

# Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿oportunidades o amenazas?

Michelle Chauvet  
Rosa Luz González\*

Los biocombustibles y los cultivos biofarmacéuticos son dos modalidades emergentes de usos no alimenticios que pueden tener los cultivos agrícolas. Para algunos estudiosos implican oportunidades; para otros, son amenazas. Un componente común entre ambos es la utilización de maíz ya sea como materia prima –para biocombustibles– o como biofábrica –cultivos biofarmacéuticos–, hecho que para el caso mexicano plantea serios retos que son abordados en este artículo. Asimismo se analizan distintos tipos de biocombustibles y biofarmacéuticos y algunas de sus implicaciones sociales, económicas y ambientales. Finalmente se reflexiona sobre la importancia de sostener un enfoque de innovación con precaución para dar pasos sólidos en torno a las alternativas que se les presentan a los diferentes actores involucrados.

La producción de energías renovables está en el centro de la atención mundial por el aumento de los costos en la producción de combustibles fósiles y por la alarma creciente debido al cambio climático. Las fuentes alternativas de energía son la solar, la eólica, la geotérmica, la nuclear y la biomasa –con los biocombustibles a la cabeza. Este trabajo se refiere a los últimos y

destaca su incidencia en el sector agropecuario en su estructura y sus funciones.

Asimismo, los nuevos desarrollos tecnológicos también están viabilizando la producción de medicamentos y vacunas mediante la transformación de ciertas plantas en “reactores biológicos”; en ambos casos el maíz como grano o como planta es el más utilizado. Estas realidades emergentes dan a la agricultura y a sus actores sociales nuevos derroteros que pueden mostrarse como oportunidades o como amenazas. La evaluación de cuáles son las implicaciones del cambio de paradigma en cuanto a las fuentes de energía –para un país como México– al pasar del petróleo a los agrocombustibles, es uno de los objetivos de este trabajo.

tibles, es uno de los objetivos de este trabajo.

Las interrogantes que surgen son: ¿los biocombustibles implican oportunidades para el desarrollo rural y nuevas fuentes de empleo e ingresos para los productores del campo?, ¿los agrocombustibles amenazan la seguridad y la soberanía, alimentaria?, ¿cuál es el nuevo escenario por la competencia de los recursos naturales tales como el agua y la tierra?, ¿qué alianzas se están perfilando?, ¿existe en México una política energética frente a los nuevos retos?, ¿es pertinente transformar el maíz en etanol en el caso mexicano?, ¿qué riesgos para la salud y la biodiversidad involucran los cultivos biofarmacéuticos?

\* Profesoras-Investigadoras del Departamento de Sociología de la UAM-Azcapotzalco. Este artículo es resultado del proyecto de investigación multidisciplinario “La biomasa, recurso sustentable esencial: el caso de la producción de etanol”, acuerdo 13/2007 del Rector General. Una versión acotada se presentó en el VI Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales, Veracruz, Ver. Octubre 2007.

## Definiciones

### **Biocombustibles**

Los biocombustibles son aquellos materiales que pueden ser utilizados como fuente de energía y que se obtienen a través de diversas transformaciones biológicas de la biomasa<sup>1</sup>. Los biocombustibles pueden encontrarse en forma: líquida, gaseosa y sólida. Los primeros biocombustibles en el mundo fueron los sólidos y se siguen utilizando; provienen de la combustión directa de la biomasa; la leña es un buen ejemplo. Cabe resaltar que la utilización de este tipo de bioenergéticos tradicionales sólidos está asociada con considerables costos sociales, ambientales y económicos y, al ser consecuencia de la pobreza, es considerada también un inhibidor del desarrollo económico y social, pero existen también tecnologías modernas.

Cuando la biomasa se coloca en recipientes cerrados y se digiere por microorganismos (digestión anaeróbica) se obtiene metano o biogás como subproducto, el cual puede ser usado para generar calor o energía (o como materia prima para la industria química). Al igual que con los biocombustibles sólidos, existen alternativas tecnológicas tanto tradicionales como sofisticadas para la obtención de biogás.

Los biocombustibles líquidos, por su parte, se elaboran a partir de materias primas de plantas y utilizan procesos enzimáticos, transformaciones químicas o procesos de fermentación; actualmente están revirtiendo la utilización de combustibles fósiles en vehículos automotores, de tal suerte que estamos ante un cambio de paradigma. Los biocombustibles líquidos pueden ser usados solos o mezclados con los fósiles. En mezclas etanol/gasolina entre 5 y 10% no se requiere modificar los motores, pero si se hacen las adecuaciones correspondientes la sustitución puede ser total; de hecho en Brasil, Suecia y Estados Unidos existen 6 millones de vehículos circulando que pueden aceptar mezclas etanol/gasolina de hasta 85%<sup>2</sup>.

Es importante aclarar que aun y cuando los biocombustibles pueden ser sólidos, gaseosos o líquidos, en los medios de comunicación se utiliza el término para referirse principalmente a biocombustibles líquidos, los cua-

les de manera amplia se agrupan en dos categorías<sup>3</sup>: 1ª y 2ª generación.

Los biocombustibles de 1ª generación utilizan cultivos específicos como materias primas; los más ampliamente difundidos son el biodiesel<sup>4</sup> y el bioetanol<sup>5</sup>. Este último representa más del 90% del total de biocombustibles que se utilizan actualmente en el mundo. En la Tabla I se muestra la variación en el costo de producción de bioetanol de 1ª generación de acuerdo con la fuente de carbono y materia prima utilizada, pero también influye la infraestructura de acopio de la misma, la estructura de subsidios y apoyos, el costo de la mano de obra y el tipo de tecnología. Las etapas de procesamiento son distintas dependiendo de la fuente de carbono; así, las tecnologías utilizadas en los procesos de 1ª generación son más simples que las de los procesos de 2ª y sus costos de producción e inversión son menores.

En la Lámina I se muestran de manera esquemática las etapas principales para producir bioetanol a partir de sacarosa (de caña, remolacha, etc.), almidón (de maíz, trigo, tubérculos, etc.) y residuos lignocelulósicos (pajas, residuos agrícolas e industriales, bagazo de caña, etc.). En el primer caso se parte de azúcares que son propiamente la materia prima para la fermentación. Para el caso del almidón, antes de fermentar hay que hacer una conversión enzimática del mismo en azúcares, lo que incrementa inversión y costos de producción; para residuos lignocelulósicos la materia prima debe recibir además un pre-tratamiento para liberar los diferentes componentes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y una hidrólisis para obtener los azúcares que van a ser fermentados. Por las características de la lignocelulosa dicho pre-tratamiento ofrece dificultades técnicas importantes, lo que encarece el costo de producción y el de inversión (este último de 2 a 5.8 veces más caro)<sup>6</sup>. Es de destacar que las tecnologías para la elaboración de biocombustibles de 2ª generación se encuentran en etapa de desarrollo en el mundo, y se espera una baja sensible en ambos rubros en el mediano y largo plazos.

<sup>3</sup> De hecho, ya se empieza a hablar de biocombustibles de tercera generación, los cuales se refieren a la fijación biológica de la energía solar de manera más eficiente, a la obtención de hidrocarburos a partir de diferentes fuentes de biomasa, principalmente azúcar, y a la obtención de hidrógeno por métodos biológicos.

<sup>4</sup> Se obtiene a partir de una biomasa rica en lípidos a la que se le realiza una transformación química posterior. Alemania es el mayor productor de biodiesel en el mundo con 50% de la producción total.

<sup>5</sup> Se elabora mediante fermentación de azúcares que, a su vez, pueden provenir de almidones o de residuos lignocelulósicos.

<sup>6</sup> Wright, M. y C. Brown, "Comparative economics of biorefineries based on the biochemical and thermochemical platforms" en *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, vol. 1, núm. 1, septiembre, 2007, pp. 49-56.

<sup>1</sup> La biomasa es aquella materia orgánica renovable de origen animal o vegetal; constituye una de las más grandes fuentes de energía sustentable primaria en el mundo.

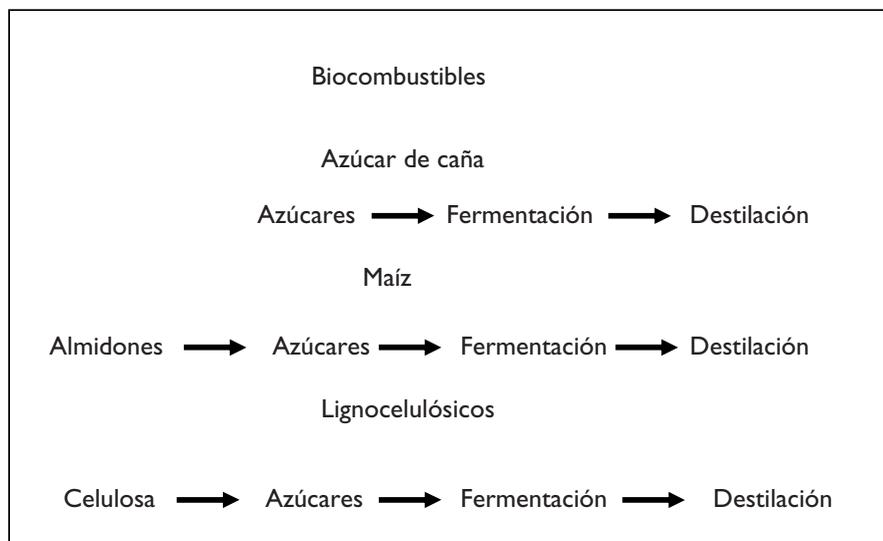
<sup>2</sup> IEA, International Energy Agency Biofuel Production. Brief, enero de 2007. OCDE/IEA. <<http://www.iea.org/textbase/techno/essentials2.pdf>>.

**Tabla I**  
**Principales materias primas para etanol**

Fuente de carbono	Cultivo	Rendimiento (lts/ton de cultivo)	Rendimiento (lts/ha)	Costo de producción (USD / Litro)	País	Fuentes
Sacarosa	Remolacha (jugo)	100	7000	0.48	Unión Europea	< <a href="http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html">http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html</a> > < <a href="http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf">http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf</a> > < <a href="http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html">http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html</a> >
	Caña (jugo)	70-85	6000	0.21	Brasil	< <a href="http://municipios.unq.edu.ar/sistes/municipios.unq.edu.ar/uploads/news/Destileria_%20Etanol_Garruchos.ppt#263,9,ETANOL%20COMBUSTIBLE">http://municipios.unq.edu.ar/sistes/municipios.unq.edu.ar/uploads/news/Destileria_%20Etanol_Garruchos.ppt#263,9,ETANOL COMO COMBUSTIBLE</a> > < <a href="http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004.html">http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004.html</a> >
		10	590	0.32	India	< <a href="http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf">http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf</a> > < <a href="http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20066_en.pdf">http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20066_en.pdf</a> >
	Caña (melaza)	10	730	0.23-0.37	México	< <a href="http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3714/2/artmanuelriquez.pdf">http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3714/2/artmanuelriquez.pdf</a> >
Almidón	Sorgo	56-90	2500-4000		Suecia	< <a href="http://www.tnau.ac.in/tech/swc/sweetsorghum.pdf">http://www.tnau.ac.in/tech/swc/sweetsorghum.pdf</a> >
	Maíz	400	3000	0.29-0.37	Estados Unidos	< <a href="http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004.html">http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004.html</a> >
	Trigo	340	2700	0.62	Unión Europea	< <a href="http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html">http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&amp;O-2004html</a> > < <a href="http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf">http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf</a> >
Celulosa	Maíz/trigo paja	285 lts/ton paja		0.59	Estados Unidos	< <a href="http://www.harvestcleanenergy.org/documents/Idaho_Cellulosic.pdf">http://www.harvestcleanenergy.org/documents/Idaho_Cellulosic.pdf</a> >
	Bagazo (caña)	55	3850	0.8	Chile	< <a href="http://municipios.unq.edu.ar/sites/municipios.unq.edu.ar/uploads/news/Destileria_%20Etanol_Garruchos.ppt#263,9,ETANOL%20COMBUSTIBLE">http://municipios.unq.edu.ar/sites/municipios.unq.edu.ar/uploads/news/Destileria_%20Etanol_Garruchos.ppt#263,9,ETANOL COMO COMBUSTIBLE</a> > < <a href="http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf">http://www.bioplanet.cl/images/talcapdf/BP-Talca03-Guillermo%20Schaffeld.pdf</a> >

Fuente: Villamar, Alejandro, *Elementos de la estrategia política y económica de los promotores de etanol*. Ponencia presentada en: "Jornada de reflexión. Biocombustibles: ¿peligro o esperanza?", 26 y 27 de julio, 2007, FLACSO, México.

**Lámina I**



## Biofarmacéuticos

Los cultivos biofarmacéuticos son plantas que han sido modificadas genéticamente para expresar proteínas que de forma natural no pertenecen a esas plantas, y que poseen propiedades de interés farmacéutico. En ese sentido los cultivos biofarmacéuticos funcionan como biorreactores o biofábricas que pueden operar a campo abierto, fuera de un laboratorio o de una instalación industrial. Este tipo de aplicaciones de la biotecnología de plantas se inició hace más de veinte años y ya empiezan a comercializarse los primeros productos a nivel internacional.

Aunque algunos desarrollos emplean cultivos celulares, de plantas, insectos, animales o microorganismos, para expresar estas moléculas, otros utilizan plantas completas tales como forrajes, verduras, tabaco y cereales. Entre los cereales, el maíz junto con el arroz y la cebada han resultado ser interesantes alternativas; sin embargo, el maíz tiene el mayor rendimiento anual, un contenido proteínico en la semilla moderadamente alto y el ciclo de cultivo más corto, lo que en conjunto le da el mayor rendimiento potencial de proteína de interés farmacéutico/h<sup>7</sup>.

Si bien se reconoce que el maíz tiene la desventaja de ser una planta de polinización cruzada, ningún otro cereal logra alcanzar su rendimiento<sup>8</sup>, por lo que es a la fecha el sistema de expresión más utilizado y ocupa más del 70% de los permisos para liberación experimental en campo concedidos en Estados Unidos entre 1991 y 2004<sup>9</sup>. Hay más de 20 empresas en EU principalmente, Canadá y Europa, especializadas en estos sistemas de producción<sup>10</sup>. Sus costos resultan ser de magnitud menor que los de sistemas microbianos<sup>11</sup>.

Son estos criterios económicos, de factibilidad técnica y la percepción del maíz como una materia prima industrial, los que han permitido que este cultivo sea el más utilizado a nivel experimental y resulte ventajoso para unos cuantos agricultores, que podrían obtener ganancias ma-

yúsculas de sus campos; pero las desventajas y peligros potenciales abarcarían a muchos, porque estas decisiones no consideran los riesgos potenciales para los millones de personas que basan su alimentación en el maíz<sup>12</sup>.

## Implicaciones de los biocombustibles

Con el auge que están teniendo los biocombustibles se ha argumentado que esta nueva función de la agricultura de proveer de materiales para la obtención de energía, revitalizaría las zonas deprimidas de la agricultura, proporcionando empleos y nuevas fuentes de ingreso a los productores, con lo que se reduciría la pobreza e impulsaría el desarrollo económico<sup>13</sup>. Sin embargo, en el actual contexto los grandes jugadores a nivel mundial serían los beneficiarios, no los pequeños productores pobres de los países en desarrollo. Tanto las grandes empresas agroindustriales que dominan el sistema agroalimentario mundial como las poderosas compañías petroleras, no van a quedar al margen del fenómeno.

También se ha sostenido la urgencia de desarrollar los biocombustibles como un mecanismo de mitigar los efectos del cambio climático y la generación de gases invernadero por el uso de combustibles fósiles. No obstante, el balance energético para los biocombustibles es desfavorable si se toma en cuenta la cadena de producción en su conjunto<sup>14</sup>. En efecto, para la producción de los cultivos base de los biocombustibles se está utilizando un modelo intensivo que requiere de insumos y de maquinaria agrícola, más el transporte a las plantas procesadoras, entre otras cosas. Además, el etanol no puede distribuirse por ductos. Todo este proceso en su conjunto lleva a un uso mayor de energía que el que se busca reducir con esta nueva fuente energética. Se ha calculado que en un escenario en el que el 25% del combustible para el transporte proviniera de biocombustibles, el aumento en fertilizantes sería de 40%; de manera tal que el ahorro en gases invernadero por el uso del etanol en el transporte, se vería opacado por los gases generados por los fertilizantes nitrogenados que se liberarían al ambiente<sup>15</sup>. La eficiencia ambiental de los bio-

<sup>7</sup> Stoger, E. et al., "Sowing the seeds of success: pharmaceutical protein from plants" en *Current Opinion in Biotechnology*, núm. 16, 2005, pp. 167-173.

<sup>8</sup> *Ibid.*

<sup>9</sup> Elbeheri, A., "Biopharming and the food system: Examining the potential benefits and risks" en *AgBioforum*, vol. 8, núm. 1, 2005, pp. 18-25, <<http://www.agbioforum.org>>.

<sup>10</sup> Colorado Institute of Public Policy, *Biopharming in Colorado: A guide to issues for making informed choices*, Report, Colorado State University 2004, <[http://www.cipp.colostate.edu/pdf/bio\\_pharm\\_full.pdf](http://www.cipp.colostate.edu/pdf/bio_pharm_full.pdf)>.

<sup>11</sup> Elbeheri, A., "Biopharming and the food system: Examining the potential benefits and risks" en *AgBioforum*, vol. 8, núm. 1, 2005, pp. 18-25, <<http://www.agbioforum.org>>.

<sup>12</sup> Gálvez, A. y R.L. González, Recuadro "Cultivos Biofarmacéuticos", para el Segundo Estudio de País, Conabio: México, en prensa, 2007.

<sup>13</sup> UNCTAD, "Biocombustibles: un nuevo mercado para los agricultores", 24 de abril de 2007.

<sup>14</sup> UN-Energy, "Sustainable bioenergy: a framework for decision makers", 2007.

<sup>15</sup> IEA, Internacional Energy Agency Biofuel Production. Brief, enero de 2007. OCDE/IEA, <<http://www.iea.org/textbase/techno/essentials2.pdf>>.

combustibles se cuestiona, ya que la colza o el etanol emiten entre 50 y 70% más gases a la atmósfera<sup>16</sup>.

Las implicaciones hacia la seguridad y la soberanía alimentaria son severas. Se está dando una competencia por el uso de recursos naturales: tierra y agua, y por recursos financieros entre las superficies destinadas a la producción de alimentos y aquellas para biocombustibles (véase Tabla 2). Las consecuencias sociales y ambientales ya se están presentando con el alza de los precios de algunos cultivos agrícolas, con la deforestación que va en aumento al ampliar las superficies dedicadas a biocombustibles, y con la práctica del monocultivo, que va asociada y que atenta contra la pérdida de biodiversidad.

La seguridad alimentaria se ve amenazada porque varios países como México son importadores netos de alimentos básicos y los precios ya se han elevado, por ejemplo el del maíz en los últimos tres años y en particular al inicio del 2007, que afectó al precio de la tortilla. La soberanía alimentaria entendida como la determinación autónoma de decidir qué, cómo y cuándo producir, una vez más se ha trastocado. La soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos, de sus países o uniones de Estados para definir su política agraria y alimentaria, sin dumping frente a países terceros<sup>17</sup>.

Según la International Energy Agency de la OCDE, los biocombustibles modernos, como el bioetanol y el biodiesel

**Tabla 2**  
**Evaluación de las materias primas para la producción de biocombustible**

Tipo de cultivo	Suelo	Agua	Nutrientes	Clima
Aceite de palma	Buen drenaje; pH de 4 a 7; suelo plano, rico y profundo.	Niveles de precipitación entre 1800 a 5000 mm.	Bajo.	Tropical y sub-tropical con temperaturas requeridas de entre 25 a 32°C.
Álamo	Suelo profundo, húmedo, textura media y alta tolerancia a inundaciones.	Alto requerimiento, puede ser requerido sistema de riego.	Alto.	Ártico hasta templado.
Arroz	Capa permeable y buen drenaje.	Muy alta; crece en terrenos inundados.	Uso relativamente alto de fertilizantes y sistemas intensivos de cultivo.	Constante temperatura en áreas tropicales, óptimo alrededor de 30° C.
Canola o colza	Suave, arcilloso profundo, textura media y bien drenado.	600 mm mínimo de precipitación anual.	Alto.	Sensible a altas temperaturas, mejor crecimiento entre 15 y 20° C.
Caña de azúcar	No requiere ningún tipo de suelo especial, pero preferiblemente bien aireado con un total de un 15% de disponibilidad de agua o más.	Alta y homogéneamente distribuida durante la etapa de crecimiento.	Se requieren altos niveles de potasio y nitrógeno; sin embargo, en la madurez el nivel de nitrógeno debe ser el más bajo posible para recuperar altos niveles de azúcar.	Tropical y sub-tropical.
Cañamo	Profundo con buena irrigación; el balance del pH entre 6 y 7.	Cierta humedad durante toda la estación.	Adaptable a sitios de baja fertilidad y suelos alcalinos, pero se puede tener mejor rendimiento con fertilizantes.	Condiciones variadas, preferiblemente climas cálidos.
Cereal	Poca disrupción del suelo; el balance de humus es negativo influenciado por la remoción de la paja.	—	Medio.	Moderado.
Girasol	Crece bajo condiciones de buen temporal en un amplio rango de suelos.	Varía de 600 a 1000 mm dependiendo del clima y de la longitud del periodo de crecimiento.	Moderado.	Áridos si es con irrigación/ templados cuando sea de buen temporal.

<sup>16</sup> Rousseau, Isabelle, *Mitos y realidades de los biocombustibles*. Ponencia presentada en el VI Seminario Regional de Innovación “La política energética de México y los recursos renovables”. Foro Consultivo Científico Tecnológico, 16 de noviembre de 2007, Boca del Río, Ver. México.

<sup>17</sup> “Vía Campesina ¿Qué significa soberanía alimentaria?”, 2003, <[http://viacampesina.org/main\\_sp/index.php?option=com\\_content&task=view&id=78&Itemid=27](http://viacampesina.org/main_sp/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=27)> (acceso 3 junio 2006).

**Tabla 2**  
**Evaluación de las materias primas para la producción de biocombustible**

continuación

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Suelo</i>	<i>Agua</i>	<i>Nutrientes</i>	<i>Clima</i>
Jatropha	Pobres, fertilidad media a escasa. No requiere labranza.	En condiciones de riego y estacional.	Adaptado a suelos de baja fertilidad y alcalinos. Se obtiene un mejor rendimiento con el uso de fertilizantes.	Tropical y sub-tropical, pero incluso árido y semiárido.
Maíz	Bien aireados y drenados.	Eficiente uso de agua.	Requiere alta y constante fertilidad.	Templado a tropical.
Mijo	En rangos desde praderas a áridos o pantanos.	Resistente a sequías y muy eficiente en el uso de agua.	Bajo.	Planta de clima cálido.
Miscanto	Abundante suministro de agua; oscuros con alto porcentaje de humus; pH óptimo entre 5.5 y 7.5.	Crucial durante las temporadas de principal crecimiento.	Bajo.	Adaptado a climas cálidos, parcialmente tolerante a clima frío.
Papa	Profundo, bien drenado, aireado, poroso, pH entre 5 y 6.	Alto, se requiere sistema de riego.	Alta demanda de fertilizantes.	La temperatura óptima es de 18 a 29° C.
Remolacha	Textura de ligera a media, bien drenado, tolerante a salinidad.	Moderado en un rango de 500 a 750 mm durante el periodo de crecimiento.	Niveles adecuados de nitrógeno son necesarios para asegurar el crecimiento vegetativo máximo precoz, y alta demanda de fertilizante.	Templados.
Sauce	Arenoso, arcilloso y lodosos.	Sustanciosas cantidades de agua.	Significativa.	Puede tolerar muy bajas temperaturas en invierno; sin embargo, heladas en la primavera tardía y otoño temprano van a dañar las ramas superiores.
Sorgo	Textura entre ligera y media; bien aireados, bien drenados y relativamente tolerante a periodos cortos de encharcamiento.	Muestra un alto grado de flexibilidad con respecto a la profundidad y frecuencia del suministro de agua debido a sus características de resistencia a sequías.	Cultivo de muy alto requerimiento de nitrógeno.	Temperaturas óptimas para variedades de alta productividad arriba de los 20° C.
Soya	Suelos húmedos y aluviosos con gran contenido orgánico; alta capacidad de agua, buena estructura, blandos.	Alto.	PH óptimo de 6 a 6.5.	Tropical y sub-tropical y clima templado.
Trigo	Texturas medias	Alto.	Alto.	Templado, en los subtrópicos y trópicos cercanos al Ecuador, en altiplanos con altitudes de más de 1500 m, y en trópicos fuera del Ecuador con temporadas de lluvia largas y como un cultivo de invierno.

Fuente: Daimler Chrysler; WWF; Ministerio de Agricultura de Baden Wuerttemberg y UNEP. Citado en: UN-Energy, Sustainable bioenergy: a framework for decision makers, 2007.

contribuyeron sólo con el 1% del total de la demanda de combustible para el transporte terrestre a nivel mundial en el 2005. Es de asombrar que tan bajo porcentaje haya causado tal impacto en los precios de los cultivos que se destinan a biocombustibles. Por ejemplo, el maíz pasó de costar 91.33 dólares la tonelada en agosto de 2006, a 167.39

dólares la tonelada en febrero de 2007. El precio internacional del trigo subió un 30%<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Portafolio.com.co, miércoles 29 de agosto de 2007, <[http://www.portafolio.com.co/port\\_secc\\_online/porta\\_econ\\_online/2007-08-29/ARTICULO-WEB-NOTA\\_INTERIOR\\_PORTA-3621504.html](http://www.portafolio.com.co/port_secc_online/porta_econ_online/2007-08-29/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-3621504.html)>.

La competencia por recursos económicos también está presente. Los biocombustibles obtenidos por cultivos agrícolas no son competitivos, si se les compara con otras fuentes de energía, y prácticamente todos los países que los producen es por los soportes gubernamentales, ya sea reduciendo la carga fiscal para así fomentar su uso frente a los combustibles convencionales, otorgando apoyos directos a la producción como se hace en Europa o subvencionando el crédito, como se hace en Brasil y Estados Unidos, entre otras medidas.

La producción de biocombustibles en el mundo es rentable gracias a los subsidios e incentivos que tienen las energías renovables. Incluso Brasil atraviesa por problemas coyunturales ante las fluctuaciones de los precios para sostener en niveles de rentabilidad su producción de etanol con caña de azúcar; éste es rentable cuando el barril de petróleo oscila entre los 45 ó 50 dólares.

Para el caso de México, en el 2006 se inició la construcción de dos plantas de etanol en el estado de Sinaloa. El argumento para esta política es dar salida a la producción de maíz de esa región hacia el nicho de mercado que comprende los estados de California y Arizona, en los Estados Unidos; los dos proyectos implicarán una inversión de 85 millones de dólares y asimilarán unas 335 mil toneladas de maíz y sorgo<sup>19</sup>.

Si bien es cierto que los costos de transporte del maíz producido en Sinaloa hacia los centros de consumo del sur del país son altos, no deja de ser incongruente que los volúmenes de maíz se destinen a la fabricación de etanol cuando el país lo está importando; pero más preocupante y escandaloso es que se subsidie el negocio de unos cuantos productores; es decir, que el conjunto social está soportando una actividad que de suyo no es rentable, para que lo sea y además se exporte.

Los beneficios que otorga el Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo los acaparan los estados de Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Chihuahua y Baja California, en 2004, con el 62% de las toneladas apoyadas; y en 2005 con el 72%. Sinaloa ha sido el más beneficiado al concentrar el 40% del total de toneladas subsidiadas a nivel nacional en el año 2004, y el 35.5% en el 2005. El producto que mayores apoyos ha recibido es el maíz<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Aguilar, Alberto, *Firma Sagarpa con productores para primeras 2 plantas de etanol y en camino 3 proyectos más*. Periódico *Reforma*, 13 de octubre de 2006, México.

<sup>20</sup> Steffen, Cristina, *La comercialización de los granos: un problema recurrente para los ejidatarios*. Ponencia presentada en el VI Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales, octubre 23 de 2007, Veracruz, Ver., México.

La política gubernamental de subsidios al campo se explica si apunta a lograr el abasto alimentario para los sectores más desprotegidos, pero no tiene justificación que se subsidie un negocio de particulares con fondos públicos, y que resuelve problemas de suministro de energía para Estados Unidos.

Por último, un aspecto que no es menor con relación a las implicaciones de los biocombustibles de primera generación, es que aunque la producción de etanol es una de las aplicaciones industriales más tradicionales en todos los sentidos, las exigencias de escala, costos y mejoramiento de eficiencia al utilizarse como combustible apuntan casi inexorablemente hacia la utilización de cultivos transgénicos, lo que complicará aún más el debate nacional. Los riesgos ambientales de cultivos de polinización abierta en centros de origen han sido ampliamente documentados<sup>21</sup>, más las incertidumbres asociadas con una tecnología que aún no es madura en su conjunto.

Con relación a los biocombustibles de segunda generación las ventajas que ofrecen es que pueden ser obtenidos de biomasa que no se apropie de insumos para los alimentos o compita con ellos, como los esquilmos agrícolas o de desechos industriales y urbanos, así no se rivaliza además por el uso de los recursos naturales. La producción rentable del etanol que se obtiene de la lignocelulosa vía la hidrólisis enzimática aumentaría la variedad y la disponibilidad de material de base y, por lo tanto, ampliaría la producción de biocombustibles sin afectar la seguridad y la soberanía alimentaria.

Lo que ha frenado su aplicación son las dificultades técnicas que presentan, los niveles estimados de inversión y los elevados costos de producción. No obstante, la tendencia es hacia estos tipos de biocombustibles, ya que el uso de cultivos agrícolas destinados a biocombustibles no supe las necesidades energéticas de bajo costo que hoy día logran el petróleo y sus derivados. De ahí la importancia para un país como México, en este momento, de destinar recursos para la I y D de biocombustibles de 2ª generación.

## Implicaciones de los biofarmacéuticos

¿Cuáles serían los riesgos para los mexicanos aunque el maíz biofarmacéutico no se aprobara en México, pero se

<sup>21</sup> Consultar los 10 capítulos y las recomendaciones de la Comisión de Cooperación Ambiental sobre *El maíz y la biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México*, <<http://www.cec.org/maize/resources/index.cfm?varlan=espanol>>.

cultivara en otros países? El primero consiste en que los granos resultantes conteniendo al fármaco pasaran a la cadena de producción de alimentos, porque a simple vista son imposibles de diferenciar y podrían mezclarse inadvertidamente. Un manejo descuidado en el procesamiento industrial no es algo descabellado, de hecho ya ha sucedido con maíz<sup>22</sup> y con arroz, y aunque no se trataba de cultivos biofarmacéuticos. Ambos hechos sucedieron en Estados Unidos, donde supuestamente están bien establecidas las reglas de bioseguridad, pero que no se cumplen adecuadamente<sup>23</sup>.

Lo anterior tendría un efecto potencial grave en las poblaciones que consuman esos granos, como en México, donde el consumo *per capita* varía entre 285 y 480g diarios y llega a constituir la fuente del 40% de las proteínas por su bajo costo<sup>24</sup>. El efecto potencial podría ser desastroso si se aúna al segundo gran riesgo: que exista flujo génico. Es decir, que se libere un transgén farmacéutico y que se herede en los maíces criollos, donde puede perdurar varias generaciones expresando proteínas de interés farmacéutico en un sistema abierto de intercambio de semilla, como es el que predomina en México<sup>25</sup>.

Los peligros potenciales de exposición a fármacos recombinantes por esta vía se darían, prácticamente para toda la población mexicana, con mayor énfasis en el segmento que produce el maíz de subsistencia y semicomercial. Y además, pondría en riesgo a México porque dañaría su biodiversidad. Cabe aclarar que lo anterior resultaría menos grave en un país en el que se compra semilla cada año<sup>26</sup>.

Usar el maíz para la producción de fármacos y sustancias industriales no comestibles, que también presentan peligros a la salud, responde a una serie de decisiones en las que no estamos participando los mexicanos, pero pero nos afectan: son decisiones que han tomado empresas, ciudadanos y formuladores de política de países más desarrollados tecnológicamente, y es evidente que la parti-

cipación pública y de grupos de interés de países de menos desarrollo como México, es ajena a este proceso de toma de decisiones tecnológicas en el mundo.

Si se contamina la cadena alimenticia con granos de maíz farmacéutico, se dañaría la alimentación de 100 millones de mexicanos. Por otro lado, si se contaminara por flujo génico el maíz en México, no sería fácil eliminarlo y afectaría a 60% de las unidades productivas no comerciales y semicomerciales del país; es decir, la producción de autoconsumo en México, que utiliza el 33 % del área sembrada de maíz, y que produce el 37% de la producción nacional de grano<sup>27</sup>. Esto afectaría directamente la inocuidad de la base alimentaria de millones de mexicanos, sin mencionar la afectación de la megadiversidad en un centro de origen. Aunque existen métodos de contención biológica de los transgenes, la solución de raíz para esta controversia es que no se utilicen cultivos alimenticios para la expresión de fármacos y sustancias no comestibles en el mundo<sup>28</sup>.

## Inconveniencia del uso no alimentario del maíz

Si bien los desarrollos tecnológicos han posibilitado la obtención de biocombustibles a partir del maíz o de la transformación de la planta en un biorreactor para obtener sustancias de interés farmacéutico, éstos tienen fines distintos a la alimentación, y en las culturas mesoamericanas este hecho involucra repercusiones serias hacia la base de la alimentación, la biodiversidad, la cultura e incluso la identidad. En efecto, países excedentarios en la producción de maíz que consideran a este bien como una materia prima para procesamiento y no como un alimento para ser consumido directamente, no reparan en los riesgos multidimensionales que conlleva su uso para biocombustibles o como cultivos biofarmacéuticos. Estados Unidos cae en esa categoría y ha desarrollado plantas industriales de producción de etanol con base en el maíz, y cultivos experimentales donde se utiliza al mismo como biorreactor para obtener productos biofarmacéuticos.

<sup>22</sup> Caso Starlink en 2000.

<sup>23</sup> USDA Animal and Plant Health Inspection Service: Controls Over Issuance of Genetically Engineered Organism Release Permits, Audit Report 50601-8-Te, diciembre. 2005.

<sup>24</sup> Bourges, H., "Alimentos obsequio de México al mundo" en D. Alarcón-Segovia y H. Bourges (eds), *La alimentación de los mexicanos*, El Colegio Nacional, 2002.

<sup>25</sup> Gálvez, A. y R. L. González, *Op. cit.*

<sup>26</sup> Chauvet, M. y A. Gálvez, "Learning about biosafety in Mexico: between competitiveness and conservation" en *Int. J. Biotechnology*, vol. 7, núms. 1/2/3, 2005, pp. 62-71.

<sup>27</sup> Brush, S. y M. Chauvet, "Evaluación de los efectos sociales y culturales asociados con la producción de maíz transgénico", Comisión de Cooperación Ambiental, *Maíz y biodiversidad: Los efectos del maíz transgénico en México*, 2004, <[http://www.cec.org/pubs\\_docs/documents/index.cfm?varlan=espanol&ID=1430](http://www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=espanol&ID=1430)>.

<sup>28</sup> Nature, Biotechnology, "Drugs in crops-the unpalatable truth" en *Nature Biotechnology*, vol. 22, núm. 2, 2004, pp. 133-134.

Aunque los biocombustibles con base en el maíz parecieran una realidad difícil de revertir para México en el momento actual, en el que se está transitando del viejo paradigma energético al nuevo, por los intereses que están en juego; es importante estimular en el país una discusión amplia y seria sobre la seguridad energética y sus traslapes con la seguridad alimentaria; formular una política tecnológica explícita para la búsqueda, desarrollo y adaptación de alternativas tecnológicas con una visión de corto, mediano y largo plazo, que no afecten el uso del maíz como alimento –como es el caso de biocombustibles a partir de residuos lignocelulósicos.

Además en el corto plazo se deben generar regímenes regulatorios y políticas de apoyo que tengan una base social amplia, que busquen acuerdos y equilibrios entre los diferentes intereses, valores o cosmovisiones de los actores que pueden verse afectados positiva o negativamente por tecnologías de este tipo. Lo anterior con el propósito de que dichas políticas permitan obtener los mayores beneficios para la sociedad en su conjunto y no para unos cuantos, como es el caso de los apoyos que se han otorgado a la producción del bioetanol en el país, las cuales ni siquiera responden a las preocupaciones de seguridad energética, ya que el bioetanol producido a partir del maíz será exportado a Estados Unidos.

En el caso de los cultivos biofarmacéuticos, hasta ahora sólo se ha dado un débil pronunciamiento de México sobre la no producción de éstos empleando plantas alimenticias, en el marco de la VII Reunión Ministerial de la Conferencia sobre la Diversidad Biológica<sup>29</sup>; sin embargo, se debería buscar la solidaridad nacional e internacional para prohibir su siembra y su utilización en el mundo, no sólo en México, por las graves repercusiones que para la salud, el medio ambiente y la seguridad alimentaria mundial podría representar el paso inadvertido del maíz biofarmacéutico a cadenas alimenticias no objetivo, o del polen a variedades destinadas al consumo humano o animal.

## ¿Política energética de México?

Por ser México productor y exportador de petróleo, la investigación de energías renovables no estaba entre sus prioridades. Incluso a pesar de estar fincada la economía nacional en los ingresos del petróleo, la inversión en Petró-

<sup>29</sup> Se refiere a la declaración realizada en febrero de 2004 por un funcionario mexicano de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) en Kuala Lumpur.

leos Mexicanos para nuevas refinerías o nuevos desarrollos ha sido muy limitada.

“México no ha aprovechado los altos precios del petróleo del último sexenio, y los ingresos extraordinarios no se han invertido, sino que se ha optado por endeudarse más. Al ritmo de la producción actual tenemos reservas probadas para 9.5 años; con relación al 2001, éstas cayeron en un 31%”<sup>30</sup>.

**Cuadro I**  
**Reservas probadas de crudo y gas en México**

Fuente	Año							
	1989	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Crudo (MMb)	45,250	24,700	23,660	22,419	15,124	14,120	12,882	11,814
Gas líquido (MMb)	6,733	3,699	3,280	3,006	2,072	1,920	1,920	1,857
Gas seco (MMbpce)	14,467	5,780	5,673	5,413	2,881	2,855	2,847	2,799

Fuente: Pemex, Anuarios Estadísticos 1990-1999, 2000-2006. Citado en: Quintero, Rodolfo, “La biomasa, recurso sustentable esencial: el caso de la producción de etanol”, proyecto multidisciplinario. Acuerdo 13/2007 del Rector General.

A pesar de lo alarmante de estos datos, México carece de una política energética que lleve a dejar de depender en un 90% de los hidrocarburos. El promedio mundial es de un 60% de dependencia de éstos<sup>31</sup>.

En octubre de 2006, bajo la administración de Vicente Fox se apoyó la construcción de dos plantas de etanol en Sinaloa. Sagarpa entregó al gobierno de Sinaloa 75 millones de pesos para garantizar que los agricultores abastezcan de materia prima, maíz o sorgo, a las futuras plantas. El gobierno de ese estado proyecta instalar 10 plantas de etanol<sup>32</sup>. Para el 24 de julio de 2007, en la actual administración se informa que “En lo que resta del sexenio actual, el gobierno federal ya no apoyará proyectos de fábricas de etanol que lleven al maíz como materia prima, dado que se tiene la prioridad de que este cereal no se distraiga de sus destinos en la alimentación humana o en la nutrición animal para su posterior conversión en otros productos alimenticios o agroindustriales.”

<sup>30</sup> Marcos, Ernesto, *El estado actual del sector energético en México*. Ponencia presentada en el VI Seminario Regional de Innovación: “La política energética de México y los recursos renovables”. Foro Consultivo Científico Tecnológico, 16 de noviembre de 2007, Boca del Río, Ver. México.

<sup>31</sup> *Idem*.

Estos cambios tan drásticos dan cuenta de la falta de una política pública en materia de energéticos, ya sea derivados del petróleo o de fuentes renovables. De hecho el único lineamiento que se tiene es favorecer a los productores de maíz de Sinaloa.

Sobre el marco jurídico en torno a la materia, el 5 de diciembre de 2005 el PRI presentó ante la Cámara de Diputados un proyecto de Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, que fue aprobado el 7 de febrero de 2006. Recibida la minuta en el Senado, éste hizo enmiendas y la devolvió a San Lázaro el 27 de abril de ese año. Abordada de nuevo en San Lázaro, los diputados hicieron los cambios y la ley fue aprobada el 26 de abril de 2007. En junio fue remitido el decreto correspondiente al Ejecutivo para su publicación, y en vez de hacerlo la Presidencia de la República decidió vetar la ley, a pesar de que había sido negociada su aprobación con los legisladores del PAN a cambio de aprobar las leyes de sanidad humana y animal<sup>33</sup>.

Las modificaciones de Felipe Calderón tuvieron que ver con que “la propuesta de ley estaba orientada a la producción de bioenergéticos a partir de unos cuantos cultivos, eminentemente el maíz y la caña de azúcar, sin promover nuevas tecnologías de fabricación, como son el desdoblamiento celulósico a partir de la biomasa forestal y la creación de etanol a partir de algas marinas, procesos bacteriológicos y enzimáticos, entre otros. Más grave aún, no se contemplan otras formas de aprovechamiento de la biomasa, más allá de su transformación en combustibles líquidos”<sup>34</sup>.

El requisito para que se pueda utilizar maíz en la producción de etanol, es que sea sólo si hay excedentes del grano. Jorge Kondo, secretario de Agricultura de Sinaloa, sostiene que en su entidad los excedentes de maíz blanco son de entre 1.5 y 2 millones de toneladas, de una producción total de 5 millones. Además de las tres plantas que están en construcción existen proyectos de inversionistas de Rusia, China, Canadá y de empresas como Cargill y Archer Daniels Midland; sin embargo, están a la espera del marco legal en cuanto al uso del maíz para la producción de etanol<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> *Teorema Ambiental*, núm. 61, 1° de diciembre de 2006, <[http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id\\_sec=47&id\\_art=3517&id\\_ejemplar=8](http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=3517&id_ejemplar=8)>.

<sup>33</sup> Granados Chapa, Miguel Ángel, *Veto de Calderón*. Periódico *Reforma*, 7 de septiembre de 2007.

<sup>34</sup> Salazar, Claudia, *Frena el Presidente ley de bioenergéticos*. Periódico *Reforma*, 4 de septiembre de 2007.

<sup>35</sup> Rudiño, Lourdes, *Agrocombustibles a debate*. Suplemento *La Jornada del Campo*, 9 de octubre de 2007.

También se modificaron las atribuciones entre las secretarías de Agricultura y de Energía, para diferenciar entre la producción, distribución y consumo, y otorgarle el papel rector a la de Energía. En cuanto al porcentaje de etanol que debieran llevar las gasolinas, se modificó ese requerimiento porque la ley aprobada por los diputados en abril de este año establecía que se incorporaran 2.6 millones de litros diarios de etanol como oxigenante de las gasolinas, lo que llevaría a un escenario de importación de etanol<sup>36</sup>.

El 30 de octubre de 2007, “por 354 votos a favor, 37 en contra y 10 abstenciones, la Cámara de Diputados aprobó el proyecto de decreto que expide la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, con el objetivo de evitar la dependencia energética de México, reducir la contaminación a la atmósfera, al suelo y a los mantos acuíferos, e impulsar el mejoramiento económico de la población rural”<sup>37</sup>. Ahora el proyecto pasa a la Cámara de Senadores para su aprobación.

No obstante, para el tránsito de un paradigma energético a otro no es suficiente con una ley sobre bioenergéticos, se necesitan recursos para el desarrollo de investigación e infraestructura de fuentes renovables de energía y no sólo apostarle a los agrocombustibles. Una política energética debiera contemplar el abanico de posibilidades de energías renovables, ya que no podrán ser sustituidos los combustibles fósiles con sólo un recurso energético. Por ejemplo, México tiene capacidad geotérmica, eólica, solar y la controversial nuclear.

## Consideraciones finales

El impulso hacia los biocombustibles está obedeciendo a los escenarios de futuro especulativos más que a una demanda existente, y la obtención de éstos con base en cultivos agrícolas tiene un horizonte parcial y temporal porque en el largo plazo se preferirá el recurso más abundante, que no compita con la producción alimentaria y que sea sustentable como son los residuos lignocelulósicos. México está en posibilidad de avanzar en esa línea y no limitarse a lo que hasta ahora se tiene en materia de bioenergéticos.

<sup>36</sup> Hernández, Alma, *Sugiere importar etanol Ley de Biocombustibles*. Periódico *Reforma*, 6 de septiembre de 2007.

<sup>37</sup> Cámara de Diputados, *Validan proyecto de decreto que expide la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos*, boletín 1891, martes 30 de octubre de 2007.

En el contexto actual los biocombustibles no ofrecen oportunidades para el desarrollo rural o mejora para la mayoría de los productores del campo, tan sólo se abre una oportunidad para los agricultores comerciales que gozan de privilegios. Esta realidad es más apabullante cuando se sabe que las grandes empresas agroindustriales, petroleras, automotrices y biotecnológicas están en alianzas y encadenamientos para su participación en esta actividad.

Esta nueva condición que plantean los biocombustibles hace evidente la amenaza hacia la seguridad alimentaria si no hay una regulación y monitoreo de las autoridades para velar porque no se vulnere más la situación de hambre y pobreza que priva en las zonas rurales y, al contrario, se revierta el abandono que ha prevalecido por décadas. Al Estado le corresponde regular el acceso a los recursos naturales: tierra y agua, para asegurar la implementación de un proceso social y ambientalmente responsable.

Los OGM farmacéuticos que producen sustancias no comestibles no deben liberarse al ambiente en nuestro país, pero lo anterior no basta para garantizar la seguridad alimentaria de los mexicanos; de ahí la importancia de que a nivel mundial no se utilicen cultivos alimenticios para la expresión de fármacos y sustancias no comestibles. Es por ello que redireccionar un campo tecnológico como los cultivos biofarmacéuticos hacia objetivos de mayor beneficio social, constituye una tarea urgente que demanda de

una solidaridad global. Se requiere de políticas internacionales oportunas enmarcadas en los derechos humanos, que no esperen a que suceda la primera desgracia en la población mexicana por ser una de las que más maíz consume en el mundo. A nivel nacional hay que formular políticas y marcos legales dinámicos que den seguimiento al proceso de cambio tecnológico internacional de este tipo de productos, especialmente de los que representan riesgos claros para la población como es el caso del maíz biofarmacéutico. Además se requiere de una sociedad más informada, con más capacidad de intervenir en la toma de decisiones tecnológicas con enfoques que establezcan un adecuado balance entre aspectos de precaución e innovación.

En el ámbito internacional el Estado mexicano debe tener una postura más enérgica y buscar alianzas con otras naciones a fin de que se suspenda el uso del maíz para fines farmacéuticos. Con el aval de otros países en los foros de toma de decisiones es posible lograr esa meta.

Los retos a los que hay que responder en este cambio de paradigma son enormes, pero impostergables. La inversión y el financiamiento en estos rubros son imperativos para evaluar los impactos económicos, ambientales y sociales de los distintos desarrollos bioenergéticos, antes de decidir qué vías tomar y con qué tecnologías y políticas estratégicas. Asimismo, es necesaria la construcción de capacidades al estar frente a realidades nuevas.



Universo Estudiantil  
El portal académico de México

artículos • noticias • resúmenes  
• bibliografía • universidades  
• actividades • foros

[www.universoe.com](http://www.universoe.com)