
- ARMAS, J.L. y J.L. AYALA: «Parásitos de huevos de la Palomilla del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)», *Centro Agrícola*, Año 14, No. 4, 1987, pp. 88-90.
- AYALA, J.L., J. RAMÍREZ; S. RODRÍGUEZ y J.L. ARMAS: «Hábitos oviposicionales de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en plantas de arroz», *Centro Agrícola*, Año 15, 1988, pp. 11-15.
- AYRA, C., L. RODRÍGUEZ, Y. FERNÁNDEZ y P. TÉLLEZ: «Increased Activity of a Hybrid BtToxin Against *Spodoptera frugiperda* Larvae from a Maize Field in Cuba», *Biología Aplicada*, Año 23, 2006, pp. 236-239.
- _____ y otros: «Broadening the Target Host Range of the Insecticidal Cry1Ac1 Toxin from *Bacillus thuringiensis* by Biotechnological Means», *Biología Aplicada*, Año 28, No. 3, 2008, pp. 273-275.
- BRUNER, S.C., L.C. SCARAMUZZA y A.R. OTERO: *Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba*, segunda edición revisada y aumentada, Instituto de Zoología, La Habana, 1975.
- CABRERA, J.C.: «Interactions Between *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and Bt-transgenic Sweet Corn». Disertación enviada al Graduate School of North Carolina State University, como requerimiento para el grado de Doctor, Entomology. Raleigh, 2001.
- DA SILVA, E.J., E. BAYDOUN y A. BADRAN: «Biotechnology and the Developing World», *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 5, No. 1, 15 de abril de 2002. Disponible en www.ejb.org/content/vol5/issue1/full/1.
- DUTTON, A., H. KLEIN, J. ROMEIS y F. BIGLER: «Uptake of Bt-toxin by Herbivores Feeding on Transgenic Maize and Consequences for the Predator *Chrysoperla carnea*», *Ecological Entomology*, Vol. 27, No. 4, 2002, pp. 441-447.
- FERNÁNDEZ, J.L.: «Datos ecológicos preliminares sobre las principales plagas del maíz en la provincia Granma. *Spodoptera frugiperda*», *Centro Agrícola*, Año 25, No. 2, 1998, pp. 26-29.

- _____ : «Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de la provincia Granma, Cuba». Tesis Doctoral, Universidad Central de Las Villas Cuba, 2001.
- _____ : «Nota corta: Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz», *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales*, Año 17, No. 3, 2002, pp. 467-474.
- _____ e I.E. Expósito: «Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo del maíz en Cuba», *Centro Agrícola*, Año 27, 2000, pp. 32-38.
- _____, J. JOA, C. JIMÉNEZ, L. DÁNGER, M. ANDINO y N. GONZÁLEZ: «Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) con *Bacillus thuringiensis* Berliner (cepa LBT-24) en la provincia de Granma, Cuba I», *Centro Agrícola*, Año 28, 2001, pp. 5-11.
- FERNÁNDEZ-LARREA, O.: «A Review of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Production and Use in Cuba», *Biocontrol News and Information*, Vol. 20, No. 1, 1999, pp. 47N-48N.
- FERNÁNDEZ, A.S. y LUIS L. Vázquez: *Impacto de la capacitación sobre la adopción de prácticas agroecológicas de manejo de plagas en la agricultura urbana de Ciudad de La Habana*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 2009.
- FUTUYMA, D.J.: «Selective Factors in the Evolution of Host Choice by Phytophagous Insects», en S. AHMAN (ed.): *Herbivorous Insects: Host Seeking Behavior and Mechanisms*, Academic Press, Nueva York, 1983, pp. 227-244.
- GARCÍA, I. y E. DEL POZO: «Aislamiento y producción de conidios de *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson y su virulencia en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)», *Protección Vegetal*, Año 14, No. 2, 1999, pp. 95-100.
- GÓMEZ, J., J.A. ROJAS y H. GRILLO: «Taquinidos parásitos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz (*Zea mays*)», *Centro Agrícola*, Año 27, No. 3, 2000, pp. 79-80.
- GONZÁLEZ, G. y otros: «Virus y fitoplasmas en el cultivo del maíz en Cuba. Distribución y diagnóstico», *Fitosanidad*, Año 6, No. 4, 2002, pp. 3-6.
- GOULD, F.: «Sustainability of Transgenic Insecticidal Cultivars: Integrating Pest Genetics and Ecology», *Annual Review of Entomology*, Vol. 43, 1998, pp. 701-726.
- _____, A. ANDERSON, A. REYNOLDS, L. BUMGARNER y W. MOAR: «Selection and Genetic Analysis of a *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Strain with High Levels of Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxins», *Journal of Economic Entomology*, Vol. 88, 1995, pp. 1545-1559.
- HILBECK, A., M. BAUMGARTNER, P.M. FRIED y F. BIGLER: «Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuróptera: Chrysopidae)», *Environmental Entomology*, Vol. 27, 1998, pp. 460-487.
- _____, W.J. MOAR, M. PUSZTAI, A. FILIPPINI y F. BIGLER: «Prey-mediated Effects of Cry1Ab Toxin and Protoxin and Cry2A Protoxin on the Predator *Chrysoperla carnea*», *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol. 91, No. 2, 2003, pp. 305-316.
- HURTADO, L., L. NÚÑEZ, G. QUINTANA y Y. RODRÍGUEZ: «Actividad de los enemigos naturales de plagas en barreras vivas asociadas con tabaco», *Centro Agrícola*, Año 33, No. 1, 2006, pp. 45-50.

- LEYVA, A. y J. POHLAN: *Agroecología en el trópico. Ejemplo de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla*, Verlag Shaker, Aachen, 2005.
- LOBAINA, A., V. CALZADILLA y F. PIEDRA: «Estudio preliminar del control de *Spodoptera frugiperda* con nematodos entomopatógenos», *Fitosanidad*, Año 3, No. 1, 1999, pp. 81-82.
- MCGAUGHEY, W.H. y M.E. WHALON: «Managing Insect Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxins», *Science*, Vol. 258, 1992, pp. 1451-1455.
- MASSÓ, E., C. OCAÑO y R. FERNÁNDEZ: «Sensibilidad de *Spodoptera frugiperda* Smith y Adams a la cepa LBT-24 de *Bacillus thuringiensis* Berliner y método para monitorear la resistencia», *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 17, No. 2, 2002, pp. 143.
- MATIENZO, YARIL: «Conservación de artrópodos benéficos en un sistema de producción agrícola urbano». Tesis presentada en opción al título de Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, Universidad Agraria de La Habana, junio de 2005.
- MEDEROS, D.: «Evaluación de organismos asociados e indicadores productivos en el sistema frijol-maíz con diferentes manejos del enmalezamiento». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana, 2002.
- MENESES, R. y M. TRIANA: «Determinación del nivel de daño de *Spodoptera frugiperda* en tres variedades de arroz», *Infociencia*, Año 10, No. 4, 2006.
- MOAR, W.J. et al.: «Development of *Bacillus thuringiensis* cry1c resistance by *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)», *Applied Environmental Microbiology*, Vol. 61, 1995, pp. 2086-2092.
- MOJENA, M. y M.P. BERTOLI: *Los cultivos múltiples: un principio básico de la agricultura sostenible. Monografía*, Universidad Agraria de La Habana, 1999.
- MOLINA, J., J.E. CARPENTER, A. HEINRICHS y J.E. FOSTER: «Parasitoids and Parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an Inventory», *Florida Entomologist*, Vol. 86, No. 3, 2003, pp. 254-289.
- MURGUIDO, C.: «Daños causados por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) a plantas de arroz», *Revista de Protección Vegetal*, Año 10, No. 2, 1995, pp. 117-122.
- _____, R. VERA y B. ACOSTA: «Modelo matemático del consumo de alimento de *Spodoptera frugiperda* y algunos aspectos de su biología en el arroz», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas*, Año 13, No. 4, 1990, pp. 21-27.
- OBRIST, L.B., H. KLEIN, A. DUTTON y F. BIGLER: «Effects of Bt Maize on *Frankliniella tenuicornis* and Exposure of Thrips Predators to Prey-mediated Bt Toxin», *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol. 115, No. 3, 2005, pp. 409-416.
- PAREDES, E., E. PÉREZ, A.I. ELIZONDO y J. ALMANDOZ: «Efecto de los policultivos en la lucha contra plagas», INISAV-MINAGRI. IX Fórum de Ciencia y Técnica, 26-28 de septiembre de 1995.
- PASHLEY, D.P.: «Current Status of Fall Armyworm Host Strains», *Florida Entomologist*, Vol. 71, 1988, pp. 227-234.
- PÉREZ, E., F. PIEDRA y E. BLANCO: «Manejo integrado de *Spodoptera frugiperda*», *Boletín Técnico*, No. 2, febrero de 1997, pp. 3-48.
- PÉREZ, N. y LUIS L. VÁZQUEZ: «Manejo ecológico de plagas», en *Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible*, ACTAF, La Habana, 2001, pp. 191-223.

- PERMINGEAT, H. y E. MARGARIT: «Impacto ambiental de los cultivos genéticamente modificados: el caso de maíz Bt», *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, No. 7, 2005.
- POPOV, P. y M. REINES: «Estudio de los daños ocasionados por el gusano *Spodoptera frugiperda* Smith y Abbot sobre el maíz (*Zea mays*)», *Ciencias*, No. 5, La Habana, 1968.
- RODRÍGUEZ, L., D. TRUJILLO, O. BORRÁS, D.J. WRIGHT y C. AYRA: «Molecular Characterization of *Spodoptera frugiperda*-*Bacillus thuringiensis* Cry1Ca Toxin Interaction», *Toxicon*, Vol. 51, No. 4, 2008, pp. 681-692.
- ROJAS, J.: «*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz; enemigos naturales; empleo de ellos en la lucha contra esta plaga dentro de una agricultura de bajos insumos». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara. Resumen de tesis. 2000[a].
- _____: «Biología de *Telenomus* sp. sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)», *Centro Agrícola*, Vol. 27, No. 4, 2000[b], p. 90.
- _____, J. GÓMEZ, H. GRILLO, U. ÁLVAREZ y A. PÉREZ: «Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en la provincia de Villa Clara, Cuba», *Centro Agrícola*, Vol. 27, No. 3, 2000[a], pp. 95-96.
- _____, J. GÓMEZ, E. LEÓN y M. MÉNDEZ: «Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en dos agroecosistemas de maíz», *Centro Agrícola*, Vol. 27, No. 4, 2000[b], pp. 33-35.
- _____, J. GÓMEZ y F. FLORES: «Uso limitado de insecticidas químicos en el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.)», *Centro Agrícola*, Vol. 27, No. 3, 2000[c], pp. 93-94.
- ROMEIS, J.; A. DUTTON y F. BIGLER: «*Bacillus thuringiensis* Toxin (Cry1Ab) Has No Direct Effect on Larvae of the Green Lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae)», *Journal of Insect Physiology*, Vol. 50, No. 2-3, 2004, pp. 175-183.
- _____, et al.: «Moving Through the Tiered and Methodological Framework for Non-Target Arthropod Risk Assessment of Transgenic Insecticidal Crops», en *Ninth International Symposium on Biosafety of Genetically Modified Organisms Biosafety Research and Environmental Risk Assessment. Memoirs*, Jeju Island, Korea, 24-29 de septiembre de 2006, pp. 64-69.
- SCOTT, M.P. y L.M. POLLAK: «Review. Transgenic Maize», *Starch*, Vol. 57, No. 5, 2005, pp. 187-195.
- SOLERI, D., D.A. CLEVELAND, F. ARAGÓN CUEVAS, H. RÍOS LABRADA, M.R. FUENTES LOPEZ y S.H. SWEENEY: «Understanding the Potential Impact of Transgenic Crops in Traditional Agriculture: Maize Farmers' Perspectives in Cuba, Guatemala & Mexico», *Environmental Biosafety Research*, Vol. 4, No. 3, 2005, pp. 141-166.
- TÉLLEZ, P. et al.: «Insect-resistant Transgenic Plants: the CIGB Experience», II Congreso Latinoamericano de la Sección Regional Neotropical de la Organización Internacional de Control Biológico, Varadero, Cuba. 11-15 de junio de 2001, *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 17, No. 2, 2002, pp. 128.
- VÁZQUEZ, LUIS L.: «Principales plagas de insectos en los cultivos económicos de Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Protección de Plantas*, Vol. 2, No. 1, 1979, pp. 61-79.

- _____: «Experiencia de Cuba en la inserción del control biológico al Manejo Integrado de Plagas», en A. LIZZÁRRAGA, M.C. CASTELLÓN y D. MALLQUI (eds.): *Manejo Integrado de Plagas en una Agricultura Sostenible. Intercambio de experiencias entre Cuba y Perú*, RAAA Lima, Lima, 2004, pp. 167-187.
- _____: *El manejo agroecológico de la finca. Una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias*, ACTAF-Entre Pueblos-Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 2004.
- _____: *Insectos fitófagos, sus plantas hospedantes y enemigos naturales en los sistemas agrarios de Cuba*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 2005.
- _____: «La lucha contra las plagas agrícolas en Cuba. De las aplicaciones de plaguicidas químicos por calendario al manejo agroecológico de plagas», *Fitosanidad*, Vol. 10, No. 3, 2006, pp. 221-241.
- _____: «Desarrollo del manejo agroecológico de plagas en los sistemas agrarios de Cuba», *Fitosanidad*, Vol. 11, No. 3, 2007, p. 39.
- _____: «Desarrollo de un proceso de educación e innovación participativa para la adopción del manejo agroecológico de plagas por los agricultores», *LEISA. Revista de Agroecología*, marzo de 2008, pp. 11-13.
- _____ y E. FERNÁNDEZ: *Bases para el manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana*, ACTAF, La Habana, 2007.
- _____, E. FERNÁNDEZ y J. LAUZARDO: *Manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana (MAPFAU)*, CIDISAV, La Habana, 2005.
- _____, Y. MATIENZO, M. VEITÍA y J. ALFONSO: *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*, CIDISAV, La Habana, 2008.
- VEITÍA, M.: «La diversificación florística como componente del manejo de plagas», en *II Curso-taller nacional para la formación de facilitadores en Lucha Biológica*, Caibarién, 26-30 abril de 2004.
- _____: «Estrategia de utilización de umbelíferas, poáceas y compositáceas para el manejo de insectos plagas en cinco hortalizas». Informe de avance de proyecto, mayo de 2008.
- _____, H. PAREDES, S. PÉREZ y LUIS L. VÁZQUEZ: «Diagnóstico de la usanza de los policultivos por los agricultores del municipio de Alquizar, La Habana, y su percepción sobre los efectos fitosanitarios», en *V Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*, La Habana, mayo de 2004.
- ZAYAS, F. DE: «Orden Lepidoptera», en *Entomofauna cubana*, t. VI, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1989, pp. 14-183.

RECURSOS GENÉTICOS DE MAÍZ CUBANO: IMPORTANCIA DE SU PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO ADECUADO

LIANNE FERNÁNDEZ GRANDA

Dra. Investigadora del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT)

ZOILA M. FUNDORA MAYOR

Dra. Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT)

Los recursos genéticos de maíz (*Zea mays* L.) en América Latina han sido ampliamente estudiados, en particular el caribeño, que se destaca por su alto rendimiento potencial, considerable habilidad combinatoria y buena resistencia a las plagas y enfermedades más comunes (Betancourt, 1988; Betrán *et al.*, 2006, Hallauer, 2006; Sevilla, 2006; Taba *et al.*, 1998; Taba *et al.*, 2006).

Anderson y Cluter (1942) clasificaron e investigaron el rango de variabilidad entre colecciones de germoplasma del cultivo y desarrollaron el concepto de «razas de maíz». Estos autores propusieron denominar raza a «un conjunto de individuos relacionados con características en común, que permiten ser reconocidos como un grupo».

Las poblaciones de maíz son altamente heterogéneas y la mayoría de los genes de las plantas se encuentra en genotipos heterocigóticos (Sevilla, 2006). Es por eso que el manejo del cultivo a pequeña escala constituye una clave en su evolución y diversidad (Pressoir y Berthaud, 2004). Por lo general, los agricultores conservan mezclas de dos o más variedades. Las prácticas de cultivo, que incluyen en muchas ocasiones el manejo de varias poblaciones diferentes de maíz en un área reducida, propicia la variabilidad *in situ* existente en las fincas tradicionales. Para los investigadores y genetistas del cultivo, una de las mayores incógnitas en la evolución del maíz es cómo explicar la extraordinaria diversidad morfológica y genética de los maíces desarrollados bajo tales condiciones (Matsuoka *et al.*, 2002).

Como resultado de los procesos de evolución y las prácticas de los agricultores, la conservación dentro de los sistemas agrícolas implica un constante cambio en las poblaciones de los cultivos. Es por ello que la conservación *in situ* se reconoce como

un proceso dinámico, que se encuentra precisamente en manos de los agricultores (Perales *et al.*, 2003). Aunque el maíz es uno de los cultivos económicos en los que más se ha investigado y avanzado en la mejora genética, aún no se conoce en detalle toda la diversidad existente en Cuba. Esta diversidad es conservada y manejada en condiciones *in situ* por los agricultores en huertos caseros o fincas pequeñas, por tratarse de uno de los cultivos importantes para la subsistencia familiar cubana (Castiñeiras *et al.*, 2007). Muchos agricultores conservan las variedades que cultivaban sus ancestros, muy ligadas a la preservación de prácticas tradicionales de producción y conservación de las semillas que deberían ser protegidas (Castiñeiras *et al.*, 1999).

La conservación *ex situ* de los recursos genéticos se realiza en los bancos de germoplasma, jardines botánicos y en programas de mejoramiento, y constituye el método principal para la agricultura a escala mundial (Evenson *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2003). La efectividad de esta forma de conservación dependerá de la calidad de los datos, así como de la caracterización disponible y accesibilidad de las muestras. En aras de evitar erosión genética, es necesario determinar cuáles son las condiciones adecuadas para regenerar, caracterizar y evaluar la colección, así como las labores de mantenimiento y manejo apropiadas (Crossa *et al.*, 1994).

En muchos países el maíz constituye un alimento prioritario para garantizar la seguridad y la soberanía alimentaria. Este cultivo forma parte indisoluble de la cultura latinoamericana, área de origen y diversificación de la especie, de la que Cuba forma parte. Por lo tanto, es preciso reconocer la contribución que representa la diversidad genética existente en la Isla al patrimonio universal del maíz para garantizar su protección, conservación y manejo adecuado.

Hoy resulta indispensable preservar el conocimiento tradicional atesorado por los agricultores cubanos, así como las variedades conservadas en áreas rurales del país y en el banco de germoplasma del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT). Asimismo es importante reforzar las colecciones existentes en esos bancos, que deben caracterizarse y evaluarse a través de sistemas de información geográfica y otras técnicas que permitan agrupar la mayor cantidad de datos sobre su origen y relación genotipo x ambiente. Las estrategias de conservación deben concebir un tamaño de la muestra adecuado, identificar los caracteres que se evaluarán, así como los métodos estadísticos y la distancia genética que se empleará. Consecuentemente se podrán conocer las relaciones genéticas entre las accesiones y comprender las fortalezas y amenazas de los resultados (Mohammadi y Prasanna, 2005).

Cultivos de maíz transgénico

En el año 2007 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) exhortó a todos los centros internacionales de investigación agrícola a tomar las medidas necesarias para evitar el flujo de genes no intencional de variedades modificadas genéticamente hacia las colecciones de sus bancos de genes (GTZ, 2008). Sin embargo, aún no existe un consenso acerca de cómo encarar el problema. Si queremos preservar las variedades tradicionales, la coexistencia de cultivos transgénicos y no transgénicos es técnicamente imposible. Los cultivos modificados genéticamente entrañan riesgos aún desconocidos, pero ya es ciencia constituida que el cruzamiento de plantas transgénicas con variedades tradicionales se considera contaminación genética.

Si partimos de la idea de que el maíz es una especie alógama (de fecundación cruzada), existe la posibilidad de que un campo sembrado con una variedad transgénica contamine mediante su polen, portador de información genéticamente «indeseable», a variedades o híbridos no transgénicos cultivados a largas distancias. De no tomarse las adecuadas medidas de bioseguridad vigentes en el Reglamento para el Otorgamiento de la Autorización de Seguridad Biológica, comprendido en la Resolución 180/2007 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA),* el flujo de material genético transgénico resultará, sin duda alguna, una amenaza para la diversidad de las razas de maíz y las variedades criollas, que cuentan con una amplia base genética tras cientos de años de desarrollo y adaptación a tipos de suelo y microclimas particulares.

Diversas investigaciones ofrecen evidencias de que la región oriental de Cuba es la que posee la mayor variabilidad para el cultivo (Fernández *et al.*, 2004; Fernández, 2009). A partir de un estudio de ciento cuarenta y siete accesiones colectadas en casi todo el país, se identificaron y caracterizaron seis razas de gran valor potencial: Criollo, Argentino, Tusón, Canilla, Amarillo reventador y Dulce (tabla 1). Las cuatro primeras son las de mayor importancia para la región caribeña; y particularmente para Cuba, las razas Criollo y Tusón. Estas variedades han sido evaluadas y utilizadas en cruces con otros germoplasmas, incluso con el fin de aumentar la diversidad genética del Cinturón de Maíz de los Estados Unidos para mejorar la calidad del grano, el rendimiento y la resistencia a plagas y enfermedades.

Wellhausen (1978) reportó que en Cuba la raza conocida como Criollo —en otros sitios se denomina *Caribbean flints* o *Cuban Yellow Flint*—, se encuentra catalogada como una de las cinco fuentes germoplásmicas más importantes en el mejoramiento de maíz en el trópico. El propio autor planteó que ella ha mostrado mucha heterosis con maíces dentados mexicanos y estadounidenses, de los cuales los híbridos actuales

* Ver apéndice. *Nota de los editores.*

Tabla 1. Características de las mazorcas y del grano, y distribución geográfica de las razas cubanas de maíz

Carácter	RAZA					
	Criollo	Argentino	Tusón	Canilla	Amarillo reventador	Dulce
Número de accesiones	77	18	33	15	3	1
CARACTERÍSTICAS DE LAS MAZORCAS						
Longitud de la mazorca, cm	14,5	14,9	17,1	16,8	11,7	13,6
Diámetro de la mazorca, cm	4,1	4,2	4,4	3,9	3,5	4,6
Diámetro de la tusa, cm	2,5	2,7	2,4	1,8	2,1	2,5
Número de granos por hilera	28,2	30,1	36,7	38,1	27,5	32,0
Número de hileras de grano	14,2	14,3	12,9	13,4	14,2	15,4
Forma de la mazorca	Cilíndrica-cónica	Cilíndrica-cónica	Cilíndrica-cónica	Cilíndrica-cónica y cigarro	Cilíndrica-cónica y cigarro	Cilíndrica-cónica
Color de la tusa	Blanco	Blanco	Blanco, morado	Blanco	Blanco	Blanco
Disposición de hileras de grano	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
CARACTERÍSTICAS DEL GRANO						
Longitud del grano, cm	1	1	1,2	1,2	0,8	1,1
Ancho del grano, cm	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8
Grosor del grano, cm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Peso de 100 semillas, g	22,4	24,9	30,5	24,0	14,2	16,5
Color del grano	Amarillo y amarillo-naranja	Naranja y naranja-rojo	Amarillo hasta rojo jaspeado	Amarillo	Amarillo y amarillo-naranja	Blanco
Tipo de grano	Cristalino y semi-cristalino	Cristalino y semi-cristalino	Dentado y semi-dentado	Dentado y semi-dentado	Reventador	Dulce
Distribución geográfica	Todo el país	Todo el país	Todo el país, más común en Oriente	Todo el país, más común en Oriente	Región central y oriental	Todo el país

han heredado su prolificidad. En tanto, estudios desarrollados por Betancourt (1988) corroboraron la buena habilidad combinatoria general y específica de la raza Tusón, al realizar un diseño dialélico con las razas Canilla y Argentino.

Tarter *et al.* (2003) consideran que las variedades tradicionales tropicales son una fuente de origen importante para ampliar la base genética de los maíces americanos y así incrementar sus rendimientos y productividad. Por otro lado, varios autores sostienen que en las razas caribeñas *Caribbean flints* y Cateto existen buenas fuentes de origen de endosperma dura, con buena integridad del grano, que se asocia a caracteres como tipo y color del grano, resistencia a plagas y enfermedades (Betran *et al.*, 2006). Sin embargo, hasta el momento esta diversidad ha sido subestimada y poco utilizada en programas de mejoramiento a nivel nacional.

Los métodos de mejoramiento convencionales han logrado y demostrado progreso en el potencial de rendimiento. Para acelerar los programas de mejoramiento, se pueden emplear técnicas de avanzada que preserven la biodiversidad, como la selección asistida por marcadores moleculares (Hallauer, 2006). Otras alternativas para el control de plagas es el manejo integrado de plagas y cultivos, reportado por (Martínez *et al.*, 2007). En este estudio se detalla que existen más de veinte enemigos naturales y parásitos de *Spodoptera frugiperda*, plaga más importante del cultivo de maíz en el trópico (Doswell, 1996). También se ofrecen medidas de control agrotécnico y biológico con resultados muy positivos.

Los criterios de selección de semillas y mantenimiento de variedades por parte de los campesinos han desempeñado un papel importante en el proceso de conservación y manejo de las razas autóctonas. Pero es probable que en busca de mayores rendimientos y resistencia a plagas, los agricultores recurran a las variedades transgénicas aun cuando existen suficientes alternativas disponibles con probados resultados (tabla 2). La liberación de maíz transgénico en Cuba implica la contaminación de las variedades criollas, que tenderán inevitablemente a perderse. La desaparición de los usos y costumbres de los campesinos y de una agricultura tradicional traerá como consecuencia la pérdida de biodiversidad, la degeneración y la erosión genética.

La contaminación con el polen de una variedad transgénica provocará que todas las variedades contengan el gen Bt, por lo que lejos de diversificar el cultivo, se desarrollará una forma de monocultivo. Todas portarán este gen y en caso de un fenómeno inesperado (sequía, inundaciones, plaga o enfermedad nueva), los campos de maíz tendrían el mismo problema aunque se regulen las medidas de aislamiento de los variedades transgénicas. Estas medidas se aplican durante el período de experimentación, pero es prácticamente imposible mantenerlas una vez autorizada su comercialización.

Hay que resaltar que el maíz es y seguirá siendo vulnerable a la introducción de cualquier variedad comercial, independientemente de si esta porta o no características

Tabla 2. Características de las principales variedades e híbridos cubanos

	Rendimiento potencial	Tipo de grano	Color endospermo	Procedencia
Variedad				
Tuzón	4-5	Dentado	amarillo	Cuba
Canilla	4-5	Dentado	amarillo	Cuba
Tayuyo	4-5	Dentado	amarillo	Cuba
Gibara	3	Dentado	amarillo	Cuba
Francisco	4-5	Cristalino	amarillo	Cuba
Victoria	4-5	Dentado	amarillo	Cuba
Pajimaca	4-5	Dulce	blanco	Cuba
Argentino	3-4	Cristalino	amarillo	Cuba
FR-28	4	Semi-cristalino	amarillo	Cuba-CIMMYT
P-7928	4	Semi-cristalino	amarillo	Cuba-CIMMYT
VST-6	4	Semi-cristalino	amarillo	Cuba
TGH	4	Dentado	amarillo	Cuba
VST-5	4	Rosita	amarillo	Cuba
Híbrido				
T-991	8-9	Semi-cristalino	amarillo	Cuba
T-881	8-9	Semi-cristalino	amarillo	Cuba
T-3236	8-9	Semi-cristalino	amarillo	Cuba
T-66	7-7,5	Semi-cristalino	amarillo	Cuba
T-311	7-7,5	Cristalino	amarillo	Cuba
T-444	7-7,5	Cristalino	amarillo	Cuba

transgénicas. Sin el debido aislamiento, es muy probable que ocurra la mezcla no intencional de variedades; lo que responde al sistema de cruzamiento alógamo de la planta y a que el polen se traslada fundamentalmente por el viento. Un criterio a considerar es que las áreas que siembran los agricultores rurales son muy pequeñas, lo que facilita la contaminación de polen entre variedades cercanas, ya que la mayor contaminación se produce en los 70 metros alrededor del cultivo contaminante y el riesgo es mayor mientras menor sea el área de producción. En este proceso de mezcla de variedades también hay que tener en cuenta la posible dirección del polen contaminante y de los vientos, que tienen indiscutible influencia en la contaminación de un campo a otro (CIMMYT, 2004).

Más del 50% de la flora de Cuba es endémica, debido fundamentalmente al aislamiento geográfico y al mosaico edáfico que constituyen sus suelos (Vilamajó *et al.*, 2002). Es posible también que estos factores hayan influido en que la Isla posea una

biodiversidad agrícola heterogénea y diferente a la existente actualmente en otros países de América, incluso en aquellos que son centro de origen y domesticación.

Los elementos antes expuestos sugieren que la biodiversidad presente en Cuba en diferentes especies agrícolas, entre las que se destaca el maíz, es un recurso estratégico de gran importancia para el país. De ahí la urgencia de conservarlos y manejarlos adecuadamente, no solo para el presente, sino también como un legado para las generaciones futuras en aras de contribuir a la seguridad y la soberanía alimentaria de nuestra región.

Por tales razones, se sugiere el incremento de investigaciones multidisciplinarias que permitan profundizar en las implicaciones de las prácticas agrícolas sobre el flujo génico, así como encontrar mecanismos que mitiguen sus impactos y evalúen los peligros a mediano y largo plazo en caso de situaciones extremas. Además, se debe propiciar un debate abierto y transparente sobre los beneficios y riesgos de cultivar variedades de maíz transgénico, en el que deberán participar el gobierno, organizaciones agrícolas, la industria agroalimentaria, los científicos y la sociedad en general.

Bibliografías

- ANDERSON, E. y H.C. CLUTER: «Races of *Zea mays* I. Their Recognition and Classification», *Ann. Mo. Bot. Gard.*, No. 29, 1942, pp. 69-88.
- BETANCOURT MENCÍO, J.: «Tres razas cubanas de maíz de grano: Tusón, Canilla, Argentino». Tesis para optar por el grado a Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, 1988.
- BETRAN, F.J., K. MAYFIELD y M. MENZ: «Breeding Maize Exotic Germplasm», en *Plant Breeding: The Arnell R. Hallauer International Symposium 2003*, México D.F., 2006, pp. 352-367.
- Eduardo Martínez, Goncal Barrios, Luciano Rovesti y Roberto Santos (eds.): *Manejo Integrado de plagas. Manual práctico*, Biopreparados, La Habana, 2007.
- CASTIÑEIRAS, L. et al.: *Informe anual del proyecto global Contribución de los huertos caseros a la conservación in situ de recursos fitogenéticos en sistemas de agricultura tradicional*, diciembre de 1998- noviembre de 1999, INIFAT-MINAGRI, Santiago de las Vegas-La Habana, 1999.
- CASTIÑEIRAS, L. et al.: *Informe final del Proyecto Internacional: Manejo adaptativo de los sistemas de semillas y flujo genético para una agricultura de sostenible y el mejoramiento de la subsistencia en los trópicos húmedos de México, Cuba y Perú*, 2007
- CIMMYT: *Curso de Producción de Semillas de maíz de alta calidad con énfasis en QPM*, 6-14 septiembre de 2004, CIMMYT, El Batán, 2004
- CROSSA, J., S. TABA, S. EBERHART, P. BRETTING y R. VENCovsky: «Practical Considerations for Maintaining Germplasm in Maize», *Theor. Appl. Genet.*, No. 89, 1994, pp. 89-95
- EVENSON, R., E.D. GOLLIN y V. SANTANIELLO: *Agricultural Values of Plant Genetic Resources*. CABI Publishing, Wallingford, 1998.

- FERNÁNDEZ, LIANNE: «Identificación de razas cubanas de maíz (*Zea mays* L.) presentes en el germoplasma cubano». Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Biológicas, 2009.
- FERNÁNDEZ, LIANNE *et al.*: «El huerto casero: un reservorio para las razas de maíz (*Zea mays* L.) en la región oriental de Cuba», en M. BARRANDIARÁN-GAMARRA, A. CHÁVEZ-CABRERA, R. SEVILLA-PANIZO y T. NARRO-LEÓN (eds.): *XX Reunión Latinoamericana de maíz*, 11-14 octubre 2004, Lima, 2004, pp. 595-602.
- GUTIÉRREZ, L., J. FRANCO, J. CROSSA y T. ABADIE: «Comparing a Preliminary Racial Classification with a Numerical Classification of the Maize Landrace of Uruguay», *Crop. Sci.*, Vol. 43, No. 2, 2003, pp. 718-727.
- GTZ: «Fundamentos de la agrobiodiversidad. Ingeniería Genética verde: ¿Cómo repercute sobre la diversidad agrícola?», *Hojas temáticas «People, Food and Biodiversity»*, 2008.
- HALLAUER, A.R.: *Plant Breeding: The Arnell R. Hallauer International Symposium 2003*, México D.F., 2006.
- MATSUOKA, Y. *et al.*: «A Single Domestication for Maize Shown by Multilocus Microsatellite Genotyping», *Proc. Natl Acad Sci USA*, No. 99, 2002, pp. 6080-6084.
- MOHAMMADI, S.A. y B.M. PRASANNA: «Analysis of Genetic Diversity in Crops Plants-salient Statistical Tolls and Considerations», *Crop. Sci.*, No. 45, 2005, pp. 1-7.
- PERALES, H., S. BRUSH y QUALSET: «Dynamic Management of Maize Landraces in Central Mexico», *Econ. Bot.*, No. 57, 2003, pp. 21-34.
- PRESSOIRS, G. y J. BERTHAUD: «Population Structure and Strong Divergent Selection Shape Phenotypic Diversification in Maize Landraces», *Heredity*, No. 92, 2004, pp. 95-101.
- SEVILLA, R.: «Colecta y clasificación para programar la conservación *in situ* de la diversidad de maíz en la Amazonía peruana», en *Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región Ucayali, 16 de enero de 2003*, Puclallpa, Perú, Bioersity International, Cali, 2006, pp. 33-50.
- TABA, S., J. DÍAZ, J. FRANCO y J. CROSSA: «Evaluation of Caribbean Maize Accessions to Develop a Core Subset», *Crop. Sci.*, No. 38, 1998, pp. 1378-1386.
- TABA, S., V. CHÁVEZ, KRAKOWSKY, F. RINCON y S. DREISIGACKER: «Tropical Late Yellow Maize Germplasm Development Using Improved Lines and Gene Bank Core Accessions», en CIMMYT: *Maize Germplasm Network Meeting. Global Maize Genetic Resources Conservation: Workshop and Conservation, Management, and Networking. 2-5 may 2006*, CIMMYT, El Batán; Mexico, CIMMYT, México D.F., 2006.
- TARTER, J. A., M. M. GOODMAN y J. B. HOLLAND: «Testcross Performance of Semiexotic Inbred Lines Derived from Latin American Maize Accessions», *Crop. Sci.*, No. 43, 2003, pp. 844-849.
- VILAMAJÓ, D., M.A. VALES, R.P. CAPOTE, D. SALABARRÍA y J.M. MENÉNDEZ: *Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba*, Editorial Academia, La Habana, 2002
- WELLHAUSEN, E.J.: «Recent developments in maize breeding in the tropics», en D.B. WALDEN (ed.): *Maize Breeding and Genetics*, John Wiley and Sons, Nueva York, 1978.

¿SON BIOEQUIVALENTES Y SEGUROS LOS TRANSGÉNICOS? UNA PERSPECTIVA BIOMÉDICA

ALFREDO ABUÍN LANDÍN

Especialista de Primer Grado en Bioquímica Clínica del Laboratorio de Investigaciones Biomédicas, Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas.

CARMEN PORRATA MAURI

Doctora en Ciencias Médicas. Especialista de Segundo Grado en Fisiología. Investigadora Titular del Instituto Carlos J. Finlay.

Cuando exista amenaza de daño grave e irreversible, la ausencia de evidencia científica no podrá utilizarse como argumento para posponer medidas efectivas para prevenir la degradación ambiental.

ACUERDO DE LA DECLARACIÓN DE RÍO, 14 de junio de 1992

Imagínense un mundo, hasta hace poco solo posible en las películas de ciencia ficción, en el que se consiga modificar o crear un nuevo organismo vivo con herramientas de juguetería de «corta y pega». Pues esto ya dejó de ser una fantasía. Lo tiene usted todos los días sobre su mesa, en algunos alimentos denominados transgénicos, con los cuales su cuerpo tiene que construirse, estimular el alma y energizar el espíritu. Nuestra reflexión crítica sobre los organismos modificados genéticamente (OMG) o transgénicos trasciende hechos que, inexplicablemente bajo la protección de las ciencias, están invadiendo nuestro espacio interior y exterior, sin previo aviso o facultad racional de decisión.

La polémica de los OMG es uno de los retos más complejos que hoy enfrenta la humanidad, ya que no solo tiene implicaciones ecológicas, económicas y bioéticas a escala global,¹ sino que además no ha clarificado consistentemente dos principios elementales de las ciencias biomédicas: el principio de la bioequivalencia y el principio precautorio.

A estos argumentos se suman otros problemas de falta de transparencia² en su presentación y comercialización, que empeoran cada vez más su imagen como

¹ Olivier Le Curieux-Belfond: «Factors to Consider Before Production and Commercialization of Aquatic Genetically Modified Organisms: the Case of Transgenic Salmon», *Environmental Science and Policy*, No. 12, 2009, pp. 170-189.

² W.L.M. Tamis, A. van Dommelen y G.R. de Snoo: «Lack of Transparency on Environmental Risks of Genetically Modified Micro-organisms in Industrial Biotechnology», *Journal of Cleaner Production*, No. 17, 2009, pp. 581-592.

representantes de la misma categoría de bienes que supuestamente la humanidad equipara con los alimentos convencionales autóctonos, seguros y diversos. Por lo general, existe una percepción negativa sobre los OMG y predomina un escepticismo natural hacia este tipo de artefactos o constructos biológicos. Lo anterior se ve reforzado por una falta de información e incertidumbre sobre su papel en la solución de los principales problemas mundiales relacionados con la salud y la alimentación, como la obesidad, la diabetes, el síndrome metabólico, el cáncer y otras enfermedades crónicas no transmisibles. Más aún, existen dudas acerca de su pernicioso efecto sobre estos padecimientos, pues se conoce que los factores ambientales —entre ellos la calidad de los alimentos— influyen en su génesis, progresión, descontrol o complicación. Invertir en algo de dudosa calidad, además de competir y potencialmente sustituir a sus «homólogos» naturales, es una empresa desafiante e insensata para con nosotros y la naturaleza.

Las modificaciones que se persiguen a corto plazo con los OMG posiblemente aseguren una ventaja agrotécnica con un modelo de agricultura convencional moderna de altos insumos y de baja sostenibilidad a mediano y largo plazo para la naturaleza y el ser humano. En contraposición a los principios antiecológicos de esta agricultura altamente biotecnizada, la agroecología, que respeta la dinámica vital de los elementos del contexto biótico, abiótico y agrometeorológico, puede llegar a resultados similares con un modelo de bajos insumos y alta sostenibilidad a corto, mediano y largo plazo. En Cuba hay varios equipos de trabajo en la transgénesis y dentro de ellos existe un grupo avanzado en fase de ensayos de campo con un maíz modificado con genes de resistencia a herbicida y expresión de toxina activa de *Bacillus thuringiensis*. La razón fundamental del desarrollo de esta tecnología en nuestro país es reducir la dependencia en las importaciones de alimentos, ya que actualmente más del 90% de la soya y el 74% del maíz que Cuba importa son OMG estadounidenses.³

Otras razones —también discutibles— que arguyen los promotores de los transgénicos en Cuba son: 1) su ascenso en el mercado internacional y la ventaja económica que ello pudiera representar en el futuro, 2) como toda agricultura intensiva, requieren menos laboreo y fuerza de trabajo, lo que resulta muy conveniente por la situación demográfica cubana, con una densidad urbana muy superior a la rural y 3) aparentemente demandan menos insumos químicos de aplicación externa, ya que las toxinas transfectadas son expresadas en su forma activa ecotóxicamente... ¡desde adentro de la propia planta!

Existen razones objetivas y subjetivas que explican la situación actual y que diferencian el desarrollo desproporcionado entre ambos modelos de agricultura en Cuba, pero una muy importante es la poca divulgación e inconsistencia de la

³ Comunicación personal del Dr. Carlos Borroto. Intercambio científico, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, enero de 2009.

enseñanza agroecológica en los centros de educación superior, donde nuestros agrónomos son capacitados fundamentalmente en un modelo químico convencional. Entonces, ¿dónde se enseña oficialmente a cuidar y trabajar nuestra tierra de forma sostenible? ¿Dónde están nuestros verdaderos «médicos de la atención primaria de la tierra» si solo formamos «agrocirujanos» e «intensivistas» que agotan la capacidad autoprodutiva y regeneradora de este recurso? ¿Se ha analizado conscientemente el balance riesgo-beneficio y perjuicio-beneficio sobre la salud humana y planetaria? ¿Existen condiciones para sostener dietas ecosaludables, necesarias e indicadas clínicamente para un número cada vez mayor de cubanos enfermos?

Principio de la bioequivalencia en los OMG

La historia de la salud pública ya conoce ejemplos claros de entidades biológicas que no son equivalentes, a pesar de ser «estructuralmente» idénticas, como los microorganismos patógenos multirresistentes a antibióticos, las células tumorales y las proteínas infestantes que causan enfermedades priónicas. En todos ellos se produce una pérdida de identidad con respecto a su línea ontogenética. Sucede que estas entidades biológicas, aunque comparten mucha de su información lineal de elementos constitutivos con sus predecesores, no tienen el mismo comportamiento ecológico, clínico, inmunológico y biofísico, por lo que debido a principios prácticos y lógicos, no pueden considerarse estrictamente como equivalentes biológicos. Estos organismos han perdido su identidad tras efectuarse en ellos una modificación natural, como consecuencia de una alteración relativamente «insignificante» de su texto genético por traspaso de plásmidos de resistencia a antibióticos por presión del contexto ecológico, por una modificación onco- y epigenética, o cuando un cambio de la entropía de su conformación tridimensional causa la modificación de la proteína priónica.

En el caso de los OMG, la modificación es aún más extraordinaria y no tan insignificante, al insertarse por métodos artificiales y sin precisión contextual una información al azar debido a defectos intrínsecos del procedimiento bioingenieril de la transfección génica.⁴ Entonces, para ellos, la pérdida de identidad y estabilidad es literalmente catastrófica, porque en el procedimiento tecnológico es una casualidad que los organismos sobrevivan, pues el mayor porcentaje de transfectados son inviables. Los pocos que logran una supervivencia relativamente estable son los que continúan la experimentación. Pero en este punto deberíamos preguntarnos si la dudosa estabilidad genética de estos seres se puede considerar homóloga a la de sus contrapartes naturales, al no tener una dinámica genética ni epigenética similar después

⁴ Christopher Baum: «Chance or Necessity? Insertional Mutagenesis in Gene Therapy and its Consequences», *Molecular Therapy*, Vol. 9, No. 1, enero de 2004.

del trauma transfactor. Aquí llegamos a un punto de enfoque que se enfrenta al reduccionismo de pretender afirmar que un organismo lo es solo porque contiene una secuencia de caracteres linealmente dispuesta en su ADN, que lo hace «sustancialmente equivalente», como algunos pretenden defender la «inocuidad» de los OMG. Sin duda, este concepto necesita cierta precisión.⁵

El concepto de bioequivalencia pudiera ponerse a prueba utilizando las leyes fundamentales de la termodinámica de sistemas. Nuestra hipótesis sería que si dos sistemas son equivalentes —un OMG (Y) y su contraparte natural, un organismo natural ONG (X)—, entonces no deberían tener «diferencias sustanciales» en sus primeros principios biofísicos. El modelo basado en la Entropía Total Vital (S) para interpretar los sistemas vivos ha sido utilizado a fin de estudiar su estabilidad en el tiempo.⁶ La estabilidad o grado de orden del sistema vivo natural filogenéticamente consistente (X), puede describirse partiendo de su identidad energética en interacción con su ambiente mediante un modelo matemático discreto en el que se puede determinar la Entropía Total Vital S(t) como:

$$S(t) = S_c + S_{ca}(t) + S_{ia}(t) \quad [1]$$

Donde S_c es la entropía congénita vital, S_{ca} es la entropía vital externa y S_{ia} es la entropía vital interna.

Como en el concepto de genotipo existe implícitamente una relación entre la identidad-estabilidad del organismo vivo y su secuencia genética, se pudiera poner la Entropía Congénita Vital, S_c también como una función del número y serie secuencial de genes del organismo natural (X): g_{nx} que lo conforman unitariamente. Esta secuencia, por otra parte, no es aleatoria en la naturaleza y aunque ignoremos toda la complejidad de su arquitectura, tiene un orden que en los OMG se transgrede. Como la diferencia sustancial de los OMG (Y) con respecto a sus contrapartes naturales ONG (X) es la incorporación de al menos un gen o información no isogénica a su especie, se pudiera enunciar matemáticamente que su Entropía Congénita Vital es una función de otra arquitectura de orden OMG (Y): g_{nx+A} y su secuencia modificada de genes g_y se pudiera describir como sigue:

$$S_{c_OMG}(Y): S_c(g_{ny}, t) = S_c(g_{nx}) + S(g_{nx} + A) \quad [2]$$

Donde g_{nx} es el número y secuencia de genes de la especie original X, y $S(g_{nx} + A)$ es la matriz de posibilidades de modificaciones de la entropía lineal en g_{nx} que genera

⁵ Harry A. Kuiper: «Substantial Equivalence an Appropriate Paradigm for the Safety Assessment of Genetically Modified Foods?», *Toxicology*, No. 181-182, 2002, pp. 427-431.

⁶ Ver Guo-lian Kang: «Entropy-Based Model for Interpreting Life Systems in Tradicional Chinese Medicine», *eCAM*, 2007; y Z. Rant: «Exergy, a New Word for Technical Working Ability», *Forschung im Ingenieurwesen*, No. 22, 1956, pp. 36-37.

el proceso de transfección en el tiempo t dado, de los genes de otro contexto no isogénico respecto a X .

Pero la alteración de la entropía congénita $S(g_{nx} + A)$ influye proporcionalmente en la Entropía Vital Interna y Externa de forma impredecible.⁷ Si planteamos que $S_{iay}(t) = I * S(g_{nx} + A, t)$, donde I es un operador de orden interno relacionado con la disposición de la secuencia y número de genes y que $S_{cay}(t) = E * S(g_{nx} + A, t)$, donde E es un operador de orden externo, vinculado a los cambios en las interacciones externas que genera la nueva adquisición no isogénica, también podríamos decir que la modificación de entropía $S(g_{nx+A})$ puede repercutir en el orden externo, que es precisamente lo que se persigue con la modificación artificial y la consecuente «modificación ambiental» de los OMG.

Al sustituir [2] en [1], queda que $S_Y(g_y, t) = S_c(g_n) + 3 * S(g_n + A, t) + I + E$. De aquí se deduce que un pequeño cambio de la secuencia y número de genes no isogénicos origina una amplificación en el valor de la Entropía Total Vital no predecible y, por lo tanto, compromete la identidad termodinámica de los sistemas, sus fronteras y estabilidad.

La esperanza de vida del sistema también sufre al disminuir la energía de su vitalidad o capacidad de realizar un trabajo dado, según la fórmula de la exergia:

$$E = T[S_{equi} - S(t)] \quad [3]$$

Donde S_{equi} es el límite superior de la entropía total vital, en el que el desorden del sistema provoca la enfermedad y su destrucción. A mayor $S_c(g_y, t)$, más rápido se llega a la condición donde la entropía se acerca al equilibrio y, por consiguiente, la exergia llega a acercarse a cero y al límite definitivo de su orden vital biológico.⁸

Pongamos un ejemplo para contrastar la diferencia entre procesos artificiales y naturales de intercambio isogenético, como en la integración natural de un plásmido R (resistencia antibacteriana) al genoma bacteriano. Por ser un proceso natural, resulta evidente que la integración plasmática natural heterogénica genera un desorden textual mucho menor (y además reversible) que el generado por un transgén artificialmente insertado no isogénico, el cual provoca un desorden textual y contextual mayor y se selecciona al individuo que lo expresa permanente. Aun así, en el proceso natural el factor $S(g_{nx} + A)$ no es despreciable, pues esta adquisición de entropía puede significar la supervivencia diferencial en un ambiente hostil, que se consigue después del paso de este punto caótico en el que se bifurcan las identidades, y la naturaleza logra un salto o cambio de estados evolutivos de fase, donde el «nuevo organismo» llega a un nuevo equilibrio con su ambiente.

⁷ F. Cellini: «Unintended effects and their detection in genetically modified crops», *Food and Chemical Toxicology*, No. 42, 2004, pp. 1089-1125.

⁸ Z. Rant: «Exergy, a New Word for Technical Working Ability», *Forschung im Ingenieurwesen*, No. 22, 1956, pp. 36-37.

La falacia de que los OMG son bioequivalentes a sus originarios yace en la idea de que los factores S_c , $S_{ca}(t)$ y $S_{ia}(t)$ no son alterados profundamente por la transfección genética y, por lo tanto, es despreciable su influencia en la dinámica celular interna, externa y ambiental. La práctica nos dice que la tendencia de probabilidades de procesos artificiales de inserción genera un desorden mucho mayor que los sucesos de inserción naturales, donde además estos genes se encuentran literalmente fuera de su contexto isogénico original y en algunos casos ponen en riesgo mecanismos naturales de defensas altamente eficientes y finas relaciones de orden que han sido decantadas durante millones de años en la delicada trama de la vida.⁹

Esto hace que el grado de desorden adquirido e integrado al OMG (Y) como $S_{OMG(y)}$ y el generado en la fronteras de su entorno externo $S_{ca}(t)$ e interno $S_{ia}(t)$ no sean comparables con respecto a su contraparte natural $S_{ONG(x)}$. De ahí que no compartan un marco secuencial de identidad y de procesos de orden por primeros principios. Entonces desechamos la hipótesis original de bioequivalencia, que en realidad debería ser esencial y sustancialmente diferente o, peor aún, impredecible. Esta idea de no equivalencia química también se ha demostrado en algunas investigaciones de comparación de composición fitoquímicas y metabólicas, donde existen diferencias significativamente importantes entre ambos tipos de organismos y su comportamiento en la naturaleza.¹⁰

Principio precautorio en los OMG

A pesar de las numerosas formulaciones del principio precautorio, y de la falta de uniformidad de su aplicación para los OMG,¹¹ tres elementos pueden ser distinguidos: 1) la amenaza de daño, 2) si son seguros, entonces, ¿dónde está la evidencia científica?, y 3) la necesidad y deber de actuar.

La amenaza del daño

Como vimos en la fórmula [1], el aumento de la adquisición de entropía, por el desorden causado en los sistemas tras la inserción no isogénica —representada por el factor positivo (de desorden)—, tiene una repercusión negativa. Este fenómeno se

⁹ Sylvie Pouteau: «The Food Debate: Ethical versus Substantial Equivalence», *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, No. 15, 2002, pp. 291-303.

¹⁰ Ver Cesare Manetti, Cristiano Bianchetti y Mariano Bizzarri: «NMR-based Metabonomic Study of Transgene Maize», *Phytochemistry*, No. 65, 2004, pp. 3187-3198; y Lappé, M.A.: «Alterations in Clinically Important Phytoestrogens in Genetically Modified, Herbicide-tolerant Soybeans», *Journal of Medicinal Food*, No. 4, 1999, pp. 241-245.

¹¹ James E. Hickey Jr. y Vern R. Walker: «Refining the Precautionary Principle in International Environmental Law», *Virginia Environmental Law Journal*, Vol. 14, No. 3, 1995, pp. 424-425.

asocia a la disminución de la estabilidad donde ellos se encuentran y, por lo tanto, comprometen la supervivencia del nuevo organismo y su nicho ecológico.

Para que se pueda liberar un nuevo transgénico al mercado, se han propuesto una serie de pruebas de toxicidad que evalúan el efecto de la ingestión en animales de laboratorio. Estos análisis exploran el posible daño letal a corto plazo, tal como se hace con los medicamentos de síntesis química. Las dudas persisten seriamente para demostrar la inocuidad de los OMG en estudios de toxicidad subcrónica, y es totalmente impredecible cuando t es mayor, ya que $S_{\text{OMG}_y}(t)$ puede modificarse en el tiempo al interactuar de forma no lineal, tanto en el texto de inserción del OMG como en el contexto ambiental en el que está artificialmente insertado.¹² Dentro de los daños potenciales y demostrados de los OMG para la salud, se citan:¹³

1. Reacciones alérgicas.
2. Intolerancia alimentaria.
3. Trastornos de aprendizaje.
4. Menor calidad nutricional.
5. Disfunción hepatorenal.
6. Producción de toxinas activas.
7. Efectos vinculados al cáncer y enfermedades degenerativas.
8. Diseminación de genes resistentes a antibióticos.
9. Aparición de supervirus.
10. Reemergencia de enfermedades infecciosas.
11. Muerte.

Todos estos daños demuestran el efecto negativo del aumento de la entropía total vital sobre la estabilidad génica y la pérdida de control de mecanismos reguladores a nivel transdimensional desde el nivel molecular, al celular, tejido-órgano, organismo

¹² Cesare Manetti, Cristiano Bianchetti y Mariano Bizzarri: «NMR-based Metabonomic Study of Transgene Maize», *Phytochemistry*, No. 65, 2004, pp. 3187-3198.

¹³ Ver W.L.M. Tamis, A. van Dommelen y G.R. de Snoo: Ob. cit. (en n. 2), pp. 581-592; W. K. Novak: «Substantial Equivalence of Antinutrients and Inherent Plant Toxins in Genetically Modified Novel Foods», *Food and Chemical Toxicology*, No. 38, 2000, pp. 473-483; Derek Matthews: «Toxic Secondary Metabolite Production in Genetically Modified Potatoes in Response to Stress», *Journal of Agricultural Chemistry*, No. 53, 2005, pp. 7766-7776; S. Hsu *et al.*: «Rescue of B-Cell Lymphoma from anti-IgM mediated growth-inhibition», *International Immunology*, No. 6, 1999, p. 871; A. Canatani: «Genetically modified foods and children potential health risk», *Eur Rev. Med. Pharmacol Sci*, Vol. 5, No. 1, enero-febrero de 2001, pp. 25-29; R. Ramirez-Romero: «Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)?», *Ecotoxicology and Environmental Safety*, No. 70, 2008, pp. 327-333; y Gilles-Eric S. ralini: «New Analysis of a Rat Feeding Study with a Genetically Modified Maize Reveals Signs of Hepatorenal Toxicity», *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, No. 52, 2007, pp. 596-602.

y ecológico.¹⁴ Desde otro punto de vista, la calidad inferior de los OMG se puede evaluar por la pérdida de calidad de al menos cuatro principios que deben cumplir los verdaderos alimentos, cuyas metodologías de mensuración están algunas relativamente bien establecidas y sistematizadas, y otras formalmente en franco desarrollo. Se pudieran plantear como: 1) calidad constructiva, 2) calidad de regulación, 3) calidad de sincronización y 4) calidad morfoestructurante.¹⁵

Con la calidad de construcción se asegura que se aporten los materiales de construcción o precursores necesarios y suficientes para lograr un efecto nutritivo o dietoterapéutico dado sin que represente daño o peligro a corto o largo plazo a la estructura molecular, metabólica o biológica del sistema. Algunos trabajos aseguran que la cantidad de ciertos compuestos clave en su composición fitoquímica, como los fitoestrógenos, son menores en los transgénicos que en sus contrapartes naturales, sobre todo si la modificación genética los hace resistentes al peligroso herbicida glifosato. Este último actúa precisamente en la vía del shikimato, principal precursor de las isoflavonas y con actividad fitoestrogénica natural, lo que disminuye la acción protectora de algunos alimentos contra enfermedades frecuentes como el cáncer y la osteoporosis.¹⁶ Con la peor calidad constructiva se reafirma la no equivalencia entre los OMG y sus contrapartes naturales.

La calidad de regulación es la capacidad de los alimentos para restablecer redes de interacción regulatorias en disfunción de la enfermedad. Por ejemplo, el aumento de la sensibilidad a la insulina por activación de receptores metabólicos nucleares como el PPAR por agonistas fitoquímicos presentes en los alimentos naturales que aumentan y refuerzan los componentes moleculares de la cascada de la insulina, estados fosforilados/desfosforilados más eficaces de enzimas clave y mejor interacción proteína-proteína. Para lograr estos efectos, se necesita una fina coherencia epigenética entre factores de transcripción y sus correpresores/coactivadores, agentes agonistas/antagonistas y un contexto celular coherente y estable. No es posible predecir los efectos si este ambiente genético (y sobre todo epigenético) ha sufrido una alteración con la inserción del ADN recombinante de los alimentos modificados. Por tanto, el binomio trófico alimento-organismo ha perdido eficacia como un todo sistémico, otro motivo que se suma a la expresión de resistencia a moduladores internos, como hormonas, represores tumorales y otros (proteínas, enzimas, etc.) de control celular y extracelular que se observan en todas las enfermedades

¹⁴ F. Cellini: Ob. cit. (en n. 7), pp. 1089-1125

¹⁵ Alfredo Abuín: Tesis de terminación de Residencia Bioquímica Clínica, Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas Victoria de Girón, 2005.

¹⁶ M.A. Lappé: «Alterations in Clinically Important Phytoestrogens in Genetically Modified, Herbicide-tolerant Soybeans», *Journal of Medicinal Food*, No. 4, 1999, pp. 241-245; y «Human Health Concerns with GM Crops, Trish Malarkey Mutation», *Research*, No. 544, 2003, pp. 217-221.

crónicas no transmisibles.¹⁷ En resumen, un alimento modificado genéticamente con cualidades funcionalmente dietoterapéuticas en su estado natural es posible que no pueda serlo si está transfectado.

La calidad de sincronización es el efecto de restablecer un contexto metabólico más robusto cronobiológicamente, lográndose una mayor eficacia cuando el organismo puede anticipar las variaciones externas del aporte energético, material, de información o sentido y de esta forma restablecer los ritmos infra, ultra y circadianos, que en la diabetes mellitus y en el cáncer se pierden o están muy disminuidos en amplitud, frecuencia y fase. Existe evidencia de cambios de patrones rítmicos infradianos de reproducción en *Daphnia magna* que consumen maíz Bt, un modelo que además se emplea para evaluar toxicidad subcrónica.¹⁸

La calidad de estructuración es la capacidad de recomponer elementos morfo-genéticos estructuralmente complejos en la matriz extracelular del organismo como un todo y en varios niveles no lineales y continuos de dimensionalidad, desde el de disposición molecular microscópico hasta el estructural macroscópico. Este principio de calidad parece estar relacionado con el efecto regenerativo de las dietas saludables libres de transgénicos en algunos tejidos y en los cambios de composición corporal que logran a largo plazo.¹⁹ Existen métodos de cristalización de sales metálicas llamadas cristalizaciones sensibles y que son usadas para la determinación cualitativa de la vitalidad de las plantas basadas en este principio de calidad que diferencian a las obtenidas a través de cultivo intensivo químico, de sus contrapartes naturales sembradas con métodos ecológicos.²⁰ Asimismo se ha descrito que muchas plantas transgénicas muestran patrones cristalinos anómalos que las diferencian también de las plantas con mejor expresión vital.

Falta de evidencia científica o incertidumbre

La incertidumbre se refiere a situaciones donde no hay evidencia contundente sobre la seguridad o los beneficios de los OMG,²¹ cuando es incompleta o no está disponible.²²

¹⁷ Eunice Chao: «A Risk-based Classification Scheme for Genetically Modified Foods I: Conceptual Development», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, No. 52, 2008, pp. 208-222.

¹⁸ Thomas Bonn: «Reduced Fitness of *Daphnia magna* Fed a Bt-Transgenic Maize Variety», *Arch Environ Contam Toxicol*, No. 55, 2008, pp. 584-592.

¹⁹ Carmen Porrata y otros: «Efecto terapéutico de la Dieta Macrobiótica Ma-Pi en diabetes mellitus tipo 2», *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, No. 2, 2007.

²⁰ *Koberklorid-krystallismethoden. Kvantitativ bestemmelse af plantekvalitet, Redigeret*, Akademisk Forlag, Dinamarca, 1995, pp. 152-159.

²¹ Genetic Democracy. The Precautionary Principle and the Risks of Modern Agri-Biotechnology, *Editor Springer Netherlands*, Vol. 37, 2008, pp. 75-92. DOI 10.1007/978-1-4020-6212-4.

²² O. McIntyre y T. Mosedale: «The Precautionary Principle as a Norm of Customary International Law», Vol. 9, No. 2, 1997. *J. EIntl. L.* 221. Citado en Saradhi P. Puttagunta, nota 27, p. 222.

Debido a la complejidad de los ecosistemas, a los costos y a la dificultad en el monitoreo de los OMG, podría tomar años demostrar sus efectos, quedando la población desprotegida mientras tanto. Algunos argumentan que todas las actividades del ser humano envuelven algún grado de riesgo y que la ciencia nunca puede probar la ausencia de efectos perjudiciales.²³ Otro argumento poco consistente es el «riesgo de no usar la tecnología para evitar la hambruna», cuando en realidad se mueren más personas en el mundo por el consumo excesivo de alimentos que por su inequitativa y mercantilista distribución. En este sentido se ignora el valor ético-predictivo de la ciencia en función de la sabiduría y de los principios ecológicos que interpenetran al ser humano con su naturaleza. Lo que sí es evidente es que con el crecimiento de la comercialización y la disponibilidad de los OMG, lejos de disminuir, se aumenta la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes, el hambre crónica y el cáncer, entre muchas otras. A nivel global y epidemiológico, evidentemente los OMG no protegen a la humanidad de estas enfermedades y, al parecer, este hecho se suma al grupo de factores algo más que sospechosos, pues son posiblemente subletales, crónicos y en creciente exposición. Además, complican la explicación de la transición epidemiológica de enfermedades crónicas y agudas en nuestras comunidades.

Necesidad y deber de actuar

El principio precautorio, como ley de vigencia internacional, ha sido criticado por la falta de pautas para su aplicación. Esto ha sido aprovechado por el mercado biotecnológico para penetrar en países en desarrollo, donde se ha estimulado el consumo y existe poca cultura e higiene alimentaria. Aun cuando no hay consenso en cuanto a qué medida es aplicable a cada actividad, la regulación precautoria de los OMG insta a que las autoridades reguladoras, científicas y gubernamentales actúen invirtiendo la carga de la prueba a los promotores transgénicos de una actividad para que demuestren que los OMG no tendrán efectos negativos sobre la salud humana o el medioambiente de forma patente y, una vez lanzados al mercado, etiquetarlos correctamente, con total transparencia. En la aplicación más fuerte de este principio, los Estados pueden prohibir la entrada de productos transgénicos al mercado.²⁴

Medidas secundarias han sido también propuestas en la aplicación de este principio. Ellas incluyen depósitos monetarios con antelación a cualquier actividad que pueda poner en peligro el medioambiente y el desarrollo de un régimen de responsabilidad y compensación, como el propuesto en el Protocolo de Cartagena. En este último, en su artículo 27, *infra* cita 59, se propone la creación de un régimen de responsabilidad por daños causados por el movimiento de OMG. Aun cuando el

²³ «Safety, risk and the Precautionary Principle: rethinking precautionary approaches to the regulation of transgenic plants», *Transgenic Research*, No. 12, 2003, pp. 639-647.

²⁴ Cass R. Sunstein: «Beyond the Precautionary Principle», *U. Pa. L. Rev.*, 2003, pp. 1011-1013.

Protocolo regula el tránsito y comercialización de los OMG, este problema tiene un enorme desafío al ser analizado dentro del Derecho Internacional ambiental por su relación con la Convención de Diversidad Biológica. Quizás ese sea uno de los argumentos más convincentes que nos insta a tener más cuidado en el manejo de dicha tecnología en Cuba. A causa de nuestra condición insular, los relictos genéticos endémicos de flora y fauna pudieran afectarse por el efecto eugenésico de la «trampa ecológica» que estos organismos diseminan peligrosamente por el medioambiente, sin respetar el orden secular natural.

Sin lugar a dudas, los OMG no son ni deben ser la solución fundamental de la alimentación en Cuba.²⁵ ¿Por qué entonces no nos dedicamos a la difusión de una nutrición natural y equilibrada, a difundir una filosofía de respeto y amor por el aire, el agua, la tierra, los vegetales y los seres vivos?²⁶

²⁵ Comunicación personal de Carlos Borroto. Intercambio científico, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, enero de 2009.

²⁶ Mario Pianesi: V Congreso Macrobiótica y Ciencia: Alimento, Medio Ambiente, Salud, PESARO 6-10 de diciembre de 2000. Coop. Litográfica COM-Capodarco di Fermo (AP)

HABLA UN TRANSGÉNICO*

EDUARDO F. FREYRE ROACH

Dr.C. Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Universidad Agraria de La Habana.

Quizás por primera vez la humanidad dispone de los medios necesarios para acompañar con una reflexión ética los desafíos que le propone la ciencia, en vez de comprobar, a posteriori, que el hecho está mal hecho.

GEORGES B. KUTUKDJIAN

Utilicemos nuestra extraordinaria capacidad creativa para producir cosas que nos hacen más sabios, en vez de las cosas que nos hacen más débiles.

VAN RENNELAER POTTER

Por lo pronto basta con que sepan que quien les habla es un transgénico, o si quieren, un organismo modificado genéticamente (OMG), como también me

* Este es un ensayo de Bioética o, si se quiere de «Biopolítica», motivado por las esperanzas y las preocupaciones, así como los debates y controversias que suscitan los resultados biotecnológicos que exhibió Cuba entre 2006 y 2008 en materia de alimentos transgénicos (Freyre, 2009). Actualmente, hay países como los Estados Unidos y Argentina que tienen legislaciones para regular el uso de transgénicos. La Unión Europea también, aunque se prohíben en Francia, Austria, Hungría, Grecia y Luxemburgo. En abril de 2009, Alemania se sumó a esta lista. Desde 2004, el presidente de Venezuela, Hugo Chávez Frías, se pronunció contra los transgénicos en su país, donde no están permitidos. Evo Morales Ayma, presidente de Bolivia, los niega rotundamente, y aunque la nueva Constitución los prohíbe, estipula la posibilidad de su regulación en un futuro. A pesar de que Rafael Correa se ha pronunciado a favor de los transgénicos, y la Ley de Seguridad Alimentaria aprueba su importación para el uso en la alimentación de los animales, en la nueva Constitución se declara al Ecuador «libre de transgénicos», y se contempla la prerrogativa del Presidente de solicitar al Senado una eximente de la ley en caso de urgencia alimentaria nacional. En Cuba, el líder de la Revolución, Fidel Castro Ruz, en una de sus reflexiones de 2008, alerta que la soya transgénica no es apta para el consumo humano, y que la manipulación genética es una invención capitalista (Rojas, 2008). La Resolución No. 180/2007 (Reglamento de Seguridad Biológica) del CITMA, regula la siembra e importación de transgénicos, siempre y cuando se haya «demostrado» en Cuba o de donde vengan, en un período superior a diez años, que no entrañan riesgos ni a la salud humana ni al medioambiente. Donde más el país ha avanzado es en una variedad de maíz transgénico resistente a *Spodoptera frugiperda*, comúnmente llamado palomilla del maíz. Esta variedad posee un gen de resistencia al glufosinato de amonio —principio activo del herbicida Finalé—. Este es el primer transgénico cubano que, de forma experimental, ha salido del laboratorio al campo abierto. Se prevé sembrar sesenta hectáreas en ocho provincias. El 28 de febrero de 2009, el periódico *Juventud Rebelde* publicó la noticia de la siembra de tres hectáreas de maíz transgénico en la provincia de Sancti Spiritus (Borrego, 2009). En Cuba existen campesinos y profesionales que alertan sobre los riesgos de

dicen. Claro, ni soy un tomate Flavr Svr ni un maíz StartLink,¹ que ya no se producen y salieron del mercado hace unos años atrás, por fallas técnicas. Piensen en algo así como que soy una soya Roundup Ready, que tolera el herbicida glifosato; que soy un maíz Bt,² resistente al ataque de los insectos; o un arroz dorado, que produce altas concentraciones de vitamina A,³ aunque me gustaría que no les importara que fuera planta, animal o ser humano. Yo pudiera ser una vianda, una hortaliza, una gramínea, cuyas hojas brillan porque tienen genes de cocuyo, me autoprotejo de los insectos, hongos, bacterias que me molestan, porque puedo producir una sustancia química que los mata,⁴ y hasta soy resistente a los plaguicidas que se aplican para que estos no me depreden. Imagínense también que puedo producir grasa, proteínas y carbohidratos, antibióticos, que aguanto frío, calor, salinidad, acidez, y absorbo sustancias contaminantes, porque además de los míos, tengo genes de otras especies animales y vegetales.

A veces me vienen a la mente pasajes de cuando me concibieron en un lugar donde había cristales por todas partes, y personas con batas blancas corriendo de un lugar a otro. Hoy sé que nací entre cápsulas, probetas, bandejas y otros aparatos de laboratorio, que después me llevaron a una casa de cultivos protegidos, y un buen día caí en este campo, donde veo por todos lados muchos transgénicos igualitos a mí. De vez en cuando pasa un avión que deja caer sobre nosotros una lluvia de sustancias blancas, o llega alguien con una mochila en la espalda para rociarnos. Puede que sea un insecticida, un fungicida o un herbicida. Solo sé que soy un transgénico entre tantos, pero que piensa y habla, que tiene preocupaciones, dudas e incertidumbres sobre quién realmente soy, por qué vine al mundo, qué intereses tenían quienes me concibieron y qué será de mí en el futuro.

De niño escuché muchas veces que soy un engendro, fruto inexorable del avance de la inteligencia científica, tecnológica e ingenieril de los seres humanos, que

los transgénicos y proponen que el país se concentre en otras alternativas disponibles para mejorar la nutrición humana y animal, y sustituir importaciones de alimentos. [Una versión de este texto obtuvo el Premio de Ensayo de la revista *Temas*, que lo publicó en su número 58, abril-junio de 2009, pp. 104-110. *Nota de los editores*].

¹ Con esta variedad de tomate transgénico ocurrió que, a los quince años de su introducción, la transnacional que lo promovió, Calgene Inc., declaró que hubo problemas de control de la calidad y que la compañía no había tenido disponibles las mejores variedades. Entonces, la secuencia genética fue insertada en una variedad que no poseía cualidades homogéneas de producción. En el caso del StartLink, resistente a insectos, estaba destinado al consumo de los animales, pero se descubrió su mezcla con maíces para el consumo de los seres humanos. Es un alimento muy resistente al calor, a los ácidos y enzimas estomacales, por lo que puede causar náuseas, vómitos y diarreas.

² Me refiero a las plantas, a las cuales se ha transferido el gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que expresa la toxina natural de esta en las células vegetales. Eso significa que la toxina se sintetiza en las células de las hojas, el tallo y los frutos de la planta, y envenena a los insectos herbívoros que depredan estos órganos.

³ Esta variedad de arroz transgénico con altas concentraciones de vitamina A, se ha propuesto para las poblaciones cuya dieta consiste fundamentalmente en ese cereal, y para prevenir la ceguera (FAO, 2004).

no hay diferencias cualitativas entre mis parientes naturales y yo, que podríamos aliviar el hambre en el mundo y solucionar muchos otros problemas. La verdad es que salí del laboratorio orgulloso de mí y de mis creadores. Sin embargo, me he enterado de muchas cosas que me avergüenzan, y me hacen pensar en que no debía haber nacido jamás, y que quizás sea mejor que no llegue nunca al mercado ni a una mesa, y mucho menos a un estómago. Me dirán que nadie puede pensar contra sí mismo, pero aprendí que toda regla tiene su excepción, y que he llegado a un grado de comprensión moral de la situación en que me han metido, como para darme cuenta de que debo ser responsable. Estoy convencido de que aún estoy a tiempo, que nunca es tarde para rectificar.

Duele decirlo, pero les confieso que, a pesar de las intenciones de mis progenitores —me gustaría no dudar de que fueran buenas—, soy una gran amenaza para la salud, la reproducción, la inteligencia, y también para el medioambiente. Empezando por que no se conocen a ciencia cierta todos los elementos de otra célula que bombardearon hacia mi núcleo, ni los enlaces que se formaron tras esa inyección de genes. Mi peligrosidad es intrínseca, y no creo que conmigo todo esté bajo control.⁵ Por lo tanto, ni quienes me concibieron ni yo podemos controlar los efectos dentro o fuera del cuerpo humano. De ahí entonces que pueda desencadenar intoxicaciones, alergias, resistencia a antibióticos, dificultades para absorber nutrientes, disrupción endocrina y hasta afectar el crecimiento.⁶ La verdad es que soy una fábrica de veneno y que mi polen puede contaminar a mis parientes naturales, y, por supuesto, acabar con ellos.

⁴ Según Nivia (2004), se tiene el caso del maíz Bt, que es capaz de producir toxina Bt permanentemente. Si bien en principio es un alimento, se comporta como una fábrica natural de plaguicida.

⁵ Cuando se agrega un «transgen» en un organismo, se le dota de la posibilidad de su expresión. También se conoce que los genes son portadores de características dependientes de su localización y entorno metabólico. El efecto de un gen está condicionado por la interacción con otros genes y el medioambiente en que el organismo vive. En el ADN se producen interacciones que determinan la magnitud de la manipulación y deben tomarse en cuenta. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005), hasta 2005 la mayoría de los científicos, de manera poco rigurosa, descartaba como «ADN basura» al resto del ADN, pero a la luz de nuevos descubrimientos de segmentos compartidos por muchas especies, se cree que cumplen funciones vitales. Queda por ver qué impactos pudieran ejercer los genes foráneos sobre esas funciones. De la introducción de un material genético extraño se pueden originar sustancias tóxicas (productos de procesos intermedios), que aunque surjan en pequeñas cantidades, cabe la posibilidad de que aumenten considerablemente, o que aparezcan nuevas sustancias (Altieri, 2001). No se puede obviar que una parte de la herencia es citoplasmática, es decir, que no está contenida en el núcleo, pero puede intervenir en el proceso sin ser advertida por el manipulador (Riechmann, 2000; Herbert, 2003). En opinión de Liza Covantes (2003), cada evento de la transformación genética es único y no hay control de qué va ocurrir en cada célula vegetal que se transforma, mucho menos se sabe qué comportamiento va a presentar el organismo transgénico en el ecosistema.

⁶ En *Nuestro futuro robado*, de Colborn *et al.* (2001), se reportan investigaciones que dan cuenta de cómo las sustancias químicas tóxicas incorporadas en el cuerpo pueden imitar las funciones hormonales y obstaculizarlas.

Quizás si fuéramos uno, dos o tres no habría por qué preocuparse; pero somos miles y miles, estamos globalizados por las empresas transnacionales, que se la están jugando con nosotros para hacer mucho, mucho, mucho dinero. Fíjense que en los últimos cinco años el área de cultivos transgénicos, tanto en los países desarrollados como en los menos desarrollado, ha aumentado a un ritmo acelerado,⁷ a pesar de que se han intensificado las protestas y la lucha que los campesinos y las ONG están librando por todas partes. En el mismo sentido, han estado aumentando las ganancias de esas empresas, que, para que estemos en el mercado el máximo posible, o por lo menos que les permitan amortiguar la inversión, inventan subterfugios y presiones de todo tipo, desde económicas, políticas y jurídicas hasta mediáticas.

Mis creadores dicen que sus intenciones no son malas, como la de aquellos egoístas empresarios capitalistas que donde ponen el ojo no alcanzan a ver nada, a no ser mercancía, capital y algo susceptible de ser explotado al máximo. Alegan que el peligro no está en el saber biotecnológico en sí, sino en la aplicación que de él hacen las transnacionales; aseguran que somos seguros, que no entrañamos daños ni peligros ni riesgos, porque simplemente ellos están poniendo su empeño en que salgamos al mundo bajo los estándares más rigurosos de bioseguridad; confían en que una vez que pasemos por las pruebas de campo en diferentes territorios, podrían liberarnos al mercado con toda confianza. Me sorprendió sobremanera oír que seríamos regalados a los países que nos necesitan para aliviar el hambre de su gente.

Con todo eso, lejos de disminuir, mis pesadillas aumentaron, pues sé que de buenas intenciones está plagado el camino hacia el infierno; que la importancia que mis progenitores confieren a la evaluación o a la gestión de riesgos de los transgénicos, no los deja asumir un punto de vista precautorio. Me pregunto si han considerado si realmente mis semejantes y yo hacemos falta; si vamos a crear más problemas que los que se intentan resolver; y si no es mejor pensar en otros métodos y otros maíces menos riesgosos y más sostenible a corto, mediano y largo plazo.⁸ No se puede dar

⁷ Según Clive James, en 2007, y por décimo segundo año consecutivo el área global de cultivos transgénicos continuó creciendo a una tasa de crecimiento sostenida: 12,3 millones de hectáreas—el segundo mayor aumento en el área de cultivos transgénicos de los últimos cinco años—, alcanzando las 114,3 millones de hectáreas. Ese año, el número de naciones que sembraron cultivos transgénicos aumentó a veintitrés (doce de ellas, países en desarrollo). Los Estados Unidos (primer lugar con 50% de la superficie global de transgénicos), Argentina, Brasil, Canadá, India y China, continuaron siendo los principales productores de transgénicos del mundo, estimulados por el creciente mercado de etanol y con un importante aumento de 40% en el área de maíz GM. La soya GM continuó siendo el principal cultivo transgénico (51% del área global), seguido del maíz (31%), el algodón (13%) y la canola (5%). Desde que comenzó la comercialización, en 1996, hasta 2007, la tolerancia a herbicidas presente en la soya, el maíz, la canola, el algodón y la alfalfa, ha sido el rasgo dominante y ocupó, en ese último año, el 63% del área total de transgénicos.

⁸ Algunos de esos riesgos, peligros y daños de los transgénicos se reportan en la revista *Nature* (No. 304, 1983; No. 39, 1999; y No. 29, 2001), disponible en www.nature.com. Ver también Acosta, 2002.

por sentado que lo científica y técnicamente posible es, sin duda alguna, pertinente y conveniente. ¿Acaso los seres humanos deben aceptar con indulgencia los daños que podemos ocasionar? ¿Si no existe una prueba científica del daño, entonces no hay que inquietarse por su probabilidad remota? ¿Se debe esperar a que aparezcan las primeras víctimas para reconsiderar las cosas? ¿Es preferible realizar una autopsia para obtener un diagnóstico preciso del riesgo, o uno menos exacto es suficiente para asumir una actitud precautoria y responsable? ¿Vale arrepentirse, cuando ya es muy tarde para reparar el daño? ¿Existen alternativas aún no suficientemente exploradas?

Recordemos a Rachel Carson cuando en su *Primavera silenciosa* sentenciaba que la solución de un problema obvio y con frecuencia trivial, puede crear otros más serios, pero también menos tangibles. Leí que muchas personas sienten indiferencia por lo que puede parecerles un vago anuncio de futuros desastres y se impresionan más fácilmente por la enfermedad que presenta daños y síntomas evidentes. Es decir, que hay seres humanos acostumbrados a buscar los grandes e inmediatos efectos e ignorar los demás, a menos que estos aparezcan rápidamente y en forma tan obvia que no puedan ser ignorados. Para que me entiendan, se trata de asumir una actitud precautoria,⁹ que en términos simples significa que ante la falta de certeza científica más vale errar del lado de la seguridad, como en el caso de las líneas aéreas, que prohíben conectar los celulares y las computadoras durante el vuelo, aunque haya una posibilidad entre mil de que se generen interferencias que ocasionen un desastre. Sé que en nuestro caso, por todo lo que expliqué acerca de cómo me concibieron y aun cuando se compruebe científicamente que en efecto el riesgo es mínimo, hay que considerar que las consecuencias —¿les hablé de eso arriba?— que pudiera acarrear son muy graves e irreversibles. Por lo tanto, se requieren alternativas que reduzcan ese peligro, por insignificante que parezca en un momento dado. Aunque se supone que me defiendan de las críticas que me hacen, no quiero que, al cabo del tiempo, me pase lo que a las sustancias químicas y tóxicas, que están por todas partes, en el aire, en las aguas y sabrá Dios dónde más.¹⁰

⁹ Tickner (2003) plantea que un enfoque o mapa precautorio para tomar decisiones en materia de producción y liberación de alimentos transgénicos, contendría los siguientes elementos: 1) Una obligación general de actuar de modo precautorio ante una situación de incertidumbre. 2) El establecimiento de objetivos para proteger el medioambiente y la salud pública. 3) La derivación de la carga de la prueba hacia los iniciadores de actividades potencialmente dañinas. 4) Instrumentos para tomar decisiones en condiciones de incertidumbre. 5) Métodos orientados hacia la prevención para la puesta en práctica de decisiones basadas en la precaución. 6) Incentivos económicos para fomentar la precaución. 7) Medios para la medición continua de efectos potencialmente adversos tanto de las actividades actuales como las alternativas. Y 8) Estructuras democráticas para la toma de decisiones. Téngase en cuenta entonces que las cuestiones de riesgo no son primeramente técnicas, sino profundamente políticas, suponen tanto conocimientos como decisiones y actuaciones (Riechmann, 2002).

¹⁰ Es muy importante la advertencia que hace María Isabel Cárcamo (2006) de que, a poco más de diez años de estar produciendo Policloruro de bifenilo (PCB), los científicos alertaron sobre los peligros de esas sustancias, y que pese a esto, tuvieron que pasar setenta años de su producción y uso para que los

No es un secreto que la producción de alimentos está en manos de las grandes empresas transnacionales que se han propuesto monopolizar su comercio internacional. Para este propósito, se valen de las nuevas biotecnologías y de las alianzas que establecen entre sí.¹¹ Hoy se sabe que las diez empresas dominan ya la tercera parte del comercio mundial de semillas, cuando veinte años existían miles de empresas de ese tipo que llegaban a dominar apenas el 1%. Tanto la privatización como la concentración de entidades que explotan las potencialidades de las nuevas biotecnologías, dan más ventaja a los obtentores, los cuales no están interesados en repartir de forma equitativa sus logros, ni mucho menos la prestación de ayuda a los que necesitan desarrollar su agricultura para sobrevivir. De ahí que Jeremy Rifkin dijera, con toda razón, que las transnacionales nos están viendo como una suerte de «oro verde» que hay que explotar. Y podría decir también, con Jorge Riechman, que la biotecnología sería la mercantilización capitalista y neoliberal de la biología molecular.

En segundo lugar, el sistema de apropiación de los resultados de las investigaciones, sobre todo lo referido a las patentes por concepto de productos creados o mejorados, favorece a quien tiene solvencia para pagarlas y, por supuesto, a los países ricos y sus empresas transnacionales. Quien patenta un producto transgénico recibe un certificado de obtentor, y adquiere un derecho exclusivo por años. La patente le da derecho a monopolizar su uso y comercialización. Detrás del régimen imperante de propiedad intelectual, los recursos genéticos que podrían estar en función de la alimentación están siendo vistos como mercancías, cuyo comercio se supedita a las reglas «salvajes» del mercado globalizado, y menor medida como recursos cuyo acceso debe ser equitativo y un derecho humano. Un grupo más reducido de corporaciones está

países firmantes y ratificantes del Convenio de Estocolmo reconocieran la toxicidad de estas sustancias y decidieran eliminarlas. Al respecto, la autora se pregunta: «¿Tendremos que esperar setenta a noventa años para que los países se junten y creen un Convenio con el objetivo de eliminar los transgénicos, porque se habrán dado cuenta de los efectos negativos que han causado a las personas y al medio ambiente?» Y luego agrega que es hora de que se empiece a aplicar el principio de precaución, y que no nos pase con los transgénicos lo que pasó con los contaminantes orgánicos persistentes (COP).

¹¹ Es el caso de las multinacionales que compran otras empresas o se fusionan. Por ejemplo, en junio de 1998 la Agracetus, subsidiaria de la GRACE y de la semillera Dekalb, se unió con la Home Products en un intercambio de acciones de 35 000 millones de dólares. Ahora estamos ante una multinacional que domina una buena parte del mercado de alimentos transgénicos. Otro ejemplo lo proporciona la compra que hizo la Monsanto de la Delta & Pine Land Co., a raíz de que esta lograra una tecnología de producción de semillas mejoradas que le dan la posibilidad de dominar el mercado. En el informe titulado *Monsanto vs. los agricultores estadounidenses*, publicado por el Center for Food Safety de los Estados Unidos y disponible en su página web (www.centerforfoodsafety.org), se documentan 90 procesos contra 147 agricultores y 39 pequeñas compañías agrícolas, en veinticinco Estados. Esa empresa ha recaudado más de 21 500 millones de dólares por juicios contra agricultores en ese país. Actualmente mantiene una demanda judicial contra Argentina, y también contra empresarios españoles, a los que reclama que le paguen millones de dólares por su soya Roundup Ready, que es el cultivo que más se siembra en el país.

logrando un control sin precedentes sobre los aspectos comerciales de los alimentos, la agricultura y la salud. Este imperante sistema de patentes apunta a la conversión de los recursos naturales en monopolios privados, y abre las puertas a la biopiratería, acentuando así la posibilidad de privatización a gran escala de lo que debe ser público. Les estoy diciendo, de todo corazón, que las normas de propiedad y una nueva forma de consumismo amenazan con hacer a un lado las normas sociales y éticas, lo cual a su vez puede atentar, contra el libre acceso a la información y el conocimiento; agudizar la tensión entre las utilidades privadas y el bien público, así como obstaculizar el libre intercambio de ideas.¹² De igual manera, los genes se están convirtiendo en una mercancía a nivel global.

En tercer lugar, la producción y la comercialización a gran escala de alimentos transgénicos están siendo favorecidas por los tratados regionales y bilaterales de libre comercio (TLC), y por la Alternativa de Libre Comercio para las Américas (ALCA).¹³ En estos contextos, que responden el modelo neoliberal, se tiende a favorecer el *dumping* estratégico transnacional de granos, que afecta a los agricultores, haciéndolos depender de los precios volátiles del mercado. Pero lo más relevante es que derriba las barreras que impiden la diseminación y el cultivo de semillas modificadas genéticamente. ¡Presten atención! Vivimos en un orden en el que el desarrollo de la biotecnología beneficia a unos y perjudica a otros. Como se ha dicho, con nosotros los

¹² Este orden comercial y de patentes suscita gran preocupación, porque al fomentar la difusión de las especies transgénicas, se puede comprometer el patrimonio genético y el acervo ancestral de los pueblos y familias rurales (campesinas e indígenas). Un ejemplo de esto es el arroz Basmati. Este arroz, que posee aromas especiales, resultado de siglos de mejoramiento campesino, fue patentado en 1998 por la corporación RiceTech Inc., compañía a la que se le otorgaron los derechos de propiedad intelectual de este arroz, usurpando así los conocimientos de los campesinos y socavando sus derechos. Existe la amenaza de que las empresas puedan impedir que los agricultores cultiven sus semillas, y también obligarlos a pagar regalías, pues la patente permite a su titular prohibir a otros la fabricación o el uso del producto patentado. Un ejemplo lo constituye el cabildeo de Monsanto para imponer un nuevo paquete de semillas, cuya descendencia se limita a una sola generación, es decir, se les ha inhibido su capacidad de reproducción. Estas semillas, llamadas kamicases o suicidas, pero más conocidas como semillas Terminator (exterminadoras), fueron patentadas en 1998 por la empresa transnacional Delta & Pine Land Co., una compañía estadounidense de semillas de algodón. En 2006, Monsanto compró la empresa y se adueñó de la patente sobre la semilla. Patentes de esta tecnología también están en poder de las transnacionales DuPont y Syngenta. Las tres empresas están forcejeando para que la ONU levante la moratoria sobre estas semillas. Lógicamente, los campesinos que queden enganchados de estas semillas no podrán guardarlas ni usarlas, sino que estarían obligados a comprárselas a las transnacionales que tienen las patentes. Esto representa un duro golpe a la práctica campesina popular, tradicional, ancestral y ampliamente adoptada de almacenamiento e intercambio libre de las mejores semillas de la cosecha.

¹³ No es un secreto que estas «tecnologías socioeconómicas y políticas», como sugerimos llamarlas, están condicionando la creciente industrialización de la agricultura, el monocultivo, la proletarianización del campesinado, la emigración del campo a la ciudad y otros fenómenos que comprometen la sostenibilidad agraria y rural (Bejerano y Mata, 2003 y Rosset, 2002).

productores se verán siempre obligados a comprar semillas a las empresas; eso impedirá que los campesinos pobres puedan desarrollar las suyas y mejorarlas de acuerdo con sus necesidades. La patente evita que otros fabriquen, usen y vendan los productos.

Se apela mucho al argumento de que somos útiles para resolver el problema del hambre en África. Eso lo dicen no solo las transnacionales, sino también el PNUD, la FAO e incluso los biotecnólogos cubanos que están investigando en los transgénicos. Por lo general, quienes están a nuestro favor apelan a este aspecto tan sensible, interpretan toda duda como un obstáculo para que se resuelvan esos problemas, y como una exageración el señalamiento de los riesgos que entrañamos. Se dice también que pasan por alto nuestros beneficios, comprometiendo el desarrollo científico y técnico, y la solución del problema del hambre; pero tendrán que analizar si el problema del hambre en el mundo, en vez de ser de producción, que se resolvería con variedades transgénicas, es de distribución inequitativa de manejo insostenible de los agroecosistemas y de reducción de la biodiversidad.

Me atrevo ahora a compartir mi reflexión sobre la ética que se debería asumir para tratar con nosotros. Lo primero que se me ocurre es que si se considera que la tecnología siempre está condicionada por determinadas visiones de las cosas, y sobre todo por las expectativas, prioridades y decisiones éticas de quienes la promueven, entonces quien dice que la ética pone barreras a la ciencia, en verdad debería comprender que a lo que se opone es a otra ética. Cuando un biotecnólogo plantea que la ciencia y la tecnología, son, en principio, moralmente buenas o en todo caso neutrales, hay que decirle que está obviando que desde el momento en que él no solo proyecta la reprogramación del código genético de una célula, sino también considera que es conveniente y puede traer beneficios, ya está asumiendo un punto de vista moral, y, por tanto, es susceptible de cuestionamiento. A fin de cuentas, todos podemos errar en sentido moral; no siempre se quiere y/o se obra adecuadamente, y hasta las buenas intenciones pueden hacernos actuar en un sentido inadecuado.

Existen biotecnólogos que no se percatan de que en su práctica profesional las fronteras entre lo técnico y lo ético se esfuman constantemente. La sola reclamación de invertir recursos públicos en una determinada línea de desarrollo biotecnológico, es asumir un punto de vista específico. Esto sucede con todas las ciencias, cuestión que apunta muy bien, por ejemplo, Van Rensselaer Potter, cuando dice: «La Biología molecular es una religión y Crick es su profeta». No pensamos que se trata de una desacreditación de esta importante rama del saber, sino simplemente de la acotación acerca de que esta ciencia no es ideológicamente neutral.

Sé que hoy en día, y respecto a nosotros, están en pugna dos visiones de la ciencia: la socrática, ciencia para entender y hacer el bien, y la sofista, ciencia para hacer dinero y vivir bien, como plantea el filósofo Jorge Riechman. Es una distinción que no deberían perder de vista, pues la segunda los pone a merced de los riesgos, y la

primera a prevenirlos, y erradicarlos. Hay que decidirse a pasar de una ética aristotélica, cartesiana o kantiana, donde la naturaleza carece de bienes y valores, a la ética de Hans Jonas, orientada hacia el futuro. Según su opinión, es preciso tomar conciencia de la importancia de dotar a la ética de la dimensión temporal futura, pues dado el grado de desarrollo tecnológico alcanzado y sus peligros, está en juego la existencia humana. Se trata entonces también de la necesidad de practicar el sentido de responsabilidad individual y colectiva de los seres humanos con el futuro y la naturaleza. El principio de responsabilidad presupone también lo que Jonas llama la «heurística del temor», que enfrente las promesas y amenazas de la técnica moderna. Esta heurística consiste en una especie de guía del ser humano para encarar los peligros de su poder tecnológico, tanto nuclear como genético. En su ética de la responsabilidad que, como vimos, presupone el dimensionamiento del futuro, la superación del dualismo ontológico y la heurística del temor, Jonas formula un nuevo imperativo que «se adecuara al nuevo tipo de acciones humanas y estuviera dirigido al nuevo tipo de sujetos de la acción». Este imperativo lo plantea en los siguientes términos: «Obra de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica en la Tierra»; o, expresado negativamente: «No pongas en peligro las condiciones de la continuidad indefinida de la humanidad en la Tierra»; o, formulado una vez más positivamente: «Incluye en tu elección presente, como objeto también de tu querer, la futura integridad del hombre».

A diferencia del imperativo categórico kantiano, que remite a un orden siempre actual de compatibilidad abstracta, el de Jonas remite a un futuro real previsible como dimensión abierta de nuestra responsabilidad. Él reitera «que esta responsabilidad tiene que ser de la misma magnitud que aquel poder y, como este, englobar todo el porvenir del hombre en la tierra. Una responsabilidad de tal magnitud solo se puede ejercer si está vinculada a un saber. Y el saber que se requiere es doble: objetivamente, conocimiento de las causas físicas; subjetivamente, conocimiento de los fines humanos». Desde esta perspectiva ética joniana, la responsabilidad es, pues, complementaria de la libertad:

La responsabilidad es la carga de la libertad característica del sujeto activo: Soy responsable de mi acto en tanto que tal (lo mismo que de su omisión) y poco importa para el caso que haya ahí alguien para pedirme explicaciones por él ahora o más tarde. La responsabilidad existe con o sin Dios, y por lo mismo, y con mayor razón, con o sin tribunal terrestre. [...] Soy responsable en la medida en que mis acciones afectan a un ser. El objeto real de mi responsabilidad será, pues, este ser afectado por mí. Y esto toma un sentido ético si y solo si este ser tiene algún valor.

No es difícil darse cuenta de que la ética de la responsabilidad de Jonas coloca la cuestión del accionar respecto a los OMG, en un enfoque ético precautorio, en la medida en que el principio y la heurística que presuponen se proyectan al futuro y toman en serio, en su connotación presente, los peligros venideros, dado el desenfreno del poder tecnológico alcanzado por el hombre en la actualidad.

Quisiera terminar diciendo, sin que me quede nada por dentro, que respeto mucho la buena voluntad de quienes me trajeron a la vida, y desean que yo alimente las barrigas de muchos. Ellos depositaron grandes esperanzas en mí, y se consagran diariamente a las investigaciones. Respeto también que quieran repartir semillas transgénicas a todo aquel que supuestamente las necesita, pero les digo de todo corazón que no se puede tapan el sol con un dedo, que una vez que los campesinos y los países queden enganchados de las semillas que se les entreguen de forma gratuita, serán más vulnerables a los cantos de sirenas de las transnacionales. ¿Quién pudiera competir con ellas en esto de presentar mis bondades y la de mis semejantes? Pienso que, más bien, valdría la pena competir con estas en lo que respecta al conocimiento de las adversidades que yo pudiera acarrear.

Les juro que si algún sentido tienen mi existencia y la investigación que vienen haciendo quienes me concibieron, y me defienden a capa y espada, es precisamente el desmontaje de todo un discurso que trata de convencer a los seres humanos de que acepten, sin más, la dictadura de los hechos consumados, de las promesas y panaceas biotecnológicas.¹⁴

Bibliografía

- ACOSTA SARIEGO, JOSÉ RAMÓN: «El gen egoísta del mundo global», en ACOSTA SARIEGO, JOSÉ RAMÓN: *Bioética para la sustentabilidad*, Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela, La Habana, 2002, pp. 540-549.
- ALTIERI, MIGUEL A.: *The Ecological Impacts of Transgenic Crops: An Agroecological System Health Assessment*, Ecosystem Health, Berkeley. En www.agroeco.org/doc/the_ecological_impacts.html. 2000.
- _____: *Biotecnología Agrícola: Mitos, riesgos y alternativas*, PED-CLADES, Oakland, 2001.
- BEJERANO, FERNANDO y BERNARDINO MATA (eds.): *Impacto del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la agricultura de América Latina*, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para la América Latina, México D.F., 2003.
- CÁRCAMO, MARÍA ISABEL: «Se prohíbe lo que ya no se usa», Boletín *Enlace* de la RAPAL, No. 17, enero de 2006, pp. 8-12.

¹⁴ Hay quien comete la falacia de decir que como la rosita de maíz, la carne que consumimos y el yogur de soya que tomamos son transgénicos, entonces de nada sirve oponernos a ellos. En fin, la política de «come y calla».

- CARSON, RACHEL: *Primavera silenciosa*, Editorial Grijalbo, Barcelona, 1980.
- COLBORN, T., J.P. MYERS y DIANNE DUMANOSKY: *Nuestro futuro robado*, Editorial Ecoespaña, Madrid, 2001.
- COVANTES, LIZA: «La respuesta ciudadana a la contaminación transgénica de maíces mexicanos», en FERNANDO BEJERANO y BERNARDINO Mata (eds.): Ob. cit., pp. 219-230.
- FAO [Organización para la Alimentación y la Agricultura]: «El arroz dorado es una promisoría alternativa en la lucha contra la desnutrición en los países altos consumidores». Comunicado de prensa. 6 de abril de 2004, www.rlc.fao.org.
- FREYRE ROACH, EDUARDO F.: «La buena fe no basta». Entrevista. Boletín *IPS-Inter Press Service*, 2009.
- HAYNES, LORNA: Entrevista con Lorna Haynes, en BBC Mundo, 31 de mayo de 2004. <http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/2/hi/science/nature/3703935.stm>.
- _____ : «ONU advierte sobre el peligro de los transgénicos», en www.redvoltaire.net, 14 de octubre de 2004.
- HERBERT, R. MARTHA: «Los afectos a la salud del consumo de alimentos transgénicos», en FERNANDO BEJERANO y BERNARDINO MATA (eds.): Ob. cit., pp. 213-218.
- HINDMARSCH, RICHARD: «Las falsas promesas de la biotecnología agrícola», *Revista Agroecología y Desarrollo*, No. 4, 1999, p. 1.
- JAMES, CLIVE: «Global Status of Commercialized Transgenic Crops», *The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA), en www.pntic.mec.es/tematicas/genetica/2007_02/2004_02_00.html.
- JONAS, HANS: *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Editorial Herder, Barcelona, 1995.
- NIVIA, ELSA: «Los cultivos transgénicos son plaguicidas», *Enlace. Revista de la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para la América Latina*, mayo 2004.
- OMS [Organización Mundial de la Salud]: *Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias*, Ediciones de la OMS, Ginebra, 2005.
- RENSSELAER POTTER, VAN: «Deep and Global Bioethics for a Livable Third Millennium», *The Scientist*, Vol. 12, No. 1, enero de 2005, p. 9.
- RIBEIRO, SILVIA: «El poder corporativo y las nuevas generaciones de transgénicos», en HEINKE CORINA (comp.): *La vida en venta: Transgénicos, patentes y biodiversidad*, Ediciones Heinrich Böll, El Salvador, 2002.
- _____ : «La globalización corporativa. El caso de los plaguicidas, transgénicos, industria alimentaria y farmacéutica», en FERNANDO BEJERANO y MATA BERNARDINO (eds.): Ob. cit., pp. 17-32.
- RIECHMANN, JORGE: *Cultivos y alimentos transgénicos. Una guía crítica*, Editorial Los libros de la catarata, Madrid, 2000.
- _____ y JOEL TICKNER (coords.): *El principio de precaución. En medio ambiente y salud: de las definiciones a la práctica*, Icaria+Más Madera, Barcelona, 2002.
- RIFKIN JEREMY: *El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*, Crítica/Marcombo, Barcelona, 1999.
- ROJAS, ALEXIS. «Carta de Fidel a un periodista de *Juventud Rebelde*», *Juventud Rebelde*, 12 de junio de 2008. Ver <http://alexisrojas.blog.com.es/2008/06/12/carta-de-fidel-a-periodista-de-juventud-r-4306910>.

ROSSET, PETER: «El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: ¿Una tecnología apropiada?», en HEINKE CORINA (comp.): *La vida en venta: Transgénicos, patentes y biodiversidad*, Ediciones Heinrich Böll, El Salvador, 2002.

TICKNER, JOEL: «Un mapa hacia la toma de decisiones precautoria», en FERNANDO BEJERANO y BERNARDINO MATA (eds.): *Ob. cit.*, pp. 127-136.

SEGUNDA PARTE

CONFIRMADO: LA MODIFICACIÓN GENÉTICA ES PELIGROSA E INÚTIL

MAE-WAN HO

Dra. Institute of Science in Society, Reino Unido.

«Cambios en la teoría genética plantean nuevos retos para la biotecnología». Este titular apareció en la sección de negocios del diario *International Herald Tribune* en su edición del 3 de julio de 2007.¹ El artículo comentaba que «la industria biotecnológica mundial, estimada en unos 73,5 billones de dólares, podría enfrentarse a un descubrimiento que cuestiona los principios científicos sobre los cuales fue fundada». Se refería a los resultados del proyecto ENCODE (Enciclopedia de elementos del ADN), organizado por el Instituto Nacional de Investigaciones del Genoma Humano de los Estados Unidos. El consorcio, que contó con treinta y cinco grupos de investigación, analizó el 1% del genoma humano para determinar con exactitud cómo funcionan los genes.

«Para su sorpresa, los investigadores descubrieron que el genoma humano no es una colección ordenada de genes independientes, sino que parecen operar en una compleja red, se superponen e interactúan entre ellos y con otros componentes de formas no totalmente dilucidadas». El Instituto del Genoma Humano aseguró que estos hallazgos constituyen un reto para los científicos, quienes deberán replantearse las viejas visiones referidas a qué son y qué hacen los genes.

La autora del artículo, Denise Caruso, alertó que «el reporte tendrá repercusiones más allá del laboratorio. Desde 1976, cuando se fundó la primera compañía biotecnológica, se institucionalizó que presuntamente los genes operaban de manera independiente. De hecho, esta idea es el sustento económico y regulatorio sobre el

¹ Denise Caruso: «Change to gene theory raises new challenges for biotech», 3 de julio de 2007. Ver www.iht.com/articles/2007/07/03/business/biotech.php?page=1.

cual se ha estructurado toda la industria biotecnológica». Y apuntó que las patentes genéticas y las evaluaciones de seguridad basadas en el mismo paradigma también están siendo cuestionadas.

Personalmente coincido con la autora, pero debo agregar que hace diez años numerosos descubrimientos de la genética molecular ya habían invalidado el paradigma genético determinista y hecho tambalear la industria biotecnológica. En realidad, el paradigma había comenzado a ser esclarecido casi junto con el nacimiento de la industria, dos décadas antes.

El nuevo mundo de la modificación genética

En *Genetic Engineering. Dream or Nightmare?*,² publicado por primera vez en 1997-1998, argumenté por qué la ciencia que sustenta la modificación genética está equivocada, es obsoleta y, por tanto, peligrosa. Posteriormente reiteré el mismo mensaje en *Living with the Fluid Genome*, presentado en 2003.³

La ingeniería genética de plantas y animales comenzó a mediados de los años setenta con la convicción de que el genoma —todo el material genético de una especie— es constante y estático, y que las características del organismo son simplemente copiadas en su genoma. Este planteamiento constituyó el dogma central de la biología molecular. La información genética va desde el ADN, el material genético, hasta el ARN, una especie de intermediario, y luego a la proteína, que determina ciertas características, como, por ejemplo, la tolerancia a herbicidas. Entonces, si un gen determina una característica, sería posible transferir uno y obtener exactamente la característica deseada, sea tolerancia a herbicidas o resistencia a plagas de insectos.

Sin embargo, los genetistas no tardaron en descubrir que el genoma es considerablemente dinámico y «fluido», está en constante «conversación» con el ambiente y determina qué genes actúan, cuándo, dónde, con qué intensidad y por cuánto tiempo. Pero además, el material genético por sí mismo puede ser marcado o cambiado, de acuerdo con la experiencia, y su influencia transmitirse a generaciones futuras. La mayor parte de todo esto ya se conocía en 1980, mucho antes de que el Proyecto del Genoma Humano fuera siquiera concebido.

El logro más importante del Proyecto del Genoma Humano es haber desmantelado finalmente el mito del determinismo genético,⁴ y revelar los estratos de la complejidad molecular que debe transmitir, interpretar y reescribir los tex-

² Mae-Wan Ho: *Genetic Engineering Dream or Nightmare? The Brave New World of Bad Science and Big Business*, Third World Network, Penang, Malaysia, 1998.

³ Mae-Wan Ho: *Living with the Fluid Genome*, ISIS & TWN, Londres y Penang, 2003.

⁴ Mae-Wan Ho: «The Myth that Launched a Thousand Companies», *Science in Society*, No. 18, pp. 41-45.

tos de la genética.⁵ El proyecto ENCODE ha confirmado y dado a conocer las complejidades moleculares con respecto a qué constituye un gen. En la concepción tradicional, un gen es una secuencia de ADN que se codifica en una proteína con una función bien definida. Esta idea ha sido totalmente desmantelada,⁶ como escribió Barry Patrick: «los genes han demostrado que se fragmentan, se entrelazan con otros genes y se dispersan a través de todo el genoma».⁷

La figura 1 muestra qué idea posee la ingeniería genética sobre lo que es un gen. Tiene una señal reguladora, un promotor que le dice a la célula «ve y haz muchas copias de la secuencia codificada que se convertirá en una proteína», y un terminador que dice «para, fin del mensaje». Esto es lo que los ingenieros genéticos ponen en las células para crear un organismo modificado genéticamente (OMG).

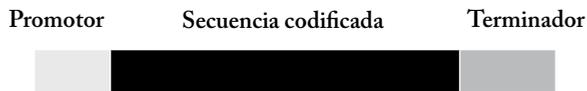


Figura 1. La idea de la ingeniería genética sobre lo que es un gen.

En realidad, dentro del genoma humano, y dentro de todos los genomas eucariotas, las secuencias codificadas están en bits (exones) separados por intrones no codificados, y los exones que contribuyen a una sola proteína pueden estar en diferentes partes del genoma.

A menudo las secuencias codificadas de diferentes proteínas se solapan. Con las señales reguladoras también sucede algo similar: pueden dispersarse arriba y abajo, a través de la secuencia codificada o en otra parte distante del genoma. Las secuencias codificadas ocupan solo el 1,5% del genoma humano, mientras que entre el 74 y el 93% del genoma produce transcripciones de ARN, muchas de las cuales tienen funciones reguladoras.⁸

Así, la idea original del Proyecto del Genoma Humano, que era mapear genéticamente la predisposición a enfermedades, se ha convertido en un serio problema. Décadas de investigación en las que se secuenció y diseccionó el genoma humano con la esperanza de identificar los genes de las enfermedades, solo han servido para confirmar que las causas reales de los desórdenes de salud tienen origen ambiental

⁵ Mae-Wan Ho: «Life Beyond the Central Dogma Series», *Science in Society*, No. 24, 2004, pp. 4-13.

⁶ ENCODE Project Consortium: «Identification and Analysis of Functional Elements in 1% of the Human Genome by the ENCODE Pilot Project», *Nature*, No. 447, 2007, pp. 799-816.

⁷ Barry Patrick: «Genome 2.0. Mountains of New Data Are Challenging Old Views», *Science News*, 9 de agosto de 2007. Disponible en www.sciencenews.org/articles/20070908/bob9.asp; y en <http://mail.psychedelic-library.org/pipermail/theharderstuff/20070910/004262.html>.

⁸ Ídem.

y social.⁹ No son los mensajes genéticos codificados en el ADN genómico, sino las modificaciones epigenéticas del genoma inducidas por el medioambiente las que en definitiva determinan la salud y el bienestar de las personas. Y esto es precisamente lo que pronostiqué cuando se anunció la secuencia del genoma humano en 2002,¹⁰ y desde entonces lo he reiterado.¹¹

Actualmente se hacen nuevos intentos para redefinir qué es un gen, ya sea como producto de una proteína,¹² como una traducción,¹³ y ninguna de las dos variantes es satisfactoria ni podrá salvar la industria biotecnológica. Todas las patentes referidas a genes, basadas en los viejos conceptos, han quedado invalidadas, en última instancia, porque parten de una supuesta función relacionada con una secuencia de ADN.

Pero así como los genes existen en bits entretreídos con otros genes, así son las funciones. Múltiples secuencias de ADN pueden servir a la misma función y viceversa: la misma secuencia de ADN puede tener diferentes funciones. He explicado por qué las patentes biotecnológicas son evidentemente absurdas en *Why Biotech Patents are Patently Absurd*,¹⁴ y no hay dudas de que siguen siendo polémicas y difíciles de interpretar.¹⁵

A pesar de que el genoma funciona con una complejidad desconcertante, el organismo actúa como un todo y orquesta sus procesos individuales con precisión, en una coordinada «danza vital» a nivel molecular que es indispensable para sobrevivir. En contraposición, la ingeniería genética de laboratorio es cruda, imprecisa e invasiva. Los genes insertados dentro del genoma para hacer un transgénico pueden «aterrizar» en cualquier parte, por lo general cambiados o defectuosos, codificando y transformando al genoma receptor, y una vez insertados tienden a moverse o reagruparse.

La inestabilidad del transgén es un gran problema, y así lo ha sido desde sus inicios. Existe evidencia reciente de que el ADN insertado en los cultivos modificados genéticamente con fines comerciales se ha reestructurado con los años.¹⁶ Los organismos modificados genéticamente son peligrosos porque no conocen

⁹ Mae-Wan Ho: «From Genomics to Epigenomics», *Science in Society*, No. 41, 2009, pp. 10-12.

¹⁰ Mae-Wan Ho y N. Papadimitriou: «Human DNA “BioBank” Worthless», *Science in Society*, No. 13-14, 2002, pp. 11-12.

¹¹ Mae-Wan Ho: «Why Genomics Won't Deliver», *Science in Society*, No. 26, 2005, pp. 39-42.

¹² Z.D. Zhang, S. Weissman y M. Snyder: «What is a Gene, post-ENCODE? History and Updated Definition», *Genome Res*, No. 17, 2007, pp. 669-681.

¹³ T.R. Gingeras: «Origin of Phenotypes: Genes and Transcripts», *Genome Res*, No. 17, 2007, pp. 682-690.

¹⁴ Mae-Wan Ho: «Why Biotech Patents are Patently Absurd», *Journal of Intellectual Property Rights*, No. 7, 2002, pp. 151-165. Disponible en www.i-sis.org.uk/trips2.php.

¹⁵ B. Verbeure, G. Matthijs y G. van Overwalle: «Analysing DNA Patents in Relation with Diagnostic Genetic Testing», *European Journal of Human Genetics*, No. 14, 2006, pp. 26-33.

¹⁶ Mae-Wan Ho: «MON810 Genome Rearranged Again», *Science in Society*, No. 38, 2008, pp. 27. Y Mae-Wan Ho: «Transgenic Lines Unstable Hence Illegal and Ineligible for Protection», *Science in Society*, No. 38, 2008, pp. 29-39.

la complicada «danza vital» que se ha perfeccionado durante billones de años de evolución. Esta es la razón por la que, en un final, la modificación genética es tan peligrosa como inútil.

Treinta años de modificación genética son más que suficientes

Hemos tenido treinta años de modificación genética y más que suficientes daños, como se detalla en el reporte *The Case for a GM-Free Sustainable World*¹⁷ y en el dossier *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham, Violation of Farmers Rights*,¹⁸ compilado por el Parlamento Europeo en junio de 2007 y actualizado en 2009. Hemos documentado cómo las regulaciones nacionales e internacionales y los cuerpos asesores —entre ellos la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria— no solo han ignorado el principio precautorio frente a las innumerables evidencias en materia de seguridad del alimento humano y animal modificado genéticamente, sino que además han abusado de la ciencia, han eludido la ley y han ayudado a promover esta tecnología.¹⁹

Se cuenta con muchas evidencias contra los OMG, entre ellas:

No incrementan los rendimientos: Sucesivos reportes²⁰ confirman que los rendimientos de las variedades más importantes de cultivos modificados genéticamente son inferiores o, en el mejor de los casos, iguales a los rendimientos de las variedades tradicionales. Varios estudios realizados entre 1999 y 2007 revelan sin lugar a dudas que los rendimientos de soya decrecieron entre un 4 y un 12% en comparación con la soya no modificada genéticamente, mientras los rendimientos de maíz Bt fueron hasta un 12% inferiores a los de las isolíneas convencionales. En la India se han registrado hasta un 100% de fracasos en cultivos de

¹⁷ Mae-Wan Ho y L.C. Lim: *The Case for a GM-Free Sustainable World*, Independent Science Panel Report, Institute of Science in Society and Third World Network, Londres-Penang, 2003. Reeditado como *GM-Free, Exposing the Hazards of Biotechnology to Ensure the Integrity of Our Food Supply*, Vital-health Publishing, Ridgefield, Ct., 2004. Ambos disponibles en la librería electrónica ISIS www.i-sis.org.uk/onlinestore/books.php#1.

¹⁸ *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ISIS CD book, 2007.

¹⁹ Mae-Wan Ho, J. Cummins y P.T. Saunders: «GM Food Nightmare Unfolding in the Regulatory Sham», *Microbial Ecology in Health and Disease*, No. 19, 2007, pp. 66-77.

²⁰ Mae-Wan Ho y L.C. Lim: Ob. cit. (en n. 17). *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18). «New Soil Association Report Shows GM Crops Do Not Yield More – Sometimes Less». Nota de prensa, 14 de abril de 2008. Disponible en www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/7626dec679c2455580256de2004bae42/3cacfd251aab6d318025742700407f02!OpenDocument.

algodón Bt.²¹ Recientes investigaciones de la Universidad de Kansas muestran apenas un 10% de rendimiento promedio para la soya Roundup Ready,²² que además demanda fertilización del suelo con manganesio. Científicos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) descubrieron en la Universidad de Georgia que cultivar maíz modificado genéticamente en ese país puede derivar en una caída de los ingresos de hasta un 40%.²³

No reducen el uso de pesticidas: Datos del USDA muestran que los cultivos modificados genéticamente incrementaron el uso de pesticidas en 22,7 millones de kilogramos entre 1996 y 2003 en los Estados Unidos.²⁴ Y nuevos datos pintan un escenario aún peor: el uso del glifosato en cultivos de importancia creció en más de quince veces entre 1994 y 2005, junto al incremento de otros herbicidas,²⁵ para lidiar con el aumento de la resistencia de las supermalezas al glifosato.²⁶ En Georgia los productores han tenido que cortar campos de algodón invadidos por amaranto Palmer resistente a glifosato.²⁷ Asimismo es una gran preocupación la ambrosia gigante que también persiste a pesar de las aplicaciones de este herbicida.²⁸ Entre las principales inquietudes de los agricultores canadienses se encuentra la canola tolerante a Roundup.²⁹

El Roundup es letal para las ranas y muy tóxico para las células placentarias y embrionarias humanas: El Roundup es más tóxico que el glifosato por los efectos sinérgicos de otros compuestos presentes en su fórmula.³⁰ Recientes investigaciones realizadas en Argentina muestran que los herbicidas son la

²¹ *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18).

²² B. Gordon: *Better Crops*, 2007, 91, pp. 12-14.

²³ P. Jost et al.: «Economic Comparison of Transgenic and Montransgenic Cotton Production Systems in Georgia», *Agronomy Journal*, No. 100, 2008, pp. 42-51. DOI: 10.2134/agronj2006.0259. Mae-Wan Ho y P.T. Saunders: «Transgenic Cotton Offers No Advantage», *Science in Society*, No. 38, 2008, p. 30.

²⁴ Mae-Wan Ho y L.C. Lim: Ob. cit. (en n. 17).

²⁵ *Who Benefits From GM Crops? The Rise in Pesticide Use* (resumen), Friends of the Earth International, Amsterdam, enero de 2008.

²⁶ ENCODE Project Consortium: Ob. cit. (en n. 6);

²⁷ Cecil H. Yancy Jr.: «RR Resistant Superweeds, Palmer Amaranth Resistance Threat to Cotton Industry», 30 de marzo de 2007, cyancy@farmprogress.com.

²⁸ «Farmers Still Early in the Resistance Game with Glyphosate, Scientists Say», *Forest Laws, Farm Press*, 23 marzo de 2007, ver <http://southwestfarmpress.com/news/032307-glyphosate-resistance/>.

²⁹ I.J. Mauro y S.M. McLachlan: «Farmer Knowledge and Risk Analysis: Postrelease Evaluation of Herbicide-tolerant Canola in Western Canada», *Risk Analysis*, 2008, p. 28. DOI:10.1111/j.1539-6924-200801027.x. Y Mae-Wan Ho: «Canadian Farmers' Experience Exposes Risks of GM Crops», *Science in Society*, No. 38, 2008, pp. 44-45.

³⁰ Mae-Wan Ho, J. Cummins y P.T. Saunders: Ob. cit. (en n. 17). Mae-Wan Ho y B. Cherry: «Death by Multiple Poisoning, Glyphosate and Roundup», *Science in Society*, No. 42, 2009, p. 14. Y Mae-Wan Ho: «Ban Glyphosate Herbicides Now», *Science in Society*, No. 43, 2009, pp. 34-35.

causa de defectos embrionarios en ranas;³¹ y sin embargo aún se usan en más del 80% de todos los cultivos modificados genéticamente en el mundo.

Los cultivos modificados genéticamente dañan la vida silvestre. Evaluaciones conducidas en el Reino Unido a nivel de finca muestran que los cultivos modificados genéticamente dañan la vida silvestre;³² y un estudio de la Universidad de Loyola, Chicago, Estados Unidos, demostró que los residuos de maíz Bt impidieron el crecimiento de un insecto acuático común.³³ Esto es solo la punta del iceberg. Hay evidencias de que los cultivos modificados genéticamente, especialmente los Bt, contribuyen a la desaparición de las abejas, porque comprometen su sistema inmunológico y las hace extremadamente susceptibles al ataque de hongos parásitos.³⁴

*Las plagas resistentes a Bt y las supermalezas tolerantes a Roundup anulan las dos características principales de los cultivos modificados genéticamente.*³⁵ Un informe reciente concluyó que «las malezas evolucionadas resistentes a glifosato son un gran riesgo para el éxito del glifosato y de los cultivos modificados genéticamente resistentes a glifosato».³⁶ Y la evolución mundial de gusanos del maíz resistentes a Bt ha sido confirmada y documentada en más de una docena de campos en Mississippi y Arkansas entre 2003 y 2006.³⁷ Aún peor: otras plagas que expresan su resistencia a Bt inundan los campos y se dispersan en la India.³⁸

Pérdida de vastas áreas de bosques, pampas y cerrados por la soya modificada genéticamente en América Latina. Solo Argentina ha perdido quince millones de hectáreas; situación que ha empeorado considerablemente con la demanda de biocombustibles.³⁹

³¹ Mae-Wan Ho: «Glyphosate herbicide could cause birth defects». *Science in Society*, No. 43, 2009, p. 36.

³² *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18).

³³ E.J. Rosi-Marxhall *et al.*: «Toxins in Transgenic Crop Byproducts May Affect Headwater Stream Ecosystems», *PNAS*, No. 104, 2007, pp. 16204-16208. Y Mae-Wan Ho: «Bt Crops Threaten Aquatic Ecosystems», *Science in Society*, No. 36, 2007, p. 49.

³⁴ J. Cummins: «Parasitic Fungi and Pesticides Act Synergistically to Kill Honeybees?», *Science in Society*, No. 35, 2007, p. 38.

³⁵ *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18).

³⁶ S.B. Powles: «Evolved Glyphosate-resistant Waround the World: Lessons to Be Learnt», *Pest Management Science*, No. 64, 2008, pp. 360-365.

³⁷ «First Documented Case of Pest Resistance to Biotech Cotton», *Science Daily*, No. 8, febrero de 2008.

³⁸ Ram Kalaspurkar: «Deadly Gift from Monsanto to India». Carta al Editor, *Science in Society*, No. 36, 2008, p. 51.

³⁹ *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18).

Epidemia de suicidios en el cinturón de algodón de la India: Un estimado de cien mil campesinos se suicidaron entre 1993 y 2003, y otros dieciséis mil han muerto anualmente desde que fue introducido el algodón Bt.⁴⁰

Los alimentos modificados genéticamente se asocian con la muerte y la enfermedad: Existen evidencias de serios impactos sobre la salud en pruebas de laboratorio y campos agrícolas en todo el mundo.

Los alimentos modificados genéticamente pueden causar la muerte⁴¹

A continuación aparecen algunos datos de nuestro dossier⁴² sobre los peligros de los alimentos modificados genéticamente.

- La Dra. Irina Ermakova de la Academia de Ciencias Rusa demostró que la soya modificada genéticamente provoca que las crías de ratas nazcan demasiado pequeñas y anormales, que más de la mitad muera en tres semanas y que las restantes queden estériles.
- En la India, cientos de pobladores y algodoneros sufren síntomas alérgicos, miles de ovejas murieron luego de pastar en los residuos de algodón Bt, y entre 2007 y 2008 sucedió lo mismo con cabras y vacas.⁴³ Campesinos que participaron en la Conferencia Internacional Cambio climático, OMG y seguridad alimentaria (1-2 de octubre, Delhi, India) reportaron que el problema continúa, y que también se ha observado esterilidad en las crías de los animales expuestos.
- Una proteína de frijol inocua transferida a chícharos, cuando se probó en ratones, causó inflamación severa en las patas y provocó sensibilidad generalizada a los alimentos.
- Docenas de pobladores del sur de Filipinas enfermaron cuando florecieron los campos de maíz modificado genéticamente en 2003, al menos cinco murieron y otros aún permanecen enfermos.
- Una docena de vacas murió luego de ingerir maíz modificado genéticamente en Hesse, Alemania, y otras del propio rebaño tuvieron que ser sacrificadas por enfermedades misteriosas.

⁴⁰ Ídem.

⁴¹ Mae-Wan Ho, J. Cummins y P.T. Saunders: Ob. cit. (en n. 19).

⁴² *GM Science Exposed: Hazards Ignored, Fraud, Regulatory Sham and Violation of Farmers' Rights*, ed. cit. (en n. 18).

⁴³ K. Kurunganti: «Mass Protests Against GM Crops in India», *Science in Society*, No. 36, 2008, pp. 25-27, 2008.

- Arpad Pusztai y colegas suyos en el Reino Unido descubrieron que las papas modificadas genéticamente con lectina dañaron los sistemas de órganos de las ratas jóvenes; en tanto las paredes del estómago se engrosaron el doble que las de los testigos.
- Gallinas alimentadas con maíz modificado genéticamente Chardon LL fueron dos veces más propensas a morir.
- Y finalmente, el maíz Mon 863, que se decía tan seguro como el maíz no modificado genéticamente, y aceptado como tal por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, resultó tóxico en hígado y riñón, según análisis de científicos franceses independientes.

Diversos animales y seres humanos expuestos a variedades de cultivos transgénicos con diferentes características enfermaron o murieron. La evidencia nos lleva a considerar la posibilidad de que los peligros de los organismos modificados genéticamente pueden ser inherentes a la tecnología, como se sugirió hace más de diez años.⁴⁴

¿Por qué son peligrosos los organismos modificados genéticamente?

Un organismo modificado genéticamente es aquel cuyo material genético natural ha sido transformado con la inserción de material genético sintético. Durante este proceso el peligro puede aparecer de diferentes maneras (ver tabla 1, página siguiente), como ha sido comprobado y descrito detalladamente desde 1998.⁴⁵ A continuación se relacionan algunas fuentes de peligros en los organismos modificados genéticamente.

- Los genes sintéticos y los productos genéticos nuevos pueden ser tóxicos y/o inmunogénicos para humanos y animales.
- La modificación genética es incontrolable y poco confiable, porque muta y codifica los genomas generando deformaciones, así como productos tóxicos o inmunogénicos; estos problemas se multiplican por la inestabilidad del ADN transgénico.
- Los virus causantes de enfermedades en el genoma receptor pueden ser activados por modificaciones genéticas, y esto ha sido corroborado con el virus del

⁴⁴ Mae-Wan Ho: Ob. cit. (en n. 2).

⁴⁵ Mae-Wan Ho: Ob. cit. (en n. 2). Y Mae-Wan Ho y J. Cummins: «*Agrobacterium* & Morgellons Disease, a GM connection?», *Science in Society*, No. 38, 2008, pp. 33-36.

Tabla 1. Resumen de la exposición de animales y seres humanos a los organismos modificados genéticamente

Especies	Especies modificadas genéticamente	Característica transgénica	Efecto
Ratas	Soya	Roundup Ready	Retraso del crecimiento, esterilidad y muerte
Humanos	Algodón	Cry1Ac/Cry1Ab	Síntomas alérgicos
Carneros, vacas y cabras	Algodón	Cry1Ac/Cry1Ab	Toxicidad del hígado y muerte
Ratones	Chícharo	Inhibidor Alfa-amilasa	Inflamación de pulmón, sensibilidad general a los alimentos
Ratones	Soya	Roundup Ready	Afectaciones en hígado, páncreas y testículos
Humanos	Maíz	Cry1Ab	Enfermedad y muerte
Ratas	Maíz	Cry3Bb	Toxicidad en hígado y riñón
Vacas	Maíz	Cry1Ab/Cry1Ac	Enfermedad y muerte
Ratas	Papas	Lectina	Daños en todos los sistemas de órganos, engrosamiento de las paredes del estómago
Ratones	Papas	Cry1A	Engrosamiento de las paredes de los intestinos
Ratas	Tomates	Retraso de la maduración	Úlceras estomacales
Gallinas	Maíz	Tolerancia al glufosinato	Muerte

mosaico de la coliflor, presente en cultivos comerciales de maíz transgénico;⁴⁶ este regula factores de transcripción específica que multiplican y activan un número de virus causantes de enfermedades, incluyendo el cáncer.

- Dispersión/propagación a patógenos de genes resistentes a antibióticos por transferencia genética horizontal, lo que provoca que algunas infecciones sean intratables.
- La modificación genética facilita y amplía la transferencia genética horizontal y la recombinación, la principal ruta para crear agentes causantes de enfermedades. Los Estados Unidos y otros países involucrados en la tecnología de modificación genética han sido víctimas de una epidemia de la enfermedad

⁴⁶ Mae-Wan Ho y J. Cummins: «New Evidence Links CaMV35S Promoter to HIV Transcription», *Science in Society*, No. 43, 2009, pp. 26-27.

de Morgellons.⁴⁷ Se sospecha que el patógeno es *Agrobacterium*, muy usado en la introducción de genes en las células para crear OMG. ¿Pero esta es realmente una enfermedad creada por la modificación genética? Ya se han hecho varias advertencias sobre el tema.

- Los cultivos modificados genéticamente y tolerantes a herbicidas acumulan herbicidas y residuos que son altamente tóxicos para humanos, animales y plantas.
- El ADN transgénico está diseñado para invadir los genomas y sus poderosos promotores sintéticos pueden provocar cáncer al activar los oncogenes, lo cual ha sido comprobado mediante experimentos y pruebas clínicas en la «terapia genética».

No hay lugar para los cultivos modificados genéticamente. El futuro está en la agricultura orgánica a pequeña escala

El 15 de abril de 2008, cuatrocientos científicos del International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (IAASTD) lanzaron un reporte de 2 500 páginas que tomó cuatro años de trabajo. Se trata de una profunda investigación sobre la agricultura mundial a una escala comparable con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.⁴⁸

El IAASTD reclama una transformación sustancial de las prácticas agrícolas para contrarrestar el alza de precios de los alimentos, el hambre, la pobreza y los desastres ambientales. El reporte asegura que los cultivos modificados genéticamente son polémicos en relación con la seguridad para la salud y el medioambiente, y no desempeñarán un papel importante en combatir el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el hambre y la pobreza. Los productores a pequeña escala y los métodos agroecológicos son el camino, y el conocimiento tradicional y local es tan importante como el conocimiento científico formal. Además, el reporte advierte que los cultivos para biocombustibles pueden empeorar el problema de la falta de alimentos y elevar los precios.

Las conclusiones del IAASTD son muy similares a nuestro reporte *Food Futures Now, Organic, Sustainable, Fossil Fuel Free*, publicado por el Parlamento Británico una semana después.⁴⁹ Pero el nuestro va más allá, pues sostiene que solo la agricultura

⁴⁷ Mae-Wan Ho y J. Cummins: Ob. cit. (en n. 45).

⁴⁸ «International Assessment of Agricultural Knowledge, Science & Technology (IAASTD)». Reporte resumido, 25 de noviembre de 2007, www.agassessment.org/docs/Synthesis_Report_261107_text.pdf. Y Mae-Wan Ho: «GM-free Organic Agriculture to Feed the World», *Science in Society*, No. 38, 2008, pp. 14-15.

⁴⁹ Mae-Wan Ho, S. Burcher, L.C. Lim *et al.*: *Food Futures Now, Organic, Sustainable, Fossil Fuel Free*, ISIS-TWN, Londres, 2008.

orgánica puede realmente alimentar al mundo. Y aún más, la agricultura orgánica y los sistemas locales de alimentos y energía pueden compensar potencialmente todas las emisiones con efecto invernadero derivadas de la actividad humana y liberarnos de los combustibles fósiles, por lo que es necesario implementarla con urgencia.⁵⁰

Los cultivos modificados genéticamente son un gran experimento fallido basado en una teoría científica obsoleta. Ahora se reconoce que la agricultura de la Revolución Verde ha sido un catalizador de los cambios climáticos y a la vez es vulnerable a este fenómeno porque depende de la energía fósil y del agua, aparte de ser susceptible a plagas, enfermedades y desastres climáticos.⁵¹ Los cultivos modificados genéticamente poseen todas las características negativas de las variedades de la Revolución Verde, pero exageradas y, además, altamente riesgosas. Cultivar organismos modificados genéticamente para biocombustibles no los hace seguros, ya que al mismo tiempo contaminarán otros cultivos.

Cualquier indulgencia hacia estos organismos limitará nuestras posibilidades de sobrevivir al calentamiento global. Debemos seguir adelante con la imperiosa necesidad de implementar sistemas orgánicos sustentables para la producción de alimentos y energía.

[Traducido del inglés por CLAUDIA ÁLVAREZ DELGADO].

⁵⁰ Mae-Wan Ho: «Organic Agriculture and Localized Food & Energy Systems for Mitigating Climate Change», *Science in Society*, No. 40, 2008, pp. 24-28.

⁵¹ «Farmers ask why GM crops worse in drought», Network of Concerned Farmers, 30 de junio de 2005. En www.non-gm-farmers.com/news_details.asp?ID=2253. *Manifesto on Climate Change and the Future of Food Security*, The International Commission on the Future of Food and Agriculture, Florencia, Italia, 2008. Mae-Wan Ho: «Beware the New “doubly green revolution”», *Science in Society*, No. 37, 2008, pp. 26-29.

TRANSGÉNICOS Y AGROCOMBUSTIBLES EN AMÉRICA LATINA

MIGUEL A. ALTIERI

Dr.C. Profesor de la Universidad de Berkeley, California. Presidente de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

El área global estimada de cultivos transgénicos autorizados comercialmente en 2007 fue de 114,3 millones de hectáreas, sembradas en veintitrés países, incluyendo doce del Sur, entre los cuales sobresalen Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, México, Chile y Honduras en la región latinoamericana. Los promotores de la biotecnología agrícola argumentan que estos cultivos no solo han aumentado la producción con beneficios para la seguridad alimentaria, sino también han contribuido a aliviar la pobreza y el hambre, han reducido la huella ecológica de la agricultura industrial, han ayudado a mitigar el cambio climático atenuando la emisión de gases de invernadero y, recientemente, han sido un vehículo para la producción eficiente de biocombustibles (James, 2007). El informe anual del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA) sostiene que 11 de los 12 millones de agricultores que cultivan transgénicos son pobres del tercer mundo. Es difícil imaginar de qué manera esta expansión de la industria biotecnológica resuelve el problema del hambre o se adapta a las necesidades de los pequeños agricultores, cuando el 57% (58,6 millones de hectáreas) del área global sembrada con plantas transgénicas se dedica a la soya resistente a herbicidas (soya Roundup Ready), un monocultivo sembrado mayormente por agricultores de gran escala y muy tecnificados para exportación, tanto para alimentación animal, como para la creciente producción de biodiesel.

Este documento, que recopila ensayos sobre el estado del arte de los cultivos transgénicos en la mayoría de los países latinoamericanos, sostiene que tal como ocurre a nivel global, los cultivos transgénicos dominantes en la región son soya

resistente a Roundup, maíz Bt —aunque también resistente a herbicida o con ambas características—, algodón Bt y canola resistente a herbicidas. Además, hay otros cultivos que ocupan áreas menores o están en estado de experimentación o prueba de campo, como piña, banano, papaya, plátano, papa, arroz, alfalfa y otros. Solo en Chile se cultivan diecinueve especies diferentes de transgénicos con el objetivo de multiplicar las semillas. Los que promueven el desarrollo y la comercialización de estos cultivos son empresas multinacionales, como Monsanto, Syngenta, Bayer, Dupont y Dow AgroSciences, ya sea adquiriendo o aliándose con empresas nacionales y apoyados por centros de investigación. Por ejemplo, la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) y los Institutos Nacionales de Investigaciones Agropecuarias de diferentes países (INIA), e incluso institutos de biotecnología recientemente creados, universidades e instituciones como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro de Agricultura Tropical (CIAT), el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a los cuales las multinacionales proveen de fondos para conducir investigaciones bajo estrictos acuerdos que protegen los derechos intelectuales de propiedad de esas empresas.

La mayoría de los gobiernos promueve una política agrícola en torno a autorizar transgénicos bajo el argumento de mejorar la producción en el sector agropecuario. Casi todos los países han firmado el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad en la Biotecnología y han implementado algún tipo de normativa en bioseguridad o han creado comités (o comisiones) técnicos de bioseguridad. Estas instancias, compuestas generalmente por miembros del sector privado, gobierno y científicos sesgados a favor de la biotecnología, mantienen al margen a la sociedad civil (consumidores y organizaciones no gubernamentales) que se opone a esta tecnología por la falta de información relacionada con los riesgos a nivel local-nacional que los transgénicos representan en el ámbito ambiental y de salud pública. Tanto las comisiones como las limitadas e incompletas normativas no se adscriben al principio de la precaución; más bien, sirven para facilitar y no para regular en forma seria la introducción de tecnologías y procesos biotecnológicos. La investigación sobre impactos ecológicos y sobre la salud es prácticamente nula en la región.

Aunque en varios países todavía no se aprueba la autorización de estos productos —Panamá, El Salvador, Ecuador, República Dominicana, Venezuela, Bolivia, entre otros—, ya hay procesos en marcha a favor de la autorización gubernamental, muchas veces bajo la presión de multinacionales, en especial Monsanto. Existen también algunas zonas libres de transgénicos en la región, como Cartago, en Costa Rica, y un número limitado de pequeñas comunas o municipios en Argentina y Brasil que, sin embargo, carecen de mecanismos de fiscalización o de regulación. Por lo tanto, son áreas susceptibles al cultivo ilícito de transgénicos.

La conexión transgénicos-agrocombustibles

La fiebre por los agrocombustibles es estratégica en la expansión de una nueva ola de transgénicos para fabricar etanol y biodiesel en la región, priorizando cultivos como soya, maíz, caña de azúcar, palma africana, higuera (*Ricinus communis*), jatropha (*Jatropha curcas*) y otros. En Brasil, aproximadamente 750 000 hectáreas de soya Roundup Ready se utilizaron para producir biodiesel en 2007, y ya se anticipa la liberación de variedades modificadas de caña de azúcar con enzimas que incrementen el contenido de azúcar y el rendimiento industrial. Syngenta acaba de desarrollar un maíz transgénico (evento 3272) con la enzima *alfa amilasa*, que favorece el proceso de elaboración de etanol (James, 2007).

La industria, los gobiernos y los científicos que impulsan los agrocombustibles afirman que servirán como una alternativa al petróleo, al mitigar el cambio climático, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar los ingresos de los agricultores y promover el desarrollo rural. Sin embargo, rigurosas investigaciones y análisis realizados por respetados ecologistas y sociólogos, sugieren que los resultados del *boom* de la industria de agrocombustibles a gran escala será como los de la agricultura a base de transgénicos: desastrosos para los agricultores, el medioambiente, la preservación de la biodiversidad y la salud de los consumidores, particularmente los pobres (Pimentel, 2003; Bravo, 2006).

Varios países se posicionan para transformarse en potencias productoras y exportadoras de agrocombustibles. El sector agrícola argentino se ha planteado el objetivo de alcanzar 100 millones de toneladas de granos, lo que requerirá el incremento del área sembrada con soya, hasta alcanzar 17 millones de hectáreas. En Brasil, la soya biotecnológica ocupó un área de 22,5 millones de hectáreas en la campaña 2007-2008, lo que significa 11,4 millones de hectáreas más que el área sembrada entre 2006 y 2007. Esta expansión soyera se produce de manera drástica y afecta directamente los bosques y otros hábitats relevantes. En Paraguay, una porción de la selva paranaense está siendo deforestada (Jason, 2004). En el Chaco argentino, 118 000 hectáreas han sido desmontadas en cuatro años (1998-2002) para beneficiar la soya. En ese país han hecho otro tanto con 160 000 hectáreas en Salta y 223 000 hectáreas en Santiago del Estero, todo un récord. La «pampeanización», es decir, el proceso de importación del modelo industrial de la agricultura pampeana sobre otras ecorregiones «que no son pampa», como el Chaco, es el primer paso de un sendero expansivo que pone en riesgo la estabilidad social y ecológica de tan lábil región (Pengue, 2005a). En el noreste de la provincia de Salta, el 51% de la soya sembrada (157 000 hectáreas) en 2002-2003 correspondía a lo que en 1988-1989 eran todavía áreas naturales. En Brasil, el Cerrado y las sabanas están sucumbiendo a pasos agigantados, víctimas del arado (Donald, 2004; Altieri y Pengue, 2005a).

La expansión del complejo sojero está acompañada de un aumento importante en logística y transporte, junto con grandes proyectos de infraestructura que conllevan una cadena de eventos que destruyen los hábitats naturales de grandes áreas, además de la deforestación directamente causada por la expansión de tierras para el cultivo de soya. En Brasil, los beneficios de la soya justificaron la refacción, mejora o construcción de ocho hidrovías, tres líneas ferroviarias y una extensa red de carreteras que traen insumos agropecuarios y se llevan la producción agrícola. El proceso atrajo otras inversiones privadas para la forestación, minería, ganadería extensiva y otras prácticas con severos impactos sobre la biodiversidad, aún no contemplados por ningún estudio ambiental (Fearnside, 2001). En Argentina, el clúster agroindustrial de transformación de la soya en aceites y *pellets* se concentra en la zona de Rosafé sobre el río Paraná, el área más grande de transformación sojera a escala planetaria, con toda la infraestructura asociada y los impactos ambientales que ello implica.

Soya, expulsión de pequeños agricultores y pérdida de la seguridad alimentaria

Los promotores de la industria biotecnológica siempre citan la expansión del área sembrada con soya como una forma de medir el éxito de la adopción tecnológica por parte de los agricultores. Pero estos datos esconden el hecho de que la expansión sojera conlleva extremar la demanda de tierras y una concentración de estas en pocas manos. En Brasil, el modelo sojero desplaza a once trabajadores rurales por cada uno que encuentra empleo en el sector (Donald, 2004). En Argentina, la situación es bastante dramática, ya que mientras el área sembrada con soya se triplicó, prácticamente 60 000 establecimientos agropecuarios (24,6%) desaparecieron. En una década, el área productiva con soya se incrementó en un 126% a expensas de la tierra que se dedicaba a ganado de leche, maíz, trigo o a las producciones frutícolas u hortícolas (Pengue, 2005). Este tipo de procesos de desplazamiento implica, para Argentina, más importación de alimentos básicos, además de la pérdida de la soberanía alimentaria. Para los pequeños agricultores familiares o para los consumidores, esa clase de incrementos solo implica un aumento en los precios de los alimentos y más hambre (Jordan, 2001).

No hay duda de que el avance de la «frontera agrícola», ahora agudizado por la fiebre de los agrocombustibles, resulta un atentado contra la soberanía alimentaria de las naciones latinoamericanas, en tanto la tierra para producir alimentos está siendo destinada de manera creciente a alimentar los automóviles de los pueblos del Norte. La producción de agrocombustibles también afecta directamente a los consumidores debido al incremento en el costo de los alimentos. Esta seducción del mercado global de agrocombustibles lleva a los gobiernos a desarrollar planes nacionales que

transformarán de manera acelerada los sistemas agrícolas en una producción a gran escala de monocultivos energéticos, con variedades transgénicas dependientes de la utilización intensiva de herbicidas y fertilizantes químicos. Esto no solo desvía millones de hectáreas de cultivo que de otra forma podrían ser destinadas a la producción de alimentos, sino que incrementa el impacto ecológico de la agricultura industrial, cuyas dimensiones son desconocidas en América Latina (Altieri y Pengue, 2006).

Los agricultores pobres no tienen cabida en el nicho de mercado de las compañías privadas, cuyo enfoque productivista está dirigido a los sectores agrícola-comerciales de los países industrializados y desarrollados, donde tales corporaciones pueden esperar grandes retornos a su inversión en investigación. El sector privado ignora cultivos importantes como la yuca, los frijoles, la mayoría de los cultivos andinos y otros, que son alimento fundamental para millones de personas en la región. Los pocos agricultores empobrecidos que tendrán acceso a la biotecnología se harán dependientes de las compras anuales de semillas modificadas genéticamente. Estos agricultores tendrán que atenerse a los onerosos acuerdos de propiedad intelectual y a no sembrar las semillas obtenidas de la cosecha de las plantas producidas mediante bioingeniería. Tales condiciones constituyen una afrenta para los agricultores tradicionales, quienes por siglos han guardado y compartido semillas como parte de su legado cultural (Lapeña, 2007).

Impactos ecológicos de los cultivos transgénicos

Tal como en los Estados Unidos, los promotores de la biotecnología agrícola en América Latina aseguran que los cultivos producidos por ingeniería genética impulsarán la agricultura lejos de la dependencia en insumos químicos, aumentarán la productividad, disminuirán los costos de insumos y ayudarán a reducir los problemas ambientales (James, 2007). La agroecología cuestiona los mitos de la biotecnología y desenmascara a la ingeniería genética como lo que realmente es: una ciencia reduccionista que promueve una «varita mágica» destinada a solucionar los problemas ambientales de la agricultura —que son el resultado de una espiral tecnológica reduccionista previa— sin cuestionar las suposiciones defectuosas que ocasionaron los problemas la primera vez (Altieri, 2007).

La biotecnología promueve soluciones basadas en el uso de genes individuales para los problemas derivados de sistemas de monocultivo ecológicamente inestables y diseñados sobre modelos industriales ineficientes. Tal enfoque unilateral y reduccionista no es ecológicamente sólido, como se demostró en la era de los pesticidas, cuando se adoptó el paradigma «un químico, una plaga» que condujo a problemas de resistencia y resurgimiento de plagas, comparables a los que resultan del paradigma «un gen, una plaga» promovido por la biotecnología. La biotecnología moderna per-

cibe los problemas agrícolas como deficiencias genéticas de los organismos y trata a la naturaleza como una mercancía, sin concentrarse en las raíces que causan los problemas de plagas, sino en los síntomas, y haciendo a los agricultores más dependientes de herbicidas y semillas producidos por un sector de agronegocios que concentra cada vez más su poder sobre el sistema alimentario.

Un síntoma típico asociado a este enfoque reduccionista es la aparición de resistencia a pesticidas como parte de una espiral ecológica. En el caso de los transgénicos, la resistencia a herbicidas se convierte en un problema complejo, ya que los modos de acción de los herbicidas a los cuales son expuestas las malezas se reducen más y más. Esta es una tendencia que las sojas transgénicas refuerzan bajo las presiones del mercado que monopoliza el glifosato. De hecho, algunas especies de malezas pueden tolerar o «evitar» ciertos herbicidas, como sucede con poblaciones de *Amaranthus rudis*, que exhiben atraso en su germinación y así «escapan» a las aplicaciones planificadas de glifosato. También el mismo cultivo transgénico puede asumir el papel de maleza en el cultivo posterior. Por ejemplo, en Canadá, con las poblaciones espontáneas de canola resistente a tres herbicidas —glifosato, imidazolinonas y glufosinato—, se ha detectado un proceso de resistencia «múltiple», en el que los agricultores han tenido que recurrir nuevamente al uso de 2,4 D para controlarla (Altieri, 2007). En el nordeste de Argentina, varias especies de malezas ya no pueden ser controladas adecuadamente, por lo que los agricultores deben volver a usar otros herbicidas que habían dejado de lado por su mayor toxicidad, costo y manejo. En la pampa argentina, por su parte, ocho especies de malezas, entre ellas dos de Verbena y una de Ipomoea, ya presentan tolerancia al glifosato (Pengue, 2005a).

En América Latina, donde la investigación en este campo es casi nula, existen muchas preguntas ecológicas sin respuesta sobre el impacto de la liberación masiva de plantas transgénicas en el medioambiente y la evidencia disponible apoya la posición de que el impacto ambiental y sobre la salud humana puede ser sustancial. Entre los principales riesgos ambientales asociados con las plantas producidas por ingeniería genética está la transferencia involuntaria de «transgenes» a las especies silvestres relacionadas con efectos ecológicos impredecibles.

A pesar de las limitaciones impuestas por derechos intelectuales de propiedad que imponen las multinacionales al proceso de investigación, los pocos estudios independientes lanzan evidencias que demuestran que la liberación masiva de cultivos transgénicos no hace otra cosa que reforzar la espiral ecológica que se deriva de enfoques unilaterales de control de plagas y enfermedades (Altieri, 2007):

- a) Creación de supermalezas por la aplicación masiva y continua del mismo herbicida o por hibridación entre cultivos transgénicos y especies de malezas de la misma familia o género.

- b) Conversión de cultivos transgénicos en malezas al germinar en el año siguiente como especies voluntarias fuera de las hileras del cultivo.
- c) Evolución rápida de resistencia de insectos plaga a eventos Bt.
- d) Disrupción de control biológico de plagas por exposición de predadores y parásitos a la toxina Bt vía presas u hospederos.
- e) Efectos no anticipados sobre organismos no plagas, como lepidópteros o polinizadores, que sufren mortalidad al estar expuestos al polen de cultivos transgénicos.
- f) Acumulación de la toxina Bt en el suelo al permanecer activa adherida a ácidos húmicos o arcillas con impactos sobre poblaciones microbianas y de mesofauna edáfica, afectando potencialmente procesos como reciclaje de nutrientes.
- g) Contaminación de variedades locales de cultivos vía introgresión genética mediada por transferencia de polen de especies de transgénicos.
- h) Creación de nuevas especies de organismos patógenos vía transferencia o precombinación de genes mediada por vectores.

Cabe resaltar que los efectos ecológicos de los cultivos transgénicos no se limitan a la resistencia de plagas o a la creación de nuevas malezas o razas de virus. Los cultivos transgénicos Bt pueden producir toxinas ambientales que se movilizan a través de la cadena alimentaria, que pueden llegar hasta el suelo y el agua, afectar a los invertebrados y, probablemente, alterar procesos ecológicos como el ciclo de los nutrientes. Una preocupación creciente es la homogeneización a gran escala de los terrenos con cultivos transgénicos, lo cual exacerbará la vulnerabilidad ecológica asociada con la agricultura con base en monocultivos, en especial la vulnerabilidad al cambio climático. Sin embargo, el principal impacto de los transgénicos se asocia a los métodos de producción y a las tecnologías acompañantes, como los herbicidas.

Una de las grandes amenazas ecológicas es el uso masivo del glifosato, que solo en Argentina alcanzó 148 millones de litros en el año 2000. Monsanto afirma que este herbicida se degrada rápidamente en el suelo cuando se aplica de forma adecuada, que no se acumula en el agua subterránea, ni tiene efectos sobre otros organismos, ni deja residuos en los alimentos. Sin embargo, hay estudios que delatan al glifosato como tóxico para algunas especies que habitan en el suelo, incluyendo predadores como arañas, escarabajos carábidos y coccinélidos, para otras que se alimentan de detritos, como los gusanos de tierra, así como para organismos acuáticos, incluyendo peces (Paoletti y Pimentel, 1996). Se sabe que este herbicida persiste en frutas y tubérculos porque sufre relativamente poca degradación metabólica en las plantas. Por esto surgen preguntas sobre su inocuidad, particularmente en Argentina, donde el glifosato representa más del 37% de los herbicidas que usan los agricultores, y donde

se ha detectado en alimentos a niveles muy por encima (20 mg/kg) de los límites permitidos (0,1 mg/kg). De especial preocupación es el efecto de los coadyuvantes y surfactantes que acompañan al glifosato (como POEA) y han sido ligados a problemas respiratorios, daños gastrointestinales, lesiones dérmicas y úlceras oculares (Pengue, 2005b).

Más aún, las investigaciones demuestran que el glifosato tiende a actuar en una forma similar a la de los antibióticos, alterando en una forma todavía desconocida la biología del suelo y causando efectos como:

- Reducción de la habilidad de la soya y del trébol para fijar nitrógeno.
- Mayor vulnerabilidad de las plantas de frijol a la *anthracnosis*, de soya al *Fusarium*, y de trigo a *Gaeumannomyces graminis*.
- Reducción del crecimiento de las micorrizas que habitan en el suelo, hongos clave que ayudan a las plantas a absorber el fósforo (Altieri, 2007)

Aunque el Roundup Ready es para uso terrestre, muchas veces termina por derivar en sistemas acuáticos. Relyea (2005) encontró que la dosis de 1,3 mg de ingrediente activo por litro exhibió un efecto negativo sustancial sobre los renacuajos, reduciendo su sobrevivencia y biomasa en un 40%.

El rápido lanzamiento de los cultivos transgénicos es una reminiscencia perturbadora de los incidentes asociados con previas revoluciones agrícolas, como la aplicación masiva de pesticidas clorados, entre ellos el DDT. Una combinación de oposición pública y obligaciones financieras forzó la paralización de estas tecnologías luego de que sus efectos sobre el medioambiente y la salud humana demostraron que eran mucho más complejas, difusas y persistentes que las promesas que acompañaron su rápida comercialización (Améndola, 2002).

Contaminación y erosión genética

Existe gran preocupación sobre la posibilidad de que la introducción de variedades transgénicas puede replicar o agravar aún más los efectos de las variedades mejoradas en la diversidad genética de los cultivos criollos y de sus parientes silvestres en sus áreas de origen y diversificación y, por tanto, afectar el tejido cultural de las comunidades. América Latina es la región del mundo que tiene mayor diversidad agrícola. Por ello, la introducción de plantas transgénicas posee un gran riesgo, especialmente por la posibilidad de transferencia de estos genes modificados en las plantas silvestres y las variedades cultivables locales, lo que puede causar graves desequilibrios en los ecosistemas. Los riesgos de transferencia de genes de una variedad transgénica a una

especie o variedad emparentada, es mayor en los centros de origen y/o diversidad, ya que los genes insertados tienen más oportunidades de transferirse a plantas compatibles, aunque sean variedades y razas locales o especies silvestres, lo que pondría en juego los recursos genéticos aún existentes. Está demostrado que los cultivos de maíz, papa, tomate, yuca, frijol, algodón, girasol, colza y muchos otros, pueden hibridarse —intercambiar material genético— con plantas silvestres que crecen en sus centros de diversidad. La vía principal de escape de los nuevos genes a otras zonas y especies es a través del polen, que puede fertilizar plantas sexualmente compatibles en la zona.

El debate se recrudeció a raíz de la publicación en *Nature* de un controvertido artículo que dio a conocer la introgresión de ADN transgénico en maíces criollos cultivados en lugares remotos de la sierra en Oaxaca, México (Quist y Chapela, 2001). Estos resultados han sido nuevamente corroborados por Elena Álvarez-Buylla y su equipo de la Universidad Nacional Autónoma de México, quienes no solo encontraron maíces contaminados en las montañas de Oaxaca, sino también en Sinaloa, al norte del país, y en Milpa Alta, un distrito en la periferia de la ciudad de México. Si bien es altamente probable que la introducción de variedades transgénicas acelere aún más la pérdida de diversidad genética y del conocimiento y la cultura indígenas mediante mecanismos similares a los de la Revolución Verde, existen diferencias fundamentales en la magnitud del impacto y es importante señalarlas. La Revolución Verde aumentó el ritmo con el que las variedades modernas sustituyeron a las tradicionales, pero sin alterar necesariamente la integridad genética de los granos locales. La erosión genética implica una pérdida en las variedades locales, pero puede frenarse e incluso revertirse mediante iniciativas de conservación en sitios que preserven no solo los maíces criollos y sus parientes silvestres, sino también las relaciones agroecológicas y culturales derivadas de la evolución y el manejo de los cultivos en lugares específicos.

El problema de la introducción de variedades transgénicas en regiones de diversidad genética reside en que las características de los granos modificados genéticamente se extienden hacia las variedades locales que los pequeños productores suelen sembrar, y ello podría diluir la sustentabilidad natural de estas razas. Muchos defensores de la biotecnología moderna, sin embargo, consideran que el flujo génico indeseado a partir de las variedades transgénicas, no necesariamente pondría en riesgo la diversidad biológica del maíz —y con ello, los sistemas de conocimiento y prácticas agrícolas, así como los procesos ecológicos y evolutivos asociados—, ni tampoco entrañaría un riesgo mayor que el de la polinización cruzada a partir de granos convencionales no modificados genéticamente.

De hecho, muchos investigadores de la industria argumentan que es poco probable que el ADN del maíz modificado genéticamente tenga una ventaja evolutiva,

pero que si los transgenes realmente llegan a persistir en los agroecosistemas tradicionales, podrían incluso resultar ventajosos para los campesinos mexicanos y para la diversidad de los granos. No obstante, aquí es donde surge una interrogante crucial: ¿en verdad pueden las plantas modificadas genéticamente incrementar la producción de los cultivos y, al mismo tiempo, repeler plagas, resistir herbicidas y ganar en adaptabilidad frente a los factores de presión que los campesinos suelen enfrentar?

Consideraciones desde la termodinámica sugieren que no: las características relevantes para los campesinos indígenas —resistencia a las sequías, calidad adecuada como alimento o como forraje, capacidad de competencia, desempeño en policultivos, compatibilidad con las condiciones del trabajo familiar y mejor madurez, calidad del almacenamiento, sabor o propiedades culinarias— probablemente se verían sustituidas por cualidades transgénicas que podrían no ser importantes para los campesinos (Jordan, 2001). En este contexto, aumentarían los riesgos y los campesinos perderían la capacidad tanto de adaptarse a las condiciones cambiantes del medioambiente biofísico como de producir cultivos relativamente estables con un mínimo de insumos externos, al tiempo que atienden la seguridad alimentaria de las comunidades.

Estas amenazas se dan dentro de un proceso que en América Latina se encamina hacia una mayor privatización de los sistemas de semillas, que privilegia a quienes se encuentran más orientados al mercado y a las agroindustrias dedicadas a la producción en monocultivo. Esta tendencia puede concluir en el desplazamiento y eliminación de la pluralidad de sistemas de provisión de semillas alternativos alimentados por las comunidades campesinas locales.

El estrechamiento de los sistemas de semillas y de producción lleva implícita una mayor concentración del riesgo y un aumento de la vulnerabilidad que posiblemente algunos agricultores no están en condiciones de afrontar. Ello puede afectar el modo de vida del pequeño agricultor, perjudicando su autonomía y favoreciendo relaciones de dependencia de suministros externos. Por otra parte, la provisión continua de semillas a favor del monocultivo puede llevar a que las entidades públicas tengan la sensación errónea de, que existe suficiente provisión en el mercado y que los sistemas de semillas están evolucionando y responden adecuadamente a las necesidades de los agricultores, aspecto que no refleja lo que sucede en la realidad.

Marco institucional, acuerdos internacionales y el «principio de la precaución»

En el contexto de las negociaciones de la Convención de Diversidad Biológica, varios países de la región firmaron un convenio sobre bioseguridad que los obliga a adoptar el «principio de precaución» en el contexto del comercio de los organismos

modificados genéticamente (OMG). Este principio, que es la base para el acuerdo internacional sobre bioseguridad —Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología—, sostiene que cuando se sospecha que una tecnología nueva puede causar daño, la incertidumbre científica sobre su alcance y severidad no debe obstaculizar la toma de precauciones.

Esto otorga a los países el derecho a oponerse a la importación de productos transgénicos sobre los cuales existan sospechas mínimas de que representan un peligro para la salud o el medioambiente. El principio de la precaución establece que en lugar de que los críticos sean los que prueben los daños potenciales de la tecnología, sus creadores deberán presentar evidencia de su inocuidad. Hay una clara necesidad de realizar monitoreos y pruebas independientes para asegurar que los datos autogenerados presentados a las agencias reguladoras gubernamentales no están parcializados o inclinados hacia los intereses de la industria. Además, se debiera propiciar una moratoria mundial contra los OMG hasta que grupos de científicos independientes aclaren las interrogantes lanzadas sobre el impacto ecológico y en la salud de los cultivos transgénicos.

En la región existen varios niveles en relación con los marcos regulatorios de bioseguridad existentes. Hay países con una total ausencia de un marco normativo —Venezuela, Ecuador y la mayoría de los países centroamericanos—; otros con un marco limitado y un nivel mínimo de aplicación práctica, como Bolivia; y aquellos con un marco jurídico inicial pero que resulta incompleto para su aplicación práctica, como Perú y Colombia. En el caso de países megadiversos de Mesoamérica y los Andes, la falta de normas mínimas de evaluación, gestión y monitoreo del riesgo es, por supuesto, de extrema gravedad, y aún más grave, ya que en la mayoría no existe un sistema claro de infracciones y sanciones en materia de bioseguridad (Lapeña, 2007).

Muchos grupos ambientalistas y de consumidores que abogan por una agricultura más sostenible, demandan el apoyo continuo a la investigación agrícola con base ecológica, ya que existen soluciones agroecológicas a todos los problemas biológicos que la biotecnología moderna quiere resolver. El asunto es que la investigación en las instituciones públicas refleja cada vez más los intereses de grupos privados, y dejan de lado los beneficios de la investigación pública como el control biológico, los sistemas orgánicos y las técnicas agroecológicas en general. La sociedad civil debe exigir más investigación sobre alternativas a la biotecnología moderna desarrollada por universidades y otras organizaciones públicas. También es urgente rechazar el sistema de patentes y los derechos de propiedad intelectual intrínsecos de la Organización Mundial del Comercio (OMC), que no solo provee a las corporaciones multinacionales el derecho de apropiarse y patentar recursos genéticos, sino que también acentúa la velocidad con la que las fuerzas del mercado estimulan el monocultivo a partir de variedades transgénicas genéticamente uniformes.

Conclusiones

La expansión de los cultivos transgénicos en América Latina representa una reciente y poderosa amenaza sobre la biodiversidad, la integridad ecológica y la seguridad alimentaria. La soya transgénica, que ocupa no menos de 30 millones de hectáreas en la región, es incluso mucho más perjudicial que el maíz y el algodón Bt. Además de los efectos directos derivados de los métodos de producción, principalmente del copioso uso de herbicidas, este cultivo requiere proyectos de infraestructura y transporte masivo (hidrovías, autopistas, ferrovías y puertos) que impactan sobre los ecosistemas y facilitan la apertura de enormes extensiones de territorios a prácticas económicas degradantes. Entre las consecuencias fundamentales de tales prácticas están la deforestación, la degradación de suelos, la polución con severa concentración de tierras e ingresos y la expulsión de la población rural a la frontera agrícola o hacia áreas urbanas, lo que contribuye al incremento de la pobreza en las ciudades.

Entre los múltiples impactos de la expansión sojera se destaca la reducción de la seguridad alimentaria de los países productores, al destinarse a su cultivo la tierra que previamente se utilizaba para la producción de leche, granos o frutas. Mientras estos países continúen impulsando modelos neoliberales de desarrollo y respondan a las señales de los mercados externos —especialmente China con soya para pienso, los Estados Unidos y Europa con soya para biodiesel— y a la economía globalizada, el cultivo de la soya seguirá creciendo y, por supuesto, lo harán también sus impactos ecológicos y sociales asociados. Estos impactos se agudizarán dada la crisis energética y la fiebre por los agrocombustibles como alternativa al petróleo, impulsadas por poderosas alianzas globales entre las industrias del petróleo, granos, ingeniería genética y automotriz. Estas nuevas alianzas están decidiendo el futuro del paisaje agrícola mundial. El *boom* de los agrocombustibles consolidará el control de las multinacionales sobre los sistemas alimentarios y energéticos, y les permitirá determinar qué, cómo y cuánto se producirá, resultando en más pobreza rural, destrucción ambiental y hambre (Altieri y Bravo, 2008).

La industria de la biotecnología moderna está utilizando la actual fiebre de los agrocombustibles para lavar su imagen mediante el desarrollo y diseminación de semillas transgénicas para producir energía en lugar de alimentos. Ante la creciente desconfianza y el rechazo público que se viene manifestando por los cultivos y alimentos transgénicos, la biotecnología será usada por las corporaciones para maquillar su imagen, bajo el argumento de que desarrollará nuevas semillas modificadas genéticamente para producir biomasa o que contengan la enzima *alfa-amilasa* que facilita el proceso de producción de etanol de maíz y caña de azúcar. Es también preocupante que las universidades públicas y los sistemas de investigación sean presas fáciles de la seducción de los grandes capitales y la influencia del poder político y corporativo. El protagonismo de los capitales privados en definir las agendas de investigación y

la composición de la academia —que desgasta la misión pública de las universidades en beneficio de los intereses privados— es un atentado a la libertad académica y al gobierno autónomo universitario. Este control corporativo no solo impide que las universidades se involucren en una investigación imparcial, también imposibilita que el capital intelectual pueda explorar verdaderas alternativas sustentables a la crisis energética y el cambio climático. Las universidades y los organismos públicos de investigación debieran gozar de la libertad de poder profundizar en la investigación dirigida a responder una serie de preguntas (Lapeña, 2007) que se derivan del uso indiscriminado de la biotecnología y los agrocombustibles:

- a) ¿A quién beneficia la tecnología y cómo se distribuyen dichos beneficios entre los agricultores de un determinado país, dada la heterogeneidad en cuanto al acceso a capital, recursos naturales, mercados, crédito y extensión agrícola?
- b) ¿A qué necesidades responde? ¿Locales o globales? ¿Quién somete las innovaciones biotecnológicas a un análisis previo y probatorio de evaluación de necesidades, y quién las compara con las alternativas existentes para cubrir dichas necesidades?
- c) ¿Cuáles son las repercusiones en los mercados locales dado que la adopción de la biotecnología moderna puede resultar en cambios en los mercados y en las políticas de precios que afecten a los pequeños agricultores?
- d) ¿Cómo afecta el acceso a los mercados internacionales, ya que la adopción de un cultivo transgénico puede conllevar la pérdida de opciones de mercado a nivel global? ¿Quién compensa a los agricultores ecológicos dada la dificultad en mantener una coexistencia diferenciada de los cultivos modificados genéticamente con otro tipo de cultivos no modificados, y que sus mezclas puede implicar la pérdida de mercados de aquellos países cuyos consumidores rechazan los productos con presencia transgénica?
- e) ¿Cómo coexisten los derechos de protección de propiedad intelectual con las normas de acceso a los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales? ¿Cómo se evalúa el efecto de la imposición de derechos de propiedad intelectual que acompañan estas innovaciones biotecnológicas sobre los agricultores, en especial cuando estos se vean forzados a firmar contratos de acceso onerosos para poder utilizar la semilla mejorada/modificada, renunciando a su capacidad de guardar y replantar semillas para futuras cosechas?
- f) ¿Cuáles son las capacidades en bioseguridad? ¿Cuáles son las limitaciones en el desarrollo de los mecanismos de bioseguridad, que hacen que estos no respondan adecuadamente a los requerimientos de la sociedad civil y de los mercados?

- g) ¿Qué valores culturales pueden verse afectados por la introducción de un cultivo modificado genéticamente?
- h) ¿Cuáles son los efectos ecológicos de los cultivos transgénicos y sus impactos sobre la salud humana? ¿No es ya muy tarde para esta evaluación dado que el monitoreo de impactos se debió hacer antes de la autorización masiva de estos cultivos?

Solo alianzas estratégicas y la acción coordinada de los movimientos sociales, organizaciones campesinas, movimientos ambientalistas y de trabajadores rurales, organizaciones no gubernamentales, asociaciones de consumidores, miembros comprometidos del sector académico, etc., pueden ejercer una presión sobre los gobiernos y las empresas multinacionales para asegurar que estas tendencias sean detenidas. Y más importante aún: necesitamos trabajar en alianzas para asegurarnos de que todos los países adquieran el derecho a conseguir su soberanía alimentaria por vía de sistemas basados en la agroecología y que cierren los ciclos locales de producción y consumo. Será necesario implementar una reforma agraria integral que asegure a los campesinos el acceso al agua, las semillas y otros recursos productivos, así como emprender políticas agrarias y alimentarias nacionales que respondan a las necesidades de los campesinos y los consumidores, en especial de los pobres.

Bibliografía

- ALTIERI, MIGUEL A: *Genetic Engineering in Agriculture: the Myths, Environmental Risks and Alternatives*, Food First Books, Oakland, 2004.
- _____ y W. PENGUE: «GM Soybean: Latin America's New Colonizer», *Seedling*, enero de 2006.
- _____ : «Transgenic Crops, Agrobiodiversity an Agroecosystem Function», en I.E.P. TAYLOR (ed.): *Genetically Engineered Crops*, Haworth Press, Nueva York, 2007, pp. 37-56.
- _____ y E. BRAVO: «La tragedia social y ecológica de la producción de biocombustibles en las Américas», 2008. En <http://alainet.org/active/24922>.
- AMÉNDOLA, C.: *Los transgénicos en la agricultura y la alimentación*, Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Montevideo, 2002.
- BRAVO, E.: *Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: encendiendo el debate sobre biocombustibles*, Acción Ecológica, Quito, 2006.
- DONALD, P.F.: «Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production systems», *Conservation Biology*, No. 18, 2004, pp. 17-37.
- FEARNSIDE, P.M.: «Soybean Cultivation as a Threat to the Environment in Brazil». *Environmental Conservation*, No. 28, 2001, pp. 23-28.

- JAMES, C.: «Global Review of Commercialised Transgenic Crops: 2007», *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Application Briefs*, No. 37, Ithaca, Nueva York, 2007.
- JASON, C.: *World Agriculture and the Environment*, Island Press, Washington D.C., 2004.
- JORDAN, J.F.: «Genetic Engineering, the Farm Crisis and World Hunger», *BioScience*, No. 52, 2001, pp. 523-529.
- LAPEÑA, I.: *Semillas transgénicas en centros de origen y diversidad*, Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, Lima, 2007.
- PAOLETTI, M y D. PIMENTEL: «Genetic Engineering in Agriculture and the Environment: Assessing Risks and Benefits», *BioScience*, No. 46, 1996, pp. 665-671.
- PENGUE, W.: «Transgenic Crops in Argentina: the Ecological and Social Debt», *Bulletin of Science, Technology and Society*, No. 25, 2005[a], pp. 314-322.
- _____: *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente?*, PNUMA, Serie Textos Básicos de Formación Ambiental 9, México D.F., 2005[b].
- PIMENTEL, D.: «Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics and Environmental Impacts Are Negative», *Natural Resources Research*, No. 12, pp. 127-134.
- _____, y T.W. PATZEK: «Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower», *Natural Resources Research*, No. 14, 2005, pp. 65-76.
- QUIST, D. e I. CHAPELA: «Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico», *Nature*, No.414, 2001, pp. 541-543.
- RELYEA, R.A.: «The Impact of Insecticides and Herbicides on the Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities», *Ecological Applications*, No. 15, 2005, pp. 618-627.

UNA MIRADA A LOS TRANSGÉNICOS EN EL CONTINENTE AMERICANO

MAYLING CHAN

Estudiante de doctorado del Centro de Estudios del Desarrollo Agrario y Rural (CEDAR), Universidad Agraria de La Habana.

Cuando veas las barbas de tu vecino arder, pon las tuyas en remojo.

Una de las razones que se esgrimen en Cuba a favor de la siembra y el consumo de transgénicos, es que supuestamente el país ya los está importando, no solo soya y maíz de Argentina y los Estados Unidos, sino también de Brasil y Canadá, que constituyen los mayores exportadores de ese tipo de alimentos. Tal sospecha se basa en que esos países no diferencian entre productos transgénicos y no transgénicos, puesto que sus agencias reguladoras asumen entre ellas el concepto de «equivalencia sustancial» que las transnacionales forcejean por imponer a toda costa.

No es difícil darse cuenta de la falacia de este argumento. En primer lugar, la decisión que se intenta legitimar se basa en una sospecha de quienes tienen el encargo social de decirnos si eso es así o no. Pero incluso aceptando que Cuba importa y consume transgénicos, y que en países de la región la extensión de esos cultivos es indetenible, eso no justifica que se siembren a campo abierto en la Isla. ¿Acaso hay que plegarse ante los hechos consumados? ¿Se trata de comer y callar?

Se plantea también que «las plantas transgénicas que estamos procesando son, principalmente, para darlas gratuitamente a los agricultores; la filosofía en general del país es poder compartir estos resultados».¹ En otras palabras, Cuba estaría dispuesta a exportar bondadosamente sus transgénicos con el objetivo de mitigar el hambre en los países vecinos. Sin embargo, otra falacia se asoma, pues hay que empezar por reflexionar a quién favorece más ese acto bondadoso: ¿a los que padecen el flagelo

¹ «Cuba prepara el lanzamiento al mercado de alimentos transgénicos», Reuters, en www.jornada.unam.mx/2005/12/03/a03n1cie.php.

del hambre o a las empresas transnacionales que presionan para enganchar a todo el mundo de sus transgénicos?

De ahí que con toda razón se pudiera pensar que los transgénicos cubanos terminarían por convertirse en el Caballo de Troya que tanto ansían esas transnacionales para lograr sus objetivos biopiratas en nuestra región. La intención cubana de facilitar transgénicos, o mejor, la intención de quienes abogan por sembrar y consumir transgénicos en el país, contrasta con las posiciones de Venezuela y también con las de los movimientos campesinos, de izquierda y civiles, que libran una gran batalla contra el statu quo capitalista, transnacional y neoliberal, para los cuales los transgénicos son una punta de lanza que mantiene y refuerza su hegemonía comercial y política.

A la luz de lo que está pasando con los transgénicos en varios países del área, se hace necesario pensarlo antes de lanzarse a esta aventura peligrosa, en la que está en juego no solo la salud, el medioambiente y la soberanía alimentaria del país, sino también su prestigio moral y político internacional.

Estados Unidos: transgénicos yanquis

La Ley Torricelli de 1992 estipuló recrudecer el bloqueo estadounidense.² Con la Ley Helms-Bulton, este adoptó una configuración extraterritorial al establecer que las empresas estadounidenses enclavadas fuera del territorio, así como las foráneas que tienen contratos con los Estados Unidos, se abstuvieran de tener relaciones comerciales con Cuba, bajo pena de multas millonarias en caso de violación.³ El gobierno cubano estima que el impacto total del bloqueo en la economía asciende a los noventa mil millones de dólares. A casi cincuenta años de iniciado, el bloqueo económico, comercial y financiero continúa arreciando, a pesar de las numerosas condenas que ha recibido en diversos ámbitos internacionales, especialmente en las Naciones Unidas.

No obstante, en el año 2001, cuando la Isla fue azotada fuertemente por el huracán Michel, el gobierno cubano aceptó el ofrecimiento estadounidense de ayuda alimentaria. A partir de entonces han venido aumentando las importaciones de alimentos de ese país. Oficialmente ha sido reconocido que ya para 2007 la tercera parte de las compras de alimentos de Cuba se realizaron con empresas de los Estados

² La Comisión Económica del Parlamento Latinoamericano (CEPAL) y otras fuentes informan que entre 2003 y 2005 las remesas anuales enviadas a los cubanos alcanzaron una magnitud de 460 a 900 millones de dólares estadounidenses.

³ En el año 2008 el gobierno de los Estados Unidos multó con 1,2 millones de dólares a Minxia Non-Ferrous Metals Inc. por violar el bloqueo.

⁴ *Ibíd.*, p. 211.

Unidos. Respecto a esta situación, investigadores del Centro de Estudios de la Economía Cubana (CEEC) advirtieron:

La contracción resultante de este cambio en las condiciones de acceso al mercado estadounidense sirvió para exponer un factor no considerado antes: la vulnerabilidad asociada a una excesiva dependencia en los suministros de alimentos desde los Estados Unidos en un contexto de tensiones políticas. Como resultado de ello, se ha incorporado el elemento de la seguridad alimentaria en las consideraciones cubanas a este respecto en la forma de una cuota de mercado para esas importaciones que no debe rebasar, *grosso modo*, el 50% de las importaciones totales.⁴

La situación de los transgénicos en ese país vecino es resultado de un excelente «triángulo amoroso» entre capitalismo, neoliberalismo y transnacionales. Nunca hubiera ocurrido sin el ambiente político de finales de los setenta, cuando la ultraderecha tomó el poder en Inglaterra y los Estados Unidos. Recordemos que el Programa de Santa Fe, auspiciado por Ronald Reagan, constituyó un paquete político que contenía el uso de los alimentos como palanca de presión política para controlar los gobiernos de la periferia. Por otra parte, el empuje del capital transnacional requiere que los Estados no se inmiscuyan en la economía y dejen que el mercado se encargue de todo. En este contexto, se empuja a la ciencia a servir al mercado y a los intereses privados de las transnacionales. Y los transgénicos encajan en ese orden.

Fue en los Estados Unidos donde se produjo y se comercializó el primer alimento transgénico: el tomate Flavr Svr o tomate larga vida. Luego de quince años de su introducción, Calgene Inc., la empresa transnacional que lo promovió, declaró que hubo problemas de control de la calidad y que la compañía no había podido disponer de las mejores variedades. De allí también provino el maíz StarLink, resistente a insectos y destinado al consumo de los animales. Pero se descubrió que estaba mezclado con maíces para el consumo humano. Al tratarse de un alimento muy resistente al calor, a los ácidos y enzimas estomacales, puede provocar náuseas, vómitos y diarreas. La contaminación con maíz StarLink se extendió a Canadá, Egipto, Bolivia, Guatemala, Nicaragua, Japón y Corea del Sur.

Según el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas —International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), institución que divulga datos estadísticos, a la medida de los intereses de las transnacionales—, en 2008 los Estados Unidos llevaban la voz cantante en áreas dedicadas a cultivos transgénicos. Entonces destinaba un total de 62,5 millones de hectáreas, sembradas sobre todo de soya, maíz, algodón, canola, calabaza, papaya y

⁵ Según se reporta en www.gmcontaminationregister.org.

alfalfa. Ese mismo año la producción de biocombustibles fue principalmente etanol de maíz (29% de la superficie maicera), biodiesel a partir de la soya (7% del total de este cultivo) y canola (5 000 ha). Recientemente se comenzó el cultivo de remolacha azucarera transgénica. Más allá de las estadísticas apoloéticas que nos presenta la ISAAA, siete países se reparten el 99% del área sembrada con transgénicos en el mundo: los Estados Unidos acaparan el 59%, seguidos de Argentina (20%), Canadá (6%), Brasil (6%), China (5%), Paraguay (2%) y Sudáfrica (1%).

El ISAAA no se refiere a las fechorías que hace por todo el mundo la transnacional Monsanto con el objetivo de imponer sus productos transgénicos, consolidar el dominio sobre las patentes y aumentar sus ganancias. *El mundo según Monsanto: De las dioxinas a los OMG. Una transnacional que les desea lo mejor*, de la periodista francesa Marie-Monique Robin, ofrece un análisis meticuloso, rigurosamente documentado y revelador de los entretelones de todas las maquinaciones fraudulentas y prepotentes de esta empresa. Su investigación denuncia, por ejemplo, cómo hay campesinos en la India que se suicidan debido a las malas cosechas transgénicas de Monsanto y cómo los científicos que trataron de hacer los estudios de riesgos han sido expulsados de sus institutos o universidades. El libro también condena las alianzas estratégicas con científicos de renombre internacional, la infiltración de expertos cercanos a la empresa en las agencias que certifican los alimentos, la falsificación de informes con resultados de experimentos, así como la presencia clandestina de trasgénicos en muchas partes del mundo.

Monsanto, cuyo negocio ha estado creciendo de año en año, ha sido objeto de reiteradas acusaciones, sobre todo por los daños, peligros y riesgos de sus productos. Tal es el caso del nitrato de amonio utilizado como fertilizante, los plásticos de polietileno, la hormona recombinante de crecimiento bovino (rBGH, «Bovine Somatotropin» o «Posilac Lactea»), las sustancias PCB (bifenilos policlorados), las dioxinas, el Agente Naranja (un herbicida que se utilizó para defoliar la selva durante la guerra de Vietnam), así como su producto transgénico principal: la soya Roundup Ready (o soya rr), resistente al plaguicida glifosato más vendido del mundo, y al cual se asocian muchos perjuicios a la salud y al medioambiente. En 2003 se reportó que el mayor número de casos de contaminación (11) ha ocurrido en los Estados Unidos.⁵

Para colmo, los Estados Unidos no firman ni ratifican importantes acuerdos internacionales en materia de transgénicos, como el Protocolo de Cartagena, concebido para regular el movimiento internacional de transgénicos tras su aprobación en enero de 2000 y entrada en vigor el 11 de septiembre de 2003.⁶ Recientemente el gobierno de ese país se opuso también a la propuesta de régimen internacional de responsabilidad y compensación por daños atribuibles al movimiento transfronterizo

⁶ Ver www.greenpeace.org/international/campaigns/genetic-engineering/biosafety-protocol.

de transgénicos. No se conoce la posición cubana respecto a este asunto, pero sí que Cuba ratificó el Protocolo de Cartagena el 17 de septiembre de 2002. , acuerdos que serían muy pertinentes para la región. Algunos consideran que el maíz que importa de los Estados Unidos puede ser transgénico, por lo que un convenio como ese podría despejar la duda. Si se dan garantías en tal sentido, entonces se tendría un argumento menos para recurrir a los transgénicos en Cuba.⁷ Cabe entonces preguntarse cómo es posible que Cuba, a la luz de estas evidencias, se disponga a la aventura de la siembra de transgénicos, bajo el supuesto de querer dejar de importarlos.

Argentina: la «soyización» transgénica de la economía

Como se mencionó, Cuba ha estado importando soya de Argetina, que es el segundo mayor cultivador de esa oleaginosa en el mundo. La soya, o soja, como se refiere en esa nación del Cono Sur, es el primer producto de exportación de Argentina y ocupa el 80% de las tierras aptas para agricultura.⁸ Por concepto de impuesto de exportación, el gobierno argentino ingresa 1 500 millones de dólares anualmente. Es el segundo país que posee mayor área y mayor producción de transgénicos, sobre todo de soya rr. Además de que casi el 100% de los cultivos de soya son transgénicos. Por otro lado, según la información que ofrece el ISAAA, en 2008, de la superficie total global, 21 millones de hectáreas corresponden a Argentina.

Esta «soyización» de la agricultura argentina se acompaña de nefastas consecuencias para la economía nacional, que tienden a solaparse tras la gran adquisición de mercancías que el país recibe por la comercialización de soya transgénica. Por ejemplo, en 2007 se reportó que Argentina y los Estados Unidos producían el 84% de las cosechas de semillas transgénicas sembradas, pero con más herbicida rr: 165 millones de litros (330 mil tanques de agua) por hectárea. Se dice también que esta «soyización transgénica» trajo consigo que más de diez pueblos argentinos hayan sido contaminados con este herbicida, producido en una de las plantas de Monsanto en Zarate, Buenos Aires.⁹ De 1996 a 2002 el número de explotación lechera disminuyó en 27% y Argentina tuvo que importar leche de Uruguay. Con la expansión de la soya, retrocedió a un 44% la producción de arroz, a un 34% la de girasol y a un 36% la de carne porcina. Lo mismo se dice en el caso de la producción de algodón y del empleo agrícola en el Chaco argentino. Argentina, otrora gran exportadora de carne de res, incluso ha tenido que importar este producto de alta demanda en el país.

⁷ Ver Patricia Grobs: «La buena fe no basta». Entrevista a Eduardo Freyre. Boletín *IPS, Economic Press Service*, Año 22, No.7, abril de 2009. En www.cubaalamano.net.

⁸ Se estima que entre 2005 y 2007 la soya transgénica llegó a representar el 70% de la producción mundial, frente al 1% de soya orgánica en la campaña 2005-2006.

⁹ Darío Aranda, 9 de abril de 2008. Ver www.rel-uita.org/agricultura/soja_hoy_enfermedad_maniana.htm.

Brasil: el gobierno bajo presiones transnacionales

Hoy por hoy, Brasil es uno de los mayores cultivadores de transgénicos, con una superficie de 15,8 millones de hectáreas del total de la superficie global.

En 1998, durante la presidencia de Fernando Henrique Cardoso (1994-2002), se liberó al mercado un producto transgénico (la soya transgénica de Monsanto).¹⁰ El gobierno ha estado concediendo licencias a los productores para vender soya transgénica, pero desde entonces ha habido contrabando de semillas y siembras ilegales. Ya para 2003 se calcula que en Paraná el 15% de la soya era transgénica, y se sospecha que también la hay en el centro Este y Nordeste de Brasil. Actualmente la ley de seguridad brasileña estipula que todos los productos con más de 1% de materia prima modificada genéticamente deben llevar una etiqueta con la letra «T» encerrada en un triángulo amarillo.

En 2003 el gobierno de Lula, para evitar la «desobediencia civil» de los agricultores que querían sembrar soya transgénica y a pesar de la oposición de la ministra de Medio Ambiente,¹¹ permitió que el Congreso Nacional aprobara una licencia.¹² Entre 2006 y 2007 el área de cultivos transgénicos se amplió en un 30% (15 millones de hectáreas de transgénicos en 2007, lo que representa un crecimiento de 3,5 millones de hectáreas comparado con 2006).¹³

La empresa ArborGe está autorizada a sembrar eucaliptos transgénicos como materia prima para producir fundamentalmente papel y etanol.¹⁴ En 2008, la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), autorizó doce ensayos de campo con variedades transgénicas de eucalipto,¹⁵ pero también de otros cultivos, como un maíz transgénico de Monsanto, otro de DuPont, Dow AgroSciences y otro de Syngenta.¹⁶ Ya existen unas doce licencias para la comercialización de transgénicos y se discute si estas autorizaciones están en correspondencia con la Ley de Bioseguridad.¹⁷

En 2007 Syngenta fue multada con más de medio millón de dólares por hacer experimentos con soya transgénica en el parque de Iguazú.¹⁸ Como reacción a estas empresas, el Movimiento Sin Tierra (MST) y La Vía Campesina presionan al gobierno, ocupan y queman campos de Syngenta y comienzan a desarrollar un centro

¹⁰ Ver www.ecodebate.com.br/2008/12/02/explosivo-avance-de-transgenicos/.

¹¹ Ver www.tierramerica.net/2003/1004/noticias1.shtml.

¹² Ver www.biotech.bioetica.org/ap58.htm.

¹³ Ver www.nuestraamerica.info/leer.hlv/5216.

¹⁴ Ver www.rel-uita.org/agricultura/transgenicos/brasil-eucaliptus-transg.htm.

¹⁵ Ver www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=46&id_art=5461.

¹⁶ Ver www.agenciapulsar.org/nota.php?id=14164.

¹⁷ Ver www.soitu.es/soitu/2008/02/13/info/1202857627_950156.html.

¹⁸ Ver http://actualidad.terra.es/nacional/articulo/multinacional_syngenta_brasil_2108805.htm.

experimental de semillas agroecológicas.¹⁹ A favor de las licencias están los ministros de Ciencia y Tecnología, de Agricultura, de Relaciones Exteriores, de Desarrollo, de Defensa, de Justicia y del gabinete civil de la Presidencia, algunos congresistas, y el CTNBio, la voz principal. Sin embargo, se oponen los ministros de Salud, de Medio Ambiente, de Desarrollo Agrario y de Agricultura y Pesca.²⁰ Toda la producción agrícola de Brasil es controlada por cincuenta empresas, de ellas treinta transnacionales.²¹

Por lo pronto no fue aprobada por Lula²² ni por el Congreso una propuesta de modificación de la Ley de Bioseguridad para poder liberar semillas Terminator.²³ Según el informe del ISAAA, el presidente de Brasil también ha demostrado su firme voluntad política de utilizar la agrobiotecnología y ha comprometido fondos públicos de la misma magnitud que China. Se dice que la empresa brasileña de investigación agropecuaria EMBRAPA tiene en estado muy avanzado el proceso de aprobación de varios productos biotecnológicos propios del país.

México: el temor de la contaminación transgénica

Según el informe del ISAAA de 2008, México ocupa el décimo tercer puesto entre los mayores productores de cultivos transgénicos en el mundo, con 0,1 millón de hectáreas del total de la superficie global, dedicados a soya y algodón.

En este país comenzó a discutirse en 2005 una Ley de Bioseguridad sobre transgénicos que fue aprobada en 2008 y estipula la regulación de las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos modificados genéticamente. Todo con el propósito de prevenir, evitar o reducir los riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana, al medioambiente, a la diversidad biológica, así como a la sanidad animal, vegetal y acuícola.²⁴

Productores mexicanos agroalimentarios han pedido al gobierno que autorice la siembra de maíz transgénico por el encarecimiento del estadounidense y por el crecimiento de la demanda para fabricar etanol. Anualmente México produce 21 millones de toneladas de maíz en 8,5 millones de hectáreas, con lo cual no alcanza a autobastarse de este alimento, y debe importar casi 10 millones de toneladas de los Estados Unidos, donde 32 millones de hectáreas se dedican a este cultivo.

¹⁹ En una de esas ocupaciones fue asesinado un joven del Movimiento, Valmir Mota de Oliveira (Keno), a manos de la agencia de seguridad (NF Seguranca) contratada por Syngenta.

²⁰ Ver revista-zoom.com.ar/articulo2049.html.

²¹ Ver www.rebellion.org/noticia.php?id=63091.

²² Ver www.jornada.unam.mx/2006/03/28/index.php?section=sociedad&article=047n1soc.

²³ Ver www.agenciapulsar.org/nota.php?id=11110.

²⁴ Ver <http://vlex.com.mx/vid/42578736>.

Sin embargo, desde hace varios años en México se experimenta con maíz transgénico de forma clandestina.²⁵ Existe un gran temor por la contaminación transgénica del maíz tradicional, lo cual pone en peligro la condición del país como centro de origen de este alimento. Desde finales de los noventa, se reportan casos de contaminación transgénica, como la ocurrida en Oaxaca en 2009.²⁶ Recientemente, en 2008, y casi a la par de Cuba, se emitió un reglamento gubernamental en el que se aprueba la experimentación con maíz transgénico. Detrás de las discusiones hay doce proyectos y 382 millones de dólares que deben ejecutarse hasta 2012 en materia de experimentación transgénica. Se dice que esas inversiones se harán en el Norte, donde se lleva a cabo el cultivo industrial de maíz, y no en el Sur, donde el maíz se destina al autoabastecimiento y existe la mayor riqueza de variedades autóctonas. En los experimentos se indica que las plantaciones de maíz transgénico no se extenderían a más de 200 hectáreas, a una distancia de 200 metros de otros cultivos, y separados por barreras arbóreas perimetrales. Se contempla, además, el corte de las espigas para evitar el escape de polen.

Gran parte de la población y organizaciones civiles han protestado contra las autorizaciones de experimentación que está haciendo el gobierno, lo cual se suma a iniciativas como la elaboración de una Lista Verde en la que se informan los alimentos y empresas que no tienen transgénicos.²⁷ Se buscan alternativas, como el proyecto Canasta de Semillas, de 2005, que dirige un grupo de mujeres para controlar los medios de producción de semillas.²⁸ Existe temor de que la expansión de los transgénicos dé al traste con la producción campesina de maíz en México y conduzca a la «descampesinización».²⁹

Chile: el camino hacia la normalización total de los transgénicos

Chile es de los países que no sobrepasan 0,1 millón de hectáreas sembradas de transgénicos. Sin embargo, el cultivo de organismos modificados genéticamente no está bien regulado y el gobierno ha permitido la introducción de transgénicos desde 1992. Hay una Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) que autoriza la entrada de semillas transgénicas para su multiplicación con fines de exportación, y no para el consumo. Existe una Comisión Asesora de Liberación de Transgénicos (CALT) y la

²⁵ Ver www.ecoport.net.

²⁶ Ver www.ecoport.com.ar/content/view/full/83559.

²⁷ Ver www.ecoport.net/content/view/full/54976.

²⁸ Ver www.canastadesemillas.org.

²⁹ Silvia Ribeiro: «Maíz transgénico y descampesinización en México», *La Jornada*, 1 de septiembre de 2007. Ver www.rebellion.org/noticia.php?id=56221.

Ley de Bases General del Medio Ambiente considera la liberación de transgénicos como actividad que debe someterse.

La Ley de Derechos de los Consumidores estipula el derecho a una etiqueta para los alimentos, pero no comprende su aplicación a los productos transgénicos. Las autoridades declaran que en 2008 existían unas 25 mil hectáreas de transgénicos, mientras se lucha por la ratificación del Protocolo de Bioseguridad. A pesar de que la presidenta Michelle Bachelet había prometido no permitir la entrada de cultivos transgénicos,³⁰ en 2008 no existían en Chile certificaciones, registros ni información pública sobre dónde están esos cultivos. Esa información es confidencial. Ahora se discute un proyecto de ley que apoya la expansión de los cultivos transgénicos y no considera su etiquetado.³¹

Junto con todo esto, el Ministerio de Agricultura autorizó a la transnacional Monsanto para sembrar soya transgénica en el país. En 2007 se reportaron 710 intoxicados por soya Roundup Ready.³² Y la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAPAL) le solicitaron una moratoria a Bachelet,³³ pues el Senado está proponiendo un proyecto para permitir la liberación de semillas transgénicas en función de la producción subsidiada de agrocombustibles.³⁴

Ecuador: prohibición constitucional de los transgénicos, pero...

No se reporta siembra de transgénicos en Ecuador, pero existen fuerzas, incluso dentro del gobierno, que abogan por su autorización. Asambleístas y organizaciones civiles (Central Ecuatoriana de Agroecología, Red de Ecologistas Populares, Red de Canastas Comunitarias de Quito, Centro de Derechos Económicos y Sociales, Asociación Ecuatoriana de Agricultores Biológicos, entre muchas más) se oponen, bajo el principio de precaución y la amenaza para la soberanía alimentaria.

Es cierto que el presidente Rafael Correa apoya la declaración constitucional «Ecuador, país libre de cultivos transgénicos», pero también teme que la prohibición de los transgénicos afecte la disponibilidad de aceites y alimentos balanceados. El gobierno de Correa acepta los transgénicos, siempre y cuando no estén relacionados con la empresa privada y se regulen y controlen adecuadamente (incluyendo todos

³⁰ Ver www.elmostrador.cl/index.php?/noticias/articulo/el_silencioso_aterrizaje_de_los_transg/.

³¹ Ver http://74.125.47.132/search?q=cache:2PREOS4EILYJ:elclarin.cl/index.php%3Foption%3Dcom_content%26task%3Dview%26id%3D14739%26Itemid%3D45+Chile%2Btransg%C3%A9nicos&hl=es&ct=clnk&ccd=19&gl=cu.

³² Ver www.elciudadano.cl/2008/01/25/chile-intoxicacion-con-plaguicidas-en-maizal-transgenico/.

³³ Ver www.rap-al.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&cid=196.

³⁴ Ver [www.archivos-alternativas.org/archivos/archivos%20completos/2\)febrero/5---1.02.2008/internacionales/pdf%20internacional/chile.pdf](http://www.archivos-alternativas.org/archivos/archivos%20completos/2)febrero/5---1.02.2008/internacionales/pdf%20internacional/chile.pdf).

los productos biotecnológicos).³⁵ En una de sus intervenciones sobre el tema, planteó el mismo argumento que esgrimen en Cuba quienes aspiran a que se autorice su siembra y consumo a gran escala: «Los transgénicos peligrosos se los eliminará del mercado. Pero cuidado, les insisto, toda la soya importada ahora es transgénica, nos quedamos sin soya y sin eso, nos quedamos sin aceite, sin alimentos balanceados, etc. Entonces, muchas veces por un entusiasmo excesivo, por ciertas ideas sin sustento científico [...] se lanzan estas cosas que no resisten mayores análisis».³⁶

El artículo 15 del nuevo proyecto de Ley Constitucional, emitido en 2008, prohíbe los transgénicos. Sin embargo, el 401, si bien declara a Ecuador país libre de cultivos y semillas transgénicas, dice también que «excepcionalmente, y solo en caso de interés nacional debidamente fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrán introducir semillas y cultivos modificados genéticamente».

El país tiene además una Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria, aprobada el 18 de febrero de 2009 por la Asamblea Nacional de Ecuador que retoma la declaración de país «libre de cultivos y semillas transgénicas». Sin embargo, su artículo 26 refrenda la importación y procesamiento de materias primas que contengan insumos de origen transgénico, siempre y cuando «cumplan con los requisitos de sanidad e inocuidad y que su capacidad de reproducción como semillas sea inhabilitada por trozamiento». Ahora se sugiere eliminar la palabra *trozamiento* y sustituirla por «siempre y cuando su capacidad de reproducción como semillas sea inhabilitada». Se teme que este veto abra las puertas a las semillas Terminator (exterminadoras).³⁷

Bolivia: sucumbir a los transgénicos

En 1998 Monsanto solicitó la aprobación de su soya transgénica rr en Bolivia, y en 2005 se sumó a esa solicitud el Comité Nacional de Bioseguridad y el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), que la propusieron al Ministerio de Desarrollo Sostenible. El 1 de julio de ese año se emitió el Decreto Supremo 28225, que autorizaba la producción, procesamiento, comercialización interna y externa de semillas de soya modificada genéticamente. El Estado de Santa Cruz y el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) han organizado una campaña a favor de los cultivos transgénicos y presionan al gobierno para que los apruebe totalmente.

³⁵ Ver www.servindi.org/actualidad/4383.

³⁶ Lucas Kintto: «Ecuador: ¿Un futuro de transgénicos?», *La Fogata*, 25 de julio. Ver www.servindi.org/actualidad/4383.

³⁷ «¿Terminando la soberanía alimentaria en Ecuador?», 17 de abril de 2009. Ver <http://es.banterminator.org/Noticias/Noticias-y-avisos/Terminando-la-soberania-alimentaria-en-Ecuador>.

En 2006 el presidente Evo Morales planteó: «Nuestros productos tienen que tener mercados. Bolivia tiene que ser un país con productos orgánicos. Pero hemos visto que están ingresando transgénicos. No vamos a poder competir con esos productos. Tienen que ser ecológicos».³⁸ Sin embargo, el Informe ISAAA 2008 apunta que Bolivia ya tiene plantada soya transgénica, y que 0,6 millones de hectáreas se dedican a ese cultivo. De este modo, Bolivia no solo se ha convertido en el noveno país de América Latina en adoptar cultivos biotecnológicos, sino que también ha pasado a ser el octavo productor de soya del mundo, con lo que eliminó su desventaja con respecto a Brasil. En abril de 2009 el gobierno, en contra de un grupo importante de organizaciones campesinas e indígenas, aceptó la solicitud presentada por la Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas (ANAPO) para realizar pruebas de campo en parcelas semicomerciales con soya transgénica resistente al herbicida glifosato.

La Constitución boliviana de 2007, en su artículo 403, habla de la promoción de productos agroecológicos, la protección y aseguramiento de los pequeños productores, y la soberanía alimentaria. Pero también en los artículos 254 (inciso 8) y 405 prohíbe la producción, uso, experimentación, importación y comercialización de organismos modificados genéticamente. Sin embargo, la versión de 2008 suprime los anteriores artículos, pero aparece el 409, donde se dice que la producción, importación y comercialización de transgénicos será regulada por ley.

En 2008 Greenpeace y el Foro Boliviano de Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE) informaron que más de cincuenta alimentos que la población boliviana consume contienen elementos alterados genéticamente y, en su mayoría, introducidos en el país de forma clandestina por la falta de control y exigencia del etiquetado de esos productos. El único alimento transgénico autorizado según el Decreto 24676 es la soya, pero este documento está siendo discutido.

A partir de 2006, y en el contexto de los Tratados de Comercio entre los Pueblos (TCP) y de la Alternativa Bolivariana de las Américas (ALBA), Bolivia comenzó a exportar soya.³⁹ Cabe destacar en tal sentido el acuerdo que suscribió con Venezuela para suministrarle soya, pero bajo la condición de que sea de los productores y no transgénico. Esta condición está amenazada y pone en riesgo transgénico a los países que integran el TCP y el ALBA,⁴⁰ entre ellos Cuba, aunque hasta el momento la Isla no importa soya de Bolivia.

³⁸ «Evo Morales pide controlar la producción transgénica», *El Diario*, 31 de mayo de 2006. Ver <http://pediatria.bvsp.org.bo/sys/s2a.xic?DB=B&S2=2&S11=9992&S22=b>.

³⁹ Gustavo Márquez Marín: «¡Cuidado con los transgénicos del Sur!», 12 de marzo de 2008. Ver www.aporrea.org/desalambrar/a53004.html.

⁴⁰ Miguel Ángel Núñez: «¿Bolivia, el granero del ALBA: exportando soya transgénica a los países pertenecientes al ALBA?», 24 de abril de 2009. Ver www.aporrea.org/tecno/a76691.html.

Venezuela: mantener a raya a los transgénicos

¿Revolución bolivariana con o sin soya transgénica? Prácticamente así se ha planteado la polémica que hay en Venezuela sobre el tema.⁴¹ Desde hace diez años hay personas que presionan al presidente Hugo Chávez para que autorice los transgénicos y dé libertad a la distribución de pollos transgénicos SADIA del Brasil en el proyecto MERCAL.⁴² Se sospecha que una planta inaugurada en el estado Anzoátegui, en 2007, procesa soya transgénica de Argentina, Brasil y Bolivia.⁴³ Pero en 2004 Chávez, atendiendo a los movimientos campesinos que objetan los transgénicos, rechazó esta tecnología y anuló los contratos.

En un discurso de 2005, el presidente de Venezuela denunció la relación ALCA-transnacionales-transgénicos y alertó sobre sus consecuencias para América Central y del Sur.⁴⁴ Al año siguiente volvió a pronunciarse en el mismo sentido, y también sobre los agroquímicos.⁴⁵ En 2007 reiteró su rotundo no a los transgénicos, en entrevista concedida a periodistas de TeleSur,⁴⁶ y reforzando su negativa, lanzó un año después el plan Cosecha Segura, que contempla el aumento de subsidio y la condonación de la deuda a veinte mil productores medianos y pequeños de maíz blanco, arroz, sorgo, soya, girasol y café.⁴⁷

Merece la pena citar algunos fragmentos del discurso que Chávez pronunció al finalizar la marcha en apoyo a la política latinoamericana y caribeña y contra el imperialismo, en el Palacio de Miraflores, el sábado 19 de noviembre de 2005:

Los productores de Centroamérica y de Suramérica están denunciando que ellos no van a poder competir, y cómo van a poder competir con el maíz de los Estados Unidos, que es subsidiado y es transgénico [...] pero dañino para la salud, daña la salud de los seres humanos, eso es un veneno que todavía los científicos —incluso— no se atreven a decir cuáles son los resultados a largo plazo de consumir transgénicos [...]. Cuidado si la transferencia genética a las futuras generaciones comienza a ser modificada [...]. No estoy diciendo que eso va a ocurrir, pero nadie puede garantizar que no va a ocurrir, ningún científico serio hasta ahora se ha atrevido a decir que eso no va a ocurrir [...]. Aquí

⁴¹ Ver <http://bioseguridad.blogspot.com/2007/03/chvez-marxismo-y-soya-transgnica.html>.

⁴² Ver www.rebellion.org/hemeroteca/ecologia/040423via.htm.

⁴³ Ver <http://perlhorta.org/nova/?q=node/190>.

⁴⁴ Ver www.alternativabolivariana.org.

⁴⁵ Miguel Ángel Núñez: «Chávez: Ni Transgénicos ni agrotóxicos», 2006.

⁴⁶ Ver <http://chamosaurio.com/2008/06/12/hugo-chavez-anuncia-medidas-de-reimpulso-productivo-para-la-economia-venezolana/>.

⁴⁷ Ver <http://chamosaurio.com/2008/06/12/hugo-chavez-anuncia-medidas-de-reimpulso-productivo-para-la-economia-venezolana/>.

en Venezuela hemos prohibido los transgénicos, porque son dañinos al ser humano, son dañinos a la ecología; además de que producen la quiebra de los pequeños y medianos productores. Porque ¿quién puede comprar la semillas transgénicas?, ¿cómo se compran?, ¿cómo los productores pequeños de Portuguesa, de Barinas, de Apure, de Guárico, pueden comprar transgénicos?⁴⁸

Recientemente, en marzo de 2009, Chávez ordenó al Ministerio de Agricultura y Tierras iniciar el proceso de expropiación de la Cargill, una transnacional estadounidense que produce y comercializa transgénicos. La empresa fue acusada de «violar las leyes de Venezuela que garantizan el acceso de la población a alimentos de calidad y baratos». ⁴⁹ En el número 193 de 2009 del boletín de la Red por una América Latina Libre de Transgénicos, se publicaron tres noticias que apuntan que Venezuela quiere promover un frente suramericano para la producción y comercialización de soya. Por eso está incentivando el cultivo de soya convencional en su país, y Chávez ordenó congelar un proyecto de compra de maquinarias de siembra directa producidas en Argentina, sospechando que serían para plantar soya transgénica.

Conclusiones

Numerosos países de América están sucumbiendo a la expansión de los transgénicos, ya sea de forma clandestina o regulada, pero bajo las presiones de las transnacionales, amparadas por el statu quo neoliberal y capitalista imperante. Estas han logrado neutralizar las alertas, protestas y denuncias de los agricultores campesinos e indígenas, y de las organizaciones civiles que protegen a ciudadanos y consumidores.

En esos países los gobiernos están siendo obligados a aceptar los transgénicos, por diversos reclamos que vienen desde las empresas transnacionales enclavadas allí, de los grandes empresarios locales, y hasta de los agricultores nacionales atajados por la competencia y el dumpin. Considérese también la necesidad de pagar la injusta deuda externa, de enfrentar las crisis económicas y alimentarias, así como de no quedarse atrás en la competencia mercantil.

Dentro de los gobiernos existen controversias y enconadas luchas sobre la aprobación legal de los transgénicos, sea a nivel constitucional, sea a través de Leyes de Medio Ambiente o de Bioseguridad. Hay gobiernos que han legalizado los transgénicos, algunos los han prohibido totalmente, mientras otros dejan la puerta abierta para una posible necesidad de exención. En todos hay una oposición cívica a los

⁴⁸ Se puede descargar este discurso desde www.alternativabolivariana.org y desde www.portalalba.org.

⁴⁹ Boletín de la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina, 19 de marzo de 2009.

transgénicos, encabezada por los movimientos campesinos y las ONG, que constantemente denuncian la entrada ilegal de los transgénicos de las transnacionales, sus peligros, riesgos y daños (a la salud, al medioambiente, a la economía local) e instan a los gobiernos a prohibirlos. A la vez, generan múltiples alternativas a los transgénicos y abogan por las reformas agrarias integrales, la soberanía alimentaria y el desarrollo de una agricultura con familias campesinas.⁵⁰

Grandes amenazas se ciernen sobre los países y gobiernos latinoamericanos al sucumbir a la mercantilización, a la competitividad transgénica y a la «dictadura de los hechos consumados». Con el énfasis en las importaciones se colocan en peligro los productos agrícolas locales, la autosuficiencia alimentaria ancestral o tradicional y los patrones indentitarios de consumo, que quedan subordinados a la lógica del mercado transnacional «desregulado». La agricultura transgénica conduce al ahorro de mano de obra y, por lo tanto, a la reducción de los empleos e ingresos en los entornos agrarios rurales. Como resultado, se cierne sobre los pueblos de América Latina la amenaza del éxodo rural y el advenimiento de una agricultura sin campesinos.

A raíz de lo que está pasando en América Latina, donde los transgénicos se están imponiendo a punta de lanza, el gobierno cubano debería considerar las oportunidades excepcionales que tiene el país —dada su condición de Isla, así como su régimen económico y social— de continuar libre de transgénicos y, como el gobierno de Venezuela, tomar en serio los riesgos ambientales, económicos, sociales y culturales que la expansión transgénica puede acarrear, y también las reivindicaciones de los campesinos que luchan contra las zancadillas científico-tecnológicas del capital.

Por otra parte, no se puede dar la espalda a las positivas experiencias que están ofreciendo países del área —sobre todo Bolivia, Ecuador y Venezuela— en materia de tratamiento diferenciado de la regulación sobre transgénicos, la aplicación del principio de precaución, la información a la sociedad, la acción abierta de los movimientos que se oponen a los transgénicos, la connotación constitucional, y el análisis del asunto en sus Asambleas y Parlamentos.

⁵⁰ Ver Peter Rosset: «Mirando hacia el futuro: La Reforma Agraria y la Soberanía Alimentaria», en www.fao.org/Regional/Lamerica/ong/cuba/pdf/06apoeng.pdf

EL HAMBRE EN EL TERCER MUNDO Y LA INGENIERÍA GENÉTICA: ¿UNA TECNOLOGÍA APROPIADA?*

PETER ROSSET

Dr.C. Investigador del Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano (CECCAM), México.

El propósito de este ensayo es ofrecer algunas respuestas a la pregunta de si las variedades modificadas genéticamente pueden ser una tecnología útil, importante o deseable para enfrentar los problemas de la pobreza, el hambre y la baja productividad que sufren los campesinos del tercer mundo. La industria, las instituciones oficiales y muchos investigadores quieren hacernos creer que es así (Council for Biotechnology Information, s.f.; Pinstруп-Andersen, 1999; McGloughlin, 1999a y b). Es necesario analizar sus argumentos críticamente.

Me referiré principalmente a la producción agrícola de alimentos para el consumo nacional. Cuando hablamos de mercados nacionales, vemos que los agricultores familiares y los campesinos,¹ a pesar de su posición desventajosa en la sociedad, son los principales productores de alimentos básicos y los responsables de elevados porcentajes de la producción nacional en la mayoría de los países del tercer mundo. Este sector, tan importante para la producción de alimentos, paradójicamente se caracteriza por vivir en la pobreza, padecer hambre y tener, en algunos casos, una productividad muy baja.

Para saber si la solución que propone la ingeniería genética es capaz de acabar con esos problemas, debemos comenzar por entender con claridad cuáles son las causas

* Tomado de Heinke Corina (comp.): *La vida en venta: Transgénicos, patentes y biodiversidad*, Ediciones Heinrich Böll, El Salvador, 2002.

¹ El texto original se refiere tanto a campesinas y agricultoras como a campesinos y agricultores. En lugar de esto, con el fin de evitar que la lectura se haga demasiado pesada, usaremos el término genérico «campesinos y agricultores», aunque estamos conscientes de que pese a la parcialidad del lenguaje, la mayoría de este grupo son mujeres. *Nota de la traducción.*

de la pobreza y el hambre. Si estas se debieran al empleo de tecnologías inadecuadas, sería posible una solución tecnológica, al menos en teoría. Por lo tanto, empezaremos por el análisis de las condiciones que en esos países enfrentan los campesinos productores de alimentos básicos.

Antecedentes históricos

La historia del tercer mundo ha sido la historia de un desarrollo insostenible. La apropiación colonialista de las tierras desplazó a las sociedades productoras de alimentos de las mejores tierras para cultivo, de las tierras aluviales o volcánicas relativamente llanas, con lluvias suficientes pero no excesivas, o con agua para riego. En la nueva economía global, dominada por las potencias coloniales, esas tierras fueron convertidas en productoras para la exportación. En lugar de producir los alimentos básicos para la población local, se volvieron extensas haciendas ganaderas o plantaciones dedicadas a la explotación de añil, cacao, coco, caucho, azúcar, algodón y otros productos de alto valor mercantil.

Mientras los productores tradicionales de alimentos habían desarrollado, a través de millares de años, prácticas agrícolas y ganaderas en consonancia con la fertilidad de las tierras locales y las condiciones ambientales, las plantaciones coloniales, con una miopía exacerbada por su afán de lucro, decidieron extraer los máximos beneficios con los mínimos costos, usando con frecuencia mano de obra esclava y prácticas de producción que descuidaron la sostenibilidad de la producción a largo plazo (Lappé *et al.*, 1998).

Entre tanto, los productores locales de alimentos fueron sometidos mediante regímenes esclavizantes o desplazados hacia suelos marginales poco aptos para la producción. Las sociedades precoloniales habían usado las tierras áridas y desérticas únicamente para pastoreo nómada de baja intensidad, los terrenos de ladera solo habían albergado una población de baja densidad, con cultivos intercalados y largos períodos en barbecho —o en algunos casos, con sofisticadas terracerías—, usando los bosques lluviosos ante todo para la caza y la recolección, con alguna producción agroforestal. Todas estas prácticas, en tales condiciones, son sostenibles a largo plazo. Los agricultores estaban acostumbrados a producir de manera continua cultivos anuales en tierras fértiles, con buenos drenajes y suficiente acceso al agua. Pero el colonialismo desplazó masivamente a las familias de agricultores hacia las áreas marginales ya mencionadas. Aunque las culturas precoloniales nunca habían considerado que esas regiones podían ser adecuadas para una población densa y cultivos anuales intensivos, de ahí en adelante, en muchos casos, tuvieron que adaptarse a ambas cosas. Como resultado, estos agricultores recién desalojados y desplazados, talaron los bosques y sometieron muchos hábitats frágiles a prácticas productivas insostenibles, mientras

las mejores tierras, en manos de los europeos, fueron siendo degradadas por las continuas cosechas para la exportación (Lappé *et al.*, 1998).

Las independencias nacionales del colonialismo significaron poco en el alivio de los problemas ambientales y sociales generados por la dinámica anteriormente descrita, y en verdad empeoraron la situación en una buena parte del tercer mundo. Las élites poscoloniales llegaron al poder con fuertes vínculos con las economías orientadas a la exportación, de hecho relacionadas en muchos casos con los antiguos poderes coloniales. El período de las independencias nacionales, que duró más de un siglo, correspondió con la expansión a escala global del mercado y las relaciones capitalistas de producción y, en particular, con su penetración en las economías de los países del tercer mundo y las áreas rurales. Pasaron a primer término nuevos productos de exportación, incluyendo café, banano, maní, soya, aceite de palma; mientras surgían nuevas élites agroexportadoras, más capitalistas, opuestas a las antiguas élites coloniales. Este período, llamado «modernización», se basaba en la ideología de que lo grande siempre es mejor. En las zonas rurales eso significó la consolidación de las tierras agrícolas en grandes latifundios que podían mecanizar sus labores, y la noción de que el campesinado «retrógrado e ineficiente» debía dejar la agricultura y migrar a las ciudades, donde proporcionaría la fuerza de trabajo para la industrialización. Esto desembocó en un nuevo ciclo de concentración de la propiedad territorial en manos de los ricos y en un aumento considerable de campesinos sin tierra. Estos campesinos pronto se volvieron los más pobres de los pobres, subsistiendo parcialmente como trabajadores agrícolas por temporada, peones contratados por día, recolectores de cosechas o migrantes hacia las fronteras agrícolas a talar bosques para los hacendados. En esta masa de desposeídos también estaban los «campesinos pobres»: aparceros, arrendatarios de pequeñas parcelas, ocupantes precarios, minifundistas, propietarios legales de parcelas tan pequeñas o con suelos tan infértiles que no servían para mantener a sus familias (Lappé *et al.*, 1998).

Por lo tanto, en la actualidad las zonas rurales en el tercer mundo se caracterizan por desigualdades extremas en el acceso a la tierra, en la seguridad de la tenencia y en la calidad de la tierra cultivada. Estas desigualdades producen otras desigualdades igualmente extremas de riqueza, ingresos y niveles de vida. La mayoría desposeída está marginada de la vida económica nacional, en la medida en que sus magros ingresos representan un poder de compra insignificante (Lappé *et al.*, 1998).

Esto crea un círculo vicioso. La marginación de la mayoría conduce a la existencia de mercados nacionales muy limitados en cantidad y variedad, de modo que las élites de los agronegocios orientan su producción a mercados de exportación, donde los consumidores sí disponen de poder de compra. Al hacer esto, ellas pierden todavía más su interés en el bienestar o poder adquisitivo de los pobres en su país, debido a que estos no constituyen un mercado para ellos, sino más bien costos en términos de salarios

que tratan de mantener lo más bajos posible. Y al mantener bajos los salarios y los niveles de vida, los mercados nacionales jamás surgirán con fuerza, lo cual remarca su orientación exportadora.

El resultado es una espiral descendente que hunde a la población en una pobreza y una marginación cada vez mayores, independientemente de que las exportaciones nacionales se vuelvan más «competitivas» en la economía global. Una de las ironías de nuestro mundo actual es que los alimentos y otros productos agrícolas fluyen desde zonas de hambre y necesidades básicas insatisfechas hacia zonas donde se concentra el dinero, en los países industrializados (Lappé *et al.*, 1998).

La misma dinámica produce también degradación ambiental. Por una parte, la población rural fue históricamente reubicada desde áreas apropiadas para la agricultura a otras menos convenientes, lo que condujo a la deforestación, desertificación y erosión de las tierras en los ambientes más frágiles. El proceso continúa en la actualidad, en la medida en que nuevos grupos sin tierras migran hacia las fronteras agrícolas. En las tierras más productivas, la situación no es mejor. En la mayoría de los países las mejores tierras se han concentrado en grandes empresas agrícolas dedicadas a la producción mecanizada de unos pocos cultivos de exportación, con uso intensivo de fertilizantes químicos. Muchas de las mejores tierras de nuestro planeta —que los agricultores tradicionales precoloniales habían administrado de modo sostenible durante milenios— se han ido degradando rápidamente y, en algunos casos, han tenido que ser abandonadas por completo, debido a la búsqueda cortoplacista de ganancias y competitividad en la exportación. La capacidad productiva de esas tierras está descendiendo rápidamente por la compactación del suelo, la erosión, la explotación forestal y la pérdida de fertilidad, aunadas a la resistencia cada vez mayor de las plagas contra los plaguicidas y la reducción de la biodiversidad funcional, tanto en el suelo como aérea. Muchas agencias internacionales reconocen actualmente que el creciente problema de la disminución de productividad de las cosechas es una importante amenaza subyacente en la producción global de alimentos (Lappé *et al.*, 1998).

Los programas de ajuste estructural y otras macropolíticas

Como si lo anterior no fuese suficiente, las últimas tres décadas de historia mundial han presenciado una serie de cambios en los mecanismos de gobierno nacional y global, cuya suma ha desgastado considerablemente la capacidad de los gobiernos de los países del Sur para orientar su desarrollo teniendo en cuenta la seguridad de sus ciudadanos en sentido amplio. Sus posibilidades de asegurar el bienestar social de los sectores pobres y vulnerables, de alcanzar la justicia social, de garantizar los derechos humanos, y de proteger y administrar sosteniblemente sus recursos naturales, se han debilitado en extremo.

Esos cambios en los mecanismos de gobierno se han producido en el marco de un paradigma que considera al comercio internacional como el recurso clave para promover el crecimiento económico a nivel nacional, y la solución para todos los males (Lappé *et al.*, 1998; Bello *et al.*, 1999). Con la finalidad de abrirles campo a las actividades de importación-exportación, así como a las inversiones extranjeras promotoras de las exportaciones, tanto los programas de ajuste estructural (PAE) como los acuerdos regionales y bilaterales de comercio, y las negociaciones del Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT según las siglas en inglés de General Agreement on Tariffs and Trade) y luego de la Organización Mundial del Comercio (OMC), han desplazado la preeminencia de los gobiernos en la conducción de sus economías hacia los mecanismos de mercado y organismos de regulación global, como la mencionada OMC. De manera progresiva, los gobiernos de los países del Sur han ido perdiendo la mayoría de las herramientas administrativas para orientar sus políticas macroeconómicas. Se han visto obligados a recortar drásticamente las inversiones gubernamentales debido a las exigencias de reducir sus déficits presupuestarios, unificar tasas de cambio, devaluar y dejar en flotación sus monedas locales, eliminar prácticamente todas las barreras arancelarias y no arancelarias, privatizar los bancos estatales y otras empresas, y cortar o eliminar los subsidios de todo tipo, incluyendo servicios sociales y precios de apoyo para los pequeños agricultores. En la mayoría de los casos —como preparación para ser admitidos en un acuerdo comercial o recibir fondos y/o asesoramiento provenientes de alguna institución financiera internacional, como el Banco Mundial—, el ajuste ha estado seguido de arreglos sobre la tenencia de la tierra, siendo preponderantes los mecanismos de privatización y formación de mercados de tierra, buscando con eso una inversión mayor en los sectores agrícolas (Lappé *et al.*, 1998; Bello *et al.*, 1999).

Si bien esos cambios han creado en algunos casos oportunidades novedosas para que personas de bajos recursos explote nuevos nichos de mercado en la economía global (café orgánico, por ejemplo), la mayor parte de las veces lo que han hecho es socavar tanto las redes de seguridad social provistas por los gobiernos como la cooperación y gestión comunitaria de recursos, tradicionalmente usada para enfrentar las crisis. La mayoría de los pobres sigue viviendo en zonas rurales, y los cambios mencionados han profundizado en muchos de ellos la crisis, incapacitándolos para obtener su propio sustento. Cada vez son más los arrojados a espacios dominados por las fuerzas económicas globales, donde los términos de participación han sido establecidos de acuerdo con los intereses de los más poderosos. Los agricultores ven cómo los precios de los alimentos básicos que producen caen por debajo de los costos de producción, al enfrentar importaciones baratas libres de aranceles y cuotas. Hay una tendencia a que tengan que enfrentar la falta de créditos, acopio, comercialización y precios subsidiados que anteriormente apoyaban su producción; mientras los sis-

temas tradicionales de gestión de tierras comunales siguen siendo atacados por las reformas legales y por los inversionistas del sector privado. Como resultado, la productividad de los campesinos y agricultores familiares, responsables de los alimentos para el consumo nacional, está disminuyendo, especialmente en regiones como África Subsahariana (Lappé *et al.*, 1998).

Disminución de la productividad

No es entonces por carecer de semillas «milagrosas» que contienen su propio insecticida y toleran dosis muy grandes de herbicidas que los productores de alimentos del tercer mundo muestran una productividad en descenso, sino por el hecho de que han sido desplazados hacia tierras marginales, con suelos empobrecidos y en las que dependen exclusivamente de la lluvia para el riego. Al mismo tiempo tienen que enfrentar estructuras y políticas macroeconómicas multifacéticamente hostiles a que los agricultores familiares y campesinos sean productores de alimentos.

Cuando los programas de ajuste estructural privatizan los bancos para el desarrollo, los agricultores de pequeña escala quedan sin créditos. Cuando esos programas cancelan el subsidio a ciertos insumos (abonos, fertilizantes, etc.), estos agricultores ya no pueden usarlos. Cuando ya no se subsidian los precios y los mercados nacionales se abren a los excedentes de alimentos de los países industrializados (dumpin), caen los precios y la producción local de alimentos deja de ser rentable. Cuando las agencias estatales para la comercialización de granos básicos son sustituidas por comerciantes privados, quienes prefieren importaciones baratas o comprar a los hacendados ricos, los pequeños agricultores ya no encuentran compradores para lo que producen. Estas son, por tanto, las verdaderas causas de la baja productividad.

De hecho, en muchas partes del tercer mundo, en especial en África, *los campesinos están produciendo hoy mucho menos de lo que podrían producir con la tecnología y el conocimiento que ya tienen*, porque no hay incentivos para hacerlo: los precios son demasiado bajos y hay pocos compradores. Ninguna semilla nueva, buena o mala, puede cambiar eso, por lo cual resulta poco probable que sin los cambios estructurales que se necesitan urgentemente en materia de acceso a la tierra y políticas agrícolas y comerciales, la ingeniería genética pueda tener algún impacto en la producción de alimentos entre los agricultores más pobres (Lappé *et al.*, 1998; también el debate entre McGloughlin, 1999b, y Altieri y Rosset, 1999).

Desde esa perspectiva, debería quedar claro que en el mejor de los casos la ingeniería genética es tangencial a las condiciones y necesidades de los campesinos y agricultores familiares que dice que se propone ayudar, ya que de ninguna manera se dirige a los principales obstáculos que enfrentan. Pero que sea tangencial no quiere decir que sea «mala». Por eso, es necesario dilucidar la cuestión siguiente: ¿los cultivos

manipulados por la ingeniería genética son simplemente irrelevantes para los pobres o pueden significar incluso una amenaza para ellos? Primero debemos tener claro las actuales circunstancias en que se lleva a cabo la producción campesina.

Una agricultura compleja, diversa y expuesta a riesgos

Debido a que los campesinos y agricultores familiares, tal como ya se ha descrito, han sido históricamente desplazados a zonas marginales, caracterizadas por estar en terrenos quebrados, en cuestas y laderas, con lluvias irregulares, poca irrigación y/o poca fertilidad del suelo; y porque son víctimas de políticas nacionales y globales contra los pobres y los campesinos, su agricultura necesariamente es compleja y diversa, y está expuesta a muchos riesgos (Chambers, 1990).

Para sobrevivir en semejantes circunstancias y mejorar su nivel de vida, deben ser capaces de adaptar las tecnologías agrícolas a sus propias circunstancias específicas, en términos de: microclimas, topografía, tierras, biodiversidad, sistemas productivos, inserción en el mercado, recursos, etc. Por esa razón, a través de los siglos, los agricultores han desarrollado complejos sistemas de cultivo y de sustento que contrapesan los riesgos —sequías, falta de mercados, plagas, etc.— con factores como más disponibilidad y aporte de mano de obra, menor necesidad de inversión, diversidad de fuentes para cubrir las necesidades nutricionales, adaptación a la variabilidad en cada estación, etc. Sus sistemas de producción generalmente se caracterizan por múltiples cultivos anuales y permanentes, incluyendo forrajes, cría de animales, hasta peces y diferentes productos silvestres (Chambers, 1990).

Repitiendo los errores de la investigación desde arriba

Ese tipo de agricultores rara vez se ha beneficiado de la investigación formal desde arriba que hacen las instituciones y de las tecnologías de la Revolución Verde (Chambers, 1990; Lappé *et al*, 1998). Cualquier nueva estrategia para abordar de manera efectiva el problema de la productividad y la pobreza rural, tiene que satisfacer sus necesidades en múltiples variedades apropiadas. Por lo general, los campesinos y pequeños agricultores siembran en su tierra muchas variedades diferentes, adaptando su elección a las características de cada parcela, si tiene buen o mal drenaje, si es más o menos fértil, etc. Sin embargo, no es fácil desarrollar tales variedades con los actuales métodos de investigación y de extensión agrícola, que tienen las mismas estructuras que quieren usar quienes propone la biotecnología para introducir las variedades modificadas genéticamente.

Los métodos de investigación formal no son capaces de manejar la vasta complejidad de condiciones físicas y socioeconómicas existentes en la mayor parte de la agricultura del tercer mundo. Esto proviene de la discrepancia entre investigación

jerárquica y sistemas de extensión, por un lado —que valoran la producción del monocultivo por encima de todas las demás cosas—, y la complejidad de las realidades rurales, por otro. El resultado de ese desajuste es que al producir nuevas tecnologías se reducen de la óptica numerosas variables muy importantes para los campesinos. Medidas en unas pocas variables, los investigadores sacan la conclusión de que las nuevas semillas son mejores que las antiguas, y se sienten desconcertados cuando ven que son pocos los agricultores que se entusiasman con ellas (Chambers, 1990).

La verdad es que las semillas tienen múltiples características que simplemente no se pueden captar midiendo el rendimiento, por muy importante que este sea. Por su parte, los agricultores familiares tienen múltiples requerimientos específicos para sus semillas, según el lugar donde las usan, y no únicamente el alto rendimiento prometido en condiciones controladas de las que en general ellos no disponen. Esa multiplicidad de variables y sistemas de adaptación que tienen en cuenta al elegir y criar sus semillas, es el polo opuesto de los procedimientos formales de selección genética, donde las variedades son escogidas en forma individual por ciertos rasgos aislados, y luego son cruzadas para combinar esos rasgos individuales.

Según varios autores, los ensayos con variedades de alto rendimiento en los países subsaharianos muestran «variaciones mayores, tanto en semillas tradicionales como mejoradas, entre agricultores y entre diferentes años, que las diferencias medias observadas entre semillas tradicionales y mejoradas en un mismo año; de hecho, hay abrumadora evidencia en toda el África al sur del Sahara en el sentido de que la respuesta de rendimiento a los fertilizantes y a las variedades mejoradas, el manejo de suelos y otras prácticas, dependen en gran medida del lugar, las tierras, la estación y el agricultor a cargo» (Jiggins *et al.*, 1996). Dadas esas experiencias, la conclusión inevitable es que resulta esencial tomar un camino diferente: la selección participativa de semillas organizada por los mismos campesinos, que tenga en cuenta las múltiples características, tanto de la variedad de semilla como de los agricultores.

No se pueden diseñar semillas milagrosas en laboratorios y centros de investigación y luego distribuirlas sin más entre los campesinos (Chambers, 1990). La ingeniería genética es la antítesis de una investigación participativa dirigida por los agricultores. Quienes proponen las variedades modificadas genéticamente están repitiendo el mismo error verticalista que hizo que la primera generación de variedades de semilla de «alto rendimiento», producidas por la Revolución Verde, encontrara poca aceptación entre los agricultores más pobres. No obstante, muchos podrían argumentar que la posibilidad de reforzar la calidad nutricional de los pobres pesa más que las preocupaciones expuestas. Por ejemplo, en el caso del famoso «arroz dorado», que fue manipulado genéticamente para contener un betacaroteno adicional, precursor de la vitamina A.

El «arroz dorado»

Enriquecido con vitamina A, el «arroz dorado» fue presentado en sociedad por la revista *Science*, en su edición de agosto de 1999. Esta variedad de arroz manipulado genéticamente produce betacaroteno en su endosperma, otorgándole la característica pigmentación amarilla que le dio nombre. Toda la investigación y desarrollo de esta variedad se realizó con fondos de la Fundación Rockefeller y de la Unión Europea, y como se hizo fuera del ámbito empresarial privado, se ha convertido en la herramienta perfecta y oportuna de relaciones públicas que tanto necesitaban los promotores de la ingeniería genética.

La desnutrición, ocasionada por insuficiencias de ciertas vitaminas y minerales, afecta aproximadamente al 40% de la población mundial, en particular a mujeres y niños. Paradójicamente, la mayor parte de la población que sufre desnutrición por insuficiencia de micronutrientes vive en el sur de Asia, donde existe gran variedad de fuentes naturales de estos elementos en las frutas y verduras de origen local. La insuficiencia de vitamina A (IVA) constituye una de las causas principales de la desnutrición por insuficiencia de micronutrientes en los países en vías de desarrollo. La importancia de la vitamina A en la prevención de la ceguera está reconocida y más recientemente se ha descubierto el papel que desempeña en apoyo al combate de infecciones. La vitamina A ayuda a prevenir enfermedades como la diarrea, los padecimientos respiratorios, la tuberculosis, la malaria y las infecciones de oídos; también contribuye a prevenir la transmisión del sida de madre a hijos.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), hay cerca de 2,8 millones de niños menores de cinco años en el mundo que presentan síntomas clínicos de una insuficiencia severa de vitamina A, denominada xeroftalmia. A pesar de toda la publicidad, las promesas del «arroz dorado» de terminar con la IVA aún están lejos de cumplirse. Un tema que prácticamente no ha trascendido en los debates en la prensa es el de los derechos de propiedad intelectual. Los creadores del «arroz dorado» afirman que probablemente le entregarán semillas a los agricultores sin cargo alguno, pero la materialización de esa promesa todavía está en el aire debido a que debe sortear el camino de las patentes. A pesar de haber sido financiado con fondos del sector público, es en gran medida un producto de las empresas privadas. Hay por lo menos seis patentes involucradas en el desarrollo de esta variedad de arroz transgénico que cubren procesos, genes y promotores ya patentados.

Además, los equipos de investigación del Instituto Tecnológico Suizo, en Zúrich, y de la Universidad de Friburgo, en Alemania, ya presentaron una solicitud de patente que cubre el proceso de inserción de la vía metabólica para producir el betacaroteno en las semillas. Los científicos en cuestión argumentan que lo hicieron para evitar que otras partes interesadas (léase empresas) patentaran esa tecnología, pero si realmente hubiera sido así, habría bastado con que hicieran pública la información pertinente.

Esa solicitud de patente convierte potencialmente a la Fundación Rockefeller y a la Unión Europea en instituciones con fines de lucro. Según Peter Beyer, de la Universidad de Friburgo, la solicitud de patente que presentaron cubriría la inserción de la nueva vía metabólica en cualquier cultivo, no solamente en el arroz, pero este será el único en ser distribuido gratuitamente entre los agricultores, y solo bajo ciertas condiciones que aparecen especificadas en el contrato entre los «inventores» y los Centros Internacionales de Investigación Agrícola que se encargarán de transferir los genes de este arroz a las variedades tropicales (Grain, 2000).

¿Mejor nutrición?

La propuesta de que el arroz modificado genéticamente es la manera correcta de enfrentar la condición en que se encuentran dos millones de niños con riesgo de padecer ceguera inducida por una deficiencia de vitamina A, revela una tremenda ingenuidad acerca de la realidad y las causas de la desnutrición por carencia de vitaminas y micronutrientes. Si reflexionamos sobre los modelos de desarrollo y nutrición, con facilidad nos damos cuenta de que la deficiencia de vitamina A no debe catalogarse como un problema, sino más bien como un síntoma, una advertencia si se quiere. Nos advierte que hay una insuficiencia alimentaria más amplia, asociada tanto a la pobreza, como al cambio de sistemas agrícolas basados en diversos cultivos al monocultivo del arroz. Las personas no padecen deficiencia de vitamina A porque el arroz contenga poca concentración de esta sustancia, o poco betacaroteno, sino porque su dieta se ha reducido al arroz y casi a nada más. De ahí que sufran otra serie de carencias vitamínicas y alimentarias, que no pueden ser subsanadas por el betacaroteno, pero que sí pudieran ser resueltas con una dieta más variada. La rápida y mágica solución que introduce el betacaroteno al arroz —con potenciales riesgos de salud y ecológicos—, mientras deja intactos los problemas de pobreza, dietas insuficientes y el monocultivo, no parece poder hacer una contribución durable al bienestar de los afectados. Para usar las palabras de Vandana Shiva: tal aproximación evidencia ceguera ante las sencillas soluciones disponibles para evitar la ceguera inducida por la deficiencia de la vitamina A, que incluyen muchas frondosas plantas fáciles de encontrar, que si se introducen o reintroducen en la dieta, proporcionan tanto el betacaroteno requerido, como otras vitaminas y micronutrientes faltantes (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999; ActionAid, 1999; Mae-Wan Ho, 2000).

No obstante, está claro que el armatoste biotecnológico está avanzando a toda velocidad. ¿Cuáles son, entonces, los riesgos asociados a la introducción «forzosa» de variedades transgénicas (generadas por la ingeniería genética) en circunstancias complejas, diversas y expuestas a los riesgos?

Riesgos para los campesinos y agricultores familiares

Cuando las variedades transgénicas se emplean en sistemas agrícolas diversificados, los riesgos son mucho mayores que los que se corren en los sistemas a gran escala de la Revolución Verde, propiedad de agricultores ricos, o en los sistemas agrícolas de las naciones industrializadas. El conocido fracaso de las cosechas transgénicas —quiebre de tallos, desprendimiento de vainas, etc.—, plantea riesgos económicos que pueden afectar con mayor severidad a los agricultores pobres que a los ricos. Si los consumidores rechazan sus productos, los riesgos económicos resultan más elevados mientras más pobre sea el productor. Asimismo, los altos costos de los cultivos modificados genéticamente introducen en el sistema una desventaja adicional para los agricultores pobres (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999).

Las variedades transgénicas más comunes de que se dispone en la actualidad son las tolerantes a herbicidas patentados y las que contienen genes insecticidas. Para los campesinos, los cultivos tolerantes a herbicidas tienen poco sentido, ya que siembran diversas mezclas de cultivos y especies de forrajes, de modo que tales químicos destruirían componentes clave de sus sistemas productivos (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999). Las plantas transgénicas que producen sus propios insecticidas —usando por lo común el gen Bt²—, se basan en el mismo paradigma que los plaguicidas, que está fracasando rápidamente debido a la resistencia que las plagas crean ante estos. En lugar del modelo «una plaga, un ingrediente químico», que ha fracasado, los ingenieros genéticos proponen el modelo «una plaga, un gen», cuyo fracaso se ha demostrado una y otra vez en las pruebas de laboratorio, debido a la velocidad con que las distintas especies de insectos se adaptan y desarrollan resistencias al plaguicida que encuentran en las plantas. Los cultivos con Bt violan el principio básico y ampliamente aceptado del «manejo integrado de plagas» (MIP), que asegura que cualquier tecnología basada en el manejo de una sola plaga tiende a desencadenar cambios en las especies de estos organismos o a desarrollar resistencias, a través de uno o más mecanismos.

En general, mientras más grande sea la presión selectiva en tiempo y espacio, más rápida y profunda será la respuesta evolutiva de las plagas. Por eso, la estrategia MIP utiliza múltiples mecanismos de control, y únicamente usa un mínimo de plaguicidas como último recurso. Una razón obvia para adoptar este principio es que reduce la exposición de las plagas a los plaguicidas, retardando la evolución de las resistencias. Pero cuando el producto se introduce genéticamente en la misma planta, la exposición de las plagas crece de un mínimo y de algunas ocasiones, a una exposición máxima,

² El maíz Bt contiene el gen de una bacteria del suelo (*Bacillus thuringiensis*) que confiere resistencia a insectos. Dichas variedades fueron diseñadas para resistir el ataque de una plaga de maíz en los Estados Unidos y Europa (gusano barrenador europeo). Ver Liza Covantes: «Transgénicos y bioseguridad en México», en Heinke Corina (comp.): Ob. cit. (en n. 3 de la p. 267 de este libro. *Nota de los editores*).

masiva y continua, acelerando en forma dramática las resistencias. La mayor parte de los entomólogos están de acuerdo en que muy pronto el gen Bt se va a volver inservible, ya que las plagas rápidamente se hacen resistentes. En los Estados Unidos, la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) ha ordenado que los agricultores dejen una cierta proporción de sus campos donde no se deben sembrar variedades Bt, como «refugio», con el fin de hacer más lento el ritmo de evolución de la resistencia de los insectos. Sin embargo, parece improbable que los campesinos y pequeños agricultores del tercer mundo, puedan mantener esos refugios, lo cual significaría que en tales circunstancias la resistencia al Bt podría producirse mucho más aceleradamente (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999).

Al mismo tiempo, el uso de cultivos Bt afecta a organismos y procesos ecológicos que no son el objetivo para el que han sido diseñados. Hay evidencias recientes que muestran que la toxina Bt puede afectar a insectos depredadores benéficos, que se alimentan de insectos plagas presentes en los cultivos Bt, y que otros insectos no dañinos también pueden morir como resultado de la diseminación de polen de plantas Bt por el viento hacia la vegetación silvestre presente en los alrededores de los campos transgénicos. Los pequeños agricultores dependen de una rica variedad de depredadores y parásitos benéficos, asociados a sus sistemas de cultivos intercalados, para el control de los insectos plagas. Pero el efecto sobre estos enemigos naturales levanta serias preocupaciones acerca del daño potencial que puede causar la ruptura del control natural de las plagas, en la medida en que los depredadores polívoros, que se mueven dentro de los límites de los cultivos mixtos y entre dichos cultivos, encontrarán a lo largo de toda la temporada presas no dañinas que hayan ingerido Bt. La ruptura de los mecanismos de control biológico natural puede conducir a pérdidas crecientes de las cosechas debido a las plagas, o a un incremento en el uso de plaguicidas por parte de los agricultores, con sus correlativos riesgos de salud y ambientales (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999).

El Bt conserva sus propiedades insecticidas después de que los residuos de la cosecha han sido reincorporados a la tierra arada, quedando además protegido contra la degradación microbiana por encontrarse dentro de partículas del suelo. Puede persistir de esa manera en diversos suelos hasta por 234 días. Este hecho produce una honda preocupación entre los agricultores pobres, que no pueden comprar fertilizantes químicos caros y que, por el contrario, cuentan con los residuos locales, materia orgánica y microorganismos del suelo (invertebrados, especies fúngicas y bacterianas) para mantener la fertilidad de la tierra. Esta puede ser afectada por la toxina que queda impregnada en el suelo (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999).

¿Qué podrían hacer los campesinos en caso de que fallaran los genes Bt? Es muy probable que tuvieran que enfrentar una reactivación seria de las poblaciones de plagas, liberadas del control natural debido al impacto del Bt en los depredadores y

parasitoides, así como una reducción de la fertilidad del suelo por el impacto de los residuos de las cosechas tratadas con Bt en el suelo cultivado (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999). Se trata de agricultores que ya están expuestos a riesgos, y los cultivos con Bt los aumentarían aún más.

Es característico de muchas partes del tercer mundo la existencia de un número mayor de plantas silvestres sexualmente compatibles con los cultivos agrícolas, lo que hace más probable que las propiedades de los insecticidas, la resistencia a los virus y otras particularidades creadas por la ingeniería genética, se transmitan por el polen a poblaciones de malezas, teniendo posiblemente impactos en la cadena alimentaria y causando supermalezas. Con el lanzamiento masivo de cultivos transgénicos, se espera que esos impactos se multipliquen aceleradamente, en particular en los países del Sur que constituyen centros de diversidad genética. En estos ambientes agrícolas biodiversos, es de esperarse que sea mayor la transferencia de genes de los cultivos transgénicos a poblaciones silvestres, así como a sus parientes cercanos y a las variedades criollas del mismo cultivo. En los agroecosistemas tradicionales es común el intercambio genético entre los cultivos y sus parientes silvestres, por lo que es seguro que los cultivos transgénicos encontrarán con frecuencia plantas emparentadas que son sexualmente compatibles. El potencial de «contaminación genética» resulta inevitable cuando se trata de variedades locales del mismo cultivo (Altieri, 1999; Altieri y Rosset, 1999), tal como se ha visto con el caso del maíz en México. (Ver Liza Covantes, pp. 131-147).

Hay posibilidades de recombinación vectorial que produzca nuevas cepas muy agresivas de virus, especialmente en plantas transgénicas que han sido manipuladas con genes virales para volverse resistentes a los virus. En plantas que contienen genes de la capa proteínica de los virus, existe la posibilidad de que dichos genes sean ocupados por virus no emparentados que infecten la planta. En tales situaciones, el gen extranjero cambia la estructura de la cobertura de los virus, y le puede conferir propiedades tales como un rango de huéspedes distinto o más amplio. Otro posible riesgo es que la recombinación entre un virus ARN y un ARN viral dentro del cultivo transgénico, pueda producir un nuevo patógeno que provoque problemas patológicos más severos. Algunos investigadores han demostrado que en las plantas modificadas genéticamente ocurre recombinación y que en determinadas condiciones producen una nueva familia viral, con un rango distinto de hospederos (Altieri y Rosset, 1999a y b).

Las pérdidas de cosechas causadas por nuevos patógenos virales tendrían un impacto más significativo en la vida y sustento de los campesinos que en la de los agricultores ricos, cuya amplitud de recursos les permite sobrevivir las malas cosechas. En suma, estos y otros riesgos parecen pesar más que los beneficios potenciales para los campesinos y agricultores familiares, y en particular cuando

consideramos los factores que usualmente limitan las posibilidades de mejorar sus niveles de vida, y las alternativas agroecológicas, participativas y de empoderamiento de que disponen (Altieri *et al.*, 1998).

La parábola del caracol dorado

Lo que frena a esos agricultores no es la falta de tecnología, sino más bien injusticias marcadas y desigualdades que obstaculizan su acceso a los recursos, incluyendo el acceso a la tierra, al crédito, a los mercados, etc., y otras parcialidades de las políticas «antipobres». En esas condiciones, pareciera que los dos enfoques con más sentido son los siguientes: 1) la adopción de tecnologías que favorezcan una economía de pequeña escala en favor de los pobres, como la agroecología (Altieri *et al.*, 1998); y 2) la organización de movimientos sociales que sean capaces de ejercer suficiente presión en las instituciones que impulsan las políticas parcializadas a favor de los ricos. Los organismos modificados genéticamente no parecen poder desempeñar en esto un papel útil.

Hace poco se le preguntó a un grupo campesino de Filipinas qué pensaba del arroz creado por la ingeniería genética. Uno de sus dirigentes respondió con lo que se podría llamar la «parábola del caracol dorado». Desde hace mucho tiempo los campesinos que cultivan arroz tienen en sus dietas un complemento proteínico al alimentarse con caracoles que viven en los arrozales. En la época de la dictadura de Ferdinando Marcos, su esposa, Imelda Marcos, tuvo la idea de introducir de América del Sur un caracol que se decía era más productivo y, por tanto, un medio para terminar con el hambre y la desnutrición proteínica. Pero a nadie le gustó el sabor, y el proyecto tuvo que ser abandonado. Mientras tanto, los caracoles lograron escapar de sus criaderos y llevaron a las especies locales de caracoles al borde de la extinción, eliminando de esa manera la principal fuente tradicional de proteínas. Ello obligó a los campesinos a aplicar plaguicidas tóxicos, para evitar que los caracoles se comieran las plantas de arroz jóvenes. «De manera que cuando nos preguntas qué pensamos del nuevo arroz creado por la ingeniería genética, la respuesta es fácil», dijo el dirigente: «Es otro caracol dorado» (Rosset, 1999; Delforge, 2000).

La próxima vez que oigamos hablar del último «descubrimiento mágico» para beneficio de los pobres, desarrollado con altruismo en los laboratorios de consorcios privados, haríamos bien en recordar esta parábola, y tener en mente las verdaderas causas del hambre, la pobreza y la disminución de la productividad agrícola en el tercer mundo.

Bibliografía

- ACTIONAID: *AstraZeneca and its Genetic Research: Feeding the World or Fueling Hunger?*, ActionAid, Londres, 1999.
- ALTIERI, MIGUEL A.: «Strengthening the Case for Why Biotechnology Will Not Help the Developing World: Response to McGloughlin», *AgBioForum*, Vol. 2, Nos. 3-4, 1999, pp. 226-236. Disponible en www.agbioforum.org/vol2no34/altierireply.htm.
- _____, PETER ROSSET y LORI ANN THRUPP: *The Potential of Agroecology to Combat Hunger in the Developing World*, Institute for Food and Development Policy, Food First Policy Brief, No. 2, 1998.
- _____ y PETER ROSSET: «Ten Reasons Why Biotechnology Will Not Ensure Food Security, Protect the Environment and Reduce Poverty in the Developing World», *AgBioForum*, Vol. 2, No. 3-4, 1999, pp. 155-162. Disponible en www.agbioforum.org/vol2no34/-altieri.htm.
- BELLO, WALDEN, SHEA CUNNINGHAM y BILL RAU: *Dark Victory: The United States and Global Poverty*, 2da. edic., Pluto and Food First Books, Londres y Oakland, 1999.
- CHAMBERS, ROBERT J.H.: «Farmer-First: A Practical Paradigm for Third World Agriculture», en MIGUEL A. ALTIERI y SUSANNA B. HECHT (eds): *Agroecology and Small Farm Development*, CRC Press, Ann Arbor, 1990, pp. 237-244.
- COVANTES, LIZA: «Transgénicos y bioseguridad en México», en HEINKE CORINA (comp.): *La vida en venta: Transgénicos, patentes y biodiversidad*, Ediciones Heinrich Böll, El Salvador, 2002.
- COUNCIL FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION: *The Promise of Biotechnology: Food for a Growing World Population*, Good Ideas Are Growing Press Kit, s.f. Disponible en www.whybiotech.com/2_4.html.
- DELFORGE, ISABELLE: *Nourrir le Monde ou l'agrobusiness: Enquête sur Monsanto*, Les Magasins du Monde-Oxfam, Bruselas, 2000.
- JIGGINS, JANICE, COEN REIJNJETS y CLIVE LIGHTFOOT: «Mobilising Science and Technology to Get Agriculture Moving in Africa: a Response to Borlaug and Dowswell», *Development Policy Review*, Vol. 14, No. 1, 1996, pp. 89-103.
- LAPPÉ, FRANCES MOORE, JOSEPH COLLINS y PETER ROSSET CON LUIS ESPARZA: *World Hunger: Twelve Myths*, Grove, Press-Earthscan, Nueva York y Londres, 1998.
- MAE-WAN HO: «The "Golden Rice"—An Exercise in How Not to Do Science», *Third World Resurgence*, No. 118-119, 2000, pp. 22-26.
- MCGLOUGHLIN, MARTINA: «Without Biotechnology, We'll Starve», *Los Angeles Times*, 1ro. noviembre de 1999[a].
- _____: «Ten Reasons Why Biotechnology Will Be Important to the Developing World», *AgBioForum*, Vol. 2, No. 3-4, 1999[b], pp. 163-174. Disponible www.agbioforum.org/vol2no34/mcgloughlin.htm.
- PINSTRUP-ANDERSEN, PER: «Biotech and the Poor», *The Washington Post*, 27 de octubre de 1999.
- ROSSET, PETER: «The Parable of the Golden Snail», *The Nation*, 27 de diciembre de 1999.

¿ALFABETIZACIÓN ECOLÓGICA O MENTALIDAD INDUSTRIALIZADA? CUBA DECIDE

JULIA WRIGHT

Dra. Investigadora de Garden Organic, Ryton on Dunsmore, Warwickshire, Reino Unido.

Fuera de Cuba, se considera que la Isla posee un exitoso sistema de agricultura orgánica que emergió a raíz de la crisis alimentaria y energética de los años noventa para sostener a su población. Aunque el campo cubano podría describirse mejor como un mosaico de enfoques agrícolas que van desde el industrializado hasta el tradicional, esa percepción foránea ha hecho del país un modelo para quienes procuran desarrollar sistemas alimentarios más sostenibles en otras partes del mundo. La liberación de maíz modificado genéticamente en la Isla cambia esta idea y, sobre todo, demuestra la existencia de una mentalidad industrializada que subyace no solo en el sector agrícola cubano, sino a nivel internacional.

Los enfoques contrapuestos de la ingeniería genética y la agroecología

La ingeniería genética es una tecnología que nace del enfoque industrial de producción agrícola. Un enfoque que básicamente divide la finca en componentes individuales, separados e inertes que dependen de insumos externos, donde se aplica el monocultivo para mantener la uniformidad con el propósito de maximizar los rendimientos a corto plazo. En cambio, el enfoque agroecológico de producción se caracteriza por considerar a la finca y sus partes como un sistema, como un organismo vivo que depende del desarrollo de sinergias internas y del uso intensivo del conocimiento. Además, la agroecología prefiere los policultivos con un amplio rango

de agrobiodiversidad y el diseño de sistemas adaptados a condiciones locales para optimizar los rendimientos a largo plazo. En términos prácticos, estos dos enfoques enfrentan «problemas» de diversa índole, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación de las soluciones transgénicas y agroecológicas al mismo problema

«Problema»	Soluciones transgénicas	Soluciones agroecológicas
Malezas	Resistencia del cultivo a un herbicida químico	Cubierta del suelo, mulch, manejo de la fertilidad del suelo, rotaciones, deshierbe mecanizado, selección varietal (de vigor, hábitat), trasplantes, camas de paja de semillas, cobertura de follaje, barbecho para atraer insectos predadores
Plagas y enfermedades	Resistencia del cultivo a un plaguicida o a una enfermedad	Diversidad de variedades/cultivos/fincas, zonas <i>buffer</i> , predadores atrayentes/antagonistas, controles biológicos, rotaciones, cubiertas mecánicas, pronósticos/monitoreos periódicos, policultivos, selección varietal/cruzamientos, injertos, plantación en módulos
Nutrición deficiente	Cultivo con mayor contenido de vitaminas y minerales	Biodiversidad, selección varietal/mejoramiento genético, manejo de nutrientes del suelo, irrigación eficiente (más materia seca)

Como se puede apreciar, el enfoque agroecológico utiliza disímiles soluciones para mitigar cualquier problema, mientras los cultivos modificados genéticamente cuentan con una o quizás dos estrategias paliativas. El enfoque agroecológico, con sus disímiles soluciones, es capaz de dispersar los riesgos, de forma tal que si una solución falla, otras tendrán éxito, lo cual es el fundamento de su resiliencia.

Preocupaciones sobre los cultivos transgénicos

Ninguna tecnología en sí misma es positiva, negativa o neutra; lo que determina si sus consecuencias son deseadas o no es cómo, por qué, cuándo, dónde y para quién se utiliza. Y estos aspectos sobre el uso de los transgénicos son los que, desde diversos puntos de vista, se cuestionan. Desde una perspectiva ética y espiritual, se reprocha que la mentalidad detrás de esta tecnología no respete los sistemas naturales y su inteligencia, sino que los ignore. Por el desconocimiento que existe sobre el impacto de cambiar un componente de un sistema en el conjunto, las cosas tienden a salir mal. Desde la perspectiva de la salud, se critica que la tecnología transgénica se haya

liberado sin pasar por los controles de seguridad que el sentido común dictaría sobre cualquier producto con el potencial de romper el equilibrio del ecosistema o de causar daños profundos e irreversibles en la flora y la fauna. Si esto sucede —y las investigaciones citadas aquí indican que ya ha sucedido—, la tecnología no puede ser retirada del mercado, contenida o eliminada, como podríamos hacer, por ejemplo, con un producto químico. Debido a este alto factor de riesgo se hace necesario manejar la tecnología transgénica con más cuidado que otros métodos de cultivo de plantas o innovaciones agrícolas. Y también por esto, y desde una perspectiva de los derechos humanos, puede alegarse que los individuos que eligen no exponerse a los alimentos modificados genéticamente ven violados sus derechos. Esto es lo que diferencia a estos cultivos de los transgénicos empleados en medicina, donde hay un mayor nivel de elección individual y posibilidades de contención.

Siguiendo una perspectiva socioeconómica, a pesar de que la tecnología transgénica puede desarrollarse en el dominio público, su principal defensor es el sector privado, que tiene que patentar la variedad transgénica a fin de recuperar las inmensas inversiones necesarias para desarrollarla. Por eso el producto queda fuera del alcance de los pequeños campesinos, está disponible solo a créditos y es ilegal conservar sus semillas. Desde la perspectiva de la biodiversidad, animar a los productores para que dependan de un pequeño rango de semillas que deben comprar, reduce su resiliencia para adaptar y desarrollar variedades locales en respuesta al clima y a otros cambios externos, o para elegir las características de un cultivo según la preferencia familiar, como ha sido habitual. De esta manera también se reduce la fuente genética natural debido al abandono de las variedades tradicionales. Por último, desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, la necesidad de incrementar los rendimientos, que es el argumento que sostiene a los cultivos transgénicos, realmente reduce la capacidad de las comunidades de lograr esta meta. La visión de maximizar los rendimientos a corto plazo fomenta el monocultivo de altos insumos en lugar de policultivos más diversos, los cuales garantizarían la cosecha, incrementarían la resiliencia de la comunidad a situaciones de estrés y posibilitarían una mayor disponibilidad de alimentos de calidad y variedad, en lugar de solo uno o dos cultivos (Bindraban *et al.*, 1999; Wright, 2009).

A pesar de todo lo anterior, los gobiernos continúan desarrollando y promoviendo la investigación y el cultivo de transgénicos. Pero imaginemos que se obtuviera un cultivo transgénico que no tuviera consecuencias indeseables. Actualmente no existe un producto así, ni siquiera el maíz liberado en Cuba, pero pretendamos que este cultivo ha sido probado en varias generaciones de humanos (o su equivalente) y que fuera estable, seguro y no prolífero. Imaginemos que está disponible para los campesinos a muy bajo costo y sin patente, de manera que las semillas pueden conservarse. Y con tal de buscar seguridad y armonía, pretendamos que su desarrollo ha sido guiado por alguien que puede entender y trabajar con la inteligencia de la planta —un botánico

tradicional, por ejemplo—, no un genetista o un bioquímico. Entonces, en tal escenario, ¿sería aceptable su cultivo? Si pudieran cumplirse todas estas condiciones, ¿usaríamos los transgénicos como práctica común? Y si este fuera el caso, solo restaría realizar una evaluación comparativa de su eficacia. Y eficacia quiere decir que lo que se evalúa sea al menos tan bueno como lo que ya está disponible y con lo que se compara. Pero es notable que existan muy pocos estudios, si es que hay alguno, sobre la eficacia de los cultivos transgénicos en comparación con el amplio rango de soluciones alternativas. Entonces veamos dos ejemplos de la eficacia de los cultivos transgénicos, ambos tomados del contexto de la producción agrícola cubana. Muchos de los datos usados en esta evaluación fueron extraídos de la tesis de doctorado que realizó la autora en Cuba entre 1999 y 2001, y de posteriores trabajos hechos en el país hasta el presente (Wright, 2005; Wright, 2009).

El caso del maíz Bt

Para comenzar, tomemos el ejemplo del problema de la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda*), la plaga que ha incitado al gobierno cubano a liberar su primer cultivo transgénico. El insecto, que ha provocado pérdidas de hasta el 40% (Pérez Montesbravo, s.f.), pone sus huevos en las hojas del maíz. A temperaturas por encima de los 25°C, los huevos se rompen en dos o tres días y la larva que nace se traslada a otras partes de la planta o al suelo. En el suelo, la larva forma pupas que, tras ocho o nueve días, se convierten en el insecto adulto. Esta es la larva que daña los cultivos, pues se alimenta de las hojas y penetra dentro del capullo y en la propia mazorca de maíz (Capinera, 1999).

En diciembre de 2008, el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) introdujo la variedad de maíz FR-Bt1, que fue modificada para contener un gen que codifica la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Esta toxina es venenosa para las plagas de insectos, al provocar la formación de poros en el tracto digestivo de las larvas, de manera que la bacteria entra y causa una inflamación letal (Broderick *et al.*, 2006). Por ende, la variedad FR-Bt1 es más resistente a la palomilla del maíz y también más tolerante a plaguicidas; además, fue seleccionada por los productores debido a sus altos rendimientos. En cuanto al manejo, el cultivo requiere riego, así como la aplicación de herbicidas y plaguicidas que controlen otras plagas y enfermedades (*Juventud Rebelde*, 2009). En 2009, el CIGB reportó ante la televisión cubana que con el maíz FR-Bt1 podía obtener rendimientos de hasta 4 t/ha. En Cuba aún no hay evidencias de evaluaciones que comparen esta variedad con otras ya existentes. Fuera del país, las evaluaciones del rendimiento del maíz Bt han sido realizadas por la industria biotecnológica y, como tales, no se aceptan en este trabajo por no ser

suficientemente independientes.¹ Por otra parte, esos estudios comparan el maíz Bt con control o no de insecticidas, pero no con las técnicas de control agroecológico. Estudios evaluativos de la Unión de Científicos Preocupados de los Estados Unidos sugieren que los rendimientos de maíz Bt son superiores entre un 7 y un 12% cuando se comparan con variedades no Bt bajo condiciones de alta infestación con bórer del maíz, pero no reportan diferencias cuando los niveles de infestación son normales o bajos (Gurian-Sherman, 2009).

Los productores cubanos tienen disponibles tres opciones para controlar la palomilla del maíz. La primera es la aplicación de plaguicidas. El insecticida preferido era el lindano, en una proporción de 0,5 y 0,75 kg/ha. Sin embargo, este ha sido desplazado por productos más recientes, como fórmula dúplex, una mezcla de endosulfano y paratión. Según estudios de la autora sobre las prácticas agrícolas en dos tipos de fincas cooperativas a finales de los años noventa, aproximadamente el 68% de los productores aplicaba plaguicidas en sus cultivos de maíz, aunque las dosis eran mínimas debido a la escasez de esos insumos en aquel momento. Por ejemplo, se aplicaba fórmula dúplex en dosis mínima de paratión, de acuerdo con instructivos técnicos de instituciones científicas (IIHLD, 1997; INIFAT, varios folletos), y el 83% de los campesinos utilizarían más agroquímicos si tuvieran acceso a ellos.² En cuanto al rendimiento, tanto productores como extensionistas consideraban que los insecticidas eran remedios efectivos. No obstante, los campesinos los hallaban caros en relación con los costos operativos de sus sistemas, y a menudo no estaban disponibles, ya que el país aún atravesaba por dificultades económicas. Los campesinos estaban al tanto de los efectos colaterales del manejo de agroquímicos, como explicó uno de ellos: «Los que fumigan pueden trabajar en esa actividad como máximo durante cinco años y tienen que cambiar por enfermedades como vómitos, náuseas y falta de energía» (Wright, 2005, p. 102). También se resulta evidente que con el tiempo se necesitan mayores niveles de plaguicidas para mantener el mismo grado de efectividad en el control de la palomilla, que se hace resistente al producto (Pérez Montesbravo, s.f.).

¹ Por ejemplo, una evaluación que comprendió diez localidades de los Estados Unidos y Brasil y en la que se comparó el maíz Bt con insecticidas y un control, concluyó que el maíz Bt logra mayores niveles de control (Siebert *et al.*, 2008). Sin embargo, el autor de esa evaluación trabaja para Dow Agrochemicals, que produce el maíz Bt sujeto a estudio, mientras que los insecticidas comparados pertenecen a algunos de los competidores de esta empresa.

² En una encuesta realizada a 450 campesinos de nueve municipios en las provincias de Villa Clara, Sancti Spíritus y Cienfuegos, se determinó que poco más del 50% de los productores estaba usando plaguicidas químicos para controlar el bórer de la hoja del maíz, pero solo la mitad de ellos consideraba que era realmente efectivo, mientras un grupo reducido admitió que empleaba esos químicos simplemente porque estaban disponibles. Del pequeño grupo de productores que estaban usando controles biológicos (incluyendo Bt), dos tercios lo hacían convencidos de que era efectivo, a pesar de que el acceso a estos métodos les resultaba difícil (Rojas *et al.*, 2000). Esto demuestra que la elección de los productores estaba siendo guiada por la facilidad de acceso a los insumos y no por su eficacia.

La segunda alternativa para controlar la palomilla del maíz en Cuba es utilizar directamente Bt como un método de control biológico. Este producto fue obtenido por la red nacional de Centros de Producción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE). Se recomienda que se aplique en dosis de 2 a 5 l/ha entre 5 y 19 días después de la emergencia de la planta, como preventivo cuando hay poca presencia de larvas o como control con aplicaciones más frecuentes (INISAV, 1997). En pruebas de campo aumentó en 15% los rendimientos de maíz y fue efectivo entre el 70 y el 80% de las aplicaciones (Pérez Montesbravo, s.f.). Durante 1997, en Cuba se produjeron más de mil toneladas de Bt, lo que permitió su aplicación en más de 200 000 hectáreas, a un costo entre dos y diez pesos cubanos por hectárea (Fernández-Larrea Vega, 1999). El 74% de los campesinos aplicó Bt, y uno de ellos describió de esta manera el proceso: «Disolvemos Bt en agua y lo distribuimos con mochilas de fumigación a razón de 4 l/ha» (Wright, 2005, p. 148). No hay datos sobre rendimientos, pero el Bt se considera un control muy efectivo, incluso uno de los productores aseguró que, con buena lluvia, varias aplicaciones de Bt son suficientes para controlar la plaga (Wright, 2005). Otro campesino de una Cooperativa de Producción Agropecuaria en San Antonio de los Baños, afirmó que «los bioplaguicidas son ventajosos porque no contaminan, no son tóxicos para los humanos, pueden producirse en el país, son más baratos, no inducen la resistencia a insectos porque el país realiza un manejo de cepas, y no interfieren en el ciclo biológico» (Wright, 2005, p. 108). El costo total de usar controles biológicos se ha calculado en 58 625 pesos, en tanto el costo de importar agroquímicos para ejecutar el mismo trabajo es de 6 175 354 de pesos (Maura, 1994). Entre las limitaciones para aplicar Bt se encuentran la dificultad para acceder al producto (falta de transporte), la falta de conocimiento y confianza, así como las desfavorables condiciones climáticas y de almacenamiento.

La tercera alternativa para el control de la palomilla en Cuba es aplicar prácticas agroecológicas tradicionales. Entre estas se incluyen el uso por parte de los campesinos de variedades mejor adaptadas localmente, el cultivo intercalado y el uso de asociaciones de plantas, el rociado de roca caliza al suelo y de cenizas o arena en el cogollo para prevenir la entrada de la palomilla a la planta, la irrigación periódica para eliminar la plaga y la siembra en tiempo que aproveche las lluvias a fin de lavar las hojas. Otros métodos agroecológicos para controlar la palomilla son el cultivo a tiempo del suelo para sacar a la superficie las pupas y que estas mueran ante las adversas temperaturas, la eliminación de las plantas que pudieran actuar como hospederos alternativos, el uso de rotaciones (como boniato-papa-maíz), el empleo de parásitos biológicos en los huevos (por ejemplo, *Trichogramma*, *Telenomus* sp.), el uso de bioplaguicidas como Bt, pero también de dos especies de hongos, un tipo de virus y un tipo de nemátodo (Pérez *et al.*, 1997). La utilización de estos controles biológicos ha demostrado ser más efectiva que los insecticidas químicos en el control de la palomilla.

La selección de variedades es particularmente importante. A diferencia de los genetistas, que seleccionaron entre una y tres características, los campesinos usaron hasta treinta criterios de selección para escoger las variedades de maíz o mazorcas para la siembra del siguiente año. En una feria de diversidad de maíz realizada en la provincia de Pinar del Río, se solicitó a los campesinos que asignaran niveles de importancia a estos criterios. El grado de envoltura de la mazorca quedó en séptimo lugar, el color de la hoja en décimo, mientras el nivel visible de daño por insectos ocupó el puesto 18. Los productores explicaron que una envoltura de la mazorca ordenada y apretada junto a una hoja oscura y fuerte, indican mayor resiliencia al daño por plagas (Ríos Labrada y Wright, 1999; Wright, 2005). En diferentes entrevistas con productores habaneros, casi todos prefirieron las variedades tradicionales de maíz por encima de las nuevas, debido a sus cualidades de resiliencia a sequías, suelos pobres, plagas y enfermedades, así como por su sabor y calidad culinaria (Wright, 2005).

En cuanto al cultivo intercalado, el maíz puede sembrarse junto con cultivos no hospederos, como el girasol, el ajonjolí y los frijoles. Algunos productores notaron que la amplia práctica del monocultivo ha incrementado con los años la prevalencia de plagas de insectos. Los productores agroecológicos de la provincia La Habana han usado los policultivos como control biológico, con la siembra de maíz, calabaza y king grass, y como cultivo de cobertura con frijol terciopelo. Esta práctica también evitó la necesidad de desyerbar.

En cuanto al rendimiento bajo prácticas agroecológicas, las evaluaciones participativas en la provincia de Pinar del Río mostraron que los campesinos eran capaces de obtener entre 2,5 y 4,5 t/ha, al combinar técnicas agroecológicas con la selección de variedades de un amplio rango de razas disponibles a través de las ferias de agrodiversidad (Ríos Labrada *et al.*, 2000 a y b). Estos rendimientos fueron muy favorables en comparación con las 2 t/ha alcanzadas en estaciones de investigación cercanas, donde se aplicaron agroquímicos y se mantuvieron aislados los cultivos de maíz. Además, los sistemas agroecológicos tuvieron menores gastos energéticos que los industrializados y, por lo tanto, incrementaron los márgenes de ingresos de los productores (Ríos Labrada *et al.*, 2000a). Sin embargo, cuando se les preguntó cuáles fueron los criterios más importantes para obtener altos rendimientos con métodos agroecológicos, el principal factor identificado fue el uso de variedades apropiadas y luego, en orden decreciente de importancia: selección de semillas de mejor calidad, empleo de fertilizantes orgánicos, aprendizaje de otros campesinos y utilización de controles biológicos de plagas y enfermedades. En otras palabras: el control directo de plagas no se percibió como el factor principal para lograr altos rendimientos de maíz, sino el acceso a una mayor diversidad genética (Wright, 2005).

Los cuatro enfoques para controlar la palomilla del maíz se reflejan en los diferentes tipos de sistemas productivos de Cuba. El maíz es un cultivo tradicional, un

alimento básico producido principalmente por el sector no estatal (pequeños productores y cooperativistas) con bajos insumos y empleando métodos tradicionales. Por ello la producción fue poco afectada tras disolverse el bloque socialista a inicios de los años noventa, que derivó en una dramática escasez de combustible. El acceso a las semillas de maíz se vio severamente afectado durante este período. El Estado había concebido un sistema de distribución de semillas centralizado que fue incapaz de operar sin suficientes insumos de energía fósil, y en esta ocasión las variedades comerciales de maíz aportaron solo el 30% de la demanda nacional de semillas. Afortunadamente, los productores privados y cooperativos acopiaron sus variedades y razas tradicionales que no dependían de insumos industriales y las intercambiaron. De hecho, entre 1994 y 1998, cuando más escaseaban los insumos, la producción de maíz aumentó de 98 500 a 176 600 toneladas, y de este total, solo el 25% provino de granjas estatales (ONE, 1998). En otras palabras: las razas locales, el conocimiento local y la propiedad por los campesinos de materiales genéticos demostraron ser la clave para la resiliencia de las semillas de maíz en Cuba.

En contraposición a estos sistemas a pequeña escala, en los años ochenta los rendimientos de maíz en fincas estatales y bajo condiciones de altos insumos alcanzaban hasta 6 t/ha. Estas últimas dependían del acceso a insumos subsidiados y de unos pocos híbridos que eran producidos en La Habana y distribuidos en todo el país. Por eso no lograron resistir la crisis de los noventa, cuando se redujo la disponibilidad de insumos químicos; cuando los genetistas perdieron los recursos para producir, conservar y distribuir las semillas híbridas o cuando el cambio climático (en particular las sequías) dejó sentir su impacto en las condiciones y requerimientos de estas variedades.

En los años noventa, las granjas estatales pusieron en evidencia que estos sistemas de altos insumos para la producción de maíz no solo habían degradado la fertilidad de los suelos y el balance ecológico, sino que también habían erosionado la diversidad genética de las variedades tradicionales. Los rendimientos de maíz en las granjas estatales cayeron a 1,05 t/ha a inicios de esa década (ONE, 1998). A fin de contrarrestar tal situación, el gobierno desarrolló un plan nacional para recuperar la producción de maíz entre 2000 y 2010. Ese plan tenía tres componentes: 29% de toda el área de producción trabajaría en régimen de altos insumos, con variedades híbridas para alcanzar rendimientos de 4,5 t/ha; 47% del área se cultivaría bajo condiciones «sostenibles» para obtener 3 t/ha y 24% lo haría en condiciones de bajos insumos para rendimientos de 1,5 t/ha (Wright, 2005).

Estos datos y factores indican que los sistemas de altos insumos eran frágiles y transitorios, capaces de sostener altos rendimientos por un corto período y rendimientos muy bajos por largo tiempo. El maíz FR-Bt1 depende de tales sistemas de altos insumos. Además, sus rendimientos (hasta 4 t/ha) no son superiores a los

del maíz agroecológico (hasta 4,5 t/ha). Los rendimientos de este último también sobrepasan las metas gubernamentales para la producción de maíz bajo condiciones sostenibles y de bajos insumos, lo que indica una falta de conocimiento y conciencia sobre las técnicas agroecológicas de las instituciones de investigación participantes en esa planificación.

Si comparáramos los cuatro métodos de control de la palomilla del maíz, se vería que los enfoques no transgénicos permitieron a los campesinos adaptar las variedades de maíz para la resiliencia sobre una base permanente. Los métodos de control dependientes de químicos poseen rendimientos altos a corto plazo, pero con el tiempo su capacidad de producción tiende a debilitarse; el uso de cualquier insumo externo reduce su resiliencia productiva. En sus primeras fases de desarrollo, los enfoques agroecológicos tienen menores costos de insumos y mayores en lo que respecta a mano de obra. En Cuba, el costo del trabajo humano no es un gran problema para los productores, que consideran el incremento de las oportunidades de empleo como un beneficio social. La tabla 2 compara la relación costo-beneficio de esos cuatro enfoques.

Tabla 2. Comparación de la eficacia de usar maíz Bt con tres enfoques alternativos para combatir la palomilla del maíz en Cuba

Técnica	Maíz Bt	Bioplaguicida Bt	Plaguicida químico	Prácticas agroecológicas
Capacidad para resolver el problema percibido	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Capacidad para resolver el problema subyacente	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente
Costo de inversión	Alto	Medio	Medio	Bajo
Costo de operación (capital/mano de obra)	Capital alto Mano de obra baja	Capital bajo. Mano de obra media	Capital alto. Mano de obra baja	Capital bajo. Mano de obra media-alta
Adaptación al sistema agrícola	Pobre	Buena	Pobre	Excelente
Otros beneficios para la finca	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente

De estos cuatro enfoques para el control de plagas, se derivan otros factores, puesto que las estrategias orientadas a la tecnología se centran directamente en el problema de la palomilla, mientras que las estrategias de los productores agroecológicos consideran un sistema de interrelaciones más amplio. ¿Por qué hay una alta incidencia de palomilla del maíz en el primer caso? ¿Esto se debe al incremento de las prácticas

de monocultivo, que ofrecen a las plagas acceso fácil a un superabundante suministro de su alimento preferido? ¿O al descenso del número de predadores, afectados por el uso de agroquímicos y la pérdida de su hábitat natural? ¿Es porque se están creando solo variedades de maíz de alto rendimiento sin prestar atención a las características que pudieran aumentar su resiliencia? ¿O es la combinación de todos estos factores y probablemente de otros? Con solo producir una variedad resistente a la palomilla, no se lograrán resolver estos problemas ni los que pudieran derivarse, como la aparición de otras plagas. Ni tampoco permitirá a los campesinos seleccionar y adaptar las variedades más apropiadas a sus localidades y gustos, sobre las bases dinámicas necesarias para mantener la resiliencia al cambio climático. Pero además, esta variedad de maíz resistente a la palomilla todavía depende de la aplicación de plaguicidas y herbicidas para alcanzar altos rendimientos.

La dependencia de estos enfoques industrializados continúa degradando los principales recursos de los campesinos: su suelo, su biodiversidad y los componentes nutricionales de sus cultivos. Una encuesta realizada a fines de los noventa entre productores de la provincia La Habana identificó varios beneficios clave para los sistemas agrícolas derivados de la reducción del uso de agroquímicos. Entre estos se incluyen mejoras en la salud de los productores, del ganado y del medio natural, mejor control de plagas y enfermedades, e incremento de la calidad del suelo. En el caso del control de plagas y enfermedades, los productores observaron que de tres a cinco años después de no aplicar químicos, el balance ecológico ha retornado a sus fincas, de manera que sus cultivos sufrieron menos daños (Wright, 2005).

El caso del maíz resistente a sequía

El problema de la sequía se ha usado a menudo como justificación para introducir los cultivos transgénicos a fin de asegurar la autosuficiencia alimentaria. Un maíz con estas características se desarrolla actualmente con un presupuesto de 47 millones de dólares donados por la Fundación de Bill y Melinda Gates y la Fundación Howard G. Buffett. Este programa de investigación de cinco años opera en cinco países africanos bajo el proyecto Water Efficient Maize for Africa (WEMA) a través de la Fundación Africana para la Tecnología Agrícola. Los primeros lotes de variedades convencionales que se desarrollen estarán disponibles luego de seis o siete años de investigación, y los híbridos de maíz transgénico tolerantes a sequía se obtendrán en unos diez años. El objetivo es desarrollar un cultivo de alto rendimiento con menos necesidad de riego para incrementar la seguridad alimentaria de las comunidades campesinas en regiones áridas (Abdallah, 2009).

El problema identificado es la carencia de agua para el crecimiento de los cultivos. Si llega a desarrollarse con éxito, ese maíz transgénico requerirá menor cantidad

de este recurso que el empleado actualmente. Para comparar la validez de este enfoque, algunas alternativas al maíz transgénico son la tolerancia natural a sequía de las variedades naturales de maíz y otros cultivos como el millo. Sin embargo, todos estos enfoques asumen que la solución radica en las características del cultivo. Otra perspectiva del problema sería encontrar la forma de incrementar la disponibilidad de agua, y un proyecto cubano se dedica justamente eso. Con sede en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, el Proyecto de Innovación Agrícola (PIAL) apoya la experimentación participativa de campesinos y equipos multidisciplinarios de investigación sobre enfoques agroecológicos para mitigar la sequía. El primer paso fue identificar las causas de la sequía, entre las que se destaca el cambio climático, con un incremento de la temperatura de 0,5°C y un patrón climático más extremo que trajo cinco años de sequía (2002-2006), seguidos por uno de intensas lluvias. La seguridad alimentaria se vio particularmente amenazada, en especial la producción de leche y carne en el oriente del país. Llegó a estimarse que, de no llover abundantemente, el agua almacenada alcanzaría solo para cubrir un período de seis meses.

Estas condiciones de sequía fueron exacerbadas por el mal manejo histórico de la base de recursos naturales en algunos suelos en particular. Al menos el 60% de la tierra agrícola cubana está afectada por la erosión y el 25% está severamente afectada. Además, dos millones de hectáreas (14,9%) de tierra agrícola tienen diferentes procesos de salinización, 85% de ellas en la región oriental. Más de 2,5 millones de hectáreas de suelo (37%) tienen poca retención de agua, y 3 millones de hectáreas (45%) son de baja fertilidad. Durante décadas se han deforestado grandes áreas y, por ende, se ha dañado severamente la capacidad natural del ecosistema para capturar y almacenar agua. Sumado a esto, la escasez de combustible afectó el uso de bombas de riego, así como la transportación de alimentos en el país. En julio de 2005, para mitigar la sequía en una sola de las provincias, se necesitaba un presupuesto de al menos cinco millones de pesos cubanos, de acuerdo con el departamento provincial de Finanzas y Costos. Ante tal situación, el Estado cubano, a través del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, comenzó a implementar una amplia estrategia con el objetivo de mitigar la sequía, que incluye ambiciosos planes para construir conductoras de larga distancia que trasladen el agua desde otras áreas del país. Dentro del sector agrícola, las técnicas de manejo de este recurso en la finca consideraron el desarrollo de sistemas de riego, para los cuales faltaban fondos y, por ende, atraso en los planes.

Un diagnóstico inicial de las dos comunidades beneficiarias incluidas en el PIAL, identificó que la sequía no era el único problema; también había salinización de los suministros de agua potable y para riego, así como desconocimiento sobre la calidad del agua y su adecuado manejo. Para combatir esta situación, se establecieron plataformas de innovación que permitieran a las comunidades participar en una serie de experimentos sobre calidad del agua, aprovechamiento del agua de lluvia, coberturas

del suelo, uso de biofertilizantes, calidad del agua potable, variedades de cultivos tolerantes a sequías y a la salinidad, y abonos verdes. Al cabo de un año, los resultados fueron significativos. Las comunidades tenían una noción clara del ciclo del agua, así como del uso y calidad de los recursos hídricos en su comunidad. Los suelos estaban mejor protegidos con la siembra de pastos, forrajes y una serie de variedades tolerantes a sequía. La aplicación de fertilizantes y abonos verdes, junto a otros métodos de protección y conservación de los suelos, elevó la capacidad de retención de agua. Los productores pequeños hicieron corrales para sus animales a fin de colectar el estiércol y devolver los nutrientes al suelo, también se acopiaba el agua de lluvia de los techos. Aumentó la calidad y la diversidad de los cultivos, al punto de que las comunidades abrieron sus primeros mercados para vender productos frescos, como ajo, plátanos, cebolla, remolacha, frijoles, tomate, garbanzos y maíz, que antes tenían que comprar a otros. También se abrió un mercado de semillas con las nuevas variedades tolerantes a sequía. Y con estos mercados crecieron los ingresos. Consecuentemente, aumentó la diversidad de los cultivos y de la dieta. Además, las comunidades formaron redes de experimentación para intercambiar semillas, debatir y compartir sus conocimientos y experiencias. Un productor de la comunidad aseveró: «Hace un año la sequía era una preocupación para nosotros, pero ahora no la consideramos tan importante».

Luego del primer año del proyecto, se hizo evidente que el nivel de conocimientos de las comunidades y de los investigadores participantes estaba limitando la innovación. A pesar de que la evaporación se reducía, el agua de lluvia no era aprovechada con eficiencia. Por estas razones, en el segundo año el proyecto buscó culturas y países que tuvieran una sólida experiencia en la conservación y manejo del agua. Finalmente se valió de los servicios de especialistas australianos en permacultura, quienes aportaron nuevos conocimientos en métodos para capturar el agua de lluvia disponible en la finca y para almacenarla, ya sea en estructuras o en la biomasa, sobre o bajo la tierra. La clave para retener el agua bajo el suelo es la construcción de zanjas en contorno que pueden llenarse con medio metro de mulch. En la parte baja del dique, se pueden sembrar cultivos arbóreos con mayores requerimientos de agua; mientras que en la parte alta, cultivos que resisten condiciones de secano. También es posible usar sucesiones de plantas, comenzando con pioneras resistentes a sequía, hasta que el suelo recupere su capacidad de retención de agua. Los resultados de estas técnicas agroecológicas para mitigar la sequía fueron en esencia una prueba que demostró la capacidad de la finca para capturar y retener el agua de lluvia y, por tanto, establecer una gran diversidad de cultivos y variedades, no solo una variedad de maíz. Se logró así un modelo de finca que pudo prescindir de la irrigación y que no sufrió más la sequía.

Las ventajas del enfoque agroecológico son numerosas e incluyen el aumento de los rendimientos y de la seguridad nutricional en términos de cantidad de cultivos, la

regeneración de la base natural de recursos, así como el aumento de la capacidad de los campesinos para adaptar variedades a su elección y de la disponibilidad de agua para uso doméstico y ganadero. El beneficio de cultivar un maíz tolerante a la sequía radica en el incremento de la oferta de esa variedad en particular y en la reducción de las necesidades de riego. Sin embargo, el resto de la finca continúa padeciendo la sequía. Cultivar una variedad resistente a la sequía, sea o no transgénica, resulta menos efectivo que establecer prácticas y métodos que atenúan este fenómeno en toda la finca en términos de seguridad alimentaria para las comunidades que viven en regiones secas.

La mentalidad industrializada que subyace

Los ejemplos analizados indican que los enfoques agroecológicos son mucho más eficientes que el uso de transgénicos cuando se trata de resolver un determinado problema agrícola. Sería bueno contar con más estudios comparativos desde el punto de vista cuantitativo, pero estos son escasos debido a que las evaluaciones sobre la eficacia de los cultivos transgénicos no incluyen todo el abanico de alternativas, y la investigación sobre agroecología (agricultura orgánica) necesita financiamiento. Entonces, dejando a un lado todas las preocupaciones sobre los transgenes, si los enfoques agroecológicos son más eficientes y efectivos... ¿por qué hay poco interés en considerarlos siquiera como una opción viable? Este desinterés es ilógico y carece de fundamento científico. El caso cubano ayuda a esclarecer tal contradicción.

En las economías más neoliberales y de libre mercado, el sector corporativo del agronegocio es el que lidera el desarrollo de los cultivos transgénicos, así como de otras tecnologías industrializadas, debido a sus intereses financieros. En Cuba, un país con un sector privado reducido y con un gobierno que trabaja por el beneficio del pueblo, se están desarrollando y promoviendo estas mismas tecnologías. Aunque la motivación inicial del Estado cubano era el potencial beneficio económico de las ventas internacionales de transgénicos, sus planes de alimentar a la población cubana con tales cultivos no tenían un incentivo financiero. El entonces ministro del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) explicó en un discurso: «La motivación económica desempeña solo un papel limitado en los programas agrícolas, de salud y energéticos cubanos. Como estos programas son altamente subsidiados por el Estado, la necesidad de sostener a la sociedad está por delante de los márgenes de ganancias» (Montanaro, 2000, p. 1). Fidel Castro reconoció esta paradoja y la interpretó desde un punto de vista ambiental al señalar: «Si se analiza el deterioro del medioambiente desde una perspectiva histórica, se puede apreciar que el mayor daño al ecosistema global lo han ocasionado los patrones de desarrollo seguidos por

los países más industrializados. [...] El deterioro ecológico del Norte ha sido exportado en gran medida al Sur, como parte de un largo proceso de desarrollo capitalista» (Castro, 1993, p. 24).

Investigaciones propias de la autora en Cuba (Wright, 2005; Wright, 2009) identificaron algunos factores que han influido en la resistencia del Estado y los productores a apostar por la agroecología. A nivel institucional, los decisores tienden a concentrarse en los problemas más apremiantes y prestan menos atención a las implicaciones de sus decisiones a largo plazo. Un ejemplo de esto fue la promoción de tecnologías que parecieran tener menores costos de operación, pero que realmente tenían costos muy elevados a largo plazo cuando se contabilizan sus impactos sobre la base de recursos naturales, los niveles de empleo y la salud humana.

Sin embargo, el factor primordial que influye en la promoción y puesta en práctica del enfoque agroecológico son las percepciones acerca de su capacidad de rendimiento, lo que demuestra una falta de alfabetización ecológica, es decir, de conocimientos no solo sobre la ciencia y la naturaleza de la ecología, sino sobre la visión de lo que puede lograr. Los enfoques agroecológicos se asocian directamente a la agricultura de bajos insumos o a situaciones de dificultades económicas. Los agroquímicos, por su parte, se asocian a la prosperidad. Estas asociaciones condujeron a la percepción de que deberían evitarse los sistemas productivos de menos rendimientos, especialmente con la política estatal de maximizar las cosechas por unidad de superficie. Asimismo, investigaciones gubernamentales y extensionistas equipararon la agroecología con los bajos rendimientos y la pobreza. Sin embargo, durante las más de trescientas entrevistas realizadas con profesionales del sector agrícola, salió a relucir que estas apreciaciones no se sustentaban en evidencia, sino en información de oídas y malinterpretada, y en la deficiente diseminación de los potenciales productivos agroecológicos. Los productores identificaron la falta de conocimientos y de entrenamiento como una de las principales limitaciones para incrementar el uso de las prácticas agroecológicas. Pero quienes recibieron una preparación en el uso de enfoques ecológicos mostraron una mayor conciencia de las opciones y estrategias alternativas, una superior capacidad para usarlas en la innovación, y fueron menos propensos a depender de insumos químicos. Hacia finales de los noventa, mientras los investigadores se vieron forzados a buscar alternativas para contrarrestar la carencia de insumos químicos, se edificó un cuerpo sustancial de evidencia sobre la eficacia de los enfoques agroecológicos. De otra manera esta evidencia no habría salido a la luz.

Dentro de estas percepciones mezcladas, había un temor subyacente: temor a que faltaran los alimentos y al hambre si no se maximizaban los rendimientos, y temor a perder el control sobre el sistema productivo si la naturaleza degeneraba en caos bajo tal situación. Esta es la mentalidad industrializada, el estado patológico subyacente

que conduce el desarrollo tecnológico, incluyendo la introducción de cultivos transgénicos, sin que existan evidencias prácticas de su eficacia.

El mismo patrón también se aplica a nivel global: los enfoques de producción con bases más ecológicas continúan siendo evadidos por las agencias de desarrollo internacionales y por los ministerios de agricultura nacionales apelando a sus bajos rendimientos y, por lo tanto, a su aparente incapacidad para satisfacer las necesidades alimentarias mundiales o para ser apropiadas en situaciones de inseguridad alimentaria (IAC, 2003). De hecho, comparaciones previas entre la agricultura orgánica certificada y la agricultura industrial habían indicado una caída en los rendimientos de aproximadamente el 20% en la producción orgánica. Sin embargo, estos estudios estuvieron basados en el desempeño de ciertos sistemas orgánicos orientados al mercado en regiones de climas templados. Aunque los rendimientos de cualquier cultivo pueden ser inferiores en una finca orgánica y mayores en una industrializada, los rendimientos totales de la primera son superiores (Altieri *et al.*, 1998). Estudios más recientes muestran que los enfoques agroecológicos no certificados alcanzan rendimientos significativos en comparación tanto con la agricultura tradicional como con la industrial, en particular en regiones pobres con tierras marginales de climas tropicales y subtropicales (Pretty y Shaxson, 1997; Souza, 1998; Altieri *et al.*, 1999; McNeely y Scherr, 2001; Mäder *et al.*, 2002; Parrott, 2002; Parrott y Marsden, 2002; Pretty *et al.*, 2002; Rundgren, 2002; Delate y Cambardella, 2004). Los métodos agroecológicos que emplean cultivos de cobertura con leguminosas en sustitución de los fertilizantes nitrogenados, pueden producir suficientes alimentos sobre una base global per cápita para satisfacer a la actual población mundial, y potencialmente para una población mayor, sin incrementar la base de tierra agrícola (Badgley *et al.*, 2007). Pero además, si a los sistemas ecológicos se les destinara una fracción de las inversiones que se dedican a la agricultura industrial, su desempeño sería muy superior (Pretty *et al.*, 1996).

Sobre la base de todo lo anterior, e incluso si los cultivos transgénicos se consideraran uno de los enfoques disponibles para enfrentar los problemas de la producción agrícola y la seguridad alimentaria, sus bajos niveles de eficacia excluirían a esta tecnología de toda posibilidad de puesta en práctica. Una conclusión que ha sido corroborada por la Evaluación Internacional del Papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Agrícola (IAASTD), un estudio global apoyado por el Banco Mundial sobre la eficacia de la ciencia y la tecnología para reducir el hambre y la pobreza, mejorar los medios de vida y la salud humana, y contribuir al desarrollo sostenible (IAASTD, 2009).

Las palabras finales provienen de un veterano campesino agroecológico de la provincia La Habana. Al preguntársele por qué creía en este enfoque mientras otros se mostraban tan escépticos, contestó: «Los que pueden creer son los que tienen

mayor educación y conocimientos», y añadió, «las personas cambian cuando las cosas comienzan a funcionar en contra de lo que consideraban correcto». También explicó por qué desistió de la agricultura industrializada durante el período especial: «Cuando el camello está en el desierto luego de una larga caminata con una carga pesada, le pide a la pulga que se baje de su espalda» (Wright, 2005). Entre los esfuerzos actuales para lograr la seguridad alimentaria mundial, ¿serán los cultivos transgénicos la pulga que no necesitamos con nosotros en estos momentos?

[Traducido del inglés por CLAUDIA ÁLVAREZ DELGADO].

Bibliografía

- ABDALLAH, H.: «Bill Gates to Fund \$47m Anti-drought GM Maize Study», *The East African*, sábado 28 de febrero de 2009. Ver www.theeastafrican.co.ke/news/-/2558/535972/-/rk8kamz/-/index.html.
- ALTIERI, M. A., P. ROSSET y LORI ANN THRUPP: *The Potential of Agroecology to Combat Hunger in the Developing World*, Institute for Food and Development Policy, Food First Policy Brief, No. 2, 1998.
- _____ et al.: «The Greening of the “Barrios”: Urban Agriculture for Food Security in Cuba», *Agriculture and Human Values*, Vol. 16, 1999, pp. 131-140.
- BADGLEY, C. et al.: «Organic Agriculture and the Global Food Supply», *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 22, No. 2, 2007, pp. 86-108.
- BINDRABAN, P. et al.: *Global Food Security. Initial Proposal for a Wageningen Vision on Food Security*, Wageningen University, Wageningen, 1999.
- BRODERICK, N., K. RAFFA y J. HANDELSMAN: «Midgut Bacteria Required for *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Activity», *PNAS*, No. 103, 2006, pp. 15196-15199.
- CAPINERA, J.L.: *Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) EENY-098*, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1999. Ver <http://edis.ifas.ufl.edu/IN255>.
- CASTRO, FIDEL: *Tomorrow is Too Late. Development and the Environmental Crisis in the Third World*, Ocean Press, Melbourne, 1993.
- DELATE, K. y C.A. CAMBARDELLA: «Organic Production. Agroecosystem Performance During Transition to Certified Organic Grain Production», *Agronomy Journal*, Vol. 96, 2004, pp. 1288-1298.
- GURIAN-SHERMAN, DOUG: *Failure to Yield. Evaluating the Performance of Genetically Engineered Food*, Union of Concerned Scientists Publications, Cambridge, 2009.
- INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT [IAASTD]: *Agriculture at the Crossroads. Synthesis Report of the International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*, Island Press, Washington D.C., 2009. Ver [www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Synthesis%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Synthesis%20Report%20(English).pdf).

- INTERACADEMY COUNCIL [IAC]: «IAC Study on Science and Technology Strategies for Improving Agricultural Productivity and Food Security in Africa». Inédito, Interacademy Council Study Panel, 2003.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HORTÍCOLAS LILIANA DIMITROVA [IIHLD]: *Dos nuevos híbridos dobles de maíz*, Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, Quivicán, 1997.
- INSTITUTO NACIONAL DE SANIDAD VEGETAL [INISAV]: «*Spodoptera frugiperda* en maíz», *Boletín Técnico*, No. 2, febrero de 1997.
- JUVENTUD REBELDE: «Cuba Plants First Genetically Modified Corn Crops». Tomado de www.cubaheadlines.com/2009/03/03/16080/cuba_plants_first_genetically_modified_corn_crops.html.
- MÄDER, P. *et al.*: «Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming», *Science*, Vol. 226, 2002, pp. 1694-1697.
- MAURA, J.A.: *Producción de biopesticidas. El caso de Cuba. Informe de Taller Regional sobre tecnologías integradas de producción y protección de hortalizas*, FAO, Cuernavaca, 1994, pp. 69-74.
- MCNEELEY, J. A. y S. SCHERR: «Common Ground, Common Future: How Ecoagriculture Can Help feed the World and Save Wild Biodiversity», *Report*, No. 5, 2001.
- MONTANARO, P.: *Cuba's Green Path: An Overview of Cuba's Environmental Policy and Programs and the Potential for Involvement of U.S. NGOs*, Cuba Program, Global Exchange, California, 2000. Ver www.globalexchange.org.
- OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS [ONE]: *Cuba en cifras 1998*, Oficina Nacional de Estadísticas, La Habana, 1998.
- FERNÁNDEZ-LARREA VEGA, O.: «A Review of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Production and Use in Cuba», *Biocontrol News and Information*, Vol. 20, No. 1, 1999, pp. 47N-48N.
- PARROTT, N.: «The Real Green Revolution», *Ecology and Farming*, Vol. 30, mayo-agosto de 2002, pp. 5-7.
- _____ y T. MARSDEN: *The Real Green Revolution. Organic and Agroecological Farming in the South*, Greenpeace Environmental Trust, Londres, 2002.
- PÉREZ MONTESBRAVO, E.: *Control biológico de Spodoptera frugiperda Smith en maíz*, Departamento de Manejo de Plagas, INISAV, La Habana, s.f. Ver www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm.
- _____, F. PIEDRA y E. BLANCO: «Manejo integrado de *Spodoptera frugiperda*», *Boletín Técnico*, No. 2, febrero de 1997, pp. 3-48.
- PRETTY, J.N., J. THOMPSON y F. HINCHCLIFFE: *Sustainable Agriculture: Impacts on Food Production and Food Security*, Gatekeeper Series, 60, IIED, London, 1996.
- _____ y F. SHAXSON: «The Potential of Sustainable Agriculture». Trabajo presentado en DFID Natural Resources Advisers Conferences, DFID, Londres, 1997.
- _____, J.I.L. MORRISON y R.E. HINES: «Reducing Food Poverty by Increasing Agricultural Sustainability in Developing Countries», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 95, 2002, pp. 217-234.
- RÍOS LABRADA, H. y J. WRIGHT: «Early Attempts at Stimulating Seed Flows in Cuba», *ILEIA*, Vol. 15, No. 3-4, diciembre de 1999, pp. 38-39.

- _____, C. ALMEKINDERS, G. VERDE, R. ORTIZ y P.R. LAFONT: «Informal Sector Saves Variability and Yields in Maize. The experience of Cuba». Inédito, 2000[a].
- _____, R. HAWKINS y J. WRIGHT: *La formación de líderes en desarrollo agrícola en Cuba*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, 2000[b].
- ROJAS, J.A., J. GÓMEZ, L. MORALES, A. SÁNCHEZ y Y. MÉNDEZ: «Uso de la lucha biológica en el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el sector campesino de dos municipios de la provincia de Villa Clara», *Memorias del IV Simposio de Agricultura Sostenible del XII Seminario Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 14-17 de noviembre de 2000, Ediciones INCA, La Habana, p. 89.
- RUNDGREN, G.: *Organic Agriculture and Food Security*, Dossier 1, IFOAM, 2002.
- SIEBERT, M.W. *et al.*: «Efficacy of Cry1F Insecticidal Protein in Maize and Cotton for Control of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae)», *Florida Entomologist*, Vol. 91, No. 4, 2008, pp. 555-565.
- SOUZA, J.L.: *Agricultura organica – Tecnologias para a producao organica de alimentos saudáveis*, Vol. 1, EMCAPA, Domingos Martins, 1998.
- WRIGHT, J.: *Falta Petróleo! Cuba's Experiences in the Transformation to a More Ecological Agriculture and Impact on Food Security*, Wageningen University, Wageningen, 2005.
- _____: *Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity, Lessons from Cuba*, Earthscan Publications, Londres, 2009.

EPÍLOGO

¿POR QUÉ DESARROLLAR CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN CUBA?

PETER ROSSET

Dr.C. Investigador del Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano (CECCAM), México.

Recientemente Cuba anunció la siembra de maíz Bt transgénico para reproducir semillas en varias partes de la Isla. Este anuncio acelera la necesidad de avanzar en el debate sobre la prudencia de sembrarlo a campo abierto. En conversaciones con biotecnólogos cubanos, he escuchado que esta tecnología se pondría al servicio del pueblo y de los pobres del mundo, sin cobrar ninguna regalía, y que de esta manera, en lugar de ser una amenaza, sería una contribución positiva neta a la erradicación del hambre y la pobreza.

Soy biólogo, especialista en agroecología y, entre otras cosas, en los impactos de los cultivos transgénicos. Por eso no creo que un transgénico cubano sería menos riesgoso, debido a razones intrínsecas a la propia tecnología. A continuación expongo mis argumentos, basados en la literatura científica:

1. *El riesgo de la degradación genómica como resultado de la transformación transgénica, y/o de la contaminación transgénica, es igual:* Una de las principales preocupaciones sobre la contaminación de las variedades nativas del maíz en su centro de origen, México, han sido, y continúan siendo, las evidencias preliminares de la degradación del genoma de las variedades criollas contaminadas con polen proveniente de siembras ilícitas de maíz transgénico (Quist y Chapela, 2001; Rosset, 2005, 2006; Piñeyro-Nelson *et al.*, 2008). Hay efectos mutagénicos preocupantes que genera la propia inserción del transgén (Latham *et al.*, 2006), pero más preocupante aún es el efecto del promotor 35S de virus del mosaico de coliflor. Este y otros promotores provenientes de los virus, se

utilizan para superar el silenciamiento natural que ocurre cuando un organismo detecta ADN foráneo en sus cromosomas. Sin promotores, los transgenes no se expresarían. El problema es que los promotores no solo hacen que se expresen los transgenes, también son capaces de inducir la expresión de otro ADN silenciado, que puede producir enfermedades y trastornos metabólicos y fisiológicos en la planta contaminada y su progenie. Además, el sitio de inserción del promotor actúa como «foco rojo de recombinación», pues aumenta la probabilidad de que se quiebren los cromosomas, en el punto de inserción, durante la reproducción sexual de las plantas (Ho, 2000; Zheng *et al.*, 2007). De ahí la preocupación por la integridad genética de las variedades no transgénicas al ser contaminadas por polen transgénico. En otras palabras, al sembrar maíz transgénico al aire libre, se corre el riesgo de contaminar las variedades normales, que pueden sufrir degradación genómica, con riesgo hasta de su posible desaparición al no producir semillas o progenie viables (Ho, 2000; Rosset, 2005, 2006). Como la tecnología es la misma, lo anterior no cambiaría en un transgénico por el simple hecho de ser desarrollado en un laboratorio cubano. En Cuba, donde el fitomejoramiento participativo entre la población campesina ha avanzado mucho y generado nuevas variedades importantes, debe haber especial preocupación. Las nuevas variedades, junto a las tradicionales «rescatadas», estarían en riesgo de contaminación transgénica y degradación genómica. Por razones como esta, hay muchas dudas sobre la posibilidad de que los cultivos transgénicos y los no transgénicos puede coexistir (Altieri, 2005). Por si fuera poco, hay estudios que muestran cómo el promotor proveniente del virus puede expresarse genéticamente en mamíferos que se alimentan de plantas transgénicas (Tepfer *et al.*, 2004).

2. *El maíz Bt puede afectar negativamente a los enemigos naturales de las plagas y a la fertilidad del suelo:* La molécula del insecticida natural Bt que se produce en el maíz transgénico no es igual a la molécula natural de Bt producida en bacterias, que se utiliza como insecticida natural, sin efectos en los consumidores ni en la fauna benéfica de depredadores de las plagas. La molécula producida en el maíz Bt, a diferencia de la natural, sí es tóxica para los enemigos naturales, de tal manera que puede interferir en el control natural de las poblaciones de plagas y causar su aumento, en lugar de su disminución (Hillbeck, 1998; Rosset 2005, 2006), como ha sucedido con el algodón Bt (Gutiérrez, 2005). Además, el Bt presente en el rastrojo del maíz transgénico, una vez incorporado al suelo, interfiere en su biología —como es de esperar, tras incorporar un insecticida al suelo—, lo cual puede afectar negativamente la conservación de su fertilidad (Donnegan *et al.*, 1995; Rosset, 2005, 2006). En otras palabras, la siembra de maíz Bt puede incrementar los

problemas de plagas y atentar contra la fertilidad del suelo, sin distinción de dónde y por quién se realice.

3. *Cada vez más aparece evidencia sobre los riesgos que representan los alimentos transgénicos para la salud humana*: Este año la revista *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* publicó una revisión de todos los estudios científicos publicados sobre los efectos en la salud humana de los alimentos provenientes de los cultivos transgénicos. Sus autores concluyen que «los resultados [...] indican que [los alimentos con transgénicos] pueden causar algunos efectos tóxicos, incluyendo efectos hepáticos, pancreáticos, renales o reproductivos, y que pueden alterar parámetros hematológicos, bioquímicos e inmunológicos» (Dona y Arvanitoyannis, 2009). Se impone entonces la pregunta de hasta qué punto sería aceptable exponer a la población a estos riesgos, sin mencionar la bioquímica de su sangre y su sistema inmunológico, por introducir alimentos transgénicos en su dieta.

En la literatura científica queda claro que los transgénicos presentan riesgos graves para las variedades locales de los cultivos, para las familias campesinas que dependen de ellas, para el agroecosistema (fauna benéfica y biología del suelo) y para la salud humana. Bajo tales circunstancias, debe prevalecer no solo el *principio de la precaución*: no utilizar una tecnología que es potencialmente peligrosa hasta que su inocuidad haya sido comprobada científicamente, sino también el *principio de la necesidad*: no usar una tecnología peligrosa si existen otras alternativas que pueden garantizar el mismo fin. En el caso cubano, no hay por qué sembrar un maíz Bt transgénico bajo ninguno de los dos principios. En primer lugar, por los riesgos que representa; en segundo, porque no es necesario. El objetivo del maíz Bt transgénico es controlar las plagas de lepidópteros. Sin embargo, en Cuba tal problema no es grave, y para los niveles en que se presentan, ya hay métodos eficaces, desde el control biológico hasta el manejo agroecológico, pasando por el manejo integrado de plagas. Y si el propósito de multiplicar esas semillas de maíz es para regalarlas o venderlas a países más pobres, colocaría en riesgo a los campesinos, al medioambiente y a los consumidores pobres de esos lugares.

¿Por qué desarrollar cultivos transgénicos en Cuba? Es una verdadera incógnita, cuando el país ha sido reconocido mundialmente por sus avances en la producción agroecológica de alimentos, tanto a través del Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) como el de agricultura urbana. Mis estudios sobre la producción agroecológica en Cuba, que serán publicados por la ANAP, muestran que la agricultura ecológica tiene costos de producción (en divisas) mucho más bajos, logra una productividad total por hectárea muy superior, sufre menos daños por los ciclones y las sequías, y se

recupera de forma más acelerada que la agricultura convencional de monocultivo con agroquímicos. Si Cuba ya logró esto, si lo único que necesita es poner toda su tierra arable bajo estos sistemas amigables con el medioambiente, que producen alimentos de mejor calidad, ¿por qué arriesgarse con los transgénicos? La transgénesis pone en riesgo todo lo alcanzado con la agroecología, tanto en términos productivos como de prestigio internacional.

Finalmente, desarrollar y sembrar transgénicos coloca al país en franca contradicción con sus más firmes aliados en el mundo entero: los movimientos populares y sociales, los de los campesinos, pueblos indígenas, ambientalistas, consumidores, mujeres y activistas de los derechos humanos, que se han pronunciado en repetidas ocasiones a favor de Cuba, pero también en contra de los transgénicos. Como admirador y firme y solidario amigo de la Revolución Cubana, no quisiera verla caer en la trampa de los transgénicos.

En una declaración difundida el 18 de abril de 2009, La Vía Campesina, alianza global de organizaciones campesinas, se pronuncia a propósito de la siembra de maíz Bt en España. En ella se afirma lo siguiente:

Desde hace más de diez años, el Estado español es el único Estado miembro de la Unión Europea que cultiva transgénicos a gran escala. Y lo hace con una absoluta falta de transparencia y control. Nadie sabe dónde están estos cultivos, nadie evalúa sus daños, nadie asume responsabilidades. // Muchos países europeos han prohibido el cultivo de maíz transgénico: Francia, Polonia, Austria, Luxemburgo, Grecia o Hungría. Y hace solo unos días, Alemania. Y lo han hecho basándose en evidencias científicas sobre sus daños al medio ambiente, en las incertidumbres sobre sus efectos en la salud humana y animal, y en la imposibilidad de proteger la agricultura convencional y ecológica de la contaminación genética. // De contaminación genética se sabe mucho en Aragón, la región donde más transgénicos se cultivan. Más de 30 000 hectáreas de maíz modificado genéticamente que contaminan nuestros campos y nuestros alimentos. Que ponen en peligro los modelos de agricultura sostenible, como la agricultura ecológica. // La agricultura ecológica está en peligro en Aragón, y en el resto del Estado... en Navarra, Cataluña, Extremadura..., por los múltiples casos de contaminación. Agricultores y agricultoras que habían optado por practicar una agricultura responsable con el medio ambiente, por producir alimentos sanos y de calidad, ven cómo todos sus esfuerzos e ilusiones se pierden por culpa de la avaricia de unas multinacionales con la complicidad del Gobierno estatal y autonómico. // Los consumidores y consumidoras estamos además indefensos ante la introducción, en contra de nuestra voluntad, y sin que en la mayoría de los casos podamos evitarlo,

de transgénicos en nuestra alimentación. // Los cultivos transgénicos se introdujeron hace ya más de doce años con la promesa de acabar con el hambre y la pobreza, de producir alimentos más sanos, nutritivos y baratos, de solucionar los problemas de los y las agricultores y muchas otras promesas. No se ha cumplido ninguna de estas promesas, todas han resultado ser falsas. // Así vemos cómo sucesivos gobiernos han autorizado y siguen autorizando la liberación de seres vivos extraños en nuestros campos y en nuestros platos a pesar de que:

- Se han demostrado daños para la salud de transgénicos autorizados para alimentación humana.
- Multiplican el uso de productos químicos en el campo.
- No han demostrado ser más productivos.
- Sus negativos impactos sobre el medioambiente están más que documentados.
- No aportan ninguna mejora en la calidad de los alimentos, solo grandes incertidumbres.
- Provocan un deterioro y pérdida de la biodiversidad agrícola, favoreciendo la privatización y control de las semillas por unas pocas compañías y amenazando la diversidad de los cultivos, la agricultura campesina y el futuro de la agricultura mundial.
- Su introducción no soluciona el hambre ni la pobreza, sino que agrava los problemas existentes, minando la soberanía alimentaria de los países del Sur.
- Ponen la alimentación mundial en manos de unas pocas multinacionales, las únicas beneficiadas por estos cultivos.

En definitiva, los transgénicos no son más que el último exponente de un modelo de agricultura industrial e intensiva que produce alimentos de mala calidad y dudosa seguridad a costa de destrozar la sostenibilidad de la agricultura local, el medio ambiente y poner en riesgo nuestra salud y el futuro de la alimentación en todo el mundo. // En nuestra lucha contra los transgénicos estamos hablando de agricultura, de alimentación, pero también de un mundo rural vivo, de una vida digna de las gentes del campo, de respeto al medio ambiente, de quién controla la alimentación mundial, de quién provoca y quién se beneficia de las crisis alimentarias. Hoy miramos a la situación del Estado español, pero nos solidarizamos también con los otros pueblos del mundo cuya agricultura y alimentación están siendo destrozadas por los transgénicos. // Nos hemos reunido en Zaragoza gentes venidas de todos los puntos del

Estado para expresar nuestra decepción, nuestro cansancio y nuestra rabia tras años de ver cómo los distintos gobiernos y administraciones del Estado español dejan que las multinacionales experimenten con las personas y con el medio ambiente. // Por todo ello queremos decir basta. Queremos una alimentación y una agricultura 100% libres de transgénicos. Durante años nos hemos movilizado, y durante este mes de abril hemos hecho y haremos cientos de actos y actividades para pedir de forma contundente a los Gobiernos estatal y autonómicos que cambien su actitud. // No vamos a parar. Seguiremos luchando hasta que consigamos que el Gobierno haga una apuesta real por un modelo de agricultura sostenible, que genere empleo en el medio rural, produzca alimentos sanos y de calidad, y garantice nuestra soberanía alimentaria y la de todas las personas del planeta. // Y el paso fundamental, nuestra exigencia irrenunciable al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, a la ministra Espinosa y al Gobierno del PSOE es la prohibición inmediata del cultivo de maíz transgénico en el Estado español, así como de cualquier otro experimento a campo abierto con organismos modificados genéticamente. // ¡Por una alimentación y una agricultura 100% libres de transgénicos!

Esto afirma La Vía Campesina, que reúne a unos 500 millones de familias campesinas de todo el planeta, y es firme aliada de la Revolución Cubana. Cuba, modelo para el mundo y sueño de tantos, te rogamos: ¡no sigas por el camino transgénico!

Bibliografía

- ALTIERI, Miguel A.: «The Myth of Coexistence: Why Transgenic Crops Are Not Compatible with Agroecologically Based Systems of Production», *Bulletin of Science, Technology & Society*, Vol. 25, No. 4, 2005, pp. 361-371.
- DONA, ARTEMIO y IOANNIS S. ARVANITOYANNIS: «Health Risks of Genetically Modified Foods», *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, No. 49, 2009, pp. 164-175.
- DONNEGAN, K.K. *et al.*: «Changes in Levels, Species, and DNA Fingerprints of Soil Microorganisms Associated with Cotton Expressing the *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki endotoxin», *Applied Soil Ecology*, No. 2, 1995, pp. 111-124.
- DUTTON, A., H. KLEIN, J. ROMEIS y F. BIGLER: «Uptake of Bt-toxin by Herbivores Feeding on Transgenic Maize and Consequences for the Predator *Chrysoperla carnea*», *Ecological Entomology*, Vol. 27, No. 4, 2002, pp. 441-447.
- GUTIERREZ, ANDREW PAUL: «Tritrophic Effects in Bt Cotton», *Bulletin of Science, Technology & Society*, Vol. 25, No. 4, 2005, pp. 354-360.
- HILLBECK, A., M. BAUMGARTNER, P.M. FRIED y F. BIGLER: «Effects of Transgenic Bt Corn-fed Prey on Mortality and Development Time of Immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)», *Environmental Entomology*, Vol. 27, No. 2, 1998, pp. 480-487.

- HO, MAE-WAN: «Hazards of Transgenic Plants Containing the Cauliflower Mosaic Viral Promoter: Author's Reply to Critiques of "The Cauliflower Mosaic Viral Promoter—A Recipe for Disaster?"», *Microbial Ecology in Health and Disease*, Vol. 12, No. 1, 2000, pp. 6-11.
- LATHAM, JONATHAN R., ALLISON K. WILSON y RICARDA A. STEINBRECHER: «The Mutational Consequences of Plant Transformation», *Journal Biomedical Biotechnology*, 2006, en <http://ukpmc.AC.uk/articlerender.cgi?artid=764180>.
- LA VÍA CAMPESINA: «Por una alimentación y una agricultura libres de transgénicos», 2009. En www.viacampesina.org/main_sp/index.php?option=com_content&task=view&id=733&Itemid=37.
- PIÑEYRO-NELSON, A. *et al.*: «Transgenes in Mexican Maize: Molecular Evidence and Methodological Considerations for GMO Detection in Landrace Populations», *Molecular Ecology*, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2008.03993.x.
- QUIST, D. y I. CHAPELA: «Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico», *Nature*, No. 414, 2001, pp. 541-543.
- ROSSET, PETER: «Transgenic Crops to Address Third World Hunger? A critical Analysis», *Bulletin of Science, Technology & Society*, Vol. 25, No. 4, 2005, pp. 306-313.
- _____ : «Genetically Modified Crops for a Hungry World: How Useful Are They Really?», *Tailoring Biotechnologies*, Vol. 2, No. 1, 2006, pp. 79-94.
- TEPPER, MARK, STÉPHANE GAUBERT, MATHIEU LEROUX-COYAU, SONIA PRINCE y LOUIS-MARIE HOUEBINE: «Transient Expression in Mammalian Cells of Transgenes Transcribed from the Cauliflower Mosaic Virus 35S Promoter», *Environmental Biosafety Research*, No. 3, 2004, pp. 91-97.
- ZHENG, XUELIAN *et al.*: «The Cauliflower Mosaic Virus (CaMV) 35S Promoter Sequence Alters the Level and Patterns of Activity of Adjacent Tissue- and Organ-specific Gene Promoters», *Plant Cell Reports*, Vol. 26, No. 8, 2007, pp. 1195-1203.

SOBRE LOS COMPILADORES

FERNANDO RAFAEL FUNES MONZOTE

(La Habana, 1971).

Ingeniero Agrónomo del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (1995); Máster en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible de la Universidad Internacional de Andalucía, España (1998); Diploma en Ganadería y Desarrollo Rural del International Agricultural Center, Holanda (1998); Doctor en Producción Ecológica y Conservación de los Recursos de la Universidad de Wageningen, Holanda (2008). Miembro fundador del Grupo Gestor de la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO), miembro de la Asociación Cubana de Producción Animal y de la Sociedad Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y colaborador de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) Editor de ocho volúmenes de memorias de eventos científicos y autor de capítulos en varias compilaciones. Autor de *Integración ganadería-agricultura con bases agroecológicas* (2000), *Fincas integradas ganadería-agricultura para cultivar biodiversidad* (2001), *Abonos orgánicos* (2004), *Farming Like We're Here to Stay: The Mixed Farming Alternative for Cuba* (2008), *Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba* (2009), y *Eficiencia energética en los sistemas agropecuarios* (2009). Ha liderado o participado en numerosos proyectos de investigación y desarrollo sobre agricultura orgánica y agroecología. Actualmente labora en la Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas, donde forma parte del Comité Académico de la Maestría en Pastos y Forrajes.

EDUARDO FRANCISCO FREYRE ROACH

(La Habana, 1958).

Licenciado en Ciencias Filosóficas de la Universidad Estatal de Moscú (1983). Doctor en Ciencias Filosóficas desde 1987 y Profesor Titular desde 1999. Trabaja como Profesor de Filosofía, Historia de la Filosofía, Sociología Agraria, Bioética y Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Miembro del Comité Académico de la Maestría en Agroecología y Agricultura Sostenible, de la Maestría de Docencia Agraria y de la Maestría de Bioética. Miembro del Comité Académico del Tribunal Nacional de Ciencias Filosóficas, así como de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) y del punto focal Cuba de la Red de Acción contra Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina (RAPAL). Ha publicado diversas monografías y artículos como «Bioética y Agricultura Sostenible», «Ingeniería Genética y Sociedad», y «Bioética y Agricultura». Mención del Concurso de Ética Elena Gil por su ensayo «¿Hablar por otros?» Premio Provincial de Ciencia y Técnica en 2003 por su investigación «Educación Bioética en las carreras de Ciencias Agrarias» (2001). En 2009 «Habla un transgénico» recibió el Premio de Ensayo que otorga la revista *Temas* en la categoría de Ciencias Sociales.

APÉNDICE

GACETA OFICIAL

DE LA REPUBLICA DE CUBA

MINISTERIO DE JUSTICIA

EDICION ORDINARIA

LA HABANA, MIERCOLES 19 DE DICIEMBRE DE 2007

AÑO CV

Sitio Web: <http://www.gacetaoficial.cu/>

Número 84 – Distribución gratuita en soporte digital

Página 1611

MINISTERIO

**CIENCIA, TECNOLOGIA Y MEDIO
AMBIENTE**

RESOLUCION No. 180/2007

POR CUANTO: Por Acuerdo del Consejo de Estado de fecha 19 de julio de 2004, quien resuelve fue designado Viceministro Primero de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

POR CUANTO: El Decreto-Ley No. 67 de fecha 19 de abril de 1983, “De la organización de la Administración Central del Estado” en su Artículo 33 establece que los jefes de los organismos de la Administración Central del Estado serán sustituidos temporalmente, cuando fuere necesario, por los viceministros primeros.

POR CUANTO: El Acuerdo de fecha 25 de noviembre de 1994, del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, con número para control administrativo 2817 establece que los jefes de los organismos, en el marco de sus facultades y competencia, están facultados para dictar resoluciones y otras disposiciones de obligatorio cumplimiento para el sistema del Organismo.

POR CUANTO: El Decreto-Ley No. 190 “De la Seguridad Biológica” de 28 de enero de 1999 establece en su Artículo 4 Inciso c), que corresponde al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en coordinación con otros órganos y organismos correspondientes, otorgar, suspender y revocar autorizaciones, para la realización de las actividades relacionadas con el uso, liberación, importación y exportación de agentes biológicos y tóxicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos, con información genética.

POR CUANTO: La Resolución No. 76 de fecha 30 de junio del año 2000, emitida por este Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, puso en vigor el Reglamento para el Otorgamiento de las Autorizaciones de Seguridad Biológica.

POR CUANTO: Las circunstancias actuales y la experiencia práctica en la aplicación de la resolución mencionada, en el Por Cuanto anterior aconsejan su

modificación, en aras de adecuar su contenido y los anexos que la integran.

POR TANTO: En el ejercicio de las facultades que me están conferidas,

Resuelvo:

PRIMERO: Aprobar el siguiente:

**REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO
DE LA AUTORIZACION
DE SEGURIDAD BIOLÓGICA**

**CAPITULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

ARTICULO 1.-El presente Reglamento tiene como objetivo establecer la clasificación y los procedimientos para la solicitud y el otorgamiento de la Autorización de Seguridad Biológica, entendida como la modalidad de la Licencia Ambiental a través de la cual el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, previa evaluación del riesgo biológico, autoriza a una persona natural o jurídica a realizar las actividades previstas en ella, bajo las condiciones y requisitos que la misma establece.

ARTICULO 2.-Este Reglamento se aplica a las personas naturales y jurídicas vinculadas con todas las actividades relacionadas con el uso, la investigación, el ensayo, la producción, la liberación, la importación y la exportación de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética así como, a las diferentes etapas del proceso constructivo de las instalaciones con riesgo biológico, que se realicen en el territorio nacional.

ARTICULO 3.-El Centro Nacional de Seguridad Biológica, perteneciente a la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear, y las Delegaciones Territoriales de este Ministerio, son designadas como las autoridades facultadas para el otorgamiento de la Autorización de Seguridad Biológica a que se refiere esta resolución.

ARTICULO 4.-El procedimiento que establece el presente Reglamento no resulta de aplicación para las actividades descritas en el Artículo 2, ante la concurrencia de las circunstancias siguientes:

- a) Cuando las evaluaciones practicadas a los agentes biológicos y los productos que los contengan, hayan demostrado que su uso no constituye riesgo para la salud humana y el medio ambiente, en un período de tiempo superior a diez años.
- b) Cuando el uso previsto de los organismos genéticamente modificados sea para alimento humano, animal o para procesamiento, y este haya sido autorizado en aquellos países de donde provienen, habiendo transcurrido un período de tiempo superior a diez años sin presentar efectos adversos para la salud humana o animal.

ARTICULO 5.-El Centro Nacional de Seguridad Biológica, en coordinación con otras instituciones estatales, según corresponda, analiza de manera casuística las circunstancias a que se refiere el artículo anterior, a los efectos de determinar su aplicación.

ARTICULO 6.-La previa obtención de la Autorización de Seguridad Biológica, es requisito indispensable para la realización de las actividades siguientes:

- a) El emplazamiento, diseño, proyecto, construcción, remodelación, puesta en servicio, explotación y proceso de cierre de las instalaciones donde se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética.
- b) La investigación, producción y ensayos sobre el terreno que involucren agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética.
- c) La liberación al medio ambiente de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética.
- d) La comercialización de organismos, agentes biológicos y productos que los contengan, así como de fragmentos de éstos con información genética.
- e) La importación y exportación de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética.
- f) La transportación de agentes biológicos y sus productos, organismos, fragmentos de éstos con información genética y desechos biológicos peligrosos.
- g) Otras actividades relacionadas con el cumplimiento de los compromisos contraídos por la República de Cuba en instrumentos jurídicos internacionales.

CAPITULO II

DE LA CLASIFICACION DE LAS AUTORIZACIONES DE SEGURIDAD BIOLOGICA

ARTICULO 7.-La Autorización de Seguridad Biológica, de acuerdo con las modalidades que comprende, se clasifica como sigue:

- a) **Licencia de Seguridad Biológica:** autorización que ampara las actividades que presentan un elevado nivel de riesgo biológico para el trabajador, la comunidad y el medio ambiente.
- b) **Permiso de Seguridad Biológica:** autorización que ampara las actividades que presentan moderados niveles de riesgo biológico para el trabajador, la comunidad y el medio ambiente.

- c) **Notificación:** autorización que ampara aquellas actividades que apenas presenten riesgo debido a lo infimo de sus niveles y otras actividades que, bajo este término, quedan comprendidas en la legislación vigente para la contabilidad y el control de materiales biológicos, equipos y tecnología aplicada a éstos.

ARTICULO 8.-Están sujetas a Licencia de Seguridad Biológica las actividades siguientes:

1. La construcción, la remodelación, la puesta en servicio, la explotación y el proceso de cierre, de las instalaciones donde se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso a) del Artículo 6 de presente Reglamento, en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica II a gran escala, y a pequeña escala para el caso de aquellas en las que se hace uso de agentes biológicos que afecten o puedan afectar a las plantas.
 - b) Cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica III a pequeña y gran escala en los casos en que se hace uso de agentes biológicos que afecten o puedan afectar al hombre y los animales.
 - c) Cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica IV a pequeña escala y con carácter excepcional, a gran escala.
2. La investigación, la producción y los ensayos sobre el terreno que involucren agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso b) del Artículo 6 del presente Reglamento, en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de organismos.
 - b) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo III.
 - c) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo IV para el caso de los que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.
3. La liberación al medio ambiente de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso c) del Artículo 6 en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de organismos.
 - b) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo III.
 - c) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo IV que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.
 - d) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo II que afecten o puedan afectar a las plantas.
4. La comercialización de organismos, agentes biológicos y productos que los contengan, así como de fragmentos de éstos con información genética.
5. La exportación de organismos genéticamente modificados.
6. La importación de agentes biológicos y sus productos y organismos.

7. La transportación de organismos y de agentes biológicos y sus productos pertenecientes a los grupos de riesgo IV y el grupo de riesgo III que afecte o pueda afectar a las plantas.

ARTICULO 9.-Están sujetas a Permiso de Seguridad Biológica las actividades siguientes:

1. La construcción, la remodelación, la puesta en servicio, la explotación y el proceso de cierre de las instalaciones donde se hace uso de agentes biológicos y sus productos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso a) del Artículo 6 del presente Reglamento, en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica II a pequeña escala para el caso de las aquellas en las que se hace uso de agentes biológicos que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.
 - b) Cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica I a gran escala en todos los casos y I a pequeña escala en los casos en que se haga uso de agentes biológicos que afecten o puedan afectar a las plantas.
2. La investigación, la producción y los ensayos sobre el terreno que involucren agentes biológicos y sus productos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso b) del Artículo 6, en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo II.
 - b) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo I que afecten o puedan afectar a las plantas.
3. La liberación al medio ambiente de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de éstos con información genética establecida en el inciso c) del Artículo 6, en los casos siguientes:
 - a) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo II que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.
 - b) Cuando se trate de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo I que afecten o puedan afectar a las plantas.
 - c) Cuando no tratándose de organismos exóticos para el país, si lo sean para ecosistemas determinados.
4. La transportación de agentes biológicos y sus productos pertenecientes a los grupos de riesgo II, grupo de riesgo III que afecte o pueda afectar al hombre y a los animales; y muestras de organismos con fines de investigación.

ARTICULO 10.-Se encuentran sujetas a Notificación y registro, las actividades siguientes:

1. La construcción, la remodelación, la puesta en servicio, la explotación y el proceso de cierre de las instalaciones donde se hace uso de agentes biológicos y sus productos y fragmentos de éstos con información genética, a que se refiere el inciso a) del Artículo 6 del presente Reglamento cuando se trate de instalaciones que tengan un nivel de seguridad biológica I a pequeña escala para el caso de

aquellas en las cuales se hace uso de agentes biológicos que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.

2. La investigación y ensayos sobre el terreno, así como la liberación al medio ambiente de agentes biológicos y sus productos y fragmentos de éstos con información genética a que se refieren los incisos b) y c) del Artículo 6, cuando se trate de agentes biológicos del grupo de riesgo I que afecten o puedan afectar al hombre y a los animales.
3. La importación mencionada en el inciso e) del Artículo 6, cuando se trate de fragmentos de agentes biológicos con información genética.
4. La transportación de agentes biológicos del grupo de riesgo I y de fragmentos con información genética pertenecientes a todos los grupos de riesgo.

CAPITULO III

DE LA LICENCIA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

SECCION PRIMERA

Del procedimiento para su otorgamiento

ARTICULO 11.-El Centro Nacional de Seguridad Biológica, perteneciente a la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear es la autoridad facultada para otorgar las licencias de seguridad biológica en todo el territorio nacional.

ARTICULO 12.-El solicitante que realice las actividades comprendidas en el Artículo 8 de este Reglamento debe presentar, ante la autoridad facultada, un expediente técnico acompañado de un escrito de solicitud de licencia de seguridad biológica que contenga la información mínima siguiente:

- a) Nombre de la instalación o área de liberación.
- b) Organo u organismo al que pertenece.
- c) Fecha de solicitud.
- d) Domicilio legal, teléfono, fax, correo electrónico.
- e) Descripción de la actividad que se pretende realizar.
- f) Evaluación de riesgo realizada para cada actividad.
- g) Nombres y apellidos y firma del representante legal de la entidad.
- h) Cño oficial de la entidad.
- i) Copia certificada del documento constitutivo de la entidad solicitante.
- j) Copia certificada del nombramiento oficial del titular de la entidad solicitante.

ARTICULO 13.-El expediente técnico debe contener además, la información general establecida en los Anexos 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12 y 13 de la presente Resolución, para la actividad específica que se ejecute.

Toda la documentación se presenta en idioma español.

ARTICULO 14.-La autoridad facultada puede, cuando proceda, solicitar la información adicional que resulte pertinente dada la especificidad de cada caso.

ARTICULO 15.-La autoridad facultada procede a realizar el correspondiente examen del expediente que contiene la evaluación de riesgo realizada por el solicitante para cada una de las actividades. Para ello, cuenta con un plazo de hasta noventa (90) días hábiles computados a partir de la fecha de recibido el expediente.

ARTICULO 16.-En el caso específico de las fases de construcción y puesta en marcha de la instalación, la licencia se divide en varias etapas, las cuales tienen un tiempo de duración equivalente al de la obra en cuestión.

ARTICULO 17.-Para el caso de la importación de organismos modificados genéticamente cuyo destino sea su liberación al medio ambiente, la licencia es expedida dentro del plazo de doscientos setenta (270) días naturales computados a partir de la fecha de recibo de la documentación correspondiente.

ARTICULO 18.-La autoridad facultada puede disponer la paralización del proceso por considerar el expediente incompleto o por contener errores manifiestos, en cuyos casos, el solicitante debe subsanar las anteriores deficiencias, quedando interrumpido el término establecido para el análisis del expediente, el que continúa su curso una vez erradicadas las causas que motivaron dicha paralización y haya sido recibida la información pertinente por la autoridad facultada.

ARTICULO 19.-La solicitud de licencia ambiental para los casos de emplazamiento, diseño y proyecto de las instalaciones comprendidas en el inciso a) del Artículo 6 del presente Reglamento; la exportación comprendida en el inciso e) siempre y cuando se trate de agentes biológicos, y las actividades descritas en el inciso f) del propio artículo referidas a los desechos biológicos peligrosos; se realiza ante el Centro de Inspección y Control Ambiental, perteneciente a la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear, según los términos y condiciones establecidos en la legislación ambiental vigente. El expediente se somete a la consideración del Centro Nacional de Seguridad Biológica que evalúa conforme a los procedimientos establecidos para la seguridad biológica y dictamina sobre la procedencia o no de la actividad. El dictamen técnico que expide el Centro Nacional de Seguridad Biológica tiene carácter vinculante para otorgar o denegar la licencia ambiental correspondiente.

ARTICULO 20.-Cuando la autorización de seguridad biológica, esté referida a las actividades establecidas en el apartado uno, inciso a) de los Artículos 8 y 9, así como en el apartado uno del Artículo 10, referidos al proceso constructivo de una instalación sometido a dicha autorización desde la fase de emplazamiento, la autoridad facultada puede, previo análisis del proceso, otorgar una autorización única de explotación una vez emitido el dictamen vinculante para la licencia ambiental. La mencionada autorización incluye el resto de las fases que la preceden.

ARTICULO 21.-Para las actividades comprendidas en los incisos c) y e) del Artículo 6, el expediente se somete a la consideración del Centro de Inspección y Control Ambiental, que dictamina sobre la procedencia o no de las actividades. El dictamen técnico que expide el referido centro tiene carácter vinculante para el otorgamiento de la licencia de seguridad biológica.

ARTICULO 22.-La autoridad facultada mantiene activos los expedientes a que se refiere el Artículo 12 anterior, por el plazo de seis meses contados a partir de la fecha de la notificación de su paralización. Transcurrido este periodo, sin recibirse la información requerida se archivan los expedien-

tes, por lo que el solicitante debe presentar nuevamente su solicitud de la licencia ante la autoridad facultada.

ARTICULO 23.-La autoridad facultada puede, para el otorgamiento de la licencia, consultar a otros expertos cuya actividad se relacione con la actividad que se pretende autorizar, a los efectos de colegiar el proceso de evaluación de riesgo.

ARTICULO 24.-Dentro de los términos y requisitos establecidos en los Artículos 13 y siguientes de este Reglamento la autoridad facultada efectúa, si lo considera necesario, una inspección con el objetivo de verificar las condiciones de seguridad bajo las cuales se realiza la actividad objeto de licencia y comprobar la veracidad de la información contenida en el expediente. Una vez concluidas estas comprobaciones, la autoridad facultada adopta una de las decisiones siguientes:

1. Otorgar la licencia de seguridad biológica.
2. Aplazar el otorgamiento de la licencia, y condicionarla al cumplimiento de alguna obligación por parte del solicitante.
3. Aprobar, con carácter excepcional, la licencia con la condición de que el titular realice los cambios o mejoras que, desde el punto de vista técnico, se le exige en el plazo fijado en ésta. Ante el incumplimiento de los requerimientos de la autoridad facultada, la licencia pierde su vigencia.
4. Denegar la licencia de seguridad biológica.

ARTICULO 25.-En todos los casos, la autoridad facultada comunica de forma escrita la decisión adoptada y dentro de los términos establecidos en el presente Reglamento.

ARTICULO 26.-Para la adopción de las decisiones a que se refiere el Artículo 24, la autoridad facultada tiene en cuenta los elementos siguientes:

- a) Resultado del análisis del expediente y del proceso de evaluación de riesgos.
- b) Cumplimiento de los requisitos y condiciones de seguridad establecidos en la legislación vigente y verificados en la inspección, si ésta se efectuara.
- c) Aplicación del principio precautorio en los casos en que la información existente no sea suficiente para la realización del proceso de evaluación de riesgos, o habiéndose realizado este, persista la incertidumbre sobre la magnitud de los posibles efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente en general que reviste la actividad objeto de licencia.
- d) Las consideraciones socioeconómicas derivadas directamente del riesgo que posee la actividad que se pretende autorizar.

ARTICULO 27.-La Licencia de Seguridad Biológica contiene de forma clara, la actividad específica que ampara, la identificación de su titular y los requisitos formales para su vigencia.

ARTICULO 28.-El aplazamiento del otorgamiento de la Licencia de Seguridad Biológica tiene lugar cuando la actividad prevista requiera de cambios o mejoras por existir fallas en las condiciones de seguridad, a fin de mitigar los efectos adversos para la salud humana, los animales, vegetales y el medio ambiente.

ARTICULO 29.-La denegación de la Licencia de Seguridad Biológica tiene lugar por alguno de los motivos siguientes:

- a) Cuando la evaluación de riesgos practicada y el análisis costo beneficio arrojan que los efectos adversos, que representa la actividad para el medio ambiente y la salud humana, resultan tan manifiestos que no hagan aconsejable su autorización, teniendo en cuenta las condiciones del país.
- b) Cuando sea de aplicación el principio precautorio al que se refiere el Artículo 26 de este Reglamento.

ARTICULO 30.-En todos los casos, la decisión de la autoridad facultada se hace constar en documento fundamentado, en el que se exponen detalladamente las razones que la avalan.

ARTICULO 31.-La decisión de la autoridad facultada de aplazar el otorgamiento de la licencia de seguridad biológica implica la imposibilidad de la ejecución de la actividad prevista, hasta tanto estén creadas las condiciones de seguridad exigidas o se introduzcan los cambios o mejoras sobre los cuales se condicione su otorgamiento.

SECCION SEGUNDA

De la renovación de la licencia de seguridad biológica

ARTICULO 32.-La Licencia de Seguridad Biológica sólo tiene validez para la actividad específica que ampara y tiene un carácter temporal, por lo que debe ser renovada por su titular una vez concluido el término que en ella se establece.

ARTICULO 33.-La renovación de la licencia de seguridad biológica se otorga sobre la base de lo establecido en la Sección Primera del presente Capítulo.

ARTICULO 34.-Una vez vencido el término de vigencia de la licencia, antes de proceder a su renovación, la autoridad facultada verifica que la actividad no ha sufrido cambio alguno y que las condiciones de seguridad bajo las cuales se autorizó continúan vigentes.

ARTICULO 35.-La solicitud de la renovación de la licencia se presenta a la autoridad facultada en el plazo de sesenta (60) días hábiles anteriores a la fecha de su vencimiento, conforme a los requerimientos establecidos en el presente Reglamento.

ARTICULO 36.-La autoridad facultada, una vez examinados los anteriores presupuestos, procede a renovar la licencia mediante el otorgamiento de un nuevo documento, dentro de los sesenta (60) días hábiles siguientes a la recepción de la solicitud de renovación.

SECCION TERCERA

De la modificación de la licencia de seguridad biológica

ARTICULO 37.-Cualquier solicitud de transformación en la actividad prevista en la licencia, requiere su presentación ante la autoridad facultada, quien determina si tal modificación en la actividad implica una modificación de la licencia otorgada. Para ello la autoridad facultada cuenta con un término de cuarenta y cinco (45) días hábiles a partir de la presentación de la solicitud. En dicho término, la autoridad facultada puede adoptar una de las decisiones siguientes:

- a) Modificar la licencia, para lo cual el titular debe aportar la información que resulte pertinente.
- b) Denegar la modificación de la licencia.

ARTICULO 38.-La autoridad facultada, para modificar la licencia, debe asegurarse de que las condiciones de seguridad son compatibles con los cambios introducidos.

ARTICULO 39.-La autoridad facultada puede aplazar o denegar, en su caso, el otorgamiento de la nueva licencia, si concurren los supuestos que para ello se establecen en el presente Reglamento, en cuyas circunstancias, se actúa conforme al procedimiento que a ellos se refiere.

SECCION CUARTA

De la suspensión y la revocación de la licencia de seguridad biológica

ARTICULO 40.-La licencia de seguridad biológica, una vez otorgada, puede ser suspendida por la autoridad facultada en cualquier momento o estadio de la actividad prevista, siempre que concurren los presupuestos siguientes:

- a) Cuando se presenten situaciones no previstas en el momento de su otorgamiento, que puedan provocar alteraciones en la salud humana y el medio ambiente sin que éstas situaciones impliquen un cambio esencial en la actividad.
- b) Cuando el titular ha dejado de cumplir con los requisitos y condiciones en base a los cuales le fue otorgada la licencia.

ARTICULO 41.-La autoridad facultada notifica la suspensión de la licencia mediante escrito donde se fundamentan las razones de la suspensión. Dicho escrito contiene las medidas que el titular debe adoptar para restablecer las condiciones de seguridad que justificaron el otorgamiento de la licencia. La suspensión de la licencia implica el retiro de la misma por parte de la autoridad facultada.

ARTICULO 42.-La suspensión de la licencia produce la paralización inmediata y temporal de las actividades que ampara, las que se reinician una vez erradicadas las causas que provocaron dicha suspensión y decursado el término que en el escrito fundamentado se establece.

Antes de disponer la continuación de la actividad, la autoridad facultada debe asegurarse de que los presupuestos que dieron origen a la suspensión se han eliminado totalmente.

ARTICULO 43.-La autoridad facultada, una vez examinadas las anteriores condiciones, dispone la continuación de los trabajos mediante escrito, y devuelve la licencia a su titular. El tiempo que dure la suspensión, interrumpe el término de validez de dicha licencia, el cual continúa su curso una vez reintegrada la misma a su titular.

ARTICULO 44.-Una vez transcurrido el término a que se refiere el artículo anterior sin haberse producido la eliminación de las causas que provocaron la suspensión de la licencia, la autoridad facultada puede adoptar una de las decisiones siguientes:

- a) Otorgar un nuevo plazo para su erradicación.
- b) Revocar la licencia de seguridad biológica.

ARTICULO 45.-La autoridad facultada puede revocar la licencia de seguridad biológica en cualquier fase o estadio de la actividad prevista en los casos siguientes:

- a) Cuando las violaciones de las condiciones de seguridad, o las circunstancias no previstas en el momento de su otorgamiento, sean lo suficientemente graves e imposibles de subsanar en un corto periodo de tiempo, y pongan en peligro inminente la salud humana y el medio ambiente, lo cual haga aconsejable la no continuación de la actividad prevista.
- b) Cuando la actividad se ha modificado en su esencia de forma tal que constituye una actividad diferente sujeta a otra licencia. En este caso, el titular de la licencia revocada debe iniciar el proceso de solicitud de la nueva licencia, según el procedimiento establecido en este Reglamento.

ARTICULO 46.-La autoridad facultada ejecuta la revocación de la licencia por escrito fundamentando las razones que motivaron la decisión.

ARTICULO 47.-La revocación de la licencia produce la paralización inmediata y definitiva de los trabajos amparados en ella, por lo que el titular de la entidad debe solicitar una nueva licencia una vez eliminadas las causas que provocaron su revocación.

CAPITULO IV

DEL PERMISO DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

ARTICULO 48.-Las Delegaciones Territoriales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, son la autoridad facultada para otorgar el Permiso de Seguridad Biológica en los límites de sus respectivos territorios. A tales efectos, el Centro Nacional de Seguridad Biológica actúa como órgano de control en el proceso de análisis y otorgamiento de los mismos, y le corresponde la responsabilidad de otorgar directamente, aquel permiso que ampare la realización de una actividad que involucre a más de un territorio.

ARTICULO 49.-El solicitante que realice alguna de las actividades comprendidas en el Artículo 9 del presente Reglamento debe presentar, ante la autoridad facultada, un escrito de solicitud de permiso acompañado de un expediente técnico que debe contener la información general a que se refiere el Artículo 12.

ARTICULO 50.-El expediente técnico debe contener la documentación a que se refieren los Anexos 1, 3 y 7 del presente Reglamento. Toda la documentación se presenta en idioma español.

ARTICULO 51.-La autoridad facultada puede solicitar la información adicional que considere pertinente, atendiendo a la especificidad de cada caso.

ARTICULO 52.-La autoridad facultada procede a realizar el correspondiente examen del expediente y la evaluación de riesgo para cada una de las actividades, con el objetivo de otorgar o denegar el permiso. La evaluación se realiza en un plazo de hasta sesenta (60) días hábiles computados a partir de la fecha de recibo del expediente.

ARTICULO 53.-En el caso específico de las fases de construcción y la puesta en marcha de la instalación, el permiso se divide en varias etapas, las cuales tienen un tiempo de duración equivalente al de la obra en cuestión.

ARTICULO 54.-Para el otorgamiento de los permisos de seguridad biológica, su renovación, modificación, suspensión y revocación, rige en su totalidad el procedimiento establecido en el presente Reglamento para el otorgamiento de la licencia.

CAPITULO V

DE LAS NOTIFICACIONES

ARTICULO 55.-Las delegaciones territoriales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, son la autoridad facultada para realizar las Notificaciones de los registros de aquellas actividades que apenas presenten riesgo, de acuerdo con el presente reglamento, dentro de los límites de sus respectivos territorios. El Centro Nacional de Seguridad Biológica actúa como órgano de control en este proceso.

ARTICULO 56.-La entidad solicitante que realice las actividades establecidas en el Artículo 10 del presente Reglamento, debe notificarla a la autoridad facultada con el fin de proceder a su registro, enviándole los datos contenidos en los Anexos 2, 4, 6 y 8 que forman parte integrante de la presente, sin perjuicio de cualquier otra información adicional que se le solicite dado el caso en cuestión.

ARTICULO 57.-La autoridad facultada debe establecer un control de las actividades registradas, y a tales efectos emite el correspondiente documento que acredite dicho registro, y que entrega al solicitante en un término de treinta (30) días hábiles a partir de la fecha del recibo de la documentación correspondiente.

CAPITULO VI

DEL PROCEDIMIENTO ANTE LAS INCONFORMIDADES

ARTICULO 58.-Contra la decisión adoptada por la autoridad facultada denegando, suspendiendo o revocando una autorización de seguridad biológica, el solicitante puede establecer recurso de apelación, en el término de diez (10) días hábiles, contados a partir de la fecha de notificación, según corresponda, ante las autoridades siguientes:

- a) El Director General de la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear, cuando la decisión impugnada haya sido adoptada por el Director del Centro Nacional de Seguridad Biológica o el Delegado Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- b) Ante quien resuelve cuando la decisión impugnada haya sido adoptada por el Director General de la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear.

La autoridad correspondiente cuenta con un término de quince (15) días hábiles contados a partir de la fecha de interpuesto el recurso de apelación, para pronunciarse.

ARTICULO 59.-Contra lo resuelto por la autoridad facultada no cabe recurso ni proceso alguno en la vía administrativa.

SEGUNDO: El otorgamiento de las autorizaciones reguladas en este Reglamento está sujeto a los gravámenes establecidos en la legislación vigente.

TERCERO: Se faculta al Director del Centro Nacional de Seguridad Biológica, oído el parecer del Director General de la Oficina de Regulación Ambiental y de Seguridad

Nuclear, para dictar las guías, metodologías y procedimientos que resulten necesarios para la mejor aplicación y control de lo establecido en este Reglamento.

CUARTO: Se deroga la Resolución No. 76 de fecha 30 de junio del año 2000, emitida por la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

NOTIFIQUESE la presente al Director General de la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear y por intermedio de éste al Director del Centro Nacional de Seguridad Biológica, al Director del Centro de Inspección y Control Ambiental y a los Delegados Territoriales de este Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

COMUNIQUESE a los Ministros de los Organismos de la Administración Central del Estado.

ARCHIVESE en el Protocolo de Disposiciones Jurídicas de la Dirección Jurídica de este Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

PUBLIQUESE en la Gaceta Oficial de la República de Cuba.

Dada en la sede del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en la ciudad de La Habana, a los 7 días del mes de noviembre de 2007.

Dr. Fernando Mario González Bermúdez
Ministro p.s.r. de Ciencia, Tecnología
y Medio Ambiente

El «Reglamento» incluye trece anexos, que constituyen los requisitos para elaborar expedientes técnicos relacionados con diferentes solicitudes. Reproducimos a continuación los encabezados de cada uno. Nota de los editores:

ANEXO 1

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para la solicitud de licencias y permisos de seguridad biológica para las instalaciones en las que se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética.

ANEXO 2

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para la solicitud de notificación de seguridad biológica para las instalaciones en las que se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética.

ANEXO 3

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de licencias y permisos de seguridad biológica para la investigación, ensayo, liberación y comercialización de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética (excepto plantas y animales modificados genéticamente).

ANEXO 4

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para la solicitud de notificación de seguridad biológica para la

investigación, ensayo y comercialización de agentes biológicos y sus productos y fragmentos de estos con información genética.

ANEXO 5

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de licencia de seguridad biológica para la importación de agentes biológicos y organismos exóticos. (excepto plantas exóticas y agentes biológicos destinados a la lucha biológica contra plagas agrícolas).

ANEXO 6

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de la notificación de seguridad biológica para la importación de fragmentos de agentes biológicos con información genética.

ANEXO 7

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de licencias y permisos de seguridad biológica para la transportación de agentes biológicos y sus productos y organismos.

ANEXO 8

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de la notificación de seguridad biológica para la transportación de agentes biológicos y fragmentos de estos con información genética.

ANEXO 9

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de las licencias de investigación, ensayo y comercialización de plantas modificadas genéticamente.

ANEXO 10

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de las licencias de investigación, ensayo y comercialización de animales modificados genéticamente.

ANEXO 11

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de licencia para la exportación e importación de organismos genéticamente modificados.

ANEXO 12

Requisitos para la elaboración del expediente técnico para el otorgamiento de la licencia de importación de plantas exóticas.

ANEXO 13

Requisitos generales para la confección del expediente técnico para el otorgamiento de la licencia de importación de agentes biológicos exóticos para la lucha biológica contra plagas agrícolas.

Transgénicos. ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde? Textos para un debate en Cuba se terminó de imprimir en los talleres de Ediciones Caribe, La Habana, en noviembre de 2009. En su composición se usó la familia tipográfica Adobe Caslon Pro. La tirada consta de 1 000 ejemplares.