

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México.

Dra. Marcela Amaro Rosales
Posdoctorante del IIS-FCA Universidad Nacional Autónoma de México y consultora
en BSTI Consulting Group S.C.
Marcela.amaro@bsti.group.com
marxelaser@gmail.com

Una tecnología de largo alcance

Una de las tecnologías emergentes con mayor potencial de desarrollo y crecimiento a nivel mundial es la Biotecnología. Organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han expresado que es una de las áreas de desarrollo científico y tecnológico con mayor incidencia en el sector productivo, económico y social.

La biotecnología ha sido una parte fundamental para el desarrollo agrícola, alimentario, farmacéutico y medio ambiental entre otros. Procesos como la generación de levaduras, la fermentación, la fabricación de yogur, queso, vinagre o la conservación de alimentos a través de la pasteurización son algunos ejemplos del uso que esta tecnología ha tenido a lo largo de la historia.

Pero es gracias al descubrimiento de la estructura del material genético en 1953 de James Watson y Francis Crick que se abrió un abanico de oportunidades debido a la comprensión de que las células son las portadoras de toda la información que determina las características de la materia viva, lo que permite modificar dichas características de muy diversas maneras.

La biotecnología moderna es una actividad multidisciplinaria en donde convergen áreas como la biología molecular, la ingeniería bioquímica, la microbiología, la genómica y la inmunología, entre algunas otras. Es un conjunto de conocimientos y métodos a través

de los cuales se hace uso de organismos vivos para la generación de nuevos productos, procesos y servicios aplicables a las áreas de la agricultura, alimentación, farmacia, química y a la protección del medio ambiente (Trejo, 2010). La diferencia fundamental con la biotecnología moderna con la de primera o segunda generación¹ es la precisión, rapidez y especialización que implica en la actualidad su uso, además de la diversificación de las técnicas y al mismo tiempo la sinergia que existe con distintas áreas científicas, lo cual permite contribuir con soluciones para diversas áreas industriales, tanto en mejoramiento de procesos, productos o servicios.

En síntesis, la biotecnología moderna consiste en la aplicación de técnicas in vitro de ácido nucléico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN y ARN) recombinante y la inyección directa de ácido nucléico en células u organelos, o la fusión de células más allá de la familia taxonómica. Esto significa que es posible aislar genes específicos de un organismo y transferirlos a otro, lo que da lugar a los organismos genéticamente modificados (OGMs). Estos organismos son seres vivos naturales y por ello tienen un menor impacto en el medio ambiente, biodiversidad y salud humana y vegetal (AMC).

Por lo tanto, la biotecnología moderna busca hacer un uso inteligente, respetuoso y sustentable de la biodiversidad, mediante el desarrollo de tecnología eficaz, limpia y competitiva para facilitar la solución de problemas importantes en diversos sectores (Bolívar, 2003).

Aplicaciones y usos de la biotecnología moderna

A lo largo de décadas de investigación sobre las técnicas de recombinación genética se han logrado una serie de avances muy relevantes que en la mayoría de los casos

¹ Se considera que existen tres generaciones en la biotecnología. La primera dedicada a las fermentaciones tradicionales de donde provienen las masas para panificación o las bebidas como cerveza y vino. La segunda o fermentaciones industriales donde encontramos a las tecnologías microbianas, de donde se obtienen antibióticos, enzimas y alcoholes entre otros. Y finalmente la tercera generación o biotecnología moderna que está basada en la tecnología del manejo genético del ácido desoxirribonucleico (ADN) tanto en animales como en plantas.

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

resuelve problemas muy específicos, por ejemplo para el caso de México la producción de insulina, interferones y anticoagulantes para el sector salud, sólo por nombrar algunos.

Otra de las áreas más prolíficas de uso de la biotecnología es en el sector **agroalimentario**, donde la producción agrícola y hortícola se ha visto beneficiada gracias a las técnicas de ingeniería genética que permiten modificaciones de variedades vegetales para mejorar ciertas características propias como el potencial de germinación o bien para generar mayor resistencia a enfermedades, plagas, virus, hongos, bacterias, insectos, nematodos o fitoplasmas, además de adaptación a cierto tipo características físicas y/o químicas de climas o suelos, mejor aprovechamiento de nutrientes minerales, resistencia a la contaminación, además de lograr procesos de fertilización regulada, vida de anaquel prolongada y contenido o acumulación de compuestos de interés alimenticio o clínico (Trejo, 2010). Estas variedades vegetales modificadas son conocidas como Organismos Genéticamente Modificados (OGMs) o transgénicos (como comúnmente se les llama) las cuales se comercializan aproximadamente desde hace 15 años, sin que estas hayan representado algún efecto nocivo para la salud humana o ambiental (López, 2004 y AMC). Por el contrario, ha disminuido el uso de pesticidas y productos químicos, los cuales dañan el medio ambiente y producen graves problemas en la salud humana relacionados con el cáncer.

En términos generales la agrobiotecnología tiene aplicación en la producción de semillas y variedades vegetales, insumos para mejorar su crecimiento y desarrollo, productos y procesos post-cosecha. Pero también es muy relevante lo que se realiza en el sector de **alimentos** industrializados, lo cual involucra el procesamiento (molienda, secado, cocción, texturización, etc.), mejoramiento de la calidad nutricional, la inocuidad, la obtención de saborizantes, aromas, compuestos vitamínicos, bioactivos (antioxidantes, anticarcinogénicos, antitumorales, antihipercolesterolémicos, etc.) y nutraceuticos. El sector de los alimentos se ve beneficiado con nuevos y mejorados sistemas en toda la cadena industrial, ya que como podemos observar, hay aplicaciones desde los primeros pasos del proceso de transformación, hasta el embalaje y almacenamiento.

Además del uso de la biotecnología en el sector agroalimentario, existen diversas aplicaciones para el sector **pecuario** que van desde los sistemas de alimentación animal,

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

la reproducción, la calidad de los subproductos (leche, huevo, carne, proteínas, etc.) hasta los mecanismos de diagnóstico y control de enfermedades. En la actualidad existen grandes avances para la mejora genética de animales lo cual implica la generación de variedades con características grasas, musculares y proteínicas diferenciadas, dependiendo de las necesidades del mercado o los productores y abarca desde porcinos, ovinos, bovinos, abejas, peces, pollos entre otros más.

Principales áreas de innovación en el sector agroalimentaria y pecuario

En síntesis retomando las características antes mencionadas, a nivel mundial las grandes tendencias en cuanto a los procesos de innovación se han dirigido en las siguientes líneas²:

1. Mejoras de la productividad. Generación de nuevas tecnologías en los cultivos que incluyen mejoras en la maquinaria, así como aplicaciones de fertilizantes biológicos para el control de enfermedades, hierba, hongos, etc. Ingeniería genética para mejorar la resistencia de los cultivos o investigación sobre distancias óptimas de producción.
2. Control de riesgos de los productos agropecuarios. Mejoramientos genéticos que evitan la propagación de enfermedades, plagas u hongos.
3. Optimización de las cadenas de suministro. Mejoras de calidad, apariencia, vida de anaquel, refrigeración y empaque.

Controversias en torno a la biotecnología agroalimentaria

A pesar de que la biotecnología tiene una larga historia, en la actualidad se plantea que la ventaja tiene que ver con el uso productivo de seres vivos o sus productos y partes, lo que permite una extensa difusión y aplicación en muchas industrias, y particularmente en todas las actividades productivas basadas en procesos biológicos (OECD, 1989).

² Las líneas presentadas se basan en el documento presentado por SAGARPA 2010 "Retos y Oportunidades del sistema agroalimentario de México en los próximos 20 años"

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

La biotecnología tiene una serie de efectos en el plano económico, se pueden distinguir algunos aspectos como: el desarrollo de nuevos productos, en algunos casos menores costos, lo que a su vez acelera la generación de otros productos; las mayores posibilidades de manipulación de organismos y sus productos que permite diseñar procesos más eficientes en cuanto al uso de energía y materias primas, bajando los costos de producción, además de que reduce los riesgos e incertidumbre al integrar la producción primaria con el procesamiento . En el largo plazo permite el florecimiento de nuevos patrones de producción sostenibles en el tiempo (Jaffé yTrigo,1993).

Sin embargo, a pesar de las ventajas tecnológicas y económicas que se plantean, también existe preocupación por parte de diversos sectores de la sociedad. Por un lado, se encuentran los grupos de pequeños productores en México que ven cierta desventaja dado que las grandes empresas internacionales controlan la producción de este tipo de semillas y variedades mejoradas, por lo que consideran que se puede generar dependencia económica y acentuar el monopolio del sector.

Además existe preocupación por parte de grupos ambientalistas dado que consideran que existen riesgos de contaminación de variedades que no son genéticamente modificadas. Pero cabe mencionar que en México existen mecanismos regulatorios institucionales que tratan de dar certeza a los diversos agentes del sistema. Representados principalmente por la *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM)*, además de organizaciones y comisiones sobre bioseguridad y bioética de diversas secretarías y oficinas públicas. Las cuales se encargan de definir y asegurar la inocuidad de los alimentos que se desprenden de esta tecnología, además de brindar protección a la diversidad propia del país, de manera que el desarrollo científico y tecnológico vaya en equilibrio con las condiciones medio ambientales.

Dada la importancia que tiene el uso y la aplicación de la biotecnología en los sectores agrícola, alimentario y pecuario se ha considerado que es una “tecnología clave” para el desarrollo de México, ya que a pesar de las controversias mencionadas, ésta representa una alternativa de mayor productividad agrícola con implicaciones muy importantes en la economía, pero también por las características propias que derivan en beneficios nutricionales de diversos tipos.

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

El desarrollo y aprovechamiento de esta tecnología, depende de diversos actores, ya que es una tecnología que requiere la convergencia de distintas áreas científicas, pero también requiere de la participación de instituciones de educación superior (IES), centros públicos de investigación (CPI), empresas y gobierno. Todos en conjunto pueden hacer que en México se desarrolle una tecnología armónica y beneficiosa tanto para los productores, como para los consumidores, liderados por una política pública que establezca los límites, metas y oportunidades para todos los agentes del sistema.

En un país como México donde el sector agrícola fue por muchos años base de la economía nacional y sustento de la alimentación de la población, cobra especial relevancia pensar en los beneficios que podrían significar la adopción, implementación y desarrollo de técnicas propias biotecnológicas para la resolución de problemas de abasto y de comercio. Sin embargo, esto también ha representado un conflicto de intereses entre los posibles involucrados, dada la connotación cultural y simbólica que para el pueblo en general representan ciertos cultivos originarios como el maíz, el frijol y el chile (Amaro, 2013). Lo que implica un doble esfuerzo, por un lado proteger a los cultivos criollos y por el otro convencer a la sociedad basados en parámetros científicos, de que es posible obtener beneficios del uso y desarrollo de la biotecnología. Estos son algunos de los temas que deben tomarse en cuenta para la formulación de políticas científicas, tecnológicas y de innovación que cuenten con un amplio apoyo social (Amaro, 2013).

Situación actual de la biotecnología agroalimentaria en México

México cuenta con un cúmulo importante de capacidades científicas y tecnológicas en el área de la biotecnología agroalimentaria, las cuales pueden ser el catalizador del desarrollo de dicho sector.

De acuerdo al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) existen 167 posgrados en el área de biotecnología con alrededor de 3,853 becarios a nivel nacional de maestría y doctorado³. De estos posgrados, el 6% se concentra en investigación en alimentos, el 11% en agrícola vegetal

³ Datos obtenidos de la página www.conacyt.gob.mx consultados el 3 de enero de 2014

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

y el 1% en pecuaria (Trejo, 2010). El 28% se localiza en el centro del país, 18% en el suroriente, 11% en el sureste, 19% en el noroeste, 6% en el noreste y 18% en el occidente.

Además de 2,317 investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores en el área de biotecnología y ciencias agropecuarias y 3,350 investigadores en el área de biología y química (AMC, 2013). Todos estos recursos humanos y la infraestructura que poseen IES y CPIs constituyen parte de las capacidades científicas y tecnológicas del sector y de acuerdo a las tendencias de los últimos años, estas han ido creciendo y mejorando cualitativamente, lo que las sitúa a nivel mundial como altamente competitivas.

Si bien es necesario contar con capacidades científicas e infraestructura, también es necesario contar con un sector empresarial que demande y que contribuya con el desarrollo de la tecnología, a través de la búsqueda conjunta de soluciones para problemas específicos que se enfrentan en el sector productivo y en la sociedad.

Existen diversos tipos de empresas biotecnológicas, las cuales a nivel mundial se dividen en cinco categorías: a) empresas de innovación biotecnológica; b) de innovación en ingeniería; c) de manufactura de productos biotecnológicos; d) de servicios técnicos y analíticos y e) consumidoras de productos e ingredientes biotecnológicos. De éstas cinco, las primeras son aquellas que dominan la cadena de valor y que marcan tendencia tecnológica a nivel mundial, sectorial o regional dado que cuentan con características propias de investigación y desarrollo (I+D) que les permiten mejorar y generar procesos y productos. Generalmente aquí se ubican grandes empresas internacionales que cuentan con una larga trayectoria de I+D, además de los recursos financieros necesarios para invertir en este tipo de proyectos. En México se localizan principalmente empresas que asimilan y adaptan tecnología, además de las empresas consumidoras de productos biotecnológicos. Esto plantea una desventaja con respecto a las empresas que dominan en el sector, pero también representa una oportunidad de aprovechar el conocimiento científico y tecnológico que ya ha sido desarrollado y probado, de manera que este puede evolucionar para dar solución a problemas locales que en ocasiones no son de interés para las empresas dominantes, pero si son demandadas localizadas que pueden representar nichos de oportunidad para pequeñas y medianas empresas nacionales.

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

De acuerdo a algunos datos presentados por Trejo (2010) existen alrededor de 303 empresas biotecnológicas, de las cuales 66 se localizan en la agroindustria, 36 en los alimentos y 18 pecuarias. La mayoría de estas son pequeñas y medianas empresas que se encuentran parcialmente basadas en procesos biotecnológicos; aunque cabe destacar que es en el sector agroalimentario donde se ubica el mayor número de empresas que desarrollan actividades de innovación y que se consideran totalmente basadas en biotecnología.

Dadas las características de las empresas del sector en México, es de especial importancia el desarrollo de tecnología e innovaciones adaptativas, las cuales requieren de la generación de capacidades de absorción que pueden ser complementadas a través del trabajo colaborativo. Es por este motivo que para la biotecnología agroalimentaria es sumamente importante establecer mecanismos de colaboración entre las IES, los CPIs y las empresas, ya que con esto se generan sinergias que ayudan al establecimiento de estrategias, conjuntas para lograr soluciones aplicadas.

En México este es un tema que aún requiere de mucho trabajo, ya que si bien existen capacidades científicas y tecnológicas de alta calidad, aún no se logran establecer mecanismos que ayuden a mejorar las relaciones entre las IES y los CPIs con las empresas, dado que existen una serie de trabas (Amaro y Robles, 2013), entre las que se encuentran: a) problemas para establecer líneas de investigación conjuntas; b) problemas burocráticos en cuanto a los tiempo de realización de las investigaciones y las entregas; c) problemas referentes a la propiedad intelectual; d) problemas de comunicación entre los agentes y e) problemas de difusión sobre las actividades que realizan las IES y los CPIs.

Todos estos problemas obstaculizan el desarrollo del sector, además de otros más como el bajo número de empresas agroalimentarias y pecuarias dispuestas a enrolarse en procesos innovadores y la falta de recursos propios para invertirlos en I+D.

Con respecto a este último punto, si bien las empresas mexicanas cuentan con recursos limitados para invertir en I+D, existen una serie de incentivos gubernamentales a nivel federal y estatal que representan una opción para paliar esta carencia. Desde hace varios

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

años atrás tanto el CONACYT, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaría de Economía (SE) han creado fondos de apoyo para el desarrollo de proyectos con componentes científicos, tecnológicos y de innovación en el sector. Dichos fondos representan una opción para todas aquellas pequeñas, medianas y grandes empresas que buscan convertir a la innovación en uno de sus principales motores de competitividad y diferenciación en el mercado.

Pensando a futuro

La “revolución verde” y los avances tecnológicos que de allí se desprendieron fueron los principales factores que permitieron al sector agroalimentario en México convertirse hasta 1965 en la base del desarrollo económico del país, ya que fue proveedor de alimentos y de materias primas, para la creciente población industrial y para la industria en expansión (Fujigaki, 2004). La revolución verde incluyó la introducción de variedades mejoradas, el riego y el empleo de plaguicidas y fertilizantes minerales en los cultivos básicos, junto con inversiones en infraestructuras institucionales y nuevos programas de investigación (FAO, 1996), lo que produjo un incremento de la productividad, gracias a importantes investigaciones y desarrollos en maíz, trigo, frijol, papa, hortalizas, sorgo, cebada, forrajes y ganadería.

Se obtuvieron nuevas variedades resistentes a las plagas, a la sequía y a los insectos, y con un menor ciclo de desarrollo (Fujigaki, 2004). La revolución verde en México implicó cambios sustanciales en los sistemas de irrigación, además del desarrollo de paquetes tecnológicos compuestos por: semillas, abono y maquinaria. Pero el desarrollo alcanzado se vio mermado en la época de los sesenta debido a un proceso de desarticulación entre el desarrollo agroalimentario y el industrial que se profundizó a partir de 1980 debido a los desajustes macroeconómicos, así como a un desarrollo desigual de los productores resultado del tipo de propiedad y de las características tecnológicas desiguales.

La década de los años 80 marcó fuertes cambios para el sector agroalimentario mexicano, lo que se tradujo en una tasa de crecimiento negativa promedio de 0.31% debido al descenso de cultivos básicos como el maíz, frijol, sorgo y cebada (Pérez y Romero, 2002).

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

Es en este panorama que la Biotecnología juega un papel relevante para el sector, ya que representa una oportunidad tecnológica de recuperar la productividad perdida, a través de una visión incluyente y más abierta de lo que significa innovar y dónde esto no sea la meta en sí misma, sino el proceso mediante el cual resolvamos problemas muy específicos del sector, de la sociedad y del país en general. Debemos pensar en la innovación como un proceso que considera desde las pequeñas adaptaciones y modificaciones, hasta los cambios disruptivos, hay que pensar en el contexto, en nuestro entorno y con eso comenzar a absorber, asimilar y adaptar tecnología. Iniciar como lo han hecho algunas empresas mexicanas, un proceso de aprendizaje, de prueba y error, de explotación y exploración de nuevas vetas, de espacios no cubiertos, de áreas de oportunidad. Ese puede ser el primer paso para que en un futuro no muy lejano podamos ser un país desarrollador de biotecnología en el sector agroalimentario, pero debemos comenzar por generar capacidades propias y complementarlas con el gran potencial que existe en el sector académico nacional, hay que comenzar a entablar comunicación, relaciones y mayor vinculación ya que sin duda esto significará beneficios para las empresas, para las universidades, para los centros de investigación y para la sociedad en general.

Bibliografía

Academia Mexicana de Ciencias. Comité de Biotecnología *Por un uso responsable de los Organismos Genéticamente Modificados*. Anexo

Amaro, M. (2013). Incentivos a la innovación para la biotecnología agroindustrial-alimentaria en México. Tesis doctoral en Ciencias Sociales, especialidad en Economía y Gestión de la Innovación de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco

Amaro M. y E. Robles (2013) Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología Mexicana. *Revista Entreciencias Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*. UNAM, 1(2): 183-195

Bolívar F. (2003) *Recomendaciones para el desarrollo y consolidación de la Biotecnología en México*. CONACYT, AMC y UNAM, México

FAO (1996) Documentos Técnicos de referencia. www.fao.org

Amaro M. (2014) Retos y oportunidades para el desarrollo de la Biotecnología Agroalimentaria en México. En Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico A.C. (ADIAT), trimestre abril-junio. ISSN 1665-0123

Fujigaki E. (2004) *La Agricultura, siglos XVI al XX* coordinador de la colección Enrique Semo, Ed. UNAM- Océano

Jaffe, W.R. y Trigo, E. (1993) "Agrobiotechnology in the developing world. Trends issues and policy perspectives" en *Biotechnology R&D Trends: Science Policy for Development, Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 700.

López A. (2004) "Casos exitosos de la tecnología enzimática y la biocatálisis en México" en Bolívar F. (comp.y ed.) *Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología moderna*. El Colegio Nacional pp. 429-450.

OECD (1989) *Biotechnology, economic and wider impacts*. Paris

Pérez y Romero (2002) "Los instrumentos de la nueva política agrícola" en Calva J. *Política económica para el desarrollo sostenido con equidad*. Ed. Casa Juan Pablos, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. Tomo II México

SAGARPA (2010) Retos y oportunidades del sistema agroalimentario en México en los próximos 20 años. Documento Oficial

Trejo S. (2010) Situación de la Biotecnología en el Mundo. SE, FUNTEC, CIBA-Tlaxcala Disponible en <http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/>