



NACIONES UNIDAS

CEPAL

SEDE SUBREGIONAL EN MÉXICO

CENTROAMÉRICA: USO DE SEMILLAS GENÉTICAMENTE MODIFICADAS E INCREMENTO DEL INGRESO DE LOS AGRICULTORES

Gilberto Aboites Manrique
Gustavo Félix Verduzco

Este documento fue preparado por Gilberto Aboites Manrique y Gustavo Félix Verduzco, consultores de la CEPAL e Investigadores del Centro de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. La supervisión del estudio estuvo a cargo de Braulio Serna Hidalgo, Jefe la Unidad de Desarrollo Agrícola de la Sede Subregional de la CEPAL en México.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

LC/MEX/L.1006

Copyright © 2011, Naciones Unidas. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas • México, D. F. • Marzo de 2011 • 2011-014

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I. LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA	9
II. LA EXPERIENCIA CENTROAMÉRICA	17
III. BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN CENTROAMÉRICA	23
1. Aspectos institucionales, capital humano y articulación con el sector privado	24
2. Percepciones y bioseguridad	30
3. Políticas y legislación	32
IV. POLÍTICAS Y MEDIDAS PARA FORTALECER EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	41
1. Políticas	41
2. Medidas	44
V. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	47
BIBLIOGRAFÍA	49
SIGLAS	53
ANEXOS:	
I. Aportación del CIMMYT	55
II. Centroamérica: Proyectos identificados vinculados con biotecnología agrícola, 2010.....	57

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue valorar la situación que mantiene la biotecnología vegetal en la agricultura centroamericana y formular lineamientos generales de política con el fin de impulsar acciones factibles.

Por las evidencias estudiadas se puede afirmar que el incipiente grado de desarrollo en el uso de semillas genéticamente modificadas en Centroamérica sólo tiene presencia económica y comercial en Honduras y Costa Rica.

Ante ello, se propone una política tendiente a revitalizar la infraestructura institucional a partir de asegurar una base material, en la que se incluya la disponibilidad de banda ancha de Internet para cada laboratorio de biotecnología, y apoyar a los grupos de trabajo existentes, para así constituirlos como el eje de la política biotecnológica.

Es decir, se proponen integrar a las comunidades de fitomejoradores y biotecnólogos mediante liderazgos personales e institucionales. Así, es prioritario identificar los grupos existentes, sus liderazgos y sus capacidades y procurar relaciones horizontales de trabajo fructíferas. Promover la asociación entre empresas trasnacionales y agentes o instituciones locales, para que aporten el acceso a los mercados, a la biodiversidad, al conocimiento acumulado y, en reciprocidad, los sistemas nacionales deberán acceder al conocimiento tecnológico de vanguardia que las empresas poseen mediante programas de capacitación y formación de personal científico.

Debido a que los protocolos para insertar sucesos Bt o resistencia a herbicidas en el maíz es una tecnología dominada en los laboratorios de las compañías trasnacionales, que detentan la propiedad intelectual de esos paquetes, es necesario promover mecanismos de intercambio.

No conviene buscar otro camino al impulsar de forma paralela el mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, apoyado en trabajos de identificación y mapeo de la diversidad genética de especies con importancia económica y cultural, pues es la base de cualquier biotecnología agrícola con la posibilidad de impactar entre los campesinos.

Finalmente, dado el hecho de que la percepción que prevalece en la subregión respecto de la biotecnología no es favorable, debe impulsarse una política de comunicación sistemática, de largo plazo, que priorice la comunicación cara a cara, y apele a talleres con los productores en parcelas demostrativas o en los propios laboratorios.

ABSTRACT

The purpose of the work was to carry out an appraisal of the situation of biotech crops in the Central American agriculture. Also, suggest general policies, for action.

From the studied evidences we may state that the development and use of genetically modified seeds in Central America is low. In fact, this has an economic and commercial presence only in Honduras and Costa Rica. Given this situation, it is proposed a strategy having as aim to consolidate the institutional infrastructure using wide band internet connections for each biotechnology laboratory. It is also necessary to identify the specific importance of each existing group in order to use it as an axis for the implementation of policies in biotechnology.

This should be done without confronting the actual administrative structures and without underestimating what has been accomplished among the plant breeders and biotechnology communities. It is important to be aware and respect the existing personal and institutional leaderships.

Therefore it should be a priority to identify the existing groups, its leaders and its capacities. An effort should be made in order to maintain always horizontal working-links. For instance, promote the association between local institutions and transnational companies. Where transnational companies provide access to markets, biodiversity and knowledge, whereas the national institutions acquire cutting-edge technological knowledge through training of its scientific teams.

Since the protocols for Bt or resistant herbicides in corn are a technology well handled by laboratories and transnational companies, who hold the intellectual property of these packages, this should be a starting point. In parallel, the genetic improvement assisted by molecular markers, supported in information for the identification and mapping of genetic diversity of species with economic and cultural importance. This is the base of any biotechnology which aims to be accepted among peasants.

Last but not least, is the non positive perception of biotechnology in the Central American countries. A long term policy of communication, with a priority in face to face communication, should be followed as well as workshops in demonstrative parcels or *in situ* in the laboratories.

INTRODUCCIÓN

Existen estudios que muestran que el uso de semillas modificadas genéticamente confiere ventajas económicas por concepto de incrementos en la producción, incluso entre agricultores medianos y pobres, que de acuerdo con las evidencias van desde 0,4% hasta 30%, aunque se nota una alta incidencia entre 5% a 20 %¹. Esto indica un mayor beneficio y bienestar, ya que se puede emplear una menor utilización de herbicidas, lo que se interpreta como beneficio económico y/o sanitario. Los casos más recientes de países con productores campesinos que usan semillas transgénicas son Egipto, Burkina Faso, la India y China (James, 2009).

No obstante, se reconoce que la información de la que parten tales conclusiones no siempre es estadísticamente robusta (Gurian-Sherman, 2009; James, 2009), aun cuando año con año se confirma y corroboran los aportes de la biotecnología agrícola (McLaren, 2005; McLaren, 2000; Fernández-Cornejo y Caswell, 2006 y James, 2009).

Hay literatura que alerta sobre los efectos sociales adversos que puede significar impulsar un esquema altamente concentrado del mercado semillero entre los países no desarrollados, lo que ocasionaría cierta dependencia alimentaria (Martínez, 2002).

También hay evidencia de que existen diversas formas y mecanismos de negociación entre las empresas transnacionales (que concentran esa tecnología) y los gobiernos o centros de desarrollo tecnológico que ilustran una diversidad de acuerdos en los que hay más de un ganador; Costa Rica es el mejor referente en la subregión.

En ese contexto, los países han adoptado la biotecnología agrícola con ritmos diferenciados. Pero, a pesar de los argumentos a favor y en contra, es una realidad que el tiempo afecta a los que se rezagan.

El propósito de este trabajo es valorar la situación que mantiene la biotecnología vegetal en la agricultura centroamericana y formular lineamientos generales de política, complementarios a los señalados en diversos documentos, con el fin de impulsar acciones factibles.

En el texto se busca: 1) identificar el grado de desarrollo en el uso de semillas genéticamente modificadas (SGM) en Centroamérica; 2) evaluar los costos y beneficios de adoptar las (SGM), especialmente para los pobres rurales, y 3) proponer políticas y medidas para fortalecer este desarrollo, en particular que beneficie a los pobres rurales.

Por ende, se buscó identificar en qué países, qué cultivos y qué prácticas científicas y tecnológicas, encuadradas en la biotecnología, se realizaban, así como el tipo de agricultores involucrados. Luego se procedió a sistematizar la información relativa al costo-beneficio que se imputa en la literatura por utilizar tales materiales y, a partir de ahí, extrapolar los posibles impactos en la agricultura centroamericana. Lo anterior se realiza para, finalmente y con base en la información generada, formular lineamientos de política que pudieran ser impulsados con el propósito de fortalecer las

¹ Si bien los materiales existentes no tienen el propósito de incrementar el rendimiento, éste se eleva como consecuencia de un mayor aprovechamiento de los nutrientes, dada una menor competencia entre plantas o debido a que la disminución en el ataque de las plagas permite un mejor desarrollo vegetativo (véase Fernández-Cornejo y Caswell, 2006; James, 2009; Smale y otros, 2009).

capacidades institucionales, de manera que la biotecnología agrícola complemente y consolide las fortalezas nacionales y subregionales.

La investigación abarcó seis países: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. En atención a los problemas de investigación explícitamente formulados, se decidió trabajar mediante técnicas cualitativas, tipo *Grounded Theory* (Glaser y Strauss, 1967; Corbin y Strauss, 1990 y Strauss y Corbin, 1994), las que permiten construir teorías y explicaciones con base en lo que la propia población señala y que el investigador recaba.

Se realizaron 37 entrevistas con actores gubernamentales de los sectores privado y público y de la sociedad, tratando de abarcar las diversas apreciaciones e intereses que pudieran motivarlos y marcar sus respectivas apreciaciones de la vida social, que invariablemente captó el entrevistador.

El procedimiento se complementó con notas de campo y con la recopilación y sistematización de información bibliográfica y documental, que permitió construir explicaciones factibles, ancladas en información cualitativa, contrastada en algunos casos con información cuantitativa.

Además de esta introducción, el documento se compone de cinco capítulos. En el primero se define de manera general a la biotecnología y específicamente a la biotecnología agrícola. Después en el capítulo II se contextualiza la situación de la producción maicera en Centroamérica con el argumento de la presencia de al menos dos tipos de productores: los campesinos y los agricultores de corte empresarial.

En el tercer capítulo se presenta la situación que prevalece en la subregión respecto de la biotecnología y el tipo implementado de políticas. En el capítulo IV se muestra un ejercicio hipotético que ejemplifica los beneficios económicos que representaría el empleo de materiales transgénicos en la agricultura de la subregión. Finalmente, en el quinto se precisan las políticas, medidas y conclusiones que se podrían llevar a cabo para aprovechar los beneficios de la biotecnología agrícola.

I. LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

La biotecnología se refiere a técnicas muy variadas y a temporalidades distintas, por ejemplo asociadas a la producción de cerveza (6.000 años a.C.) o panes (4.000 años a. C.), llamada de primera generación, o con cultivo de tejidos, conservación *in vitro*, criopreservación, obtención de vacunas, uso de marcadores moleculares y otras técnicas y aplicaciones englobadas en la segunda generación. Hasta ahora el camino termina en la ingeniería genética, que sería lo que se considera como la biotecnología, denominada de tercera generación.

En el Convenio de Diversidad Biológica se define a la biotecnología como: “*toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos, o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*” (ONU, 1992); mientras que la FAO la interpreta en un sentido más estricto como las nuevas técnicas de ADN, la biología molecular y las aplicaciones tecnológicas reproductivas, la definición abarca una gama de tecnologías diferentes, como la manipulación y transferencia de genes, tipificación del ADN y clonación de plantas y animales (FAO, 2000).

Existe, en consecuencia, un abanico de posibilidades para incluir como definición, y para fines de precisar el objetivo del presente documento, se optó por conceptualizarla mediante la referencia a aquellas técnicas que en acuerdos ministeriales de agricultura se aceptaban como tal (véase el cuadro 1).

El orden en que aparecen las técnicas supone habilidades, destrezas y conocimientos diferentes que, en principio, corresponden con niveles diferenciados de complejidad analítica e instrumental, así como con magnitudes diferentes de personal calificado, generalmente biólogos o agrónomos con un nivel de posgrado. Por ello, cuanta mayor infraestructura en ciencia y tecnología muestra un país, mayor evidencia se encontrará en utilizar las técnicas que demandan mayor complejidad.

En América Latina estas técnicas se han usado desde la década de los años setenta y en Centroamérica desde los noventa, originalmente referidas al cultivo de tejidos, mientras que el empleo de las técnicas que utilizan ADN recombinante se originó más puntualmente en el Siglo XXI.

La biotecnología vegetal comenzó hacia 1983 con la incorporación de fragmentos de ADN de una especie no vegetal en un organismo vegetal (Herrera-Estrella y otros, 1983), y las plantas transgénicas se empezaron a utilizar comercialmente hasta 1996. Las especies que a la fecha se siembran comercialmente son: soya, maíz, algodón, colza, calabaza, papa, papaya, alfalfa, betabel, tomate y pimiento morrón (James, 2009).

Se trata de plantas a las que se les modificó uno o un limitado número de genes, luego de un trabajo científico y técnico, llamado ingeniería genética. Es decir, únicamente se altera un segmento del ADN de dicha planta, cuya secuencia específica de bases hace que se codifiquen para una proteína y que ese cambio controle alguna función de la célula (Villalobos, 2008: 4). Este ejercicio permite, por ejemplo, que algunas plantas toleren los herbicidas, insectos y/o virus.

Lo específico de la ingeniería genética es que, a diferencia del mejoramiento tradicional de plantas, solamente altera la planta huésped al introducirle uno o pocos genes llamados heterólogos, y no cambiar el resto de la misma, es decir, al genoma.

CUADRO 1
CENTROAMÉRICA: PRINCIPALES APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS
EN LA AGRICULTURA

Biotecnología	Técnica	Utilidad
Cultivo de tejidos	Micropropagación	Material de plantación de alta calidad y exento de enfermedades en una vasta gama de cultivos, como banano, plátano, cacao y frutales.
	Recuperación de embriones	Superar las barreras aislantes que impiden la reproducción de plantas cultivadas con plantas silvestres a fines de parentesco distante, al recuperar embriones y fusionar protoplastos.
	Regeneración de plantas a partir del callo	
	Suspensión de células	
	Cultivo de protoplasma, anteras y microsporas	Se utilizan sobre todo para multiplicar plantas a gran escala.
	Cultivo de anteras	
	Cultivo de microsporas	
Selección con ayuda de marcadores	Marcado de genes o cadenas genéticas	Permite apoyar y acelerar la selección del fitomejoramiento convencional.
		Método útil para identificar la base genética de las características con potencial para el mejoramiento agrícola. Se utiliza para trazar mapas con el fin de localizar genes particulares que determinan características beneficiosas.
		Los marcadores que resultan particularmente útiles para analizar la influencia de características complejas como la productividad de las plantas y la tolerancia a condiciones de cultivo extremas se utilizan actualmente para desarrollar cultivares idóneos de los principales cultivos, y así lograr acelerar su producción por unidad de tiempo.
Transgenia (utiliza técnicas avanzadas de ADN recombinante)	Ingeniería genética	Cultivares transgénicos de importantes cultivos alimentarios como soya, maíz, algodón, colza, papas y papaya, que contienen genes de resistencia a herbicidas, insectos y virus.
	Clonación	

Fuente: Elaboración propia con base en IICA (2008: 11).

Esto supone al menos dos aspectos centrales. El primero es identificar el gen o los genes que codifican para una determinada proteína y que, como tal, se manifiesta en la expresión de un carácter de interés, por ejemplo, tener efectos de insecticida sobre un determinado número de insectos, generar tolerancia a determinado producto químico que actúa como herbicida o favorecer la capacidad de fermentación con una producción más eficiente de etanol. El segundo aspecto es que el gen inserto en la célula huésped se exprese y se genere una planta transformada para que después pueda reproducirse, sin que el campo manifieste características agronómicas diferentes a las que normalmente una planta presenta, sin la adición del gen o genes (Villalobos, 2008: 14).

Los centros e institutos de investigación biotecnológica de los países desarrollados han sido los encargados de llevar a cabo ambos puntos, pues demandan una fuerte concentración de recursos humanos capacitados y especializados. De éstos salen los protocolos de investigación que después se replican. El segundo aspecto supone, además, la participación de agrónomos que trabajan en campo.

De acuerdo con ISAAA (James, 2009), desde 1996 ha crecido la importancia mundial de los cultivos transgénicos, ya sea por el número de países donde se cultivan (52 en total), por las hectáreas plantadas (134 millones de hectáreas), por los agricultores que los siembran (14 millones) o por el número de cultivos. De estos últimos, sin embargo, sólo unos cuantos (soya, maíz, algodón y canola) tienen importancia económica y comercial, lo que demuestra una realidad que indica su relevancia económica (véase el cuadro 2).

Dentro de las características que presentan las plantas transgénicas disponibles, la tolerancia a herbicidas ha sido la más utilizada, pues constituye 62% de las hectáreas sembradas con los cultivos de soya, maíz, canola, algodón, betabel y alfalfa, que significó un aumento de poco más de 5% en comparación con lo registrado en 2008 (James, 2009: 12). En consecuencia, los dos productos más difundidos son el *Round up Ready* de Monsanto, que tolera su herbicida *Round up* (glifosato) y el *Liberty Link* de AgrEvo, que tolera su herbicida *Liberty* (glufosinato). En orden de importancia, le siguieron los cultivos resistentes a insectos que contenían fragmentos del ADN de *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Actualmente, la tendencia dominante es la producción y venta de paquetes tecnológicos, es decir, plantas transgénicas que incluyen ambos sucesos: la resistencia a herbicidas y el Bt (eventos combinados o apilados). Es de esperarse que en el futuro sea más frecuente la introducción de cultivos con hechos relacionados con la calidad y la tolerancia al estrés abiótico, situación que podría tener efectos positivos sobre los cultivos de los campesinos, dado sus niveles de alimentación deficiente y su disposición de tierras de menor calidad.

El Bt es una bacteria cuya naturaleza proteica tiene propiedades insecticidas, gracias a sus proteínas denominadas δ -endotoxinas o proteínas Cry y Cyt. De acuerdo con Soberón y Bravo (2008), hasta 1978 el Bt era un patógeno de lepidópteros. Sin embargo, a la fecha se han clonado y secuenciado 166 diferentes genes Cry y 16 diferentes genes Cyt que permiten actuar contra lepidópteros y dípteros, aunque también se han documentado efectos contra nemátodos y algunos mosquitos.

Las proteínas Cry están agregadas en 28 grupos y varios subgrupos y las proteínas Cyt en dos grandes grupos y varios subgrupos. Cada uno muestra una especificidad muy grande hacia algunos tipos de insectos.

Lo anterior es importante porque permite dimensionar el alcance que pueden tener los materiales que incorporan tales características, en función de las problemáticas particulares que enfrenta la agricultura en los ecosistemas. Por lo tanto, es incorrecto presumir que algún material con un suceso biotecnológico puede desempeñar un papel positivo en cualquier lugar y medio ambiente, dado que su acción siempre es específica sobre ciertas plagas y en determinados ecosistemas.

Ahora bien, en virtud de que el presente documento se centra en la biotecnología agrícola, se remite a las semillas y en ese sentido es pertinente hacer algunos señalamientos acerca de la estructura del mercado y de las compañías que lo abastecen, pues constituye el escenario socioeconómico dentro del cual se estudia, se mira y se decide con relación a los transgénicos.

CUADRO 2
MUNDIAL: ÁREA GLOBAL CON CULTIVOS BIOTECNOLÓGICOS
POR PAÍS, 2008-2009
(En millones de hectáreas)

	País	2008	%	2009	%	a +/-
1	Estados Unidos	62,5	50	64	48	1,5
2	Brasil	15,8	13	21,4	16	5,6
3	Argentina	21	17	21,3	16	0,3
4	India	7,6	6	8,4	6	0,8
5	Canadá	7,6	6	8,2	6	0,6
6	China	3,8	3	3,7	3	-0,1
7	Paraguay	2,7	2	2,2	2	-0,5
8	Sudáfrica	1,8	1	2,1	2	0,3
9	Uruguay	0,7	1	0,8	0,6	0,1
10	Bolivia (Est. Plur. de)	0,6	<1	0,8	0,6	0,2
11	Filipinas	0,4	<1	0,5	0,4	0,1
12	Australia	0,2	<1	0,2	0,1	0
13	Burkina Faso	<0.1	<1	0,1	0,1	<0.1
14	España	0,1	<1	0,1	0,1	0
15	México	0,1	<1	0,1	0,1	0
16	Chile	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
17	Colombia	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
18	Honduras	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
19	República Checa	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
20	Portugal	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
21	Rumania	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
22	Polonia	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
23	Costa Rica			<0.1	<1	<0.1
24	Egipto	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
25	Eslovaquia	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1
	Total	125	100	134	100	9

Fuente: James (2009: 15).

Hasta mediados del siglo XX, la producción de las semillas era una actividad que básicamente recaía en los propios agricultores (Aboites, 2002). Sin embargo, la aparición de nuevas tecnologías con bases científicas permitió crear empresas semilleras que, junto con los aumentos en el rendimiento agrícola, transformaron la dinámica económica de la agricultura con nuevas formas de proceder, como adquirir semillas producidas por empresas públicas y privadas o incorporar agroquímicos que abastecían de nutrientes a las nuevas semillas para elevar los rendimientos.

Así, se crearon las condiciones materiales para hacer de la agricultura una actividad económica rentable y productiva, cuya imagen social irradiaba legitimidad, toda vez que abastecía de alimentos a una población en expansión (Aboites, 2002).

Los procesos de concentración económica se aceleraron y las compañías semilleras vivieron una activada integración (Mooney, 1979 y Martínez, 2002). Justamente esa tendencia es la que se acrecentó bajo el amparo de la revolución biotecnológica, pues su evolución dependía de elevados niveles de concentración científica, tecnológica y económica, de manera que los esquemas jurídicos de protección de la propiedad intelectual se convirtieron en claves para garantizar el monopolio del conocimiento. En consecuencia, se aprecian esfuerzos internacionales a favor de la homogenización de los marcos jurídicos en materia de propiedad intelectual y, por ese camino, se procura acaparar los mercados. Este hecho explica la razón del aumento de las compras de compañías semilleras y en paralelo la reducción de los oferentes, hasta tener sólo unas cuantas megaempresas, de las que cuatro industrias representan 50% del mercado semillero y sólo tres, la mitad del mercado mundial de las semillas patentadas: Monsanto, DuPont y Syngenta (ETC Group, 2008) (véase el cuadro 3).

CUADRO 3
MUNDIAL: LA INDUSTRIA DE LAS SEMILLAS, 2007

	Compañía	Ventas de semillas (millones de dólares)	Porcentaje de mercado de semillas patentadas
1	Monsanto (EUA)	4 964	22
2	DuPont (EUA)	3 300	15
3	Syngenta (Suiza)	2 018	9
4	Groupe Limagrain (Francia)	1 226	6
5	Land O'Lakes (EUA)	917	4
6	KWS AG (Alemania)	702	3
7	Bayer Crop Science (Alemania)	524	2
8	Sakata (Japón)	396	2
9	DLF-Trifolium (Dinamarca)	391	2
10	Takii (Japón)	391	2
	Total	14 829	67

Fuente: Grupo ETC.

Por lo anterior, se comprende que al menos dos fuerzas impulsarán el desarrollo de la biotecnología agrícola: 1) el desarrollo de las compañías biotecnológicas y el crecimiento del mercado, y 2) el interés social por acceder a más y mejores alimentos.

Sin embargo, para los países no desarrollados, con gran riqueza genética y con preeminencia social de pequeños agricultores, los escenarios deseables y posibles son variados.

De acuerdo con Aguilar (2004), en Centroamérica la BT podría ayudar a:

- 1) Caracterizar la biodiversidad;
- 2) Conocer la biodiversidad;
- 3) Identificar y aislar genes;
- 4) Conservar germoplasma;
- 5) Lograr la clonación vegetal;
- 6) Generar mayor eficiencia en mejoramiento genético;
- 7) Responder a problemas nacionales y subregionales de la agricultura, en armonía con el ambiente;
- 8) Mejorar la capacidad nacional y subregional para la investigación y desarrollo;
- 9) Potenciar el desarrollo agrícola (oportunidades/competitividad), e
- 10) Identificar elementos para diseñar políticas y un marco legal adecuado a los intereses nacionales.

El listado es interesante porque, al margen de agregar o reubicar algún aspecto, deja ver la contradicción existente entre los elementos biodiversidad contra ciencia y tecnología.

Hay abundante literatura que documenta la importancia de Centroamérica como lugar de origen y biodiversidad, en particular de cultivos agrícolas (Vavilov, 1992; Prescott-Allen, 1990; Flores, 1997 y da Fonseca y otros 2006). Simultáneamente, existen informes que documentan las limitaciones en cuanto al personal y los recursos materiales (IICA, 2008; IICA, 2006 y Aguilar 2004), que permitirían un mayor y mejor aprovechamiento de esa riqueza natural. No obstante, lo que se aprecia es que la ciencia y tecnología que hacen posible valorar esa riqueza genética se encuentran en los países desarrollados y, más puntualmente, en las compañías transnacionales vinculadas al sector agrícola. Así, se presenta una contradicción en la que los países con diversidad genética dependen de la ciencia y tecnología de los países desarrollados y, a su vez, éstos dependen de la diversidad genética de aquéllos (Esquinas, 2005). Esta contradicción se podría resolver por medio de acuerdos de cooperación entre estos agentes.

Desde los primeros ensayos (Mooney, 1979; Mooney, 1983; Arroyo, 1985; Buttel, Kenney y Kloppenburg, 1985; Butler y Marion, 1985; Kloppenburg y Kleinman, 1987; June, 1988 y Kloppenburg, 1988), que analizaban los impactos socioeconómicos de la biotecnología, se hacía hincapié en esa contradicción y sus implicaciones. De hecho, los trabajos realizados en el marco de la FAO, que concluyeron con la firma del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura representan en realidad una forma de enfrentar los efectos adversos de dicha contradicción (Esquinas, 2008).

El tema es importante porque marca la perspectiva general desde la que se acentúa el análisis de la biotecnología agrícola, es decir, introduce un elemento que fortalece la idea de proteger lo supuestamente propio y característico de la subregión, esto es, la biodiversidad. Así, en los países, la preocupación remite al flujo de transgenes por cruzamientos entre organismos modificados genéticamente (OMG) y malezas o especies silvestres relacionadas, y al posible desplazamiento de cultivares tradicionales y recursos genéticos, debido al uso de cultivos modificados genéticamente (IICA, 2008: 13).

En cambio, en los países desarrollados, analizar la biotecnología y la agricultura refiere más al argumento de inocuidad en la salud humana, ligado al consumo de alimentos que contienen transgénicos, situación que deriva en la discusión por la protección del consumidor (Smale y otros, 2009).

Ambas perspectivas son el escenario en el que se han analizado y establecido acuerdos que pretenden limitar los efectos nocivos para el medio ambiente y para los usuarios de los productos biotecnológicos. Esta situación poco a poco se ha plasmado en normas y legislaciones, así como en proyectos y acuerdos interinstitucionales o internacionales, que al incidir sobre los intereses económicos de las empresas transnacionales, permiten comprender por qué transitan de los ámbitos nacionales a los internacionales mediante caminos que interconectan el interés de la protección con la rentabilidad ().

Ante esa circunstancia, los países centroamericanos viven un proceso social en donde hay varios jugadores y escasas y hasta contradictorias reglas del juego. Entre los principales actores se encuentran las empresas semilleras, transnacionales o no, los gobernantes y administradores públicos, los productores agrícolas, los universitarios y en general la sociedad².

En este proceso, la opinión de los científicos y técnicos ha sido fundamental, pues legitima todo acto comercial, económico, político y jurídico que desde la ciencia y la tecnología se asume positivo; de ahí que sea trascendental para que los gobiernos tomen decisiones de los gobiernos (¿?) y las sociedades dispongan argumentos válidos en ese fiel de la balanza denominado ciencia.

En consecuencia, se asume una perspectiva filosófica que posibilita pensar la situación en términos de costo/beneficio por el uso de cultivos transgénicos y se asume también que es posible determinar la medida en que los beneficios del producto o proceso compensan un riesgo calculado (Bonanno y otros, 2010). Sin embargo, buena parte de la literatura crítica de la biotecnología no acepta partir de esos supuestos y por ello extraen la discusión hasta trasladarla a los ámbitos de la ética, la moral y la economía ligada con formas sociales diferentes de valorar y distribuir la riqueza³.

Así, el riesgo se presenta desde dos perspectivas diferentes: por una parte, se puede apreciar la de quienes, anclados en el andamiaje filosófico occidental de la ciencia moderna, parten del supuesto de que toda ciencia implica riesgos (Norman E. Borlaug). Los avances científicos siempre involucran algún riesgo de resultados no esperados, por lo que la presencia de “riesgo biológico cero” en el uso y consumo de los productos derivados de cualquier avance tecnológico es prácticamente imposible de comprobar: “Baste imaginar los primeros diez años de la aviación, sin fatalidades” (Villalobos, 2008). En el otro extremo⁴ están quienes también, con base en evidencia científica, muestran la existencia de riesgos, por ejemplo en la salud o la biodiversidad.

Un caso clásico fue el artículo de Losey y otros (1999), quienes señalaron:

“Although plants transformed with genetic material from the bacterium Bacillus thuringiensis (Bt) are generally thought to have negligible impact on non-target organisms, Bt corn plants might represent a risk because most hybrids express the Bt toxin in pollen, and corn pollen is dispersed over at least 60 meters by wind. Corn pollen is deposited on other plants near corn fields and can be ingested by the non-target organisms that consume these plants. In a laboratory assay we found that larvae of the monarch butterfly, Danaus plexippus, reared on milkweed leaves dusted with pollen from Bt corn, ate less, grew more slowly and suffered higher mortality than larvae reared on leaves dusted with untransformed corn pollen or on leaves without pollen”.

² Sobre el particular, puede consultarse los anexos 32 al 35 de Saavedra y otros (2007: 108-112).

³ Quizá la ONG más lúcida y contundente en sus argumentos contrarios a la biotecnología fue la llamada Fundación Internacional para el Avance Rural (RAFI, por sus siglas en inglés), con Pat Mooney como su principal exponente, que en 2001 se convirtió en ETC Group (<http://www.etcgroup.org/>).

⁴ Dicho esto de manera figurativa y como licencia con fines de claridad expositiva.

Como es de suponerse, ambas perspectivas expresan argumentos que en el marco de sus discursos y posiciones filosóficas son sensatos, pero ciertamente la dinámica económica evidencia que la biotecnología se impone a pasos acelerados; de hecho, a un ritmo sin precedente histórico con ninguna otra tecnología y al igual que en el pasado con la Revolución Verde. Para los países no desarrollados el punto fundamental es mirar hacia adentro y encontrar las respuestas en un análisis crítico de oportunidades y riesgos de estas tecnologías en su estructura socioeconómica, a fin de que no se repita culpar a “los otros” de lo que no se hace o, al menos, explicitar las razones de por qué no incursionar en tal derrotero.

II. LA EXPERIENCIA CENTROAMERICANA

Para dimensionar las posibilidades de la biotecnología en Centroamérica es menester comenzar por explicitar el contexto socioeconómico de los productores agrícolas, pues son ellos los encargados de incorporar dichas tecnologías.

Conviene reiterar que a nivel mundial los cultivos biotecnológicos con importancia comercial son: soya, maíz, algodón y canola, en ese orden, aunque en la subregión sólo el maíz es económicamente relevante (véase el cuadro 4)⁵, pues aun cuando la importancia del arroz en Centroamérica es relevante, aún no está disponible. Existe el antecedente del material transgénico variedades Huahui-1 y Bt Shanyou-63 desarrolladas en la Universidad Agrícola de Huazhong, que incorporan el evento Bt, sembrado recientemente en China (2008-2009) (James, 2009: 113), pero no han sido validados comercialmente en ningún otro país. Por lo tanto, no es una opción a considerar al menos en los próximos cinco años.

Lo anterior significa que la atención se debe concentrar en productores y materiales de maíz. La información disponible resalta que, en promedio, 84% de los productores de granos básicos siembran maíz (cuadro 4), si bien varía su peso entre 100% en Guatemala y 39% en Costa Rica (véase el cuadro 5); en consecuencia se trata de una actividad económica y social preponderante.

CUADRO 4
CENTROAMÉRICA: PRODUCTORES DE GRANOS BÁSICOS, 2005-2007
(En número de productores)

País	Maíz	Frijol	Arroz	Granos básicos	Maíz	Frijol	Arroz	Granos básicos
Guatemala	942 570,2	527 280,9	1 791,3	941 800,0	100,1	56,0	0,2	100,0
El Salvador	185 367,7	...	892,3	325 000,0	57,0	...	0,3	100,0
Honduras	342 696,6	85 333,3	3 277,8	385 100,0	89,0	22,2	0,9	100,0
Nicaragua	219 974,4	190 431,7	9 649,7	289 300,0	76,0	65,8	3,3	100,0
Costa Rica	2 995,2	8 020,0	936,3	7 600,0	39,4	105,5	12,3	100,0
Panamá	46 641,0	12 805,2	18 758,8	115 700,0	40,3	11,1	16,2	100,0
Total	1 740 245,2	823 871,0	35 306,2	2 064 500,0	84,3	39,9	1,7	100,0

Fuente: Elaboración propia con base en Baumeister (2010).

Sin embargo, ¿cuál es el tipo de estructura productiva que soporta esa producción?; es decir, ¿bajo qué lógica de producción⁶ (CEPAL, 1982) se rigen las unidades de producción que lo siembran?

Una respuesta aproximada se desprende del hecho de que en Guatemala, 53% del volumen de maíz blanco lo generan unidades mayores de tres hectáreas, mientras que en Nicaragua, 75% de los productores (106,038) tiene este tipo de unidades. En Honduras, unidades mayores de cinco hectáreas aportan 59% de

⁵ Al respecto se pueden consultar las estadísticas e indicadores agrícolas de SIAGRO: Sectorial Producción Agrícola Total, Principales Cultivos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2010) para Costa Rica, El Salvador, Guatemala Honduras y Nicaragua

⁶ Alejandro Shejtman desarrolló este concepto y se refiere a las respuestas que da el productor agrícola a qué, cómo y para quién producir, respuestas que permiten diferenciar a los productores campesinos, de los transicionales y los empresarios agrícolas.

la producción: de hecho, los grandes contribuyen con 32%. Aunque El Salvador y Costa Rica no proporcionan datos a nivel de tipología de productores (Saavedra y otros, 2007: 65) (véase el cuadro 6), el mercado de semillas híbridas de maíz blanco en El Salvador es el mayor de Centroamérica, con casi 380.000 bolsas de 20 kg, mientras que Guatemala sólo demanda 95.000.

CUADRO 5
CENTROAMÉRICA: CARACTERÍSTICAS SOCIALES DE LOS PRODUCTORES
DE GRANOS BÁSICOS, 2005-2007

País	Productores GB (miles)	Tamaño familia	Población GB (miles)	Población rural GB (miles)	Población total (miles)	Total rural (miles)	Población rural GB/ población GB (%)	Población GB/total rural (%)	Población GB/total (%)	Población rural/ población total (%)
Guatemala	941,8	6	5 651	4 673	13 300	6 935	82,7	67,4	35,1	52,1
El Salvador	325,0	5,4	1 755	1 481	7 100	2 719	84,4	54,5	20,9	38,3
Honduras	385,1	5,7	2 195	2 024	7 200	3 738	92,2	54,1	28,1	51,9
Nicaragua	289,3	6	1 736	1 565	5 600	2 440	90,2	64,1	27,9	43,6
Costa Rica	7,6	4,5	34	30	4 500	1 664	87,7	1,8	0,7	37,0
Panamá	115,7	5	579	551	3 300	919	95,2	60,0	16,7	27,8
Total	2 064,5	5,4	11 217	10 324	41 000	18 415	92,0	56,1	25,2	44,9

Fuente: Baumeister (2010).

Contrariamente a lo registrado en ese segmento de productores, existe otro cuya lógica de producción se refiere al autoabastecimiento. Presenta limitaciones en el acceso a servicios públicos, bajo nivel educativo, explotaciones de subsistencia y tecnología esencialmente manual; cultiva sobre laderas, casi siempre sin semilla mejorada y con rendimientos bajos, geográficamente aislados, cuyos costos de producción y comercialización locales superan el precio de importación (Baumeister 2010: 9-18).

Así, existen al menos dos grandes grupos diferenciados por la magnitud de sus recursos productivos y no es absurdo suponer que unos muestran una propensión diferente hacia el riesgo, y en consecuencia prefieren mayormente una tecnología de corte comercial.

Al campesino le resulta costoso usar insumos y tecnología que no sea los tradicionales, lo que genera un “círculo vicioso”, en el que el productor no se desarrolla tecnológicamente, debido a la falta de rentabilidad de su cultivo y a los bajos ingresos en la finca (Saavedra y otros 2007: 17-22). Por otra parte, hay un grupo de productores que demanda tecnología y condiciones institucionales adecuadas a fin de vender su maíz en las mejores condiciones de mercado. Lo anterior indica que las condiciones de acceso a la biotecnología agrícola son diferentes para los campesinos y los agricultores de corte comercial.

En reiteradas ocasiones los gobiernos han procurado incrementar la productividad de los pequeños campesinos y de esa forma aumentar el ingreso. Sin embargo, la aversión (Chayanov, 1974) es persistente y condiciona las opciones de política, pues como reportan Wadsworth y otros (2004) en sus evaluaciones participativas de los medios de vida en comunidades de escasos recursos, ante la pregunta de qué hacen los campesinos centroamericanos para mantener o tratar de mejorar su nivel de vida: “cultivar alimentos para consumo doméstico y así minimizar la compra de éstos; diversificar las actividades económicas mediante actividades no agrícolas; vender mano de obra familiar; usar mecanismos informales de crédito, buscar la emigración y generar remesas nacionales o internacionales”. No obstante,

nadie mencionó: **tratar de aumentar la productividad agrícola** como una manera de generar mayores excedentes que se puedan vender y que, por lo tanto, aumenten los ingresos provenientes de la agricultura (Wadsworth y otros 2004: 6). De ahí que los agricultores campesinos difícilmente se incorporarán en un proceso de cambio tecnológico.

CUADRO 6
CENTROAMÉRICA: TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES DE MAÍZ, 2005

Guatemala	0-3,5 ha	3,5-7,1 ha	7,1-45,2 ha	45,2-45,2 ha	>452 ha	Total
Número de productores	718 585	46 099	50 528	14 593	879	830 684
Porcentaje de productores	86,5	5,5	6,1	1,8	0,1	100,0
Superficie	609 755	210 296	808 136	1 299 209	823 457	3 750 853
Porcentaje de superficie	16,3	5,6	21,5	34,6	22,0	100,0
Superficie por número de productores	0,8	4,6	16,0	89,0	936,8	5
Número de productores de maíz blanco						589 377
Número de productores de maíz amarillo						190 622
Superficie maíz amarillo (ha)						565 108
Superficie maíz blanco (ha)						90 474

Nicaragua	0-3,5 ha	3,5-7,1 ha	7,1-35 ha	35-350 ha	>350 ha	Total
Número de productores	65 978	28 576	65 802	37 599	1 594	199 549
Porcentaje de productores	33,1	14,3	33,0	18,8	0,8	100,0
Superficie	110 279	159 300	1 281 025	3 465 450	1 238 462	6 254 516
Porcentaje de superficie	1,8	2,5	20,5	55,4	19,8	100
Superficie por número de productores	1,7	5,6	19,5	92,2	777,0	31
Número de productores de maíz blanco						141 384

Fuente: Elaboración propia con base en Saavedra y otros (2007: 63-64).

Por el contrario, respecto del sector de los productores maiceros de tipo empresarial, cabría esperar que una política de *marketing* adecuada fuera suficiente para que adquirieran los nuevos materiales, bajo el supuesto de que obtendrían un mayor rendimiento y menores costos de producción.

Ahora bien ¿existen elementos de juicio que permitan suponer que las semillas transgénicas puedan beneficiar de alguna manera a los campesinos y a sus sociedades? La información publicada sobre el particular es escasa. De acuerdo con Smale y otros (2009) se han realizado pocas investigaciones para determinar si el uso de la tecnología resulta rentable para los productores.

En los estudios realizados hay importantes diferencias contextuales asociadas a las características geográficas, económicas, culturales, políticas y del tamaño de las parcelas de cultivo, por lo que los resultados aún no pueden ser del todo concluyentes. Sin embargo, hay algunos temas que podrían resultar de particular interés en términos de política pública, como el impacto en la pobreza y desigualdad del ingreso de la población rural; sus efectos sobre la salud y el medio ambiente; las implicaciones sobre la asimilación, y la difusión de nuevos conocimientos.

Smale y otros (2009) señalan que los cultivos biotecnológicos como los del algodón y el maíz reportan mayor rendimiento por hectárea, menor merma por el daño de insectos, además de reducir el uso de pesticidas y, por ende, el costo asociado al propio insumo y al del trabajo que se utiliza para llevarlo a

cabo. Las conclusiones de muchos de estos estudios se han hecho mediante análisis de caso que examinan los cambios marginales en los costos y beneficios entre cultivos tradicionales y los que utilizan SGM.

En un estudio que recopila cinco años de evidencia para los cultivos de maíz blanco biotecnológicos en Sudáfrica, Gouse y otros (2005, 2006) encuentran que adoptar la tecnología mejora el rendimiento por superficie y disminuye la aplicación de pesticidas indistintamente entre **los productores de alta y de baja escala**, a pesar de enfatizar que los resultados mejoran particularmente en los primeros. Existe evidencia de diversos países —Estados Unidos, Brasil y Argentina— con un uso creciente de este tipo de tecnología.

Para el caso específico de Centroamérica, entre febrero y julio de 2002 en la Universidad El Zamorano de Honduras se realizó un estudio con el fin de evaluar el daño que ocasionan las plagas (gusano cogollero, gusano del fruto y gusano barrenador del tallo) en las plantas. En el experimento se contrastaron 20 híbridos transgénicos Bt y 20 sin Bt. Los resultados mostraron que los híbridos transgénicos fueron más productivos, ya que al momento de la cosecha se obtuvo 1,47 t/ha más que en los híbridos normales. Se atribuye que este aumento en rendimiento se debe a que las plantas con Bt controlaron, en todo el ciclo del cultivo, al barrenador del tallo y parcialmente al cogollero y, con ello, se consiguieron mejores resultados en cuanto al desarrollo y productividad de la planta. El estudio concluye que los híbridos transgénicos Bt crearon plantas vigorosas, mayor rendimiento y granos de mejor calidad (Tirado, 2002).

Se puede considerar que para los productos más estudiados, como el maíz, los beneficios asociados al uso de SGM se traducen finalmente en el aumento de la relación rendimiento/costo mediante algunas de las aplicaciones mencionadas. Por otra parte, una forma de evaluar las posibles implicaciones económicas vinculadas con el rezago de un país en el uso de semillas transgénicas consiste en visualizar lo que podría pasar en términos del impacto sobre el medio ambiente, la soberanía alimentaria y la competitividad internacional.

Como señalan Smale y otros (2009), en el contexto de la globalización económica, los estudios que enfatizan el aspecto comercial indican que los países que tendrán mayores ventajas para ganar mercado serán los que se adelanten en utilizar la nueva tecnología.

Por lo tanto, sin importar los resultados obtenidos, para analizar las posibles implicaciones derivadas de la difusión del uso de SGM sería útil prever un escenario de largo plazo, en un contexto de interdependencia entre países. Significa que no sólo se deben analizar los resultados en diversas etapas de corto plazo, sino revisar los posibles escenarios que habría en el mundo en torno al uso de nuevas tecnologías en los cultivos agrícolas.

Los escenarios de largo plazo que convendría tomar en cuenta son los siguientes: a) ningún país utiliza de manera generalizada las SGM; b) la mayoría de los países hacen uso generalizado de SGM y el país “Y” no entró en esa dinámica, y c) el país “Y” es participante activo de la nueva tecnología. Los resultados posibles en cuanto a estas decisiones se resumen en el cuadro 7.

En el cuadro 7, el primer elemento de cada casilla es el resultado del largo plazo que tendría el país “Y” y el segundo es el resultado que corresponde a otros países. Para cada participante, la decisión de utilizar la tecnología le reporta una serie de resultados positivos y negativos, ambos pertenecientes al conjunto de R1. Por su parte, no utilizar genera una serie de resultados negativos y positivos del conjunto R0, los cuales se potencializan en un contexto dinámico de interacción entre países.

CUADRO 7
RESULTADOS RELACIONADOS CON EL USO Y DIFUSIÓN
DE SGM EN LA AGRICULTURA

	Otros países	
	Dinámica sin SGM	Dinámica con SGM
Dinámica sin SGM	R0, R0	R0, R1
País "Y" Dinámica con SGM	R1, R0	R1, R1

Fuente: Elaborado con base en IICA 2006 y Esmahan, 2009.

Por ejemplo, si un resultado positivo derivado de la adopción significa disminuir los costos de producción e implica un menor impacto ambiental por el desuso de pesticidas, en un contexto dinámico, los costos de no utilizar la tecnología R0, y que otros países sí utilicen R1, no se calcularán únicamente con el valor monetario de los pesticidas y el efecto negativo al medio ambiente, sino también con la pérdida de competitividad con implicaciones negativas sobre la soberanía alimentaria.

Algo similar podría deducirse con resultados que incidan en la duración del ciclo agrícola, el rendimiento por hectárea y el uso del agua. Así pues, la propuesta de análisis sugiere que toda evaluación de los efectos positivos y negativos que podrían esperarse con el uso de nuevas tecnologías en la agricultura (como los que se presentan en el cuadro 8), se debe realizar en un contexto dinámico y de interdependencia.

A la hora de determinar el efecto del cambio de la tecnología sobre la oferta, es muy importante considerar la influencia de la producción del país en el mercado del producto agrícola que se analiza, sobre todo en relación con la competitividad de los productos agrícolas, especialmente de aquellos cuyos precios se guían por los mercados internacionales. Por lo general las economías pequeñas influyen muy poco sobre la oferta y por consiguiente sobre los precios del producto.

En el contexto de los países centroamericanos insertos en acuerdos de libre comercio, lo más probable es que con o sin la introducción de SGM en cultivos como el maíz, los productores deberán enfrentarse a una mayor competencia internacional frente a socios comerciales, que hayan decidido adoptar las nuevas tecnologías.

De los estudios reportados se deduce que la difusión de nuevas tecnologías asociadas a los cultivos transgénicos arrojaría beneficios marginales positivos mediante el aumento en el rendimiento y la disminución de costos. Vale preguntarse si en Centroamérica los productores de pequeña escala pueden acceder, por sus propios medios, a comprar SGM debido a que cuestan en promedio 20% o 30% más que la semilla tradicional. Por ejemplo, en Honduras el material Dk 234 YGRR, marca Dekalb, perteneciente a Monsanto, se vende a 3.436,00 lempiras (181,8 dólares) por tonelada, mientras que la misma semilla sin Bt (semilla convencional Dk 234) tiene un precio de 2.081 lempiras (110,1 dólares).

CUADRO 8
RESULTADOS ESPERADOS CON EL USO DE SEMILLAS
GENÉTICAMENTE MEJORADAS

Resultados positivos	Resultados negativos
Mayor rendimiento de los cultivos	Riesgo de perder variedades vegetales autóctonas
Reducción de costos por el desuso de pesticidas	Riesgo de obtener resultados perversos sobre la salud vegetal y humana debido a errores derivados de la manipulación genética
Reducción del esfuerzo (y costo) laboral asociado a la aplicación de pesticidas	Riesgo de afectar la capacidad de recuperación (resiliencia) de los ecosistemas
Menor exposición al riesgo sanitario por aplicar pesticidas	Si se acortan los ciclos de cosecha y aumenta la intensidad en el uso del suelo agrícola: riesgo de afectar la riqueza mineral de la tierra
Disminución de la contaminación del agua con pesticidas	
Impacto económico y social sobre productores de bajos ingresos	
Aumento del conocimiento científico local relacionado con el aprendizaje y difusión de la tecnología transgénica	
Incremento del capital humano con conocimientos de la tecnología	
Externalidades positivas del aprendizaje tecnológico hacia otras áreas potenciales	

Fuente: Trigo y Villarreal (2009: 32).

III. BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN CENTROAMÉRICA

Las condiciones con respecto a la biotecnología en Centroamérica remiten a los trabajos desarrollados en el marco del Programa Hemisférico en Biotecnología y Bioseguridad (PHBB).

En 1991 la organización institucional de los países centroamericanos se redefinió para convertirse en el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), y la Comisión de Ministros de Agricultura de Centroamérica quedó reconocida como un órgano de nivel técnico sectorial del SICA. En octubre de 1993 se suscribió el Tratado General de Integración Económica, que entró en vigencia en agosto de 1995.

En 2002 los ministros del Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) destacaron la importancia de que Centroamérica contara con una estrategia en biotecnología para integrar esfuerzos alrededor de aspectos comunes y aprovechar mejor los avances científicos y tecnológicos. Por otra parte, los ministros de agricultura, mediante las resoluciones 386 de 2003 y 409 de 2005 de la Junta Interamericana de Agricultura, lanzaron un mandato al IICA para formular un Programa Hemisférico en Biotecnología y Bioseguridad (PHBB), y el CAC solicitó al Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola (SICTA) que, con el apoyo del IICA y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), hicieran las gestiones necesarias para elaborar la estrategia.

En este marco institucional y en el contexto de esa reunión, se definió la estrategia para alcanzar un mayor desarrollo y aprovechamiento de la biotecnología vegetal, bajo tres supuestos importantes:

- 1) Que la BT ayudaría a aprovechar los recursos genéticos;
- 2) Que la BT sería una herramienta valiosa para enfrentar numerosos problemas que limitan la producción, y
- 3) Que la BT ayudaría a aprovechar las oportunidades comerciales que se presenten en la actividad agropecuaria (Aguilar, 2004).

Los países centroamericanos han incursionado en la agrobiotecnología con diferente ritmo e intensidad, por lo que aún no se ha consolidado un sistema de cooperación horizontal en biotecnología a pesar de los esfuerzos de REDBIO/FAO, IICA y CATIE y, en forma más amplia, del SICTA⁷.

Lo anterior es interesante porque la conclusión “...no se ha consolidado un sistema de cooperación horizontal en biotecnología...”, se atribuye a que “los países centroamericanos han incursionado en la agrobiotecnología con diferente ritmo e intensidad” y ello impide se consolide “...un sistema de cooperación horizontal en biotecnología...” En un escenario donde los estados nacionales actuaban bajo el principio de la replicabilidad, es decir, que el desarrollo alcanzado en un país “A” podía lograrse en “B” (McMichael, 1996), dicho planteamiento podía ser útil; hoy en cambio, dado que la globalización no busca ni pretende que el desarrollo sea replicable (Aboites y otros 2007), tampoco se puede esperar que, en un horizonte razonable de tiempo, se lograra homogeneizar la condición de la cooperación horizontal en biotecnología.

⁷ Véase el documento del IICA (2006).

Por ende, a continuación se asume la heterogeneidad y a partir de ella se formulan propuestas de política cooperativa entre desiguales, pero que, por igual, queden anclados a principios éticos y morales de colaboración mutuamente beneficiosa, toda vez que las dinámicas nacionales son inciertas y cambiantes con el tiempo y las circunstancias políticas.

El SICTA representa uno de los pocos canales de vinculación centroamericano que cuenta con el aval político de los diferentes gobiernos y representa la instancia con mayor potencial de convertirse en punto de convergencia y construcción de una red que vincule y potencialice los esfuerzos individuales⁸.

A continuación se desglosan aspectos de las políticas en torno a biotecnología agrícola que se han impulsado en Centroamérica.

1. Aspectos institucionales, capital humano y articulación con el sector privado

La biotecnología existente en la subregión se refiere básicamente al cultivo de tejidos (véase el cuadro 9) y en cada país se identificaron instituciones que trabajan con marcadores moleculares, sea como herramienta auxiliar en el mejoramiento asistido o como herramienta que se orienta en el proceso de multiplicación de plantas libres de patógenos.

En todos los países hay evidencia de conservación *in vitro* e incluso de críoconservación, aunque actividades de ingeniería genética a nivel de laboratorio y como parte de programas académicos sólo se identificaron en Guatemala (papaya), Honduras (frijol) y Costa Rica, único país que muestra evidencia de cubrir la gama completa de biotecnologías.

Lo expresado coincide con el reporte que en 2005 se hacía de las capacidades técnicas y científicas para cada país (véase el cuadro 10), aunque marca un avance, pues el empleo de técnicas de marcador molecular es tanto para diagnosticar enfermedades como para el mejoramiento asistido de plantas: una práctica generalizada en la subregión, aun cuando la biología molecular y la ingeniería genética continúan siendo áreas de oportunidad para Centroamérica. Únicamente Costa Rica y Honduras producen cultivos modificados genéticamente, aunque sólo Honduras comercializa un OMG para consumo humano y animal: el maíz (IICA, 2008: 57).

En general, se acepta que aprovechar las herramientas científicas y tecnológicas, como la biotecnología, está en función de la existencia de grupos orgánicos, con habilidades y destrezas (Guadarrama, 1988), y analíticamente ello se puede captar mediante el concepto de capital humano (Mincer, 1974).

Lo anterior significa que es necesario inquirir por la magnitud y calidad de esos agrupamientos humanos a fin de evaluar y presumir las condiciones que tiene una sociedad para beneficiarse de esa tecnología, de suerte tal que a medida que aumente el número de posgraduados y mejoren las condiciones materiales desde las que realizan su trabajo, las expectativas de avance de esa sociedad serán mejores y más favorables.

⁸ Aunque entre algunos biotecnólogos “constituye parte de un aparato político internacional poco cercano a sus problemas”.

Cuadro 9
CAPACIDADES TÉCNICO-CIENTÍFICAS Y LIMITANTES DE LA BIOTECNOLOGÍA, 2005

Categoría		Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá	Total
C a p a c i d a d e s	Universidades	3	3	3	5	3	3	0
	Institutos de investigación	1	1	1	4	4	2	0
	Privado	4	3	3	1	27	4	0
	Regional	1	0	1	0	1	0	0
	Total	9	7	8	10	35	9	0
	Cultivo de tejidos ^a	1	1	1	1	1	1	0
	Biología molecular	1		1	1	1	1	0
	Conservación <i>in vitro</i>	1	1	1	1	1	1	0
	Crioconservación			1		1	1	0
	Ingeniería genética	1		1		1	1	0
L i m i t e s o s	Diagnóstico de enfermedades			1	1		1	0
	Otros ^b			1	1	1		0
	Públicas	1	1	1	1	1	1	0
	Marco legal	1	1		1	1		0
	Percepción pública/concienciación	1	1	1	1	1	1	0
	Propiedad intelectual	1				1		0
	Restricción del conocimiento	1						0
	Comercialización	1			1			0
	Atención a pequeños productores	1			1			0
	Financiamiento/inversión pública	1	1	1		1		0
e l i m i t e s o s	Participación privada y vinculación con sectores	1		1				0
	Recursos humanos/capacitación	1	1	1	1		1	0
	Infraestructura/debilidad institucional/capacidad tecnocientífica	1	1	1	1		1	0
	Ordenamiento deficiente			1	1		1	0

Fuente: Elaboración con base en IICA 2006

^a Incluye embriogénesis somática; cultivo de meristemos y de protoplastos, haplómétodos y microinjertos.

^b Bioplaguicidas; biorremediación; procesos enzimáticos; fermentación; control biológico; péptidos catiónicos; transferencia de embriones.

Por tanto, es importante analizar el número y grado académico de las personas que trabajan en biotecnología (véase el cuadro 10), así como la referencia al número de laboratorios y/o centros de experimentación (cuadro 9), ya sea que se busque evaluar el potencial o que se quiera dimensionar el esfuerzo social realizado para llegar a la situación que desea estudiarse.

Al respecto, bajo el supuesto de que el costo de un estudiante de doctorado por año es de 40.000 dólares y el de un estudiante de maestría de 20.000, con duraciones en la formación académica de cuatro y tres años, respectivamente, se estimaron las inversiones realizadas por cada país en la formación de sus recursos humanos (cuadro 10). Es interesante observar que en Centroamérica, los dos países con mayor inversión son justamente aquellos que reportan producción de cultivos modificados: Costa Rica y Honduras. Obviamente, los países con mayores oportunidades de desarrollar actividades inexploradas son justamente los que menor inversión han realizado a la fecha.

CUADRO 10
CENTROAMÉRICA: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN EN LA FORMACIÓN DE
RECURSOS HUMANOS PARA BIOTECNOLOGÍA), 2005
(En dólares)

Región	País	Doctorados (PhD)	Inversión final (4 años)	Maestría (MSc)	Inversión final (3 años)	Inversión total formación recurso humano (PhD y MSc/país)	Inversión promedio por región
Andina	Bolivia	6	960 000	1	60 000	1 020 000	6 472 000
	Colombia	50	8 000 000	35	2 100 000	10 100 000	
	Ecuador	3	480 000	3	180 000	660 000	
	Perú	15	2 400 000	20	1 200 000	3 600 000	
	Venezuela	63	10 080 000	115	6 900 000	16 980 000	
Central	Belice	3	480 000	11	660 000	1 140 000	2 285 714
	Costa Rica	36	5 760 000	51	3 060 000	8 820 000	
	Salvador	0	0	1	60 000	60 000	
	Guatemala	3	480 000	9	540 000	1 020 000	
	Honduras	13	2 080 000	5	300 000	2 380 000	
	Panamá	3	480 000	10	600 000	1 080 000	
	Nicaragua	6	960 000	9	540 000	1 500 000	
Sur	Argentina	240	38 400 000	60	3 600 000	42 000 000	72 833 333
	Brasil	1 075	172 000 000	...	...	172 000 000
	Chile	...	...	...	...	...
	Paraguay	9	1 440 000	51	3 060 000	4 500 000	
	Uruguay	...	...	...	...	...
	México ^a	712	113 920 000	305	18 300 000	132 220 000	132 220 305

Fuente: IICA (2008:53) e IICA (2006).

^a El número corresponde a los miembros de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería y se aplicó una relación 70/30.

Costa Rica es el país centroamericano mejor posicionado, con 64% y 68% de los doctorados y maestros en ciencias que trabajan en biotecnología, seguido por Honduras, Nicaragua, Guatemala, Panamá y, finalmente, El Salvador (cuadro 10). En términos de la infraestructura material, nuevamente Costa Rica absorbe 33% de los institutos de investigación y más de la mitad de los institutos privados de la zona, seguido por Nicaragua, Guatemala, Honduras, Panamá y El Salvador (cuadro 9).

Lo anterior refiere a información recabada en 2005, pero de entonces a la fecha pueden documentarse importantes esfuerzos en favor de la capacitación y formación de nuevos cuadros.

De acuerdo con la información de campo, los datos reportados hasta 2005 son el resultado de un esfuerzo de formación de nuevos cuadros, generalmente descoordinado pero importante, que tienen en común la voluntad de líderes científicos y técnicos que trabajan en la administración de la ciencia y tecnología, y que han sabido ganar y aglutinar las voluntades de políticos, administradores y científicos.

Comparten el rasgo social de responder a convicciones personales de líderes formados en instituciones académicas prestigiadas, donde aprendieron la importancia de anclar los desarrollos en redes sociales y a cifrar esperanzas en los jóvenes.

Un ejemplo de lo anterior es el Programa de Semillas y Agrobiotecnología del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se trata de un programa que surgió en 2007, al que se le ha brindado continuidad gubernamental, que ilustra el caso de un país tradicionalmente limitado en el área biotecnológica, enmarcado dentro de un gobierno políticamente diferente al resto de la región. Por lo mismo, ilustra las contradicciones y limitaciones que en la subregión, con grado y forma diferente se presentan, pero que de cualquier manera refieren a la falta de institucionalidad.

Igual que en los otros países, la biotecnología ha tenido cabida o legitimidad bajo el amparo de la producción de alimentos. En consecuencia, las actividades científicas y técnicas relacionadas con las semillas se vinculan directamente con la alimentación y esto, en el ámbito de sociedades golpeadas por los siniestros ambientales (ciclones, lluvias, sequías) y los exabruptos políticos, se aprecia pertinente, pues hay necesidades alimenticias insatisfechas.

Hace tres años, el responsable del programa logró un acuerdo con la Universidad de Finlandia, que involucra la formación de 10 jóvenes en biotecnología, que trabajarían en temas de investigación.

En el caso de Guatemala, los problemas sociales y políticos limitan el desarrollo de los cuadros calificados en biotecnología, de tal suerte que no está claro si podrán realmente avanzar y consolidar los grupos de trabajo requeridos. Sin embargo, es un hecho que se han realizado algunos trabajos de identificación de enfermedades y virus mediante el empleo de marcadores moleculares, como los del laboratorio de biotecnología de la facultad de agronomía en la Universidad de San Carlos.

Se sabe que en universidades privadas como la Del Valle se avanza y se consolida una infraestructura en biotecnología, con la cual, además del cultivo de tejido, mejoramiento asistido con marcadores moleculares, críoconservación y conservación *in vitro*, se ha trabajado en ingeniería genética (papaya) y se han incrementado las relaciones con la industria azucarera mediante el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANÑA), organismo creado por la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) en 1992, donde recientemente se ha incursionado en la biotecnología.

En El Salvador, de acuerdo con la información recabada, el Dr. Mario Parada, investigador del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), ha realizado pruebas agronómicas con materiales transgénicos de maíz, pero no se registraron actividades en otros centros o institutos, lo que coincide con la información del cuadro 9. Aun así, es un hecho que de los países centroamericanos, El Salvador representa el de mayor interés para las empresas semilleras, toda vez que constituye el mercado más grande de semillas de maíz blanco en la subregión y donde los materiales de siembra tienen mayores precios de venta.

Respecto de Costa Rica, las evidencias muestran que gracias a un esfuerzo sistemático y de largo plazo, en la formación académica de los jóvenes biotecnólogos y, a diferencia de los modelos educativos de otros países, se ha logrado avanzar en biotecnología (*v.gr.* México, Estados Unidos, entre otros), desde licenciatura hasta profesionales en el área. Aunado a ello, se ha logrado generar nuevos espacios de investigación altamente calificados, por ejemplo el CENBiot, que complementan una red de laboratorios históricamente prestigiados, como el CATIE.

RECUADRO 1 CAPACITACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

En primer término, la convicción de que se deberían formar profesionales jóvenes, independientemente de tener vínculos laborales con el instituto, representó el primer reto y éxito, pues se negoció el perfil de candidatos en condiciones aceptables. Esto sucedió ya que en instituciones con tantas premuras y presiones sociales, la posición tradicional habría sido escoger entre la planta laboral con base en su antigüedad, fidelidad, desempeño laboral o aspectos semejantes. Sin embargo, se logró negociar un perfil de candidatos menores de 30 años de edad, con licenciatura terminada en una carrera afín a la biotecnología, con una tesis en temas relacionados a la agrobiotecnología y de preferencia con manejo del idioma inglés. El análisis del candidato se realiza mediante entrevista sobre la experiencia laboral, aspiraciones personales, expectativas y actitud ante el trabajo.

De los seis jóvenes seleccionados, los primeros tres eran agrónomo, biólogo y ecólogo, y los siguientes tres, dos agrónomos y un técnico en alimentos. Finalmente se eligieron otros tres jóvenes y se envió a un agrónomo, un técnico en alimentos y un biólogo; en total: seis agrónomos, dos biólogos, dos técnicos en alimentos y un ecólogo.

En la actualidad, hay cuatro jóvenes con maestría en ciencias laborando en el INTA y, de los que terminarán en un lapso de un año, dos ya iniciaron el doctorado en biotecnología.

En la Universidad El Zamorano de Honduras, el maestro Rogelio Trabanino ha consolidado un grupo de trabajo en biotecnología agrícola, particularmente en el área de biología molecular, que frecuentemente se relaciona con personal del CATIE (Costa Rica) y CINEVESTAV (México). Al mismo tiempo, el doctor Carlos Rosas trabaja en un proyecto de mejoramiento genético tradicional, asistido con marcadores moleculares, además del laboratorio de cultivo de tejidos.

En los años recientes, esta universidad se vinculó con Monsanto para que coordinara los trabajos de multiplicación y desarrollo de las semillas transgénicas que venderían y exportarían. El doctor Romel Reconco, investigador de la facultad de ciencia y producción agropecuaria, ha trabajado junto con un grupo de colaboradores en esa actividad, y, de acuerdo con lo observado en campo, es evidente que ha tenido un impacto significativo en la formación de los jóvenes agrónomos, dado que participan de las “labores culturales” que se hacen en la multiplicación y siembra de semillas transgénicas. Además, en clase se exponen los resultados y problemáticas que se presentan en campo; por ejemplo, las relacionadas con la resistencia a plagas o al tratamiento de malezas, de manera que actúan como “caja de resonancia” de la biotecnología agrícola.

No obstante, llama la atención que los beneficios ligados a la asociación Monsanto/El Zamorano aún no se traducen en un programa de formación de posgraduados, a fin de que no sólo realicen actividades agronómicas, sino también actividades ligadas a la investigación biotecnológica.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a Panamá, pese a tener trabajos de cultivo de tejido y de emplear marcadores moleculares, por ejemplo en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), específicamente en el Laboratorio de Ingeniería Genética y Biología, la biotecnología constituye una actividad de apoyo (limpieza de cultivos, multiplicación, diagnóstico de enfermedades y mejoramiento asistido). El personal trabaja en condiciones materiales limitadas y se destaca que el acceso a Internet es muy deficiente y la infraestructura física y el equipamiento de los laboratorios está en proceso.

Ahora bien, un rasgo general en la subregión es que los biotecnólogos trabajan en universidades o centros e institutos tecnológicos y consideraciones de tipo científico o académico son las que rigen sus dinámicas, pero escasamente se relacionan con el aparato productivo. Asimismo, muestran un carácter reactivo y no proactivo: aun cuando actúan en respuesta a las solicitudes de los productores, no se identificaron casos en que a partir de una demanda se formularan proyectos de largo aliento.

Así, la desvinculación genera las condiciones materiales para que las organizaciones sigan sus lógicas y que éstas no se entrelacen entre las propias instituciones científicas y tecnológicas. En los centros e institutos, el personal expresó que había convenios de colaboración con universidades e incluso en Panamá y Costa Rica se mencionó la atención a tesis o estudiantes en servicio social. Sin embargo, la relación con productores era más de tipo circunstancial y personal que institucional, aunque las restricciones presupuestales han hecho que, inevitablemente para subsistir, comiencen a surgir vinculaciones comerciales, aunque sólo en Costa Rica la biotecnología de tercera generación se liga al aparato productivo.

Lo anterior significa que sólo Costa Rica tiene una política que impulsa la vinculación entre el aparato científico y tecnológico con el sector productivo, de manera sistemática y como parte de una política estatal (Trigo y Villareal, 2009: 34), además, es el único país donde se documentan vínculos entre biotecnologías de tercera generación con el sector productivo, por ejemplo, en el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot).

Se trata de un proyecto de cooperación científico-tecnológica auspiciado por la Unión Europea que inició actividades el 18 de agosto de 2009 y que *“una vez concluido el proyecto europeo, ... será un centro costarricense de biotecnología y escalamiento de bioprocesos, así como un instrumento para el desarrollo científico y empresarial”* (CENIBiot s/f).

El CENIBiot no es propiamente dicho un proyecto para la biotecnología agrícola, ya que se centra en el sector agroindustrial, aunque entre sus líneas de acción contempla la infraestructura que requiere el desarrollo de plantas transgenes, toda vez que ofrece el servicio “Genómica: análisis de material genético, mapeo genético, marcadores moleculares con fines de validación, verificación y protección de productos” (CENIBiot s/f).

El centro pretende aumentar la competitividad del sector agroindustrial en Costa Rica y Centroamérica mediante el desarrollo y aplicación de la biotecnología, en que se destaca el apoyo en materia de escalamiento de procesos biotecnológicos (CENIBiot, 2010).

Entre los elementos que sobresalen, destaca la juventud⁹ y el carácter internacional de todos sus integrantes (costarricenses, mexicanos, uruguayos) que interactúan con investigadores de mayor edad, grado académico y de distintas latitudes, sobre la base de atender y resolver problemas puntuales y específicos, formulados desde el sector productivo agroindustrial, con el fin de compartir el valor, asumido entre su personal, de trabajar en temas que vinculen no sólo a Costa Rica sino a Centroamérica.

“...yo soy el más viejo y tengo 30 años... La doctora Marta Valdez, la directora, siempre insiste en que debemos trabajar en proyectos que impacten no sólo al país sino a la región. Integra áreas multidisciplinarias como agronomía, biología, bioquímica, estadística, electrónica, informática, matemática, farmacia, medicina, física y microbiología, y aparte de disponer del equipamiento en biotecnología más moderno en el mundo, está compuesto por jóvenes.”

En el Centro de Investigación en Biotecnología, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC-CIB) existe una carrera en la que la selección es tan intensa que sólo 40 de los 1.000 jóvenes que concursan logran ingresar. Esto prueba que en Costa Rica se ha impulsado la formación de jóvenes biotecnólogos desde el nivel licenciatura.

⁹ Como se vio en el apartado del capital humano, es un rasgo nuevo y característico de los actuales emprendimientos entre los diferentes países.

En Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá se documentaron experiencias de vinculación entre el aparato científico y tecnológico con el productivo, referidas a biotecnologías de segunda generación, básicamente cultivo de tejidos y, en menor grado, diagnóstico de enfermedades apoyado en marcadores moleculares. Por esta razón, los laboratorios han generado plantas sanas para los productores comerciales, básicamente banano, plátano, papa, papaya, ornamentales y recientemente especies para la obtención de biocombustibles, aunque todavía la escala comercial es muy limitada, cerca de menos de 100.000 plantas. Sin embargo, no se pudo apreciar la existencia de una infraestructura administrativa que denotara condiciones de mercado en esas relaciones, por ejemplo, los encargados de laboratorio señalaban que el precio de las plántulas era más bajo que en el mercado y que sólo se contabilizaban reactivos, pero no la mano de obra. De entrada aceptaban que esa actitud era correcta porque se trabajaba desde una instancia pública y/o gubernamental o incluso desde una universidad privada; así que en términos económicos funcionaba más como un subsidio o una justificación del trabajo académico o público.

Es decir, se advierte que tales formas de vinculación son económicamente convenientes y socialmente pertinentes porque confieren legitimidad a los investigadores, algo llamado *capitalismo académico* (Glenna y otros, 2007). No obstante, es probable que en el futuro inmediato eso comience a cambiar, porque debido a los déficit gubernamentales, se han reducido los presupuestos para los laboratorios, los que tendrán que recurrir al autofinanciamiento, y así modificar sus reglas de operación y sus normas administrativas de funcionamiento.

Dado lo anterior, puede decirse que en Centroamérica la vinculación entre el aparato científico y tecnológico y el productivo todavía sucede mediante canales poco institucionales, mayores relaciones de tipo personal y basado en consideraciones circunstanciales y menos en estrategias de mediano o largo plazo o en el marco de una política institucional, en la que la vinculación comercial sea uno más de sus elementos.

En ese sentido, aun cuando se aprecian limitaciones estructurales al desarrollo, es quizá más importante el hecho de que existen esbozos de una transformación generacional en los cuadros científicos, que independientemente de cualquier consideración política, se esperaría que repercutiera en el desarrollo científico y tecnológico, y que significara un cambio en los paradigmas imperantes, como lo señala Kuhn, 1995.

2. Percepciones y bioseguridad

Cuando se analizan percepciones, los resultados muestran algunos matices importantes (cuadro 7).

Por ejemplo, se observa que la apreciación pública negativa, también visualizada como falta de conciencia pública respecto de sus beneficios, es el renglón que comparten todos los países como la principal limitación al desarrollo de la biotecnología, seguido del correspondiente a infraestructura/debilidad institucional/capacidad tecnico-científica. Esto muestra un escenario en el que, a la par de insuficiencias y carencias materiales, la sociedad advierte que pueden interpretarse como temores acentuados al riesgo.

Lo primero se repite en forma decreciente al observar los renglones que captó la opinión de los representantes gubernamentales, capturados como país (cuadro 7), tales como “recursos humanos/capacitación” o “financiamiento/inversión pública”, mientras que lo segundo puede interpretarse en el sentido de una opinión generalizada tanto de la sociedad como de los ámbitos gubernamentales, toda vez que en estos últimos aparece bajo los renglones “públicas” y “marco legal”. Es decir, si se acepta que entre la población permea una idea negativa con respecto a la biotecnología vegetal, como el renglón “percepción pública/concienciación” representa una limitante para desarrollar esas tecnologías y en los

mismos países se reconocen limitaciones institucionales *v. gr.* “marco legal”, “públicas” o la “propiedad intelectual”, se observa que entre los diferentes niveles gubernamentales y entre los propios poderes nacionales no existe una clara conciencia de los beneficios que reportaría la biotecnología y por ende no se aprecia un esfuerzo eficiente a su favor.¹⁰

Ahora bien, de acuerdo con Trigo y Villarreal (2009) las políticas en bioseguridad se clasifican en tres tipos (véase el cuadro 11) y puede decirse que Centroamérica se ubica más en torno a una política preventiva que a una promocional o neutra. Sin embargo, ello es una apreciación que se desprende más del proceder gubernamental que de una explícita manifestación estatal en esa dirección.

Por ejemplo, en 2008 la prensa publicó que: “...*El Ministro de Agricultura y Ganadería (de El Salvador) Mario Salaverría, adelantó que será en este rubro donde empezarán a aplicarse las primeras medidas de corto plazo, propuestas por la Comisión Multidisciplinaria para afrontar el alto costo de la vida, generado por la crisis internacional. Se planteó el reforzamiento de las agencias del Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA);... promoción de uso de biotecnología o transgénicos;... y el reforzamiento de semilla mejorada*” (Jiménez, 2008).

En otro diario se publicó: “... *La Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria, FIAGRO, presentó los resultados obtenidos de la investigación sobre siembra de Híbridos de Maíz Genéticamente Modificados (OGM). Los ensayos se realizaron con la supervisión de un equipo de expertos de CENTA y las empresas responsables de los paquetes tecnológicos... Dentro de los acuerdos [de la Comisión Multidisciplinaria] quedó plasmado con el número 11: "Promover el uso de la Biotecnología". De este acuerdo emanó la decisión de derogar el artículo 30 de la Ley de Semillas que prohibía el uso de OGM. Se aprobó el Reglamento Especial para el Manejo Seguros de los OGM y en mayo del presente año se presentó al Ministerio del Medio Ambiente los resultados de la evaluación de eficacia e impacto ambiental. Se han cumplido en forma y tiempo los requisitos legales requeridos tanto en reglamentación como en la Ley de Medio Ambiente y el Protocolo de Cartagena, ahora falta concluir el proceso de registro para que se extiendan los respectivos permisos de comercialización.*” (Esmahan 2009).

Pero, contrario a esa situación comenta un entrevistado: “... *Aquí, el momento que está viviendo el gobierno es que las empresas transnacionales no se hagan ricas. Cuando este gobierno entró, el mencionar semilla híbrida era sinónimo de Cristiani Burkard¹¹ y eso no se quería. El gobierno está tratando de volver a los maíces criollos. El gobierno quiere semillas de polinización abierta. Quiere nuevos productores de semilla pero nuestros productores no están preparados para eso. Aquí sólo hay tres productores buenos PROSELA, que es la misma semilla del campo, IPEXSAGRO y PURÉS. Esta última es una compañía que está conformada en una cooperativa de productores que están produciendo híbridos certificados y semillas de sorgo. PURÉS ha venido con un proceso, ellos comenzaron con el convenio de maíz y se han ido metiendo con la producción de semilla híbrida, ya tienen cuatro años, van bien pero el actual gobierno ya no quiere que entre tanta semilla de las empresas transnacionales. El Salvador se ha vuelto un mercado interesante para todas las demás empresas...*”

¹⁰ Recientemente, el IICA ha impulsado algunas actividades dentro del trabajo de “percepción pública” o en el tema de la publicación de la biotecnología, que es otro de los grandes temas limitantes.

¹¹ Fue comprada por Monsanto hace dos años

CUADRO 11
CENTROAMÉRICA: POLÍTICAS DE BIOSEGURIDAD
PARA CULTIVOS TRANSGÉNICOS, 2009

País	Políticas promocionales	Políticas neutras	Políticas preventivas
	Evaluaciones basadas exclusivamente en información generada en aprobaciones realizadas en otros países. Análisis de riesgo no asume ningún tipo de percepción a priori	Evaluaciones caso por caso con base en riesgos demostrados o incertidumbres científicas y riesgos esperados vinculados a la novedad del proceso de transformación	Evaluación basada en la presunción de riesgo o daño efectivo resultante del hecho de que se trata de un proceso de transformación
Guatemala			± √
El Salvador			± √
Honduras		√	
Nicaragua			± √
Costa Rica			± √
Panamá		√	

Fuente: Trigo y Villarreal (2009: 31).

Nota: ± √ Aunque no se ha definido una política en bioseguridad, esto parece una estrategia tipo política preventiva.

3. Políticas y legislación

Dentro de las organizaciones sociales, la ausencia de comportamientos reiterados a lo largo del tiempo se asocia con un marco normativo laxo, que explica por qué la biotecnología agrícola va por delante de la capacidad social para normar las condiciones en las que debería existir y se traduce en limitaciones al desarrollo científico-tecnológico, hecho que eventualmente repercute en limitaciones económicas. Así, aunque en Guatemala se ha logrado desarrollar una variedad de papaya resistente al virus de PROB., el proyecto quedó confinado al laboratorio porque las insuficiencias y vacíos jurídicos en materia de bioseguridad no permitieron aprobar un marco jurídico, que además de salvaguardar la biodiversidad, permita aprovechar los desarrollos tecnológicos.

No se ha formulado un criterio de lo que sería aceptable en materia de bioseguridad y, por ende, no se ha logrado un consenso al respecto. El tema es resultado de una construcción social internacional, que avanza a partir de las acciones que en los diferentes países impulsan las empresas transnacionales (ETN), así como de las negociaciones internacionales, particularmente la OMC y el TRIPS. Los acuerdos comerciales, por ejemplo el TLCAN, incorporan el marco jurídico TRIPS, por lo que la capacidad de los estados nacionales, en los hechos, se ve condicionada a los avances que en otras latitudes ocurren. Así, la normatividad que regula la biotecnología se presenta como reacción a la realidad.

Esto ayuda a entender por qué la formación de comités científicos y comisiones en bioseguridad y/o en biotecnología han surgido como reacción gubernamental ante el hecho, no de que se haya experimentado con cultivos transgénicos, sino de que éstos salieran a la luz pública. Por ejemplo, en Guatemala, una denuncia de Greenpeace en 1998 frenó las pruebas de materiales que Syngenta había realizado y a la fecha sigue sin autorizarse.

Sin embargo, cultivar un material transgénico no necesariamente significa una ilegalidad, más bien denota un vacío jurídico, y ante la presión de la opinión pública y de las ONG, la respuesta gubernamental ha sido constituir comisiones o cuerpos científicos que apoyen su proceder. Pero hasta 2005 sólo en Costa Rica y Honduras existía la figura jurídica de Comisiones Nacionales en Biotecnología y Bioseguridad; en los otros países la ausencia de leyes invalida y no reglamenta su existencia. En todos los países se menciona la existencia de dichos organismos o por lo menos se refieren a ellos como organismos que valoran las condiciones de riesgo de los cultivos transgénicos e incluso se indican los nombres de sus integrantes; por ende, son organismos *de facto* y no *de iure*, por ejemplo en Guatemala o Nicaragua (véase el cuadro 12).

Lo anterior sienta las bases para que socialmente se presente una paradoja en la que la opinión pública vulnera a la ciencia, pues el gobernante se ampara en ella al igual que los impulsores y detractores de la biotecnología, de suerte tal que los únicos en discordia resultan ser los miembros de las comisiones.

Como ya se ha visto, no en todos los países existe la cantidad y la preparación del personal adecuado (cuadro 10). En esas circunstancias se recurre a lo que hay disponible, es decir, profesionales que no siempre son expertos en biotecnología y que sus juicios y valoraciones, aunque sean bien intencionadas e incluso de sentido común, no siempre son pertinentes.

Bajo estas circunstancias resulta controvertible la idea básica del Protocolo de Cartagena, pues el principio de precaución implica evaluar, caso por caso, los efectos en la biodiversidad, el medio ambiente y la inocuidad de los alimentos por incorporar transgénicos y ello no es tarea sencilla, ni siquiera para un experto. Por ejemplo, recientemente Heinemann (2009) expresó la idea de que animales alimentados con material transgénico pudieran estar relacionados con problemas en la salud humana.

Por lo tanto, es fundamental contar con personal altamente capacitado, si no para desarrollar los nuevos transgénicos, al menos para evaluar los riesgos a los que la sociedad se enfrenta con su autorización.

En Centroamérica predomina cierta indefinición en materia de propiedad intelectual y bioseguridad, resultado de la conjunción de varios elementos. Hasta los años ochenta los organismos públicos eran los responsables de generar la tecnología agrícola y no se patentaba; prácticamente no había normatividad en materia de semillas y la biotecnología agrícola es, en términos comerciales, novedosa, ya que data de 1996; además, es limitado el mercado para productos biotecnológicos en la subregión¹². Finalmente, como la dinámica económica, política y ambiental impone una agenda de Estado y no incluye como prioridad el tema de los transgénicos, la dinámica transcurre sujeta a circunstancias cambiantes, como la voluntad de los actores, las presiones que ejercen los interesados e incluso los compromisos internacionales.

¹² Dado que la superficie sembrada y cosechada de maíz, soya y algodón es relativamente reducida.

CUADRO 12
CENTROAMÉRICA: MARCO LEGAL RELACIONADO CON BIOTECNOLOGÍA, 2005

Aspecto	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá	Total
Bioseguridad (instrumentos específicos)	Acuerdos Ministeriales MAGA 393-98 y 476-98		Proyecto de ley en proceso final de elaboración SERNA	Proyecto de Ley sometido Asamblea Nacional	Reglamento auditorías en Bioseguridad Agrícola Decreto MAG 32486-2005	48-2002 Comisión NL Bioseguridad Res. ANAM 502 Marco Bioseguridad	-1
Protocolo Cartagena	Ratificado	Ratificado	No ha sido ratificado	Ratificado	No ha sido ratificado	Ratificado	-1
Biodiversidad ^a	Dls. 4-89; 5-95; 101-96; 68-72; 68-86 Ams. 177-95; 722-01	Dls. 844-94; 579-05; 233-98		Proyecto de ley ^b	Leyes 7317-92 Ley 7788-98	Ley No 2-95	-1
DPI	Decreto 57-2000	Dls. 604-93	X	Ley 318-99	PI 5959-1976	Ley #12 1995	-1
CyT	DL 63-91				X		-1
Semillas	X	DI. 530-01 Art. 30 prohíbe investigación con OVMS			X		-1
Sanidad Agropecuaria	DI. 36-98 AG. 745-99		Acuerdo Ejecutivo 1570-1998	Ley 291 DI. 299 y 59-2003 Reglamento OMG uso agropecuario	Ley 7764-97/98 Incluye reglamento bioseguridad	Ley 23-1997	-1
Comisión en Biotecnología	1	1	1		1	1	
Comisión en Bioseguridad	1		1	1	1	1	

Fuente: Elaborado con base en IICA, 2006 y Esmahan, 2009.

^a Incluye legislación sobre vida silvestre, áreas protegidas, ambiente y acceso a los recursos de la biodiversidad.

^b En proceso de elaboración.

Dado que la ausencia de legislaciones que normen las obtenciones vegetales se interpreta como prevención, en ese sentido puede decirse que en materia de políticas de propiedad intelectual predominan las de carácter preventivo. Sin embargo, en Honduras, Guatemala y El Salvador no existen, mientras que Nicaragua se inscribe dentro de una política neutra. En este caso particular, la ley no parece responder a las condiciones materiales prevaletentes, y queda como un pronunciamiento que indica el camino a seguir (véase el cuadro 13).

La normatividad jurídica prevaleciente en Centroamérica respondía a la Revolución Verde. En consecuencia, el manejo del tema de biotecnología agrícola ha sido casuístico y resultado de decisiones y acciones realizadas en instancias administrativas diversas, no siempre coincidentes, que evidencian buena voluntad, además de insuficiencia en la preparación científica y técnica de los elementos que intervienen, incluso limitaciones en el personal calificado para participar de las decisiones o simplemente consideraciones de orden político no siempre explícitas. Por ejemplo, aunque en varios países se han hecho ensayos con materiales transgénicos, no se ha desprendido de ello una decisión gubernamental en ningún sentido. Al respecto, un entrevistado expresa: “...Desde fines de 2008 y 2009 se hicieron pruebas de maíz con el evento Bt pero no hay un pronunciamiento del gobierno...”

CUADRO 13
CENTROAMÉRICA: ESTRATEGIAS POLÍTICAS POSIBLES EN EL MARCO LEGAL
SOBRE PROPIEDAD INTELECTUAL EN CULTIVOS TRANSGÉNICOS, 2009

	Políticas promocionales	Políticas neutras	Políticas preventivas
	Protección amplia de patentes y leyes de mejoramiento vegetal, de conformidad con UPOV 1991	Protección de patentes generales o restringidas y leyes de mejoramiento vegetal de conformidad con UPOV 1978, con la excepción del agricultor	Sin legislación de patentes, o bien en proceso, pero no reglamentadas (o en ejercicio)
Guatemala			√
El Salvador			√
Honduras			√
Nicaragua		√	
Costa Rica			√
Panamá			

Fuente: Trigo y Villarreal (2009: 32).

En sintonía con lo anterior, cuatro países de seis han ratificado el Acuerdo de Cartagena¹³, pero en ninguno se ha puesto en operación. Además, en cuatro países existen proyectos de ley que esperan turno en los congresos, y salvo en Costa Rica y Honduras no hay una institucionalidad clara respecto del tratamiento de los materiales transgénicos.

¹³ El Protocolo de Cartagena es el resultado de la Convención de la Organización de Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (CDB), mediante el cual se buscan establecer condiciones adecuadas para manejar la seguridad en la biotecnología, particularmente en lo relativo a la transferencia, manipulación y utilización segura de los Organismos Vivos Modificados (OVM). En el ‘Mandato de Jakarta’ de noviembre de 1995 se estableció un grupo de trabajo para negociar el Protocolo de Cartagena, mismo que fue adoptado por la Conferencia de las Partes (COP) en enero del año 2000. El objetivo del Protocolo es: contribuir a asegurar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los OVM, así como la biotecnología moderna que puede afectar la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos. El Protocolo se centra en regular los OVM manipulados con el propósito de introducirse en el medio ambiente como las plantas Genéticamente Modificadas (GM). El Protocolo emplea a un Comité Intergubernamental de Implementación para supervisar su cumplimiento. Las herramientas principales para regular el comercio y el transporte transfronterizo de los OVM son el Acuerdo Fundamentado Previo (AFP) (artículo 7), la evaluación del riesgo (artículo 15) y el enfoque precautorio (artículo 16), además de la creación de un régimen de responsabilidad y compensación de daños que resulten por los movimientos transfronterizos de los OVM (artículo 27) (ONU, 2003).

Finalmente, es importante señalar que el tema de las semillas tampoco está reglamentado (cuadro 12). En esta materia, la mayoría de las legislaciones hacen hincapié en tres cuestiones que en conjunto procuran regular: la producción, distribución y venta del material vegetal que actúa como semilla.

Si la legislación asume, implícita o explícitamente, un papel de prevenir el delito entonces la reglamentación hará más énfasis al “control” y menos a la “promoción”.

Así, si el punto de partida supone la pertinencia de instancias que avalen una situación, entonces invariablemente la legislación estipulará alguna instancia gubernamental que detendrá el poder de sancionar y dar fe de lo declarado (por ejemplo, que los granos contenidos en una bolsa están tratados con cierta sustancia química que garantiza que ésta no será dañada por hongos o patógenos, o que tal semilla tendrá un nivel de germinación del tanto por ciento, entre otros). Sin embargo, el punto central es que invariablemente una instancia gubernamental asume un poder y control sobre actores diversos del mercado, es decir, se presupone que el mercado, por sí mismo, es incapaz de regularse en beneficio de los participantes.

En algunos países (República Dominicana, Nicaragua y Chile) hay leyes modernas, pero salvo en Chile, en los demás casos no se han llevado a la práctica. De impulsarse alguna ley en la subregión, sería deseable una que se abocara más al fomento que al control, para evitar lo que ha ocurrido en México, donde, a pesar de haber tanta diversidad genética y buenas instituciones formadoras de mejoradores genéticos, casi no hay empresas semilleras nacionales.

Ahora bien, independientemente de que en el futuro se tengan leyes que regulen el tema de las semillas, lo cierto es que éstas y las empresas semilleras son el punto de partida de toda agricultura. En este momento, en Centroamérica el asunto de las semillas se enmarca en dos cuestiones: ¿hay agricultores que demanden materiales transgénicos? y la respuesta es sí, dado que existen algunos que siembran maíz bajo las premisas y criterios económicos del mercado, y la segunda: ¿los campesinos querrán cambiar sus prácticas tradicionales de producción con base en sus propias semillas o estarán dispuestos a recurrir a una instancia distinta de su unidad productiva, ya sea el gobierno o el mismo mercado?

Salvo en El Salvador, la agricultura centroamericana del maíz, el principal cereal, recurre a materiales de polinización abierta, la mayor parte de las veces mejorado por las prácticas culturales de los propios agricultores y la integración de materiales que en algún momento introdujeron los institutos gubernamentales “INTAS” (materiales sintéticos, variedades mejoradas o pules genéticos). Por tanto, el reto es que los pequeños productores cambien de variedades criollas o mejoradas mediante materiales transgénicos.

Históricamente, los cambios tecnológicos entre pequeños agricultores campesinos ocurren cuando el riesgo de enfrentarse a una nueva tecnología se compensa con una situación de certidumbre que garantiza la reproducción material de la familia y permite un distinto y mejor aprovechamiento de los recursos familiares.

La diversificación productiva de la finca, conocida en la subregión como “modelo brasileño”, representa un extremo, y la agricultura intensiva concentrada al monocultivo, el otro. Entre ambos pueden documentarse muchas mediaciones que en cualquier caso remiten a un hecho central: la diversificación, más de 50% de los hogares con productores de granos básicos tienen algún miembro que trabaja como asalariado permanente. Se puede afirmar que en las últimas décadas se ha profundizado un patrón histórico, asociado a los hogares productores de granos básicos, alrededor del mayor peso de las fuentes de ingreso que provienen del exterior de la finca familiar (trabajos asalariados, migraciones estacionales al exterior y remesas familiares de los que migran de manera permanente, fundamentalmente hacia los Estados Unidos y Costa Rica) (Baumeister, 2010: 22).

Así, cada vez más la reproducción familiar del agricultor depende del uso de la totalidad de sus recursos y por ello se observa que, así como las fuentes de ingreso familiar rural aumentan, la proporción de los ingresos agrícolas disminuye. Por esta razón, el cambio tecnológico sólo puede inscribirse dentro de esa tendencia, y la biotecnología sólo tendría cabida para los campesinos si es parte de una política gubernamental que combata a la pobreza mediante la entrega de paquetes tecnológicos (semilla y agroquímicos). Aunque el mejor rendimiento por superficie y el ahorro en aplicaciones de pesticidas (compra del producto y uso de trabajo para la aplicación) compensarían el mayor costo de la semilla transgénica, lo cierto es que en las unidades de baja escala la compra de semilla es parte de la inversión inicial del productor, mientras que los pesticidas se adquieren en diversas etapas de los cultivos, y la mano de obra por lo general, proviene del mismo trabajo familiar, por lo que el costo asociado a este último concepto es en realidad un costo imputado, no necesariamente desembolsado por los productores (Gouse y otros, 2005, 2006). Por lo tanto, de no ser por un amplio diferencial en el rendimiento derivado de las SGM, el beneficio marginal asociado a su utilización pudiera no ser visto como una gran ventaja por este tipo de productores.

Ahora bien, para evaluar la factibilidad de suponer que mediante algún programa gubernamental de combate a la pobreza pudiera simultáneamente impulsarse la biotecnología entre productores campesinos, se realizó un ejercicio hipotético que ilustra el planteamiento.

De acuerdo con la literatura, se esperaría que el resultado final por el uso de SGM constituya un beneficio económico superior que pudiera estimarse al conocer, por ejemplo, cuál es la población rural dedicada al cultivo de maíz, que al mismo tiempo perciba ingresos por debajo de la línea de pobreza, y que con el beneficio económico debido al cambio de semilla convencional a transgénica, esté en condiciones de superar la condición de pobreza¹⁴. Esa población es la que resultaría beneficiada por el uso de SGM, y por lo tanto sería también parte del impacto de una política social que sustituya semillas por la transferencia directa de dinero.

Se debe considerar el caso de El Salvador, que se incluye en el cuadro 14. En la segunda columna se muestran los resultados de costo-beneficio del cultivo de maíz con semilla híbrida convencional; en la tercera se reportan los resultados correspondientes al cultivo con semilla genéticamente mejorada, mismos que en la cuarta se expresan en porcentajes. Del ejercicio, se determina un incremento promedio de las ganancias por manzana equivalente a 358 dólares.

Por lo tanto, pueden evaluarse dos alternativas de política social orientadas a disminuir la condición de pobreza de la población rural que dispone de una manzana de tierra dedicada al cultivo del maíz y cuyo nivel de ingreso no supere la línea de pobreza, que es de 358 dólares.

Una alternativa de política social podría ser transferir 358 dólares a ese grupo a fin de que logren superar su condición de pobreza. La otra opción podría ser subsidiar el costo de la semilla genéticamente mejorada, equivalente a 36,3 dólares por manzana, y que los productores con su trabajo y los beneficios obtenidos lo multipliquen para lograr un ingreso adicional de 358 dólares, con el mismo efecto sobre su condición de pobreza.

¹⁴ Al decir del Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) en la subregión, existen 12 millones de personas pobres que viven en el campo y otros 7 millones en la ciudad (datos de 2003). Esto significa que 64% de los pobres centroamericanos viven en la zona rural y esta pobreza golpea especialmente a los hogares de las personas dedicadas a trabajos agropecuarios (70,9% de los pobres rurales) (RUTA, 2008:5).

CUADRO 14
EL SALVADOR: MAÍZ TRANSGÉNICO RESISTENTE A INSECTOS.
ESTIMACIONES POR MANZANA, 2008

Concepto	Maíz convencional ^a	Maíz Bt ^b	Diferencia	Diferencia (%)
Rendimiento (quintales)	75	90	15	20,0
Precio de venta (dólares)	17	17		0,0
Valor de la producción	1 275	1 530	255	20,0
Costos	1 029	926,4	-103	-10,0
Ganancia	246	604	358	145,5
Gasto en semilla por manzana	30,24	36,3	6,05	20,0

Fuente: Elaboración propia con base en Estudio de RED SICTA (Villalobos, 2008).

^a Los valores de rendimiento, precios y costos provienen de un estudio de RED SICTA realizado con productores de 14 cooperativas de El Salvador en mayo/agosto de 2008.

^b Se aplicó una proporción de 1.1 de mejora en rendimiento por manzana y 0.9 de mejora en costos de producción, tomando como base datos de Villalobos (2008:56-57).

Si la población rural pobre y que dispone de una manzana para cultivar maíz asciende a un millón de personas, la primera alternativa de política social conlleva un costo de 358 millones de dólares, mientras que la segunda representa únicamente 36,3 millones.

Por otra parte, aunque el producto final de la biotecnología agrícola son paquetes tecnológicos en los que las semillas y los agroquímicos constituyen solamente un eslabón, es importante detenerse a observar lo que ha ocurrido con la semilla.

Como se ha visto en la subregión, salvo en El Salvador, no predomina el uso de híbridos de maíz y en realidad los mercados de semillas evidencian distintas combinaciones de OPV e híbridos. Dichos materiales fueron desarrollados en los centros e institutos públicos mientras contaron con el apoyo financiero gubernamental en los años setenta e incluso en los años ochenta. Se trataba de semillas que en más del 80% de los casos partían de progenitores formados en el CIMMYT (CIMMYT, 1992:49) (véase el anexo 1). Sin embargo, cuando el presupuesto público destinado al agro decayó en los noventa, el desarrollo de semillas también declinó (Saavedra, 2007:102-106), por lo que hoy es necesario resarcirlo, si es que se quiere aprovechar el uso de semillas transgénicas.

El modelo de desarrollo y transferencia tecnológica suponía que, liberados los materiales, la producción de semillas recaía en organismos públicos o en productores privados, que escasamente se abocaron a desarrollar su propia genética. Por eso, cuando a partir de los años noventa comenzaron a entrar las grandes compañías semilleras, éstas prácticamente coparon los mercados de semillas híbridas entre los productores comerciales, de suerte tal que ahora, aunque las compañías transnacionales quisieran adquirir algún material para transformarlo en transgénico a partir de él, en la subregión no existen actores con los cuales relacionarse, salvo Cristiani Burkard, una empresa de salvadoreños nacionalizados guatemaltecos, con sede en Guatemala. Ésta, junto con “Productora de Semilla”, son las únicas que en Centroamérica tienen genética propia, además de algunos empresarios de menor rango. Monsanto la compró hace dos años, y así logró colocarse en el mercado, lo que le representa un ahorro porque no es fácil cumplir con los requisitos administrativos que los gobiernos imponen para desarrollar y penetrar un nuevo material: más de tres a cuatro años y, en el caso de México, hasta siete.

Este ejemplo debe ser estudiado porque ofrece lecciones útiles para la subregión, respecto de lo que pueden lograr las empresas semilleras y la importancia de promover su desarrollo, pues constituyen un camino para establecer relaciones entre transnacionales y los desarrollos endógenos. Esto es, no siempre es factible que los materiales disponibles en la cartera de las compañías semilleras se ajusten a las condiciones de los diferentes países.

Es decir, que independientemente de la empresa, para asentarse en un mercado nacional es crucial contar con materiales adecuados a las condiciones agroclimáticas, y ello, aunque en general se les facilita a las empresas transnacionales porque sus programas de fitomejoramiento son globales (Aboites, 2002), no impide que partan de realidades sociales en que pretenden funcionar, ya sea porque requieren las características del material o la posición comercial que las empresas han logrado con su investigación genética.

En su mayoría, las empresas privadas nacionales surgen y se desarrollan al amparo de genetistas destacados que, después de trabajar en centros gubernamentales o universidades, incursionan en el mercado semillero¹⁵. Su presencia está ligada con la diversidad socioeconómica en estas latitudes, son un canal de transferencia tecnológica por el que se han socializado los materiales públicos y, aunque trabajan en segmentos del mercado diferentes a los de las transnacionales, reducen su presencia y con ello se alarga el tiempo de penetración de la biotecnología agrícola.

Lo anterior significa que, independientemente de la instancia que ofrezca la biotecnología, se requiere la preexistencia de semillas adecuadas y ello lo puede aportar la propia compañía transnacional o una empresa semillera diferente. En esas circunstancias, resulta fundamental la existencia de grupos científicos consolidados y eficientes, ya que permiten articular esfuerzos y condiciones de negocio. A nivel internacional, el caso de China es ilustrativo:

“In November 2009, China completed its approval of a troika of key biotech crops –fiber (Bt cotton already approved in 1997), feed (phytase maize) and food (Bt rice)... on 27 November 2009, when China’s Ministry of Agriculture (MOA) granted no less than three biosafety certificates were issued for biotech rice, one for a rice variety (Huahui-1) a restore line, and the other for a hybrid rice line (Bt Shanyou-63), both of which expressed cry1Ab/cry1Ac and developed at Huazhong Agricultural University (James, 2009: 113).

Monsanto Company announced that it has signed a collaboration pact with China's Huazhong Agricultural University to "further the development of novel traits such as higher yield, drought resistance and nitrogen use efficiency." Monsanto will evaluate and advance certain technologies developed by Professor Qifa Zhang's research team at the Huazhong University, it said in a press release (Crop Biotech Update, 2009)”.

Debido a lo anterior, resulta claro que la empresa transnacional muestra interés en vincularse con los desarrollos locales, con empresas semilleras o con universidades.

Ahora bien, como también se ha evaluado el impacto económico correspondiente a la adopción de nuevas biotecnologías, una de las formas es mediante la cuantificación empírica de los excedentes del productor y del consumidor. Tales estudios requieren la estimación de las curvas de oferta y de demanda del producto. Si se conocen las elasticidades-precio de ambas curvas, es posible evaluar las proporciones que del excedente adicional habrán de distribuirse entre los productores usuarios de la nueva tecnología y los consumidores. Cuanto más inelástica es la curva de demanda, mayor es el incremento del excedente de los consumidores que se origina por la disminución de precios asociado al uso de la nueva tecnología.

¹⁵ No existen muchas referencias sobre el particular, pero parecería valioso impulsar investigaciones que lo ilustraran, dado que esas empresas pudieran significar una estrategia de desarrollo tecnológico importante para la subregión.

Al contrario, en mercados con demanda muy elástica, la reducción de precios es menor y, por consiguiente, beneficia más al productor. En estos casos, la validez de las evaluaciones empíricas son altamente dependientes de la validez tanto del método de estimación como de los datos utilizados.

En el entendido de que efectivamente los beneficios esperados para los consumidores sean positivos, una cuestión fundamental para el éxito de la difusión de cultivos con SGM es que los consumidores acepten los productos alimenticios biotecnológicos. En los estudios reportados por Smale y otros (2009) se señala que, efectivamente, no importa qué tan grande sea la diferencia entre el rendimiento y la disminución de costos en los cultivos transgénicos; si los productos no son aceptados en el mercado, será poco probable que se materialice el cambio hacia esta nueva tecnología. De ahí que cualquier política pública que incentive el uso de SMG no debe dejar de lado la difusión de información entre la población sobre los aspectos positivos y negativos, creíbles y científicamente contrastados. Esto es especialmente importante en los países menos desarrollados en los que, de acuerdo con Smale y otros (2009), la población está menos informada. Si bien se reportan algunos antecedentes sobre estudios acerca de que los consumidores han aceptado a los productos alimenticios biotecnológicos en los países en desarrollo, para América Latina, y especialmente para Centroamérica, hace falta investigar para captar la percepción de la población.

Zhang (2005), en un estudio realizado en China, encontró que los jóvenes de mayor nivel educativo percibían que alimentos provenientes de productos biotecnológicos son de mejor calidad y que, por lo tanto, tendrían una mayor predisposición a comprar dichos productos. Por su parte, Zhong y otros (2002) encontraron que en comparación con los jóvenes, las personas de mayor edad tendían a aceptar los alimentos transgénicos, al igual que los hombres en comparación con las mujeres.

En otro estudio, Zhou y Tian (2003) reportan que los consumidores de Beijing tienen algún conocimiento general sobre los alimentos transgénicos y que su actitud hacia el consumo es positiva siempre que estén asociados a una mejor calidad, menor uso de pesticidas y, por consecuencia, menor impacto al medio ambiente.

La credibilidad en las instituciones encargadas de regular en cuanto a los alimentos transgénicos parece ser un aspecto de elevada trascendencia, tal como se desprende de los hallazgos de Hu y Chen (2004). Estos autores realizaron un estudio sobre la predisposición al consumo de aceite comestible biotecnológico en China, y encontraron que la probabilidad de comprar está relacionada positivamente con la credibilidad hacia las instancias nacionales encargadas de la seguridad alimentaria. Sobre esta relación, Govindasamy y otros (2004), en un estudio realizado en la República de Corea, encontraron mayor predisposición en consumidores que confían en las instituciones.

En Cali, Colombia, Pachico y Wolf (2004) hallaron que los consumidores advierten que el gobierno haría bien su papel como garante de la seguridad alimentaria, aunque en general se conoce poco sobre los bienes alimenticios transgénicos (el estudio se realizó en 2001). Además, encontraron que la población de bajos ingresos decide en buena medida el consumo alimentario con base en el precio, lo que no permite discriminar si sus preferencias son favorables o contrarias a los transgénicos. En el estudio, sólo una minoría señala explícitamente que no estarían dispuestos a comprarlos debido a que perciben que son potencialmente riesgosos.

Mucci, Hough, y Ziliani (2004) reportan un estudio realizado en Buenos Aires a 250 consumidores; 75% manifestó conocer sobre alimentos biotecnológicos, pero su percepción fue negativa. Los autores señalan que la intención de comprar se relaciona positivamente con los potenciales beneficios nutricionales, la confianza en la marca, con personas jóvenes, de baja escolaridad y con la falta de conocimiento sobre los bienes transgénicos.

IV. POLÍTICAS Y MEDIDAS PARA FORTALECER EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL

1. Políticas

En el punto 3 del Capítulo III se resumió el marco jurídico y las políticas vigentes en los países centroamericanos. Se diagnosticó brevemente la aplicación de políticas y el marco legal de cada país en relación con la biotecnología y las vinculaciones con ETN. A partir de ese examen, en este capítulo se comenta acerca de las políticas que conviene impulsar para mejor aprovechar y regular la biotecnología.

Las evidencias revisadas en cuanto a las capacidades y fortalezas predominantes en cada uno de los países centroamericanos indican que es menester asumir la heterogeneidad institucional, científica, tecnológica y social, y así formular propuestas de política cooperativa entre actores de desarrollo desigual.

Lo anterior supone que el eje de toda política relacionada con la biotecnología agrícola sea impulsar y desarrollar los sistemas nacionales científico y tecnológico. Sin ello, se impondrá como resultado de las fuerzas económicas y sociales de la globalidad, por lo que fortalecer el sistema científico y tecnológico se justifica en función de:

- a) Determinar la tecnología pertinente a su sociedad;
- b) Definir la estrategia para adquirirla, luego de tomar en cuenta no sólo los criterios de viabilidad económica, sino sobre todo los de una inserción ganadora de la sociedad en el marco de una economía global;
- c) Definir y vigilar que el uso de la tecnología sea el adecuado, y en consecuencia:
- d) Evitar que los riesgos por negligencia o incapacidad se incrementen, y

Desarrollar tecnología pertinente a las condiciones económicas y sociales de la subregión.

Resulta necesaria una política tendiente a revitalizar y rearmar la infraestructura institucional para avanzar en el reposicionamiento del sistema científico y tecnológico, y así procurar más de una reestructuración de instancias departamentales (que segmentan la actividad científica y tecnológica). Esto a partir de la unidad natural que se liga al trabajo cotidiano de redes, centrado en relaciones personales articuladas con base en la confianza, a fin de potenciar las afinidades y capacidades existentes, pues lo contrario impediría toda transformación en un escenario temporal de corto plazo. De ahí que no se busca alterar los organigramas institucionales ni devaluar lo realizado, sobre todo porque ha sido construido en contextos complicados sin presupuestos ni condiciones salariales atractivas, y en precarias situaciones materiales.

En consecuencia, es menester trabajar en la construcción de un sistema no burocrático que, independientemente de los organigramas y estructuras departamentales existentes, vincule los grupos de trabajo (disciplinarios, interdisciplinarios o transdisciplinario) de toda organización, articulados por empatía, convergencia temática o necesidad. Sería óptimo que se invirtiera en laboratorios y científicos antes que en cuerpos administrativos, es decir, que luego de reconocer liderazgos personales e institucionales, se acepte compartir los retos y los beneficios, no de manera igualitaria, sino proporcional al esfuerzo y la participación.

La idea es impulsar una política que se ajuste a grupos de trabajo y liderazgos, más que a estructuras administrativas, para que de entrada no confronte el orden y los intereses tradicionales de las sociedades. Para esto, es prioritario identificar los grupos existentes, sus liderazgos y capacidades y, a partir de esto, procurar las relaciones horizontales de trabajo. Un estímulo para iniciar y/o consolidar este derrotero puede ser la consecución y ejecución de programas y proyectos de investigación y transferencia tecnológica, como los realizados por el SICTA, que constituye uno de los canales de vinculación centroamericano con el aval político de los diferentes gobiernos, y representa la instancia con mayor potencial de convertirse en punto de convergencia para construir una red que vincule y refuerce los esfuerzos individuales. Así, conviene fortalecer el SICTA para que se convierta realmente en un núcleo que fomente los esfuerzos en materia de biotecnología agrícola.

En la búsqueda de esa horizontalidad se debe procurar la asociación entre empresas transnacionales y agentes o instituciones locales a fin de aportar el acceso a los mercados, a la biodiversidad, al conocimiento acumulado plasmado en materiales progenitores identificados como pertinentes o al conocimiento cultural de los pobladores rurales y su diversidad agroecológica. En reciprocidad, los sistemas nacionales deberán acceder al conocimiento tecnológico de vanguardia que las empresas transnacionales poseen o que pueden captar mediante el financiamiento para la capacitación.

Un rasgo general de la subregión es que los biotecnólogos trabajan en las universidades o centros e institutos públicos, y las consideraciones de tipo científico o académico rigen sus dinámicas, y escasamente se relacionan con el aparato productivo. Sin embargo, la escasez presupuestal de los gobiernos federales ha fomentado el acercamiento entre ambos sectores.

Esto representa una oportunidad para avanzar en el establecimiento de protocolos de vinculación, que pueden emplearse para estimular a los grupos de trabajo con liderazgos reconocidos. Un posible criterio es que, luego de asegurar y descontar el costo fijo de los proyectos, el resto se divida en partes alícuotas, considerando siempre por igual al gestor de los proyectos y se deje un porcentaje entre 10% y 25% para ser ejercido y manejado en los laboratorios y/o departamentos, para así crear grupos de trabajo que propicien sinergias institucionales. El elemento clave radica en entregar al líder la facultad de ejercer el gasto de los proyectos, ya sean de investigación, productivos o de consultoría, sin que se le deje de exigir el cumplimiento de la normatividad a que haya lugar.

Los jóvenes entienden esto rápidamente porque los más experimentados, en varios casos, han creado tradiciones y costumbres y tejido demasiados eslabones con el pasado. Por lo tanto, es deseable y probable que los liderazgos científicos y tecnológicos recaigan en jóvenes que, en virtud de no confrontar la autoridad administrativa, consoliden su situación o así beneficien a las instancias tradicionales de poder, bajo un esquema en que todos ganan.

La desvinculación existente entre las propias instituciones científicas y tecnológicas, y entre éstas con el aparato productivo, genera condiciones materiales para que las organizaciones sigan sus lógicas y no cooperen entre ellas. En estas circunstancias, esa desvinculación ha propiciado que los científicos no sepan cobrar ni negociar una participación ventajosa para todas las partes. Por ejemplo, cuando venden tecnología de semillas, lo común es que lo hagan mediante regalías y eso sólo genera dificultades y expectativas vanas, ya que no se puede ser investigador y a la vez supervisar para controlar cada paso en la producción de la semilla negociada. Lo eficiente sería vender los parentales a un precio alto en condiciones contractuales eficaces o, el caso más común en la subregión, multiplicar plantas sanas mediante propagación *in vitro*, sin olvidar el costo de no excluir la mano de obra ni tampoco cargarlo a todo el aparato científico. Para ello se requiere un esfuerzo continuo de capacitación del personal en el tema de administrar proyectos tecnológicos.

En materia del mejoramiento genético de plantas, más que afirmar un enfoque particular y subordinar el resto (fitomejoramiento contra biotecnología), es menester garantizarla complementariedad entre el mejoramiento genético clásico y la biotecnología. Esto es así porque en los países centroamericanos lo que existe es el mejoramiento convencional; es por ende una fortaleza de la que hay que partir, máxime que el reto de la biotecnología agrícola es contar con materiales adecuados a los ecosistemas, pues los protocolos para insertar eventos Bt o resistencia a herbicidas es una tecnología más o menos que dominan los laboratorios de las compañías transnacionales, que detentan la propiedad intelectual de los paquetes.

Lo anterior permitirá impulsar el mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, apoyado en trabajos de identificación y mapeo de la diversidad genética de especies con importancia económica y cultural, que es la base de cualquier biotecnología agrícola con factibilidad de impactar entre los campesinos. Máxime que la diversidad agroclimática y cultural en que se desenvuelven tales productores hace difícil pensar en que sea posible imponer una gran homogeneidad en cuanto a los materiales de siembra.

En este rubro se encuentran las fortalezas y mayores tradiciones nacionales, por lo que desde ahí se pueden procurar asociaciones con las empresas que hacen la biotecnología, bajo condiciones mutuamente benéficas (véase el anexo II).

Por eso, en lugar de desplazar los fitomejoradores en aras de biotecnólogos, se proponen integrar ambas comunidades epistémicas (Aboites, 2002) y dejar la preeminencia de cualquiera a las circunstancias particulares de cada institución, pues hay algunas en las que claramente prevalecen los biotecnólogos (CATIE), mientras que en otras (los institutos tecnológicos), los mejoradores predominan.

En las instituciones y centros de trabajo, dado que el personal con doctorado es mínimo y en los años recientes ha sido escasa la tecnología generada con impacto económico en los países, se asume que no es posible procurar relaciones horizontales, toda vez que no existe mucho que aportar. Sin embargo, esa apreciación parte del desconocimiento, del recelo y del temor, por lo que es importante impulsar una política que parta de procurar el reconocimiento de los que son y están y, posteriormente, buscar relaciones institucionales horizontales en el país y en la subregión. De esta manera, se podrían propiciar las sinergias nacionales y centroamericanas indispensables para tener la capacidad institucional de decidir qué es lo adecuado en cada circunstancia y sociedad.

Se trata en esencia de reconocer lo hecho por terceros, pues sólo de esa forma es posible dimensionar el esfuerzo de todos y construir las bases emocionales y subjetivas para valorar lo realizado, sin obviar las limitaciones que pudieran documentarse. Es evidente que si se deja al margen a las personas y las instituciones, éstas generarán fuerzas de resistencia que socavarán todo esfuerzo y avance.

En el marco de ese esfuerzo es vital impulsar una política de capacitación y así fortalecer la preparación académica de jóvenes, pues son un canal privilegiado de articulación con el exterior, siempre que se procuren relaciones de largo plazo con instituciones internacionales académicamente prestigiadas. Lo anterior de forma tal que los doctorados y maestros en ciencias sean vistos como un instrumento para construir redes mutuamente beneficiosas, que además favorezcan el fortalecimiento de jóvenes biotecnólogos.

Es de esperarse que este modelo fortalezca a los científicos jóvenes, pero será insuficiente si a la par no se identifica y agrega la aportación de quienes saben difundir y gestionar los espacios que el

investigador debe llenar, pues si faltan esos eslabones, él y su ciencia terminarán, como ha ocurrido, encasillados en los recuerdos de lo que pudo haber sido y no fue.

Es relevante organizar un programa centroamericano para acceder y compartir la información científica de vanguardia (crear una biblioteca digital por Internet y, en segundo término, un grupo de acceso a la información convencional, como libros y revistas impresas).

Ahora bien, en virtud de la escasez de recursos económicos en los países centroamericanos, esta política debe asumir la idea de optimizar y hacer más eficientes los recursos disponibles; por ello la inversión primera y principal se refiere a asegurar la disponibilidad de Internet con banda ancha, pues si la comunicación se dificulta se encarece establecer relaciones de trabajo. Además y dado el hecho de que la percepción que prevalece en la subregión respecto de la biotecnología no es favorable, debe impulsarse una política de comunicación sistemática de largo plazo.

La política de comunicación y concientización a la comunidad, y en particular a los productores agrícolas, debe concentrarse en la comunicación cara a cara, por lo que debe prácticamente centrarse en grupos de productores a los que hay que exponer con claridad y sencillez los argumentos que se consideran convincentes y, de ser posible, apelar a talleres en parcelas demostrativas o en los propios laboratorios.

La tarea de convencer a la sociedad en general constituye un proyecto de largo plazo, incierto y costoso, y no se debe olvidar que la historia de la ciencia y de los paradigmas teóricos ha mostrado que es muy complicado convencer a otro científico de un argumento que consideraba cierto. De hecho, no es extraño que los paradigmas se impongan, no por su calidad o la capacidad argumentativa de quien los enarbola, sino por una cuestión de tiempo generacional (Kuhn, 1995).

2. Medidas

En el diagnóstico sintetizado en el apartado 3.3 se propusieron un conjunto de medidas que resumió el marco jurídico y que se mencionan en esta sección, cuya implementación ayudará a aprovechar mejor y a regular la biotecnología. Al respecto, conviene llevar a cabo las siguientes medidas:

- a) Fortalecer los liderazgos y grupos de trabajo realmente existentes más que justificar la formación de nuevas instancias administrativas.
- b) Definir el acceso y disposición de banda ancha de Internet en los laboratorios de biotecnología como cuestión de interés público y, por ende, priorizar en el gasto público el financiamiento de dicho instrumento.
- c) Realizar y/o actualizar un censo de todos los investigadores y técnicos que estén vinculados con biotecnología agrícola, independientemente de su adscripción laboral.
- d) Establecer, con base en el censo, un portal virtual en el que, de manera expedita, se mantengan informados a los investigadores y en general a quienes se ligan a esa tecnología.
- e) Aprovechando el ciberespacio y el portal digital, realizar y/o actualizar un censo de los laboratorios, en donde se practique algún tipo de biotecnología para detallar la infraestructura disponible, la institución de adscripción y la forma de su financiamiento.

f) Organizar un inventario de la tecnología agrícola existente (por ejemplo, de las semillas mejoradas y los progenitores) y precisar si tiene o ha tenido aplicación en campo, así como su magnitud. Lo anterior permitirá dimensionar el reto que la generación de semillas transgénicas demanda, si los eventos Bt o resistencia al herbicida se incorporan en materiales agronómicamente importantes y probados, además de que en Centroamérica el maíz se emplea como alimento humano y no como insumo en la producción pecuaria o industrial, salvo en Costa Rica y Panamá. Por lo tanto, las variedades transgénicas disponibles de maíz amarillo no resultan adecuadas y predominan en el mercado.

g) Identificar los problemas y necesidades comunes, tanto nacional como subregional, que pudieran ser resueltos mediante la colaboración y, con base en ello, formular una cartera de problemas y temas de investigación pertinentes.

h) Intercambiar información para estar enterados de las convocatorias que nacional e internacionalmente se ofrezcan sobre proyectos de investigación en biotecnología.

i) Crear un espacio para guardar archivos descargables con ejemplos concretos de proyectos de investigación internacionales, aprobados o en ejecución, para que sirvan de modelo a los investigadores que no han participado en alguno.

j) Generar un espacio de encuentro para que los productores formulen sus planteamientos y necesidades y los investigadores ofrezcan soluciones mediante proyectos y programas productivos.

k) Construir un archivo descargable que contenga el directorio de los laboratorios, centros de investigación e investigadores, de manera que sea expedito en identificar capacidades y fortalezas.

l) Organizar un programa continuo de mejoramiento y capacitación de todos los investigadores y técnicos que estén vinculados con biotecnología agrícola, a partir de estructurar la oferta con los recursos nacionales y centroamericanos. Ello con el propósito de capacitar, pero sobre todo de lograr el reconocimiento social de quiénes son, dónde están y qué pueden aportar. En una etapa posterior puede y debe procurarse ampliar la oferta a otras instancias.

m) Instituir un programa de pasantías y servicio social entre las instituciones centroamericanas con instituciones de otras latitudes, a fin de incorporar a jóvenes estudiantes en la dinámica de la investigación que actualmente se realiza.

n) Dado que los presupuestos estatales en cada país cubren la infraestructura y los salarios, así como los gastos operativos de los organismos e instancias que hacen biotecnología, con fondos nacionales destinados a la ciencia, así como de fondos bilaterales y multilaterales, sería deseable e importante que el gobierno otorgara a todas las instituciones, de forma permanente y vitalicia, un porcentaje de lo que se obtenga por una patente o certificado de obtentor, mientras esté vigente ese derecho y esté en uso comercial, como un mecanismo de estímulo económico que no grave en el presupuesto de las instituciones.

o) Lo mismo puede establecerse en el caso de que un investigador por sí mismo, o por mediación e intervención de un grupo de trabajo, consiga algún proyecto de investigación o productivo. Es recomendable autorizar la asignación automática de un porcentaje del mismo, otra partida para el grupo de trabajo y otra para el laboratorio o centro de trabajo. Lo anterior porque es importante motivar al investigador mediante incentivos económicos a fin de que gestione, produzca y se desarrolle como investigador.

p) En un contexto social y académico, donde prevalecen las limitaciones académicas, es importante no destinar recursos para imprimir revistas científicas institucionales, nacionales o subregionales, sino enfocarse en publicar en las científicamente reconocidas a nivel internacional; a la

larga, es más barato pagar por el aprendizaje de publicar en ellas que mantener revistas que nunca terminan por consolidarse y ser reconocidas. Además, el reconocimiento de haber publicado en una revista internacional con arbitraje ciego e indexado no lo dará ningún medio local y ello, en un ambiente de escaso reconocimiento social, puede resultar vital.

q) Impulsar una eficiente campaña de divulgación y concientización entre los productores agrícolas, centrada en la vivencia de lo que se realiza en los laboratorios y diseñar los materiales de divulgación científica de manera colectiva en el ciberespacio y el portal digital. Para llevar a cabo lo anterior es prioritario integrar personas con vocación y experiencia en la comunicación científica a los grupos de trabajo científico, de manera que puedan diseñar instrumentos de comunicación accesibles al productor agrícola (diagramas, fotografías, imágenes), pero cuyos esfuerzos se centren en la participación de talleres de capacitación en campo y en laboratorio, es decir, humanizar la ciencia.

r) Invitar a los agricultores a los laboratorios para que aprecien procesos como el de una enfermedad: que le muestren en microscopio una bacteria o que le enseñen cómo es que las variedades diferentes dentro de cada especie presentan un patrón diferente a nivel de los marcadores moleculares y presencien cómo es que en un cultivo de tejidos se puede limpiar un material valioso o multiplicar un material vegetativo, a fin de que puedan contrastar, con evidencias obtenidas, que no hay diferencias en una planta transgénica que en una que no lo es. Se puede, además, aprovechar la circunstancia de que en Honduras se disponen de parcelas sembradas con materiales transgénicos y no transgénicos, tanto en valle como en ladera, lo que resulta crucial, pues la experiencia convence mayormente.

V. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En esta sección se presentan varias conclusiones derivadas del estudio que reflejan restricciones, obstáculos y oportunidades. No se mencionan las sugerencias de medidas y políticas planteadas en el capítulo anterior.

1) El grado de desarrollo en el uso de SGM en Centroamérica es bajo y sólo tiene presencia económica y comercial en Honduras y Costa Rica.

2) En Honduras se permite la producción y el consumo interno de productos agrícolas genéticamente modificados, mientras que en Costa Rica sólo la producción. Aunque se tienen proyectos de ley que lo permitirían, en el resto de los países no está claro si eso tendrá lugar en los próximos años, según los tiempos de los poderes ejecutivo y legislativo.

3) En todos los países hay laboratorios en donde se trabaja cultivo de tejidos, conservación *in vitro*, críoconservación y se utiliza el mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, así como la detección de enfermedades. Sin embargo, sólo en Guatemala y Costa Rica se encontraron testimonios de ingeniería genética en plantas para uso agrícola.

4) En esas sociedades existe una apreciación contradictoria, ambigua e imprecisa en torno a la biotecnología agrícola manifiesta en el debate cultural, soportada en argumentos científicos, ideológicos y políticos que, en términos jurídicos, mantiene en un *impasse* a los estados nacionales. Por lo tanto, puede decirse que las posiciones contrarias son socialmente dominantes, salvo en los círculos académicos y técnicos, aunque dada su desvinculación del aparato productivo, poco es lo que aportan a la construcción de una imagen social diferente.

5) La falta de personal experto en biotecnología propicia las condiciones materiales para que la biotecnología eventualmente se imponga sin evaluar el riesgo y sin formular previsiones adecuadas, lo que vuelve letra muerta el principio filosófico del Protocolo de Cartagena. Por lo tanto, es fundamental contar con personal altamente capacitado, si no para desarrollar los nuevos transgénicos, al menos para evaluar los riesgos que enfrenta la sociedad al autorizarlos.

6) Como existen condiciones legales que permiten el uso de semillas transgénicas, es previsible que un sector importante de productores agrícolas demande materiales transgénicos, pues incrementarían los rendimientos y bajarían los costos de producción.

7) A menos que se impulse una política gubernamental que incorpore los transgénicos, como parte del combate a la pobreza, el resto de los productores agrícolas no tendrán opción para utilizarlos. Son productores de granos básicos de tipo campesino que no demandarán tales semillas a pesar de que les podría significar beneficios por concepto de una mayor productividad y una menor exposición al riesgo por los agroquímicos (insecticidas y herbicidas).

8) Existen elementos suficientes para afirmar que en Centroamérica resultaría económicamente racional impulsar el uso de semillas transgénicas, en el marco de un programa de combate a la pobreza, debido a los beneficios, tanto económico como social, que podría significar.

9) En el marco del retiro estatal del sector agrícola, propio de la globalidad, se aprecia un debilitamiento de las estructuras estatales que sitúa a la región en términos complicados, pues la

tecnología agrícola estatal se encuentra rezagada y debido a que, por años, el Estado prácticamente monopolizó la oferta de semillas, no propició el desarrollo y consolidación de empresas semilleras nacionales, de suerte tal que actualmente las semillas oficiales no son la mejor opción y las semillas existentes pertenecen a las grandes empresas transnacionales: Monsanto y Pioneer. Estas empresas enfrentan la diversidad ambiental, cultural e institucional de los países centroamericanos sin poder vincularse con empresas locales para reducir la curva de introducción a los mercados locales, ya sea por la compra, vinculación o adquisición de alguna industria local, pues no han desarrollado una genética importante que los coloque en segmentos importantes de los mercados subregionales, salvo el caso de Cristiani Burkard en Honduras y Productora de Semillas en Guatemala.

10) Además, no se aprecian vínculos eficientes entre el aparato productivo y las instituciones científicas y académicas, lo que propicia duplicidad de esfuerzos y debilita las potencialidades que pudieran impulsarse.

11) Se observó que los esfuerzos en la formación del personal humano son inconexos y pareciera que cada institución, con base en las posibilidades y gestiones individuales, determina a quien enviar como estudiante de posgrado, a qué universidad y con qué profesor, sin inquirir si ello propiciará la mejor proyección o el mayor beneficio para esa sociedad. Las relaciones profesionales son un resultado azaroso y no un producto premeditado e inserto en una estrategia nacional.

12) De acuerdo con las evidencias acumuladas, por ejemplo Saavedra y otros (2007), el modelo de organización que predomina es el que se refiere a centros nacionales responsables de desarrollar, probar y transferir tecnología, mismos que en la mayoría de las ocasiones se complementan o apoyan en instituciones académicas, empresas privadas y ONG. En ellos prácticamente la totalidad de los fondos económicos los provee el gobierno federal y no es extraño que la estructura organizativa sea departamental y fuertemente jerárquica. Los ministerios de agricultura constituyen la instancia gubernamental de referencia a partir de la que se delega autoridad. Las instancias nacionales que fomentan y apoyan la ciencia y tecnología (llamados consejos) financian proyectos de investigación en función de los recursos económicos disponibles, aunque salvo en Costa Rica, no se aprecia que las instituciones donde se hace biotecnología agrícola contemplen directrices de largo plazo (planeación estratégica); por el contrario, las evidencias obtenidas en campo son que los investigadores determinan en buena medida su quehacer.

13) En las entrevistas se apreció que los investigadores tenían relaciones personales con pares de otros centros e instituciones laborales, pero no a nivel institucional u oficial.

14) Tampoco se detectó que la publicación en revistas arbitradas y reconocidas internacionalmente fuera frecuente, tal vez debido a las limitaciones en cuanto a su formación académica o al hecho de que al ser tan pocos los capacitados estaban totalmente absortos en la transferencia y validación de la tecnología. Por eso, como indicó una entrevistada: “...*Muchos de los proyectos realizados se dedican a implementar nuevas técnicas, caracterizar, catalogar y realizar otras actividades que no se consideran investigación, según el Manual de Frascatti (2002).*”

15) Finalmente, en cuanto a la generación específica de semillas, poco es lo nuevo, ya que se sigue trabajando con materiales de hace dos décadas o más y sólo las compañías semilleras transnacionales avanzan en la introducción de nuevos materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, Gilberto (2002), *Una mirada diferente de la Revolución Verde*, México, Plaza y Valdés Universidad de Guadalajara (ISBN: 970-722-105-4), págs. 1-322.
- Aboites, Gilberto y Francisco Martínez (2005), “México y la propiedad intelectual de variedades vegetales”, *Agrociencia*, México, Colegio de Postgraduados, Vol. 39, número 2, marzo-abril, págs. 237-245.
- Aboites, Gilberto y otros (2007), *La construcción de resistencias en un mundo global*, México, Plaza y Valdés, Universidad Autónoma de Coahuila (ISBN: 978-970-722-547-3), págs. 9-219.
- Aguilar, M. Elena (2004), “Hacia una estrategia regional sobre agrobiotecnología en Centroamérica”, Grupo Interagencial IICA, CATIE, OIRSA, Congreso Latinoamericano de Biotecnología Vegetal REDBIO/FAO.
- Arroyo, Gonzalo (1985), *El desarrollo de la biotecnología: desafíos para la agricultura y la agroindustria*. México, Universidad Autónoma Metropolitana, colección Breviarios de la Investigación.
- Barboza, David (1999), *Biotech Companies take on Critics of Gene-Altered Food New York Times* <<http://www.nytimes.com/1999/11/12/us/biotech-companies-take-on-critics-of-gene-altered-food.html>>, noviembre.
- Baumeister, Eduardo (2010), *Pequeños productores de granos básicos en América Central. Hambre de Saber, Saber de Hambre*, Vol. 4 “Pequeños Productores de Granos Básicos en América Central”, Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA), FAO, abril. <http://www.pesacentroamerica.org/pesa_ca/pequenos_productores.php>.
- BIO (Biotechnology Industry Organization) (2009), *Agriculture biotechnology: Plant biotechnology*, actualizado en febrero, Washington D. C. <www.bio.org/foodag/Plantsonepager0708.pdf>
- Bonanno y otros (2010), “Capítulo II: Globalización y consumo en medio de la crisis ecológica”, en Gilberto Aboites, Bonanno Alessandro, Douglas Constance, Francisco Martínez, 2010, *Patrones de consumo alimentario en México*, México, Trillas, UAdeC (ISBN-978-607-17), págs. 55-72.
- Brookes, G. y Barfoot, P. (2010), *GM Crops: Global Socio-Economic and Environmental Impacts 1996-2007*, P. G. Economics Ltd., Dorchester, Reino Unido.
- Butler, L. J. y Marion B. W. (1985), *The Impacts of Patent Protection on the US Seed Industry and Public Plant Breeding*, Food Systems Research Group Monograph 16, Universidad de Wisconsin en Madison.
- Buttel, F., M. Kenney y J. Kloppenburg (1985), “The IARCs and the development and application of biotechnologies in developing countries”, *Biotechnology in International Agricultural Research*. Manila: International Rice Research Institute.
- CAC (Consejo Agropecuario Centroamericano) (2010), *Reseña Histórica*, página web consultada el 8 de septiembre <http://www.sica.int/cac/r_historica.aspx?IdEnt=690>.
- CENIBiot (Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas) (2010), Proyecto No. ALA/2005/017-534, segundo semestre.
- _____(s/f), “Escalando hacia el futuro”, tríptico *Cenibiot*, Proyecto No. ALA/2005/017-534.
- Chayanov, Alexander V. (1974), “La organización de la unidad económica campesina”, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, Argentina.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1982), “Economía campesina y agricultura empresarial”, México, Siglo XXI;
- _____(2004), *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto* (eds. Alicia Bárcena, Jorge Katz, César Morales y Marianne Schaper), *Libros de CEPAL* 78, Santiago de Chile.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) (1992), “1991-1992 CIMMYT world maize facts and trends: maize research investment and impacts in developing countries”, México, D. F., pág. 49.
- Corbin, J. y A. Strauss (1990), “Grounded theory method: Procedures, canons, and evaluative criteria”, *Qualitative Sociology*, 13, págs. 3-21.
- Crop Biotech Update (2009), “Monsanto and Huazhong Agric University Collaborate on Plant Biotech Research” <<http://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=4924>>, octubre.
- da Fonseca, María Aldete Justiniano (EMBRAPA), María Magali V. da Silva Wetzler (Red TROPiGEN) y Afonso Celso Candeira (EMBRAPA) (2006), *El Estado del arte de los recursos genéticos en las Américas: conservación, caracterización y utilización*, Foro de las Américas para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Agropecuario <www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog.pdf>.

- Dangour, Alan y otros (2009), *Comparison of composition (nutrients and other substances) of organically and conventionally produced foodstuffs: A systematic review of the available literature*, Reporte de Food Standards Agency Nutrition and Public Health Intervention Research Unit, London School of Hygiene & Tropical Medicine Contract, julio.
- Demont, Matty y Tollens Eric (2002), *Impact of agriculture biotechnology in the European Union's sugar industry*, Facultad de Agricultura y Ciencias Aplicadas de la Universidad Kaholike de Leuven.
- Esmahan, Ricardo (2009), "Uso inminente de maíz genéticamente modificado" <<http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/notaopinion.asp?idCat=6342&idArt=4032669>>, El Salvador, septiembre.
- Esquinas Alcázar, José (2005), "Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges" *Nature Review*, Vol. 6, diciembre, págs. 946-953.
- _____ (2009), "Biodiversidad agrícola, biotecnología y bioética en la lucha contra el hambre y la pobreza", en *Revista Latinoamericana Bioética*, enero-junio, págs. 102-113.
- Esquinas Alcázar, José y Ángela Hilmi (2008), *Las negociaciones del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*, Recursos Naturales y Ambiente, Informe Especial Recursos Fitogenéticos, N° 53, págs. 20-29.
- ETC Group (2008), *¿De quién es la naturaleza? El poder corporativo y la frontera final en la mercantilización de la vida* <<http://www.scribd.com/doc/17032571/De-quien-es-la-Naturaleza-ETC-Group-Nov-2008>>, noviembre.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1991), *Estudio Acceso a la Biodiversidad y a la Biotecnología: Propiedad Intelectual y Derechos del Obtentor y del Agricultor*, Taller sobre el Código de Conducta en Biotecnología Vegetal, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- _____ (2000), *La biotecnología en la alimentación y la agricultura*. Declaración de la FAO sobre biotecnología <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp?lang=es>>.
- _____ (2000), *La biotecnología en la alimentación y la agricultura* <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp>>.
- Fernández-Cornejo, J. y M. Caswell (2006), "First decade of genetically engineered crops in the United States", *Economic Research Service, Economic Information Bulletin* N° 11. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture.
- Flores Palacios, Ximena (1997), *Contribución a la estimación de la interdependencia de los países en materia de recursos fitogenéticos*, FAO, Documento informativo de estudio N° 7, Rev. 1, Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, diciembre.
- Flores, Selmira y Guy Delmelle (2006), "Análisis de cadenas productivas para pequeños agricultores susceptibles a ser afectados por el CAFTA. Estudio nacional de Nicaragua en Nicaragua" (Proyecto 2005X138NIT, presentado a: International Food Policy Research Institute), Managua, Nicaragua, julio.
- Fuentes López, M. R. y otros (2005), *Maíz para Guatemala: Propuesta para la Reactivación de la Cadena Agroalimentaria del Maíz Blanco y Amarillo*, Serie "PESA Investigación", N° 1, FAO, (ISBN 99922-864-0-7), Guatemala.
- Gadamer Hans, Georg (1960), *Truth and Method*, Crossroad, Nueva York.
- Glaser, B. y A. Strauss (1967), *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Aldine, Chicago.
- Glenna, Leland L. y otros (2007), "University Administrators, Agricultural Biotechnology, and Academic Capitalism: Defining the Public Good to Promote University-Industry Relationships", *The Sociological Quarterly*, 48, Sociedad Sociológica Midwest (ISSN 0038-0253), págs. 141-163.
- Gouse, M. y otros (2006), "Three seasons of subsistence insect-resistant maize in South Africa: Have smallholders benefited?", *AgBioForum* 9 (1): págs. 15-22.
- Gouse, M. y otros (2005), "A GM subsistence crop in Africa: The case of Bt white maize in South Africa", *Diario Internacional de Biotecnología* 7 (1-3), págs. 84-94.
- Govindasamy, R. B. y otros (2004), "Public approval of plant and animal biotechnology in Korea: An ordered probit analysis", *Research Report* (WP1104-016), New Brunswick, N. J.: Food Policy Institute, Rutgers, Universidad Estatal de Nueva Jersey.
- Guadarrama Santos, Roberto (1988), "La tercera revolución científico-tecnológica de la humanidad" *Estudios Políticos*, México: UNAM, Nueva Época, Vol. 7, enero-marzo, N° 1.

- Gurian-Sherman, Doug (2009), *Failure to yield. Evaluating the performance of genetically engineered crops*, Union of Concerned Scientists.
- Heinemann Jack A. (2009), *Report on animals exposed to GM ingredients in animal feed* <http://www.biosafety-info.net/file_dir/16329274254b0b792716b0f.pdf>.
- Herrera-Estrella Luis y otros (1983), *Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti plasmid-derived vector*, *Nature*, 303, Londres, págs. 209-213.
- Hu, W. Y. y K. Chen (2004), "Can Chinese consumers be persuaded? The case of genetically modified vegetable oil", *AgBioForum* 7 (3): 124-132.
- Ibrahim, Y. M. (1996), "Genetic soybeans alarm Europeans" *New York Times*, noviembre.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (2006), *Estrategia regional en agrobiotecnología y bioseguridad para Centroamérica*, SICTA, Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), mayo.
- _____ (2008), *Agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: estado actual de su desarrollo y adopción* (ISBN13: 978-92-9039-967-4) <iica.int/Esp/organizacion/LTGC/biotecnologia/.../agrobiotecnologia.pdf>, San José, Costa Rica.
- James, Clive (2009), *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009*, ISAAA, N° 41 (ISBN 978-1-892456-48-6).
- Jiménez, Mirna (2008), "Medidas a corto plazo serían aplicadas en la agricultura" *Diario Co Latino*, <<http://www.diariocolatino.com/es/20080815/nacionales/57862/?tpl=69>> acazada el 28/10/2010, San Salvador, El Salvador, agosto.
- Junne, Gerd (1988), "Incidence of biotechnology advances on developing countries", *Biotechnology Revolution and the Third World Research and Information System for the Non-aligned and other Developing Countries*, Nueva Dehli.
- Kikulwe, E., J. Wessler y Falck-Zepeda (2008), "Introducing a genetically modified banana in Uganda. Social benefits, costs and consumer perceptions", IFPRI Documento de discusión 00767, Environment and Production Technology.
- Kloppenbug Jr., Jack y Daniel Lee Kleinman (1987), "Seed wars: Common Heritage, Private Property and Political Strategy", *Socialist Review*, N° 95, septiembre-octubre, págs. 7-41.
- _____ (1988), "The political economy of plant biotechnology 1492-2000", *First the Seed*, Cambridge University Press.
- Kuhn, T. S. (1995), *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Losey, John E. y otros (1999), "Transgenic pollen harms monarch larvae", *Nature* 399 (10.1038/20338), mayo.
- Martínez, Francisco (2002), *La globalización en la agricultura. Las negociaciones internacionales en torno al germoplasma agrícola*, México, Plaza y Valdés-UAAAN.
- Martínez, Juan Ignacio (2007), "Biotecnología en Nicaragua ¿Hacia dónde vamos?" *El Observador Económico*, Publicación de la Fundación Internacional para el Desarrollo Económico Global (FIDEG) <<http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/69>>.
- McLaren, J. S. (2005), "Crop biotechnology provides an opportunity to develop a sustainable future", *Trends in Biotechnology*, Vol. 23 N° 7, págs. 339-342.
- _____ (2000), "The importance of genomics to the future of crop production", *Prest Management Science* 56, 573-579.
- McMichael, Philip (1996), *Development and Social Change. A Global Perspective*, Thousand Oaks, California: Pine Forges Press.
- Mincer, Jacob (1974), *Schooling, experience, and earnings*, National Bureau of Economic Research and Columbia University (ISBN: 0-87014-265-8).
- Mooney, Pat R. (1979), *Semillas de la tierra. ¿Un recurso público o privado?*, Ottawa: Canadian Council for International Cooperation.
- _____ (1983), "The law of the seed: Another development and plant genetic resources", *Development Dialogue*, 1-2, Fundación Dag Hammarskjöld.
- Morales, César (2004), "Capítulo IX: Los derechos de propiedad intelectual de los OGM: situación y perspectivas para la región", en *CEPAL, Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Libros de CEPAL 78, págs. 273-302.
- Mucci, A., G. Hough y C. Ziliani (2004), "Factors that influence purchase intent and perceptions of genetically modified foods among Argentine consumers", *Food Quality and Preference* 15 (6): págs. 559-567.

- ONU (Organización de Naciones Unidas) (2003), *Protocolo de Cartagena*, Protocolo de Cartagena de Seguridad de la Biotecnología, 23 de febrero de 2000. Entró en vigor el 11 de septiembre de 2003 <<http://bch.cbd.int/protocol/text/>>.
- _____ (1993), *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (CBD).
- Pachico, D. y M. M. Wolf (2004), "Attitudes towards GM food in Colombia. In consumer acceptance of genetically modified foods", ed. R. E. Evenson y V. Santaniello, Wallingford, U. K.: CAB International, págs. 155-161.
- Prescott-Allen, C. P. (1990), "How many plants feed the world?", *Conservation Biology* 4, págs. 365-374.
- Ramírez, Diana y otros (2010), *Guatemala: Efectos del cambio climático sobre la agricultura* (LC/MEX/L.963), CEPAL/México.
- Roa, J. C. (2002), "El análisis costo beneficio como instrumento económico para la gestión del turismo sustentable en México", Instituto Politécnico Nacional, Coordinación General de Posgrado e Investigación, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
- RUTA (2008), "Agricultura centroamericana hacia adelante. La política agrícola centroamericana 2008-2017: respaldo para los agricultores y agricultoras", en *Política Agrícola Centroamericana 2008-2017*, publicado en 2007 por el CAC, coordinada por el Programa Diálogo Regional Rural (DRR) y el CAC.
- Saavedra, Diana, Abelardo Viana y Julio Munguía (2007), *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de maíz blanco y frijol en Centroamérica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Proyecto Red SICTA, IICA, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Proyecto de innovación agrícola- RED SICTA, (ISBN13: 978-92-9039-794-6), Managua, Nicaragua, junio.
- Smale, Melinda y otros (2009), "Measuring the economic impacts of transgenic crops in developing agriculture during the first decade: Approaches, findings, and future directions", *Food Policy Review*, 10, International Food Policy Research Institute (ISBN 978-0-89629-511-7).
- Soberón, M. y A. Bravo (2008), "Las toxinas *Cry* de *Bacillus thuringiensis*: modo de acción y consecuencias de su aplicación", en López-Munguía, A., *Una ventana al quehacer científico*, Instituto de Biotecnología de la UNAM, 25 aniversario, cap. 27, México, D. F., UNAM., págs. 303-314
- Strauss, A. y J. Corbin (1994), "Grounded theory methodology", en NK Denzin y YS Lincoln (eds.), *Handbook of Qualitative Research*, Thousand Oaks, publicaciones Sage, págs. 217-285.
- Tirado Pacheco, Víctor Hugo (2002), "Evaluación agronómica de 20 híbridos de maíz (*Zea mays*) transgénicos con el gen Bt (*Bacillus thuringiensis*) y sus contrapartes sin el gen", proyecto especial como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Honduras, diciembre.
- Trigo Eduardo, J. y Federico Villarreal (2009), *La agrobiotecnología en las Américas: una mirada a la situación actual y a las tendencias futuras*, IICA (ISBN 13: 978-92-9248-030-1), San José, Costa Rica.
- Vavilov, N. I. (1992), *Origin and geography of cultivated plants*, Cambridge University Press, Cambridge (ISBN: 0521404274 ISBN-13: 9780521404273), publicado en español y en Internet hay un documento de Nicolai I. Vavilov (traducción de Pablo Huerga Melcón), "El problema del origen de la agricultura mundial a la luz de las últimas investigaciones" <www.nodulo.org/ec/2004/n032p17.htm>.
- Villalobos Arámbula, Víctor Manuel (2008), *Los transgénicos: oportunidades y amenazas*, Ediciones Mundi-Prensa (ISBN 9788484763482).
- Wadsworth, Jonathan y otros (2004), *Opciones para reducir la pobreza rural en Centroamérica*, Unidad Regional de Asistencia Técnica RUTA, Departamento para el Desarrollo Internacional del Gobierno del Reino Unido (DFID), Overseas Development Institute (ODI) (ISBN 9968-866-37-7) <unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/ICAP/UNPAN026755.pdf>.
- Wijk, J. Van (1995), "Plant breeders' rights create winners and losers", *Biotechnology and Development Monitor* N° 23 <<http://www.biotech-monitor.nl/2306.htm>>, págs. 15-19.
- Zhang, X. (2005), "Chinese consumers' concerns about food safety: Case of tianjin", *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 17 (1): 57-69.
- Zhong, F. y otros (2002), "GM foods: A Nanjing case study of Chinese consumers' awareness and potential attitudes", *AgBioForum* 5 (4): 136-144.
- Zhou, F. y W. Tian (2003), "Consumer perceptions and attitudes toward GM food and their determinants: Case of data from Beijing", *China Agricultural Economic Review* 1 (3): 266-293.

SIGLAS

ADN:	Ácido desoxirribonucleico
BT:	Biotecnología
Bt:	<i>Bacillus thuringiensis</i>
CAC:	Consejo Agropecuario Centroamericano
CATIE:	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDB:	Convención de la Organización de Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica
CENGICAÑA:	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar
CENIBiot:	Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas
CENTA:	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina
CIMMYT:	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CINVESTAV:	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CORECA:	Consejo Regional de Cooperación Agrícola
ETN:	Empresas trasnacionales
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FIAGRO:	Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria
GM:	Genéticamente Modificadas
IDIAP:	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INTA:	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
ISAAA:	International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications
OMC:	Organización Mundial del Comercio
OMG:	Organismos Modificados Genéticamente
ONG:	Organizaciones no gubernamentales
OVM:	Organismos Vivos Modificados
PEC:	Plan Especial para Centroamérica
PHBB:	Programa Hemisférico en Biotecnología y Bioseguridad
PROSELA:	Productora de Semillas
REDBIO:	Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal
SGM:	Semillas Genéticamente Modificadas
SICA:	Sistema de la Integración Centroamericana
SICTA:	Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola
TEC-CIB:	Centro de Investigación en Biotecnología, del Instituto Tecnológico de Costa Rica
TLCAN:	Tratado de libre comercio de América del Norte
TRIPS:	Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights
UPOV:	Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales

ANEXO I

APORTACIÓN DEL CIMMYT

En México, a partir de las primeras colectas de maíz realizadas hacia fines de los treinta, en los centros y estaciones experimentales de la Secretaría de Agricultura, se integró un banco de germoplasma, que se ha venido actualizando e incrementando, y del que surge el banco de germoplasma del Centro de Investigaciones en Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Desde este banco se ha realizado la encomienda de trabajar en la conservación y desarrollo de germoplasma apto para las condiciones ambientales de la agricultura Latinoamericana (Aboites 2002).

Dados los lineamientos del CIMMYT, se tiene absoluta seguridad de que el centro ha proporcionado germoplasma, tanto a los organismos públicos como a las empresas privadas, entendido como “germoplasma del CIMMYT” a aquel que ha pasado por al menos tres ciclos de selección a manos de los fitomejoradores y ha sido distribuido como una población, un complejo, una línea endogámica, una variedad experimental o un híbrido experimental del CIMMYT (Morris y López 2000: 20).

Ahora bien, con ese y otros materiales se mejora la genética de las plantas, aunque no es sencillo determinar cuándo un material tiene progenitores del CIMMYT y menos aún, la importancia que tuvo ese progenitor, pues son diferentes las maneras por las que puede participar, lo que complica imputar los créditos a algún programa, institución, fitomejorador o equipo de mejoradores, tarea que conduce a errores y omisiones (Aboites 2002: 196). Además, la situación se complica porque las empresas privadas, pero también los organismos públicos, son reacios a revelar información que permita inferir los progenitores utilizados en cierto material, ya que podría facilitar la réplica del mismo (Morris y López 2000: 20). Sin embargo, de acuerdo con la información disponible, es claro que ha sido fundamental; basta decir que entre 1966 y 1997 en Centroamérica 87.4% de los materiales de maíz lanzados al mercado por los programas públicos contenía material CIMMYT y que en 1997 más de 90% del total de los materiales patentados del sector privado lanzados en el mercado centroamericano (salvo los de El Salvador con 85.7%) contenía germoplasma CIMMYT (Morris y López 2000: 22).

En buena medida ello obedece a la aceptación que tuvieron en los programas de mejoramiento algunos materiales aptos para tierras bajas tropicales: Población 21 (Tuxpeño), Población 32 (ETO), Población 43 (La Posta) Y Suwan-1. El primero es un material de baja estatura, madurez intermedia y grano blanco dentado.

Dichos materiales seguramente participan de las semillas comerciales lanzadas por las empresas privadas, pues confieren resistencia al ambiente (temperatura, humedad y altitud), porte y características organolépticas (color y dureza del grano) pero, a diferencia de los programas nacionales, las empresas semilleras se benefician de materiales colectados en otras latitudes, por ejemplo en África. Los equipos de fitomejoradores de Pioneer, Monsanto y de las otras grandes empresas trabajan no sólo para México, sino para Centroamérica, Colombia, Venezuela, interactúan con Brasil, los Estados Unidos, la India o puede ser en Zimbabwe (Aboites 2002: 196). A la postre esto significa ventajas sustantivas respecto de los materiales que pueden ofrecer en los programas oficiales, máxime que estos se encuentran limitados a las accesiones del CIMMYT y a las colectas propias, pero difícilmente a materiales de otras latitudes, lo que significa condiciones adversas para la competencia frente a materiales de empresas semilleras que ofrecen mayores ventajas.

ANEXO II

CENTROAMÉRICA: PROYECTOS IDENTIFICADOS VINCULADOS CON BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA, 2010

País	Proyecto	Objetivo	Institución
Guatemala	Laboratorio de biotecnología	Ser unidad de apoyo. El Centro de Investigaciones del Altiplano (CIAL), situado en el área urbana de Quetzaltenango, es el centro regional más activo del ICTA y proyecta reforzar los laboratorios de parasitología y biotecnología para brindar servicios al agricultor, a la vez que se investiga. El laboratorio de biotecnología cuenta con equipo actualizado, pero se encuentra dividido ya que carece de suficiente infraestructura para albergar al equipo e investigadores. Se enfoca en sistemas de micropropagación, mejoramiento genético, estudios de recursos filogenéticos, estudios fisiológicos y limpieza y diagnóstico de materiales vegetales. Se discutieron proyectos de tiroides en papa, micropropagación de ajo, papa, coníferas y cítricos, y banco de germolasma de papa y ajo. Reporta tres investigadores en biotecnología: Luis Molina, Aura Elena Suchini y Eleonora Ramírez.	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA)
El Salvador	...	...	...
Honduras	Mejoramiento genético de frijol	Zamorano tiene alianzas estratégicas con organismos no gubernamentales o gubernamentales y por medio de ellos se difunde la tecnología. Actualmente, se acaba de cerrar la segunda parte y en Honduras se lograron liberar 14 variedades de frijol y tres variedades de maíz. Si la gente está incluida en el proceso, reacciona mucho y su respuesta es completamente diferente. En noviembre se inició un proyecto nuevo, un fondo para producción local de semilla, pero como la mayoría de los procesos legales de semilla, son muy lentos, independientemente del proceso de certificación legal. El compromiso institucional es proveer la genética de esta semilla y una posible red de distribución de cerca de 30.000 agricultores. En Honduras, Zamorano cuenta con el doctor Juan Carlos Rosas y el laboratorio para trabajar con marcadores moleculares, donde se limpia el material genético o se estudia con diferentes marcadores para problemas específicos del país. Asimismo, se colabora a nivel de capacitación, por lo que se organizan diferentes talleres.	Universidad El Zamorano, Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica (FPMA), fondos del Dincos y Cris, universidad de Nebraska, Michigan
Nicaragua	Programa Semillas y Agrobiotecnología	En noviembre se empezó un proyecto nuevo en el que se va a crear un fondo para producción local de semilla ya en forma más formal, pero como la mayoría de los procesos legales de semilla, son muy lentos, independientemente del proceso de certificación legal. Sin embargo, genéticamente tiene todo el potencial para que la gente mejore la variedad del cultivo. Entonces el compromiso institucional será proveer la genética de esta semilla y generar una red de distribución de cerca de 30.000 agricultores.	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Nicaragua	INBIO Coordinación de investigación virtual en biotecnología	Con el fin de impulsar la biotecnología, en 2009 las universidades e institutos dedicados a ella crearon la coordinación. Se preparan cursos introductorios y especializados en biotecnología y se reúnen mensualmente a analizar la problemática y a proponer proyectos de colaboración nacional. No hay autoridades; es voluntario. Ha ayudado a reconocerse y a no duplicar esfuerzos. Aunque se han logrado reunir 40 personas, es necesario llegar a 60.	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León (UNAN); Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua (UNAN-M); Universidad Politécnica de Nicaragua (INTA)
Nicaragua	Tecvilcan	Se creó el Proyecto Desarrollo Rural en la Zona del Pacífico, dedicado a producir la plántula de plátano (musásea). Se trata de agregar valor para la producción de exportación, con un millón de plántulas a partir del cultivo de tejidos "vitroplantas".	ONG

(continúa)

Anexo II (Conclusión)

País	Proyecto	Objetivo	Institución
Costa Rica	Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot)	Se trata de un proyecto de cooperación científica y tecnológica auspiciado por la Unión Europea, que inició actividades el 18 de agosto de 2009 y que <i>“una vez concluido el proyecto europeo, ... será un centro costarricense de biotecnología y escalamiento de bioprocesos, así como un instrumento para el desarrollo científico y empresarial”</i> . El CENIBiot no es propiamente dicho un proyecto específico para la biotecnología agrícola, ya que centra la atención en el sector agroindustrial, aunque entre sus líneas de acción contemple la infraestructura que el desarrollo de plantas transgenes requiere, toda vez que oferta el servicio <i>“Genómica: análisis de material genético, mapeo genético, marcadores moleculares con fines de validación, verificación y protección de productos”</i> . En el centro se pretende aumentar la competitividad del sector agroindustrial en Costa Rica y Centroamérica mediante el desarrollo y la aplicación de la biotecnología, lo que desatascaría el apoyo en materia de escalamiento de procesos biotecnológicos.	Unión Europea, el Gobierno de Costa Rica, el Ministerio de Ciencia y Tecnología
Panamá	Evaluación del potencial de cepas nativas de hongos de pudrición blanca para el biotratamiento y valorización de vinazas	La intención es actualizar los recursos humanos en bioprocesos, obtener muestras de vinazas en cantidad suficiente y evaluar la actividad de tres cepas en términos de la producción de biomasa y secreción de la casa. Asimismo, se intenta conocer la cantidad máxima tolerable de vinazas para cultivar las cepas sometidas a estudio y establecer el potencial biotecnológico de una de las cepas en función de su actividad en medios de cultivo con vinazas. Por otra parte, se busca instituir el potencial de una de las cepas sometidas al estudio para valorar la vinaza en términos de la producción de biomasa de calidad, así como el potencial biotecnológico de una de las cepas en función de los cambios observados en los parámetros de calidad de agua residual en la vinaza biotratada. Finalmente se busca instaurar el potencial biotecnológico de una de las cepas en función de su actividad en medios de cultivo con vinazas y el potencial de una de las cepas sometidas al estudio para valorar la vinaza en términos de la producción de biomasa de calidad. La investigadora responsable es Rosa Elena Caballero.	Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI)
Panamá	Laboratorio de Ingeniería Genética y Biología Molecular del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá	Se capacita al personal dedicado al laboratorio e incrementar la infraestructura física.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Centroamérica	Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica (FPMA)	El FPMA es uno de los programas pioneros en la subregión con respecto a la participación de los agricultores en la toma de decisiones y acceso a conocimientos para mejorar las variedades, además de establecer alianzas entre instituciones de gobierno, ONG y centros de investigación nacionales e internacionales. Los proyectos nacionales vinculados al FPMA han trabajado con los pequeños agricultores de cada país en dos fases (2000-2004 y 2005-2009), para conservar, caracterizar y mejorar variedades de maíz, frijol, sorgo y otros cultivos. En la fase III (2010-2014) se instituyó como eje fundamental el Manejo, Conservación y Desarrollo (MCD) de la Agrobiodiversidad con enfoque de Fitomejoramiento Participativo (FP). El área del proyecto la constituyen comunidades rurales de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Cuba.	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Una referencia importante para los años anteriores se encuentra en Saavedra y otros (2007: 108-112).