

# BIOTECNOLOGÍA

## en los alimentos del mañana

AGUSTÍN LÓPEZ-MUNGUÍA

PROFESOR E INVESTIGADOR DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA -UNAM

Texto tomado de: Biotecnología de México para todos. Revista Digital Universitaria, vol.15, No.8, 2014. Universidad Nacional Autónoma de México.

### INTRODUCCIÓN

El presente artículo es un ejercicio en el que, teniendo como eje principal los aportes de la biotecnología a la alimentación y a la industria alimentaria, se reflexiona sobre qué tanta tecnología en general y biotecnología en particular tiene y tendrá, o mejor dicho, necesita y necesitará el sistema alimentario nacional e internacional. Como es de suponer, a la pregunta se puede responder desde muchos ámbitos, incluido no sólo el de la autosuficiencia alimentaria, sino también del social, el económico y el ambiental, entre otros.

Este tema da para describir escenarios deseables y optimistas, pero también para plantearnos un futuro preocupante partiendo de la gravedad de algunos de los problemas actuales. Un elemento central en estas reflexiones es dejar muy claro desde un inicio que la reflexión gira en torno a una herramienta, la biotecnología, poderosa sin lugar a dudas, pero ciertamente limitada para contender con un problema de enorme complejidad como el que representa la búsqueda de la autosuficiencia alimentaria en un mundo en crisis.

El peor daño que se ha hecho a este debate es plantear que con biotecnología se resolverá el problema alimentario del mundo, cuando difícilmente podría resolver, incluso, el problema de la producción agrícola.

### COCINAR NOS HIZO HUMANOS

La cocina es la principal característica que nos distingue del resto de los mamíferos. Al menos eso es lo que plantea el Antropólogo Richard Wrangham, profesor en Antropología Biológica de la Universidad de Harvard, en su libro *Catching Fire*. En esencia, Wrangham plantea que varias características peculiares que sufrieron los primates, tales como el aumento en las dimensiones del cerebro y la disminución en el tamaño de los intestinos, hasta llegar a *Homo sapiens*, se debieron a las mejoras que la cocción introdujo en su alimentación.

En efecto, aplicar el fuego a la cocina, hecho que Wrangham estima ocurrió hace unos 1.8 millones de años, no sólo ablandó los alimentos y facilitó su digestión, sino que también puso a nuestra disposición fuentes de alta energía, como los cereales. Así, la capacidad del cráneo pasó de 915-1225 cc en el *Homo erectus*, a 1250-1350 en el *Homo sapiens*, y el sistema digestivo, particularmente el intestino grueso y el colon, se redujeron a menos del 60 por ciento del volumen que ocupan en los primates. Así, a pesar de las excentricidades de la era moderna que incluyen un sinnúmero de dietas, los humanos no podríamos sobrevivir con alimentos crudos y sin procesar. El punto aquí es destacar cómo la capacidad para transformar los alimentos se en-

cuentra asociada al origen mismo de la evolución de la especie humana, al grado de que ni el genoma nos diferencia tanto de nuestros ancestros como nuestra capacidad para transformar lo que comemos: de la cocción de la carne a la *nouvelle cuisine*.

### LA INDUSTRIA

Miles de años tuvieron que transcurrir para que otros eventos clave dieran lugar a la transformación de nuestra alimentación marcando el inicio del aprovechamiento de los microorganismos. El pan y los productos derivados de los cereales (pasta, tortillas o noodles, entre otros) tienen su origen con la agricultura, hace apenas unos 12,000 años, aunque hay evidencias de que los europeos hacían pan miles de años antes. Lo anterior de acuerdo con evidencias encontradas en Italia, Rusia y la República Checa, en las que se demuestra que almidones de raíces y hierbas eran incorporados a harinas que datan de al menos unos 30,000 años. Como sea, al menos un millón de años tuvieron que transcurrir para que a la industria alimentaria se agregaran alimentos procesados a la "carne asada".

Así, en los últimos 10,000 años se fueron agregando eventos clave a lo que hoy podríamos considerar la industria alimentaria, recientemente resumidos, por cierto, de manera muy atractiva, por Evelyn Kim en un número especial de la revista *Scientific American* (Septiembre del 2013). Se destaca de esta reseña la domesticación de la levadura, que permitió la producción de cerveza, vino, cidra, mezcal y, en general, bebidas alcohólicas a partir de frutas y otras fuentes de azúcar (e.g. miel y agaves en el caso mesoamericano), así como de quesos y otros derivados.

En concreto, la biotecnología, o al menos la biotecnología tradicional, está insertada en nuestra alimentación desde el inicio mismo de la agricultura y estrechamente asociada a elementos clave de nuestra civilización. Habría otros procesos más recientes –algunos biotecnológicos, otros no– que son parteaguas para definir lo que hoy comemos.

De entre ellos se destaca la industrialización de la caña de azúcar, del chocolate, el ensilado (fermentación láctica) de cereales, vegetales y pescado; el procesamiento de cereales para transformarlos en formas adaptadas para el desayuno, la adición de CO<sub>2</sub> al agua para preparar bebidas



carbonatadas, la elaboración de tofu, yogurt, jocoque y muchas otras formas más modernas de fermentar la leche.

Conviene destacar un proceso cuyo desarrollo data apenas del siglo pasado, pero que podríamos ubicar en la transición de una biotecnología tradicional a una biotecnología industrial. Se trata de la producción de glutamato (sal del ácido glutámico), descubierto en 1866 por el químico agroindustrial Karl Ritthausen, perteneciente a la escuela de Justus von Liebig, que tenía como paradigma la búsqueda de “la naturaleza química de los productos naturales”. Cuarenta años después, el japonés Kikunae Ikeda, formado en esta escuela, evaporó grandes cantidades de caldo kombu dashi buscando la esencia del sabor de la cocina japonesa.

En 1909, Ikeda publicó en el *Journal of the Chemical Society of Tokio* que las algas con las que se elabora el kombu contienen glutamato, y que éste da lugar –se supo varias décadas después– al sabor umami. Hoy los niños aprenden en la primaria que existen cinco sabores: ácido, amargo, dulce, salado y umami. Ese mismo año, la empresa Ajinomoto inició la comercialización de glutamato, aunque no fue sino hasta la segunda mitad del siglo XX que se inició su producción biotecnológica a partir de la bacteria *Corinebacterium glutamicum*, capaz de producir grandes cantidades en un medio de cultivo. Este ácido (junto con el ácido cítrico), es de los primeros productos que se integraron a la industria alimentaria derivados de la biotecnología industrial a partir de un paradigma: “imitar a la naturaleza”. Hacia finales de la II Guerra Mundial, la penicilina abriría el campo de los procesos biotecnológicos industriales al sector farmacéutico.

Una larga lista de sustancias se agregaría poco a poco a los ácidos cítrico y glutámico, dentro de los ingredientes básicos para la alimentación, elaborados mediante procesos industriales. Esta lista incluye hoy vitaminas, aminoácidos, gomas (como las xantanas empleadas como espesantes), el ácido láctico, edulcorantes no calóricos, como el aspartame, enzimas para una enorme diversidad de aplicaciones como el procesamiento de lácteos, la elaboración de leches deslactosadas, el procesamiento y extracción de jugos de frutas y, muy particularmente, enzimas para el procesamiento de almidón, que permitió primero el desarrollo de mieles de glucosa y, posteriormente, a inicios de los sesenta, de los mal llamados “jarabes fructosados”.

Así, un paseo entre los anaqueles y refrigeradores de un supermercado permite constatar la enorme diversidad de productos que, ya sea en su elaboración o en su formulación, hacen intervenir bacterias, levaduras, hongos, o bien, las enzimas que estos microorganismos sintetizan. Ahí están las bacterias tradicionales del yogurt, pero también nuevas formulaciones de bebidas lácteas con bacterias destinadas a la microbiota intestinal. Algunas bebidas son formuladas con inulina y fructo-ligosacáridos, también destinados a nutrir la microbiota. Hay también muchos productos derivados del maíz mediante procesos enzimáticos, como cervezas, vino y jugos enlatados en los que se usaron enzimas. Y finalmente queso, tema que será retomado más adelante.

#### UNA NUEVA DIRECTRIZ EVOLUTIVA

Todos estamos familiarizados con el clásico esquema que representa el proceso evolutivo que culminó en la especie humana, *Homo sapiens sapiens*. De manera chusca se ha

agregado a este esquema una nueva etapa en el proceso evolutivo hacia una nueva especie caracterizada por un aumento en el peso y el volumen del abdomen, lo que los nutriólogos denominan el índice de masa corporal (IMC). Los datos de que las cosas van mal desde el punto de vista de la salud son contundentes: 2/3 partes de la población tiene sobrepeso (IMC>25), la mitad de ellos a nivel de obesidad (IMC>30). En los EE.UU., el *Center for Disease Control* estima que para el 2030 la obesidad alcanzará al 42 por ciento de los norteamericanos, mientras que en México, en el 2012 la población infantil con sobrepeso ya era del 30 por ciento; en la adulta el sobrepeso alcanza ya el 69.2 por ciento de la población. No se abundará más en este tema y sus consecuencias para la salud, causa ya de una pandemia que ha adquirido dimensiones tan grandes como las del hambre y la desnutrición en el mundo.

En esta grave encrucijada en la que se encuentra el mundo, particularmente los países que han adoptado una dieta occidental con todos los vicios de una sociedad que vive con prisa y abandona los componentes de la dieta tradicional, hay un constante llamado a reincorporar alimentos frescos a la dieta y a evitar los excesos en el consumo de alimentos con alto contenido calórico y muy alta pobreza nutricional. Aquella vieja invitación a comer frutas y verduras se ha vuelto un requisito esencial para la sociedad actual: ¡come verduras y frutas! Pero, ¿alcanzan?

#### PRODUCIR ALIMENTOS EN LA ÉPOCA ACTUAL

En 2013, Carlos Amador abordó el tema de la sustentabilidad desde diversos ángulos. Uno de ellos se relaciona con las llamadas fronteras planetarias y las fronteras sociales. Esto sirve como premisa para algo que se sabe, y si no, se intuye: hemos rebasado por mucho el espacio operativo seguro de la humanidad en materia de cambio climático, de pérdida de biodiversidad y del ciclo de nitrógeno, y estamos cerca de rebasarlo en el ciclo de fósforo y la acidificación de los océanos. Pero al mismo tiempo, hoy más que nunca, se reconocen los derechos a los que todo ser humano debe acceder para tener la oportunidad de una vida digna y justa, dentro de los cuales se incluye el derecho a la alimentación. ¿Cómo empatar ambos en un contexto sustentable?

Es claro que no podemos seguir produciendo alimentos con las mismas prácticas agrícolas de antaño, y esto incluye no sólo nuestra forma no sustentable de producción agrícola, sino también la enorme ineficiencia que priva en el sistema de producción pecuaria: satisfacer el abasto de proteínas de origen animal, como la proveniente de las vacas, conlleva un desabasto de proteínas de origen vegetal: maíz, trigo o soya, aunado al hecho de que se necesita 17 veces más suelo y 15 veces más agua para producir una unidad de proteína de res con respecto a una unidad de proteína de soya,



y que las vacas contribuyen más que los coches al calentamiento global, dada la muy superior captación de radiación que tiene el metano que el CO<sub>2</sub>.

Nos acercamos aceleradamente a los 7,000 millones de habitantes en el planeta: cada día aparece un cuarto de millón de nuevos seres humanos que se sentarán a la mesa global. Grandes sectores de población, no sólo en México, migran a las ciudades en la búsqueda de mejores condiciones de vida. El gradiente para la migración es sin lugar a dudas el empleo y la disponibilidad de alimentos, que, en efecto, en el mundo puede ser que sobren, pero que habría que distribuir en el sentido inverso al de la migración. En 1970, 63 por ciento de la población habitaba zonas rurales, mientras que para el año 2030, de no corregirse el rumbo, sólo 40 por ciento lo hará. En los EE.UU., por ejemplo, mientras que hace 100 años 18 por ciento de los habitantes se dedicaban a la agricultura, hoy sólo lo hace el 1 por ciento.

En este contexto de demanda de alimentos y de riesgo planetario, ¿cómo producir alimentos para la población actual y la que viene sin poner en riesgo ni a la sociedad ni al entorno natural? Un elemento a considerar para contestar esta pregunta incluye el hecho de que el incremento en la producción de alimentos agrícolas requerido debe darse dentro de la misma superficie agrícola en la que actualmente se siembra. Otro elemento es que la estrategia que dio lugar a la llamada “revolución verde”, si bien resolvió el problema de abasto de productos agrícolas básicos a mediados del siglo pasado, hoy es causa de buena parte de los problemas ambientales que sufre el campo, por lo que debe corregirse.

### BIOTECNOLOGÍA MODERNA

La postura de muchos países, de muchos productores y de muchos consumidores, es que la ingeniería genética, aplicada de una manera racional, contribuye a solucionar los problemas (ver documento de la Academia Mexicana de Ciencias). Se trata de desarrollar una nueva generación de plantas que ofrezcan soluciones a los graves problemas que enfrenta la sociedad desde la perspectiva ambiental: sequías, plagas, calentamiento global, erosión y acidificación de suelos, exceso de agroquímicos, entre otros; pero también, desde la perspectiva de la salud del consumidor: mejor balance nutrimental que contrarreste el déficit, por ejemplo, en vitaminas o minerales, que elimine riesgos causados por la toxicidad natural de las plantas, que retire factores alérgicos y anti-nutricionales.

Aunado a esto, se ubica también el enorme potencial que representa el explorar —desde el punto de vista genético— la riqueza de nuestra biodiversidad, con el fin de identificar genes que puedan aprovecharse en la modificación de plantas, y conferirles así nuevas propiedades agrícolas o nutrimentales.



Otro problema lo constituye la búsqueda de energéticos renovables, los llamados biocombustibles. En México los precios del maíz se dispararon cuando empezó a usarse para la producción de bioetanol, el biocombustible actual de mayor demanda. El precio internacional del maíz pasó de 163 a 223 dólares/ton de 2007 a 2008, mientras que el arroz de 236 a 650 dls/ton. Así, es necesario desarrollar plantas de rápido crecimiento para la industria, que no compitan con el mercado alimentario; plantas de alto contenido de celulosa, la forma de azúcar más abundante en la naturaleza, además de sistemas eficientes de conversión enzimática de celulosa y hemicelulosa a azúcares fermentables. Apenas en 2010, de los 400 millones de toneladas de cereales que se produjeron en los EE.UU., 126 millones se usaron para producir biocombustibles, mientras que sólo se usaron 16 millones de toneladas en el año 2000. A diferencia de los rumiantes, los humanos no podemos aprovechar la glucosa que compone a la celulosa, pero la biotecnología permite ya hacerla disponible para los procesos biológicos. Este tipo de plantas podrían además cultivarse en suelos no aptos para la agricultura.

En pocas palabras, requerimos de la mejor tecnología posible, como lo expresa en términos generales P. Diamandis en el libro *Abundance*, en el que describe cómo los seres humanos hemos venido resolviendo con ciencia y tecnología nuestros más grandes problemas y retos. En este mismo sentido, Ronald y Adamchack, en el libro *La mesa del futuro: Agricultura orgánica, genética y el futuro de la alimentación*, plantean que esto puede darse combinando el conocimiento científico actual con las prácticas agrícolas derivadas del cuidado del medio ambiente. Ésta es también la conclusión a la que se llega en el análisis que se hace en el número de mayo de 2014 de *National Geographic*, en respuesta a la pregunta: ¿cómo alimentar a 7,000 millones de seres humanos todos los días?

### ¿ES LA INGENIERÍA GENÉTICA SEGURA?

Las técnicas de la biología vegetal moderna (o biotecnología moderna) permiten identificar las funciones de los genes en las plantas, en las bacterias y, en general, en cualquier ser vivo, e incorporarlos en una planta para conferirle nuevas propiedades. En ninguna parte del mundo, incluido nuestro país, ha habido alguna oposición para aceptar las proteínas transgénicas derivadas de genes de bacterias, plantas o humanos, producidas por bacterias, proteínas que llegan a la sangre inyectadas o tomadas como medicamentos.

Es el caso de la insulina, interferones, hormona de crecimiento, entre otros. Algunas de ellas parten ya de la cadena alimentaria como la quimosina empleada para la coagulación de quesos. En las plantas, la abundancia, colorido y tamaño de frutos y el de la planta misma, la resistencia a determinados insectos y hongos, a la falta de agua o al exceso de calor, o incluso el que la planta sea comestibles o no (como el caso del maíz y el teozintle), todo esto tiene también origen en uno o varios genes de la planta. Hoy en día, esos genes pueden identificarse dentro de la información genética de una planta y ser transferidos a otra.

En realidad, la mayoría de las variedades que hasta ahora hemos consumido son resultado de ese movimiento de genes, pero logrado mediante el llamado “mejoramiento genético tradicional”, una suerte de transgénesis pero más lenta,

mucho menos precisa –y por ende más riesgosa– y totalmente azarosa. Para el mejoramiento genético tradicional, se cruzan por las especies esperando, por ejemplo, que la planta mejorada siga dando muchos frutos como el padre, pero que ahora resista a una plaga que ataca a ese cultivo, como la madre. Por siglos las plantas se cruzaban y se cultivaban, esperando poder seleccionar, dentro de la siguiente generación, plantas con las características deseadas.

Este proceso que puede llevar más de una década. Ahora, con la ingeniería genética, puede hacerse en mucho menos tiempo. Pero además, la información genética que se requiere –los genes que dan la resistencia a la plaga, por ejemplo– se seleccionan de manera precisa, pudiendo tomarse de otra planta o de cualquier especie –de una bacteria, por ejemplo. En algunos aspectos la construcción es menos riesgosa, pues sólo involucra los genes de interés, y no requiere, como en la genética tradicional, del intercambio de miles de genes, muchos de ellos de función desconocida, aunque estén en plantas que comemos usualmente.

Por ejemplo, el arroz es blanco debido a que, a diferencia del maíz o de la zanahoria, no tiene carotenos que no sólo dan color a la naturaleza, sino que además son precursores de vitamina A. Este defecto nutrimental del arroz ocasiona que los niños que basan su alimentación sólo en arroz padezcan de serias deficiencias que acaban en ceguera o muerte. Si por medio de la ingeniería genética se introducen genes del narciso y del maíz en el arroz, estos genes darán la instrucción al arroz de producir las proteínas que permiten al maíz sintetizar los carotenos. Tendremos entonces un arroz amarillo o dorado. El arroz y el maíz no pueden cruzarse por los métodos genéticos tradicionales, pero con la ingeniería genética, sus genes sí pueden. Además, sólo se necesitan dos o tres nuevos genes para el arroz, y no el intercambio de miles de genes que se tiene que dar cuando dos variedades de arroz o de maíz se cruzan entre ellas.

La idea de comparar los organismos genéticamente modificados (OGM) con Frankenstein no sólo es muy desafortunada, sino, en este caso, inhumana, ya que para los millones de niños que padecen de deficiencia en la visión en países donde sólo se siembra arroz, ésta es una forma de paliar con este problema de salud pública. A pesar de que existen numerosos ejemplos de soluciones mediante ingeniería genética a problemas de deficiencias nutrimentales, cabe señalar este ejemplo, pues ya para el año 2000 el arroz dorado era una posibilidad real, y se ha manteniendo congelada por la oposición ambientalista, mientras cientos de miles de niños siguen padeciendo de esta deficiencia nutricional.

### ¿Y ES SEGURO CONSUMIR UNA PLANTA GM?

Esta tecnología ya no es novedosa, aunque por la forma en la que frecuentemente se aborda en los medios, pareciera que sí. Rara vez en el debate sobre OGM se hace referencia al hecho de que hasta la última vez que se contaron y clasificaron los estudios científicos, en 2007, había ya cerca de 32,000 trabajos publicados relacionados con la seguridad de las plantas GM.

Estas investigaciones sobre seguridad empezaron a aparecer en la literatura científica incluso antes de 1996, fecha en la que se inició su producción comercial. Así, cuando se afirma que “no existe suficiente trabajo científico alrededor



de su inocuidad” se ignoran bases de datos de revistas especializadas o incluso públicas (<http://bibliosafety.icgeb.org/>) disponibles para este fin. No en balde prácticamente todas las organizaciones científicas en el mundo, incluida la Organización Mundial para la Salud, han señalado el gran potencial de esta herramienta para contribuir a la solución de los problemas de producción y de salud alimentaria en el mundo.

Esto no implica que la tecnología no pueda usarse de manera poco ética, por ejemplo, transformando plantas con genes que expresan toxinas; nadie asegura tampoco que las cosas puedan salir mal. Por ello, casi todos los países cuentan ya con una legislación que obliga a vigilar –para cada planta– la forma en la que, paso por paso, la planta es mejorada genéticamente. Cada país cuenta también con reglamentación para autorizar su consumo y, desde luego, su siembra a nivel comercial.

Así, ha surgido una nueva disciplina, la bioseguridad, definida como el conjunto de conocimientos que facilita la evaluación de riesgos, así como la legislación y regulación necesarias para autorizar el uso seguro de procesos biotecnológicos y productos modificados genéticamente.

Consumir un gen o una proteína, aun en el caso de que no fueran nuevas sino que proviniesen de otra planta (el ejemplo señalado del arroz con genes del maíz), requiere de una cuidadosa evaluación, incluida la eventualidad de ocasionar un cambio no intencional. Muchas plantas contienen de manera natural genes y proteínas riesgosas para la salud, por ejemplo, proteínas que causan alergias. Así, aunque esa proteína juegue un papel muy valioso en la planta silvestre por su calidad alimentaria, no se autoriza su uso en otra planta para mejorar su calidad proteica. Por ejemplo, las nueces contienen proteínas como la albúmina a la cual muchas personas son alérgicas; de esta manera, aunque sea una proteína muy valiosa desde el punto de vista nutrimental, no se podría autorizar el aumento de la proteína de un cereal con el gen de la albúmina, aunque en muchísimas cajas de cereal éste se mezcle con la nuez. Sin embargo, el estado actual de la tecnología permite, por el contrario, eliminar esa proteína de la nuez y elaborar una nuez GM hipoalérgica que pueda comer cualquier persona.

El ejemplo anterior se parece a un proyecto muy avanzado actualmente para elaborar un trigo que no contenga gliadina, la proteína asociada con la enfermedad celiaca, una

especie de alergia que afecta a una de cada 100 personas y las obliga a evitar el consumo de pan, cereales y, en general, todo lo que contenga trigo, cuidando siempre consumir alimentos libres de gluten. El problema de alergias en niños ha crecido de forma alarmante. Hoy en día uno de cada 25 niños es alérgico a algún alimento. Éste es uno de los aspectos que más se vigila en la evaluación sobre inocuidad de un nuevo OGM.

Por otro lado, como consecuencia de la globalización, se han introducido al país, sin aviso alguno, productos “naturales” sin evaluar o comunicar el riesgo. Tal es el caso del kiwi, altamente alergénico debido a uno de sus componentes: la actinidina, o del carambolo que contiene una sustancia tóxica para quienes padecen de problemas renales: parece que a nadie preocupa la introducción de estos nuevos alimentos.

### EL FRACASO DE LOS OGM

En múltiples artículos y discusiones se ha planteado que la agricultura con base en semillas GM es un fracaso. Esto a pesar de que casi 20 millones de agricultores cultivan en 28 países más de 170 millones de has con semillas GM. Que esto sea un fracaso depende de cómo se cuantifique, ya que en términos del alcance que la tecnología habría podido tener para beneficiar la salud y la calidad de vida de los consumidores, definitivamente sí lo es. También es un fracaso el que el debate siga enfrascado en términos del posicionamiento de las grandes empresas del agro en el campo, y no del uso de la tecnología para la solución de problemas locales y de complementación de la producción agrícola nacional.

Y es que éste no es el caso en países como Cuba, Brasil e incluso de China, donde empresas nacionales participan intensamente en el desarrollo y producción de OGM. En Brasil por ejemplo, la empresa estatal Embrapa, distribuye ya a nivel comercial semilla de frijol GM resistente a virus del mozaico, que ha permitido evitar las pérdidas de más de 300,000 toneladas al año que se tenían, lo que para algunos productores representaba incluso el 100 por ciento de su cosecha. La tecnología avanza a pasos tan grandes que en este caso hablamos de un nuevo paradigma que ya no implica traer genes de otras especies a las plantas, sino de insertar información a través del ARN (ARN de interferencia) que “silencia” genes clave del virus e impide su reproducción: plantas genéticamente defendidas.

Ha sido un fracaso también –habría que reconocer– el que alguno de los OGM en actual producción se aplique con los mismos principios que han agotado el sistema de producción tipo revolución verde, aunque en algunos casos se ha evitado o disminuido el uso de pesticidas químicos para beneficio del medio ambiente, de los productores y del consumidor. Ha sido un fracaso que no podamos citar muchos ejemplos de desarrollos biotecnológicos nacionales de esta naturaleza, con beneficios para el medio ambiente, el productor y amplios sectores de la población. Por el contrario, la regulación cada vez más tortuosa, estricta y sobretodo costosa, sólo favorece a las empresas con los recursos para su financiamiento.

¿Habrá más biotecnología en los alimentos del futuro? A más de 20 años de investigación, y después de más de 15 de producción y consumo, es un fracaso que sigamos te-

niendo que explicar que no se puede hablar de “alimentos transgénicos” como un todo, y que la bioseguridad es una actividad que la ciencia ha asumido con absoluto compromiso y seriedad; que, paradójicamente, la regulación, las suspicacias y las sospechas sigan creciendo paralelamente a la información que asegura su inocuidad. Quizás el fracaso más lamentable es que hasta la fecha no hayamos podido definir qué tipo de biotecnología nos conviene como país, establecer las prioridades y, de acuerdo con nuestras necesidades básicas, establecer una política para el campo que permita que todos los sectores trabajen en la misma dirección.



### Bibliografía

KIM, Evelyn. “The amazing multimillion year history of processed food”, *Scientific American*. September 2013, pp. 309, 3, 340-45.

KOTLER, S & P. H. Diamandis. *Abundance: The future is better than you think*. 2012.

“Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados Comité de Biotecnología”. Academia Mexicana de Ciencias, 2007 [en línea] ([http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/por\\_un\\_uso\\_responsable\\_ogms.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/por_un_uso_responsable_ogms.pdf))

RONALD, P.C. y R.W. Adamchack. *La mesa del futuro: Agricultura orgánica, genética y el futuro de la alimentación*, Oxford University Press.

“The New Food Revolution”, *National Geographic*, mayo de 2014.

WRANGHAM Richard. *Catching Fire. How cooking made us human*. Basic Books. 2009.