

Incentivos a la innovación en Biotecnología Agrícola-Alimentaria en México: entre políticas y dinámicas del mercado

Marcela Amaro Rosales - Universidad Autónoma Metropolitana

Daniel H. Villavicencio Carbajal - Universidad Autónoma Metropolitana

Resumen

El objetivo de la ponencia es discutir y presentar los resultados de nuestra investigación sobre la dinámica de la Biotecnología Agrícola en México. Dicho proceso ha implicado el estudio de dos factores primordiales. El primero son las políticas públicas, las leyes y reglamentaciones partiendo del supuesto de que pueden ser generadoras de incentivos o desincentivos para los ambientes innovadores; y en segundo lugar las características del mercado de forma que se cuente con un panorama general de los principales agentes.

La inquietud primordial que guía la investigación es determinar cuál es el esquema de incentivos que existe a partir de las políticas públicas implementadas en México para el desarrollo de la Biotecnología y su impacto en el sector agrícola.

Los resultados que aquí se presentan están basados en una serie de entrevistas realizadas a diferentes agentes relacionados con la Biotecnología Agrícola en el país. Se consideró estudiar a tres tipos de actores fundamentalmente: científicos, empresarios y *policy makers*. Además de las entrevistas, se realizó una exhaustiva investigación de fuentes estadísticas públicas que para analizar la evolución de los instrumentos implementados y otros elementos sobre la dinámica tecnológica y productiva del sector.

Palabras Clave: Biotecnología agrícola, reglamentaciones, políticas públicas, leyes, incentivos

1.- Introducción

Existen una serie de estudios sobre de la emergencia de las nuevas tecnologías, como la nanotecnología o la biotecnología acerca del fomento, aprovechamiento y consolidación de los anteriores como *ventanas de oportunidad*. Bajo la premisa de que dichas tecnologías pueden ser aprovechadas de diversas maneras para lograr mejores condiciones, tanto económicas como sociales de la población es que se han considerado como áreas clave de desarrollo. En muchos casos, los planes científicos y tecnológicos de los países o regiones las mencionan o retoman como sectores que deben ser impulsados debido al potencial que representan.

Los análisis realizados¹ en países donde el impulso mencionado viene de tiempo atrás,

¹ Véase (Kaiser & Prange, 2004; Momma & Sharp, 1999; Linskey, 2006; Hsu, et al. 2005; Mehra,1999; Adeoti y Adeoti, 2005; Gittelman, 2006; Dohse,2000; Van der Valk, 2009

muestran que existen factores institucionales que se han modificado o han evolucionado a favor de las tecnologías. En el caso particular de la biotecnología, los estudios indican que variables como las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación, la creación o modificación de incentivos a distintos niveles, el sistema educativo, las leyes, reglamentaciones y los derechos de propiedad, entre otros, han jugado un rol muy importante en su promoción y crecimiento.

En general dichos estudios parten de la existencia de una relación directa entre las transformaciones institucionales y su impacto en la evolución de la tecnología, desde diversas perspectivas teóricas y metodológicas. Entre ellas podemos mencionar el estudio regional o sectorial de la innovación, o los sistemas nacionales de innovación (Mehra, 2001, Niosi y Banik, 2005) o bien desde la idea de un proceso co-evolutivo entre instituciones, relaciones productivas y tecnología (Linskey, 2006).

Comúnmente se considera a los factores institucionales como los cambios en las políticas públicas de ciencia y tecnología, aunque en ciertos casos se retoma la política industrial (en el entendido de que la primera es un componente de la segunda), los mecanismos de incentivos (de diversos niveles y tipos), las modificaciones a los sistemas educativos y finalmente el marco regulatorio legal, focalizando en el tema de los derechos de propiedad.

En el caso de la Biotecnología, los dos elementos anteriores juegan un papel relevante, dadas las características de la tecnología en cuestión. Si bien la Biotecnología ha sido considerada como una de las áreas de desarrollo científico y tecnológico más relevantes en la actualidad (OCDE, 2005; CEPAL, 2009), también ha levantado en el mundo una serie de suspicacias dado que su uso e impacto involucra una relación directa con la naturaleza y el hombre.

Las características de la misma han generado muchas expectativas sobre la incidencia que puede tener en distintas áreas de la vida natural y social. Al mantener una estrecha relación con los organismos vivos, la biotecnología genera desconfianza en cuanto al uso de la información que se obtiene, los procesos que se desarrollan y los productos que se pueden obtener.

El desarrollo de una nueva tecnología genera incertidumbre sobre sus usos y riesgos potenciales. En la mayoría de los casos es difícil prever todas las implicaciones y, sobre todo, la manera en que trastocará la forma de vida en su conjunto. Sin embargo, y a pesar del ambiente de incertidumbre en el cual se desarrollan las nuevas tecnologías, existe cierto conocimiento susceptible de ser usado en la formulación de políticas públicas, reglamentaciones y leyes que delimiten y establezcan el desarrollo tecnológico con un enfoque de bienestar común y responsabilidad social

Presentamos a continuación una revisión de la importancia de las políticas públicas como mecanismos que determinan los incentivos para el desarrollo de la Biotecnología, para después caracterizar al sector Biotecnológico Agrícola. En un tercer apartado presenta parte de los resultados obtenidos en el trabajo de campo y finalmente dedicamos el último apartado a las conclusiones.

2.- Las Políticas de ciencia, tecnología e innovación como generadoras de incentivos

Los incentivos son señales que condicionan, limitan o alientan y, finalmente inducen y refuerzan los comportamientos de los agentes (Puchet, 2008). Éstos se manifiestan a través de una serie de mecanismos que se producen a través de las Instituciones; considerando a las últimas como aquellas prescripciones que los humanos usan para organizar todas las formas de interacciones repetitivas y articuladas (Ostrom, 2005), y que a su vez son restricciones a la conducta individual, al mismo tiempo que posibilitan la existencia de comportamientos que de otra forma serían irrealizables (North, 1981).

Cada clase de incentivo o de mecanismo surge de una institución y cumple con el objetivo correspondiente para inducir o reforzar un comportamiento hasta volverlo autónomo y convertido en una norma social (Puchet, 2008). En el análisis aquí presentado se consideraran los siguientes aspectos como incentivos: *políticas públicas* (a distintos niveles) en tanto que establecen una serie de lineamientos y mecanismos para fomentar cierto tipo de actividades y *leyes y reglamentos* dado que establecen los límites de actuación de ciertos actores en temas específicos y que en el caso de la Biotecnología juega un papel muy importante dadas las características de la tecnología.

La política de ciencia, tecnología e innovación (PCTI) ha sido considerada como una serie de instrumentos que buscan garantizar a las empresas y a los consumidores un acceso adecuado y actualizado a la tecnología al menor costo posible, fomentando la invención, la innovación y las mejores prácticas tecnológicas (Barber yWhite, 1987). Generalmente se considera que la PCTI se dedica básicamente a la asignación de recursos entre los diversos agentes del sistema (Lowi,1972) además de ser la encargada de establecer la estructura de incentivos que estimule a todos los agentes involucrados en las actividades científicas y tecnológicas. (Villavicencio, 2009)

La PCTI se compone de una serie de instrumentos de los que dispone el Estado para alcanzar objetivos enfocados a la creación de riqueza del país, ya que está relacionado con el crecimiento de la productividad y la mejora de la calidad de vida de la sociedad. Así, la PCTI expande su espectro de actuación ya que no sólo se ocupa del fomento de las actividades de investigación y desarrollo, sino también del uso eficiente de las tecnologías, esto significa la explotación de lo generado(Amaro, et al. 2010).

Dependiendo de las características y particularidades de los agentes, es el tipo de política que se implementará. En algunos casos es de vital importancia incentivar el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas, en otros es necesario promover los lazos cooperativos entre empresas y centros de investigación o universidades y en otros es necesario generar incentivos que involucren a muchos otros actores y que impliquen la producción de estrategias para formar ambientes favorables de mercado para la promoción efectiva de innovaciones.

Existen políticas denominadas como verticales, las cuales tienen una direccionalidad

determinada y su objetivo es resolver una serie de demandas bien localizadas, de manera que generalmente se dirigen a grupos de actores definidos previamente. Mientras que hay otras políticas no discriminatorias del tipo de actores, sus necesidades o demandas (Larédo y Mustar, 2001). En la actualidad, los gobiernos se han pronunciado cada vez más por establecer políticas bien dirigidas de tipo vertical, aunque han tratado de no beneficiar demasiado a sectores particulares, debido a la búsqueda de competencia. Esto ha generado en algunos casos políticas no claras y en algunos casos confusas, ya que no se complementa un esquema de incentivos oportuno, ya sea para promover o bien para poner límites.

Otro de los elementos fundamentales que componen la estructura de incentivos para el desarrollo del sector biotecnológico es el marco normativo legal que regula el funcionamiento de las actividades tecnológicas relacionadas. Para el caso de la Biotecnología este aspecto es importante porque hay en torno las implicaciones sobre la salud humana, el equilibrio natural y ecológico o las repercusiones económicas y sociales para ciertos grupos de la población. Particularmente el área agrícola y alimentaria se ha visto inmersa en el debate acerca de las consecuencias con el uso de organismos genéticamente modificados (OGM), tanto para los consumidores, como para los productores (al generar cierta dependencia hacia los proveedores de algunos granos o semillas) y para el medio ambiente (debido a la posible contaminación de especies criollas). Aunque cabe mencionar que la biotecnología no se reduce únicamente a la producción de transgénicos.

Por tales motivos es que la legislación y la reglamentación en el tema son de especial importancia, dado que el Estado las establece para asegurar la apropiación individual adecuada de los beneficios de la generación de nuevo conocimiento, sin descuidar la aplicación social del mismo (Amaro, et al. 2010). Además de que pretende se establezcan límites de actuación de los agentes, permitiendo o prohibiendo cierto tipo de actividades que pueden ser dañinas para algún grupo social o para el medio ambiente. Y finalmente se busca que al establecerse el marco legal, también se establezcan claramente los derechos de propiedad, por ejemplo qué tipo de recursos se pueden explotar, patentar y/o comercializar.

Existen otros aspectos que puede incentivar o inhibir la innovación en las empresas. Según Hadjimanolis A., (2003) existen una serie de barreras que afectan a las empresas, a las comunidades o a los propios países. Dado su origen, dichas barreras se dividen en externas e internas.

Las primeras se generan en el ambiente, son externas a la organización y ésta no puede influir en ellas, entre las que destacan las relacionadas con el mercado (fallas de mercado) y las de gobierno, compuestas por políticas y regulaciones que en ocasiones generan trabas u obstáculos a la innovación por diversos factores, ya sea porque son incompletas, inadecuadas o mal implementadas.

Lo anterior es relevante para este análisis, dado que las actividades biotecnológicas necesitan regulaciones muy claras que ayuden a generar mercados, eliminen parte de la incertidumbre con respecto a los derechos de propiedad y sobre todo traten de disminuir el riesgo que se corre en todo proceso innovativo.

El segundo tipo de barreras, son las denominadas internas. Estas hacen referencia a las características de los miembros de la organización y de la forma como se gestiona la innovación. Se consideran tres tipos de barreras internas: las relacionadas con los agentes, las capacidades con las que se cuentan para desarrollar innovaciones, gestionarlas o inhibirlas debido a la falta de creatividad, entrenamiento, autonomía, motivaciones, etc. Las estructurales que incluyen una serie de obstáculos como flujos inadecuados de información, sistemas de incentivos internos inapropiados o problemas entre las áreas componentes de la organización. Además de inercia estructural, juegos políticos internos y aspectos culturales. Finalmente se encuentran las relaciones con la estrategia de la organización, o sea el planteamiento o la falta de objetivos y metas.

3.-Biotecnología Agrícola – Alimentaria

El sector Agrícola – Alimentario puede definirse de manera tradicional como la producción de alimentos básicos como granos, semillas, vegetales, frutas, etc. La producción de alimentos y bebidas (proceso industrial), así como aquellas industrias que transforman productos agrícolas, ganaderos o pesqueros, aplicándoles un proceso para su conservación o bien transformándolos para producir bienes de consumo o intermedios para la alimentación humana o animal, o para ser utilizados en otros procesos industriales (SE, 2010).

La biotecnología moderna consiste en la aplicación de técnicas *in vitro* de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN y ARN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u organelos, o la fusión de células más allá de la familia taxonómica, que supera las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación, y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional, las cuales se aplican para dar origen a organismos genéticamente modificados². De manera que el sector agrícola-alimentario relacionado con la Biotecnología (que se analiza en este trabajo), se compone por todos aquellos involucrados en el desarrollo de técnicas, procesos o productos mejorados genéticamente o basados en procedimientos moleculares controlados.

La aplicación de la biotecnología en este sector se ha concentrado en la cadena de producción primaria y transformación de productos agrícolas; además de los procesos industriales de transformación de insumos agrícolas para la generación de productos. Esta se ha orientado a las cuatro fases de la producción y transformación agrícola: semillas y variedades vegetales derivadas de mejoramiento tradicional, insumos y sistemas para el manejo agronómico, productos y procesos para el manejo post-cosecha y procesos industriales de transformación de insumos agrícolas para la generación de productos (SE, 2010). En lo que se refiere al área de alimentos, la biotecnología se ha concentrado en la generación de procesos integrados de transformación de productos animales o vegetales, en la producción de ingredientes y en la preparación de alimentos formulados, además de los

² Extraído de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Texto Vigente Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2005

sistemas orientados a la preservación de la inocuidad y la calidad nutricia de los alimentos (SE, 2010).

El tratamiento de la biotecnología desde un enfoque sectorial conlleva el análisis de diversos agentes: a) los productores de conocimiento científico básico y aplicado que pueden ser las universidades y los centros de investigación; b) los usuarios de dicho conocimiento, que suelen ser generalmente los productores agrícolas directos, las empresas agroindustriales y las procesadoras de alimentos.

En el caso mexicano, la identificación de estos tres tipos de agentes no es fácil, sobre todo para los dos últimos tipos de agentes por las deficiencias en la estadística nacional. (ver inciso 4.3)

Por el lado de las empresas productoras y usuarias del conocimiento en biotecnología como insumo para la producción, hemos identificado que en el país existen menos de 100 empresas que producen, utilizan y venden insumos biotecnológicos y la mayoría son pequeñas y medianas empresas. Asimismo identificamos una 300 empresas que de una u otra forma son usuarias de insumos biotecnológicos, ya sea producidos en el país o importados. (Villavicencio et al., 2010).

Las empresas biotecnológicas en México se distribuyen de la siguiente manera: biotecnología farmacéutica 36%, agrobiotecnología 21%, biotecnología alimentaria 14%, fermentaciones y productos biológicos 8%, pecuaria 6% y ambiental 5% (SE, 2010). De las anteriores, el 45% se considera que son parcialmente basadas, 37% relacionadas y sólo 18% totalmente basadas. La mayoría de las empresas del área agro y alimentaria se conforman por pequeñas y medianas empresas, las que han demostrado ser bajas o nulas demandantes de I&D.

A partir del trabajo de campo realizado, identificamos la existencia de pocos agentes productivos en México susceptibles de adquirir y asimilar conocimiento resultado de las investigaciones de las instituciones de educación o laboratorios. Ya que si bien existen las empresas antes mencionadas, la mayoría de éstas no son demandantes de conocimiento, dado que los problemas que enfrentan los pueden solucionar con mejoras técnicas de nivel medio

4.- Entre Políticas y Dinámicas de Mercado, el caso Mexicano

La evidencia presentada en esta sección se divide en tres partes, primero se hará una cronología de las principales políticas públicas existentes a nivel federal³, a continuación se analizan las principales reglamentaciones en el país y finalmente se presentan algunos resultados basados en el trabajo de campo realizado.

³ Es oportuno mencionar que pueden existir diferencias regionales, debido a que cada estado de la federación puede establecer su propia PCTI y por lo tanto su esquema de incentivos, esto ha llevado a que existan Estados muy preocupados por el desarrollo de la Biotecnología y otros que no lo consideran en lo más mínimo. Sin embargo, el estudio aquí presentado se basa en el nivel federal al considerarlo como eje rector y definidor de las políticas en todo el país.

4.1 Políticas Públicas

México cuenta con la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico 1999, la de Ciencia y Tecnología y la Ley Orgánica de CONACYT de 2002 (Dutrénit et al, 2006), además de los Programas Especiales de Ciencia y Tecnología que son el principal instrumento para la aplicación de la política de ciencia y tecnología. El principal encargado de organizar parte de los recursos que se destinan para la CyT en el país es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de una serie de instrumentos de fomento, apoyo y consolidación para los distintos actores del sistema nacional.

La biotecnología ha sido considerada como una de las cinco áreas estratégicas del conocimiento señaladas por el CONACYT dentro del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECYT) 2001-2006. Y dentro del PECyTI 2007-2012 se estableció como uno de los Programas de importancia nacional para el desarrollo del país. Así surgió la iniciativa del Programa para el desarrollo de la Bioseguridad y la Biotecnología. Al revisar los objetivos y estrategias a seguir, se encontró que se establecen varias líneas de acción reconociendo que la biotecnología ha sido desarrollada principalmente en centros e instituciones de investigación pública; por lo que es necesario fomentar la *articulación y la vinculación* entre estos centros de investigación y las empresas, para lograr el desarrollo de tecnología competitiva a nivel internacional, al menos en algunos campos (PECYT 2001-2006), además de fortalecer y ampliar la red de laboratorios de detección de organismos genéticamente modificados de las diferentes instancias gubernamentales y *extender los lazos* con los laboratorios de las instituciones educativas y de investigación (PECyTI 2007-2012).

El énfasis es adecuado, ya que se reconocen fortalezas en la generación de capital humano de calidad internacional, se localizan algunas empresas que desarrollan procesos biotecnológicos y se señalan las debilidades. Lo que establece como relevante la implementación de acciones para lograr vinculación entre las universidades y las empresas. Sin embargo, no se establecen criterios adecuados de premios y castigos que alienten la acción. El diagnóstico es adecuado, pero no se plantean objetivos y estrategias de mediano o largo plazo. No existe formulación de una estrategia nacional e integral, tampoco se establecen esquemas de incentivos para empresas, universidades, modificaciones educativas y fiscales entre otras. Destaca que no existen planteamientos acerca de cómo articular la base científica con la base empresarial y mucho menos estrategias para la creación de mercado para las innovaciones que pudiesen resultar.

Al analizar los documentos oficiales se concluye que no se ha definido un plan integral, estrategia o acciones que alienten el desarrollo de la Biotecnología en el país, y mucho menos se han establecido prioridades o áreas estratégicas de interés. Esto quiere decir que no existe ningún tipo de incentivo hacia el sector, aunque se establezca al sector como una prioridad para el país.

Es claro que existen ciertas áreas de desarrollo que generan suspicacia entre la población, sobre todo porque no ha habido un proceso de información y discusión en torno a lo que significa la biotecnología. Pero es importante identificar aquellas áreas donde existan

capacidades científicas y tecnológicas previas. Por ejemplo, si se tiene una importante historia de investigación en ciertos cultivos agrícolas y un cúmulo significativo de conocimiento, se pueden implementar programas de integración entre productores e investigadores de manera que se formulen agendas compartidas, redituables para ambos. Al ser el Programa Especial de Ciencia y Tecnología el instrumento fundamental de planeación del gobierno federal, se pierde focalización y existe demasiada generalidad. La definición de áreas claves de desarrollo, no tiene sentido si no se genera una estrategia propia para cada área propuesta.

Aun siendo encargado de algunas herramientas e instrumentos de fomento a la innovación, CONACYT no establece criterios diferenciados de apoyo y ninguna de las áreas claves tiene prioridad sobre las otras, ya sea para programas, proyectos, financiamiento y mucho menos existe un programa especial. A diferencia de países como Alemania donde se apostó fuertemente por crear la llamada Bio-Región o los Bio-Clusters de algunos países europeos; o los programas focales hacia la biotecnología agrícola en Canadá con fuertes incentivos mediante los derechos de propiedad y los mecanismos de comercialización (Niosi Y Bas, 2004). Lo que demuestran los países citados es que no solamente es necesario plantear las prioridades, sino incentivos dirigidos.

Existen una serie de apoyos otorgados a través de distintos fondos en el país, que podrían considerarse como incentivos para el desarrollo de la biotecnología, pero cada uno cuenta con una naturaleza distinta. Por ejemplo, el Fondo de Innovación Tecnológica de la Secretaría de Economía-CONAYCT emite una convocatoria que especifica una serie de sectores que considera relevantes, entre ellos al sector “agroindustrial-alimentario”. Al ser proyectos innovadores, muchos de ellos se relacionan con biotecnología en aspectos como métodos de fertilización, parasiticidas, herbicidas, envolturas, conservación de alimentos, modificaciones de ciertas semillas o granos, etc. Este fondo es interesante dado que constituye un estímulo para empresarios, ya que colabora con una parte del monto total para llevar a cabo los proyectos.

También es interesante mencionar que al analizar parte de los proyectos que aquí se han presentado, descubrimos que una de las áreas más dinámicas es justamente la agroindustrial-alimentaria, ya que cuentan con un importante número de proyectos que han sido financiados. En algunas entrevistas que hemos realizada a las empresas que ejecutan estos proyectos, destacan aspectos como la creación de pequeños centros de I+D en las empresas, el desarrollo de insumos para mejorar nutrientes para consumo humano o animal, la sustitución de químicos por fertilizantes naturales e incluso el aprovechamiento de material orgánico como sustituto de combustible⁴. La mayoría de estos proyectos son ejecutados por PYMES y en algunos casos las empresas han recurrido a Centros de Investigación para contratar servicios de pruebas y certificación y para co-desarrollo de tecnología, lo que da cuenta del esfuerzo por estrechar vínculos de las empresas con las

⁴ Actualmente nos encontramos realizando un estudio de impacto del Fondo de Innovación Tecnológico por encargo de la Secretaría de Economía y el Conacyt, a partir del cual hemos realizado una docena de entrevistas a empresas con proyectos de innovación en el área agroalimentaria y con aplicaciones de biotecnología, de un total de 36 proyectos aprobados en el sector agroalimentario. Los proyectos aprobados para esta rama industrial representan más del 20% de los proyectos aprobados por el Fondo

universidades

El “Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SAGARPA-CONACYT-COFUPRO)” es un instrumento desarrollado por el gobierno mexicano con la finalidad de resolver problemas del sector, además de promover el desarrollo de los mismos. En general, los Fondos Sectoriales son fideicomisos que las dependencias y las entidades de la Administración Pública Federal conjuntamente con el CONACYT pueden constituir para destinar recursos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en el ámbito sectorial correspondiente⁵. Sus objetivos principales son la promoción del desarrollo y la consolidación de las capacidades científicas y tecnológicas en beneficio de los sectores. Y la canalización de recursos para coadyuvar al desarrollo integral de los sectores mediante acciones científicas y tecnológicas.

En estudio sobre el impacto de dicho programa en el desarrollo de soluciones tecnológicas e innovaciones en el ámbito agropecuario, observamos que entre 2002 y 2006 se aprobaron más de 400 proyectos. De esos, menos de una cuarta parte puede ser considerada como proyectos de verdadero impacto tecnológico para el sector. Sin embargo, nuestro estudio reveló que la mayor parte del desarrollo de conocimiento tecnológico corresponde a universidades y centros públicos de investigación y que la participación de empresas en este tipo de programas es extremadamente baja. (Villavicencio et al. 2009)

Los anteriores son los instrumentos para el desarrollo tecnológico de la biotecnología agrícola-alimentaria. Si bien no están dirigidos a ésta área en específico, si pueden ser considerados como incentivos indirectos ya que pueden aprovecharse, aunque compitan con otros muchos sectores y no exista una jerarquización precisa.

En comparación con lo que sucede en el ámbito tecnológico e innovativo, el desarrollo de capacidades científicas es mayor como resultado de una estructura de incentivos que comprende becas de posgrado y un programa de apoyo a los investigadores a través del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Muestra de lo anterior es que hasta 2004 se contaba con un total de 750 investigadores en biotecnología (Possani, 2004), pero para 2010 se reporta que son aproximadamente 3100 investigadores de las áreas de biotecnología y biociencias aplicadas. Sin duda, esto nos habla de un sistema de incentivos eficiente para el desarrollo de capacidades científicas.

4.2 Leyes y Reglamentaciones

México cuenta con la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), la cual busca “regular las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal

⁵ <http://www.conacyt.mx/>

y acuícola”⁶.

La Ley representa un avance significativo en diversos aspectos, por ejemplo la evaluación de inocuidad que se realiza junto con la Secretaría de Salud para concluir si un nuevo alimento es igualmente seguro y nutritivo que el producto homólogo convencional con el que se le ha comparado (Solleiro, 2005). Aunado a la LBOGM se han creado otras regulaciones significativas como lo es la Ley Federal de Variedades Vegetales en la cual se establecen las bases para la protección, comercialización y fomento de la innovación en semillas y material vegetativo. Después de revisar lo que estipula la ley, concluimos que existen una serie de incentivos importantes sobre todo para la transferencia de tecnología, trata de generar condiciones de mercado dado que se reconocen una serie de derechos para los obtentores de variedades vegetales, que aunque no cuenta con los mismos beneficios que la patente, si se establece un periodo de explotación por 18 años. Esto sin duda es muy importante, dado que establece incentivos relacionados con los derechos de propiedad, tema de mucha controversia en la Biotecnología, dado que al ser organismos vivos sobre los que se realizan modificaciones queda la incertidumbre de quienes pueden hacer uso y explotar los recursos biotecnológicos que se generan⁷.

A partir de una serie de controversias generadas por distintos motivos se forma a finales de los años 80's el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA) como cuerpo asesor de la Secretaría de Agricultura (Antal, 2008), se realizaron una serie de reformas entre las que destaca la de 1994 a la Ley de Sanidad Vegetal, donde se estableció por primera vez la definición de “material transgénico” y su relación con los insumos fitosanitarios en el país.

En 1999 se declaró la moratoria a la experimentación del maíz, después de algunos años de haberse permitido sin ningún tipo de reglamentación y después de realizarse el primer foro acerca del flujo genético, en el cual se logro la definición de áreas permitidas y restringidas para la experimentación, así como del segundo foro en 1997, con la finalidad de discutir los modelos de riesgo en la experimentación del maíz y después de graves problemas para definir el no efecto de las pruebas y falta de evidencia contundente y bajo una gran presión social. En conclusión, la moratoria fue declarada debido a que no pudieron esclarecerse los efectos y posibles riesgos de los OGM's, esto hasta el día de hoy es tema de amplios debates no sólo en México, sino en el mundo entero.

También en 1999 se formó la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), encargada de establecer las políticas relativas a la seguridad de la biotecnología con respecto al uso de OGM's, además de las políticas de producción, importación, exportación, movilización, propagación, liberación, consumo, uso y aprovechamiento los OGM's sus productos y subproductos.

⁶ Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Texto Vigente Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2005

⁷ El esquema regulatorio se complementa con la Ley de Sanidad Vegetal y la Ley de Propiedad Industrial, no descritas aquí dado que no son específicas en cuanto al uso o generación de la Biotecnología, pero que de manera indirecta afecta a su desarrollo.

Además de los organismos mencionados anteriormente, existen otros relacionadas directa o indirectamente con la regulación de la biotecnología en México. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) busca promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad. La Comisión Federal para la protección contra riesgos sanitarios (COFEPRIS), que se encarga de todo lo relacionado con la salud y por consiguiente, se encarga de supervisar el control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y sus componentes, células de seres humanos, lo que se relaciona directamente con la biotecnología médica. Por último se encuentra la Comisión Nacional de Bioética (CNB) como órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud, con autonomía técnica y operativa, que se encarga de observar y generar recomendaciones.

Tanto la CIBIOGEM como la CNB mantienen una relación directa con el quehacer de la Biotecnología, en especial con la producción agrícola y alimentaria. Pero a pesar de que existe una caracterización de sus actividades y la incidencia que debiesen tener, al realizar el trabajo de campo se evaluó que tienen un impacto moderado en la investigación que se realiza y sobre todo en las actividades tecnológicas de las empresas. En ocasiones, investigadores y empresarios desconocen la existencia de dichas organizaciones. Además de que en conjunto se proponen participar activamente en la formulación de políticas públicas, esto no ha sucedido o por lo menos su actuación ha sido más reactiva que proactiva. Su papel en el diseño de políticas ha sido débil y en ocasiones no ha existido.

Cabe agregar que México participa en el “Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la diversidad Biológica”, en donde se establecen una serie de medidas acerca de de la manipulación, transporte, envasado, información de OGM’s, además del control y manejo de riesgos. Pero aún no se han establecido los mecanismos para hacerlo cumplir⁸.

4.3 Dinámica de Mercado

La capacidad científica aplicable al desarrollo de la Biotecnología Agrícola en el país es amplia y diversa. La exploración hecha en este trabajo muestra que existe un cúmulo muy importante de centros de investigación especializados en el tema y reconocidos internacionalmente como se muestra en el cuadro siguiente. En general, se ha considerado que existen alrededor de 1000 investigadores dedicados a la Biotecnología – en sus diversas aplicaciones- que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores y más de 2000 que trabajan en áreas relacionadas con la misma, ya sea porque usan técnicas, herramientas o procedimientos de la biotecnología (SE, 2010).

Cuadro 1. Infraestructura Pública en Biotecnología

⁸ México también ha suscrito su participación a la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC), a la Organización Norteamericana de Protección de Plantas (NAPPO) , a la Organización Mundial para la Salud Animal (OIE) y a la Comisión Codex Alimentarius. Sin embargo, no existe un cumplimiento cabal de los acuerdos allí establecidos, ya que al recabar la evidencia a través de entrevistas se observó que pocos agentes y organizaciones conocen este tipo de reglamentación y aún menos la consideran.

Universidades y Laboratorios universitarios	Centros Públicos y Otros
Instituto de Biotecnología (UNAM)	
Centro de Ciencias Genómicas (UNAM)	
Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (CINVESTAV)	Parque de investigación e innovación tecnológica (NL)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unida Querétaro (CINVESTAV)	Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, S.C. (CIBNOR), CONACYT
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato (CINVESTAV)	Productora Nacional de Biológicos Veterinarios (PRONABIVE)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unidad Ciudad de México (CINVESTAV)	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias INIFAP
Instituto Tecnológico de Celaya (TECELAYA)	Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (UdeG)
Instituto de investigación en biología experimental (Univ.Gto)	Universidad Iberoamerica (UIA)
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), IPN
Centro de Investigación en Biotecnología (UAEM)	Centro de Capacitación Sanitaria (CECASA)
Centro de Incubación de Empresas y Transferencia Tecnológica (UANL)	Centro de Ciencias de Sinaloa (CCS)
Centro de Biotecnología (ITESM)	Centro de Investigación Científica de Yucatán, S.C. (CICY), CONACYT
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (UABC)	Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID FYMA)
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), IPN	Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ), CONACYT
Facultad de Medicina (FM), UNAM	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Unidad Michoacán y Unidad Oaxaca (CIDIR), IPN
Facultad de Química (FQ), UNAM	Sociedad Mexicana de Toxicología (SMT)
Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), UNAM	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), CONACYT
Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), CONACYT
Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB)	Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnología Avanzadas (UPIITA) IPN
Universidad Tecnológica de Torreón (UTT)	Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y Xochimilco

Elaboración propia con datos de *Borderless Biotech & Mexico's Emerging Life Sciences Industry*. Crossborder Group Inc. Junio 2007 y PECyT 2001-2006

Si bien existe capacidad científica y una masa crítica de capital humano en el sector de biotecnología, consideramos que no ha sido utilizada por diferentes motivos. En primer lugar existe una baja colaboración entre las universidades o centros de investigación con las empresas, debido a trabas burocráticas y culturales que han impedido establecer una relación par co-innovaciones entre universidades y empresas. En segundo lugar, existe un fuerte desconocimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de las universidades y centros de investigación por parte de las empresas.

De manera paralela, el principal incentivo con que cuenta la comunidad científica nacional

hace referencia a su incorporación y permanencia en el Sistema Nacional de Investigadores, que utilizar como principal criterio de evaluación la publicación de artículos científicos en revistas de circulación internacional. En el reglamento del SNI, el desarrollo de patentes es un aspecto contemplado en los mecanismos de promoción pero no así el desarrollo de tecnología de manera conjunta con empresas.

Lo anterior constituye una gran contradicción porque según los datos de la Secretaría de Economía, México es un importante consumidor de diversos productos biotecnológicos, con un mercado en constante crecimiento, pero la demanda se satisface con importaciones. Esto al parecer es resultado de que no existen incentivos adecuados, sobre todo para que las empresas decidan invertir tanto en I&D o bien recurrir a los centros o universidades donde se realiza. Junto con esto, destaca el hecho de la falta de recursos suficientes para generar innovaciones, ya que aunque existen fondos como los mencionados anteriormente, no son suficientes y tampoco deberían ser el único mecanismo de financiamiento.

Otro de los factores cruciales en el desarrollo de la Biotecnología agrícola tiene que ver con la estructura de la producción. En México en el sector agrícola existen un gran número de pequeños productores con capacidad de producción relativamente baja, ya que cuentan con pocas hectáreas y en ocasiones de mala calidad. Esto genera que las demandas de tecnología sean sólo de cierto tipo, pero no tienen necesidad de implementar grandes mejoras debido a que en muchas ocasiones su producción es de autoconsumo. De acuerdo con nuestras entrevistas a varios de los centros públicos de investigación en biotecnología, las principales empresas exportadoras de frutas y hortalizas del país suele recurrir a dichos centros para pruebas químicas, para certificaciones y otros servicios tecnológicos, pero muy pocas veces adquieren insumos derivados de la investigación aplicada para mejorar la producción agrícola o el tratamiento de alimentos. Por ejemplo en el caso de CINVESTAV-I que es uno de los principales centros de investigación en biotecnología de alimentos del país, donde se realiza investigación básica y de acuerdo con los informes de la unidad de vinculación, se detectaron sólo 14 proyectos vinculados con empresa de 1998 a 2005.

Existen unas 15 grandes empresas transnacionales de producción agrícola o de alimentos que si demandan tecnología, pero generalmente cubren esa demanda con sus propios centros de investigación que en ocasiones no se encuentran en el país. Bajo este esquema de producción, sólo algunos grupos de productores organizados ya sea en cooperativas, integradoras, asociaciones o medianas empresas son las que demandan tecnología.

5.- Conclusiones

Con este trabajo hemos querido identificar los mecanismos a través de las políticas públicas de ciencia y tecnología, las reglamentaciones y legislaciones vigentes que generan incentivos para el desarrollo de la Biotecnología agrícola- alimentaria en México.

Lo anterior implicó realizar una revisión lo más completa posible de elementos que nos ayudaran a definir el tema de los incentivos, partiendo del hecho de que la Biotecnología es considerada en México como un área prioritaria de desarrollo científico, tecnológico y

económico. Dado lo anterior, nos hemos preguntado si los mecanismos implementados funcionan como incentivos o desincentivos. La respuesta es aún ambigua ya que si bien existe cierto intento por establecer un marco legal acompañado de las políticas, no encontramos direccionalidad, ni objetivos claramente establecidos. Lo que ha llevado a la generación de incentivos “distorsionados” o “contradictorios” en algunos casos.

Las políticas de ciencia y tecnología a nivel federal han puesto especial interés en la formación de recursos humanos especializados, a través de distintos proyectos como el otorgamiento de becas o el sistema nacional de investigadores. Esto ha significado un crecimiento de la masa crítica tanto a nivel país como a nivel estatal, pero no existen los incentivos adecuados para que los recursos humanos científicos sean capaces de movilizarse hacia el desarrollo tecnológico y aplicado.

La política pública ha puesto demasiado énfasis en el desarrollo de capacidades científicas y el resultado ha sido positivo pues es una condición para el desarrollo de capacidades de innovación. Sin embargo, existen desfases entre la generación de incentivos para la creación de capacidades tecnológicas y de innovación por parte de las empresas.

Si bien existen programas de fomento al desarrollo tecnológico y la innovación donde una parte de los recursos representa un subsidio gubernamental, y aunque los proyectos para el área agrícola y de alimentos han ido en aumento, consideramos que aun es insuficiente el desarrollo de capacidades de innovación por parte de las empresas. Es mayor la masa crítica de científicos en biotecnología que el número de empresas que pudiesen aprovechar al menos parte del conocimiento que se desarrolla en las instituciones de investigación.

Dada la estructura del mercado nacional, las empresas no tienen la necesidad de desarrollar innovaciones, en tanto que pueden mantenerse con su cuota de mercado nacional tal y como hasta ahora lo han hecho. Junto a lo anterior, consideramos que a pesar de la existencia de reglamentaciones y leyes referentes al tema, por sí mismo controversial, éstas no constituyen un elemento crucial que modifique la conducta de los agentes, en muchos casos por desconocimiento. Esto quiere decir que son reglas y leyes en desuso que no se han adaptado ni internalizado en la sociedad.

El caso de México muestra que la generación de incentivos debe responder a una estrategia global que implique no solamente considerar a un grupo de actores, sino a todos los involucrados, entendiendo sus diferencias y particularidades. Además de lo anterior, es necesario formular mecanismos que ayuden a la conformación de un mercado más competitivo, sobre todo con la atracción de inversiones que agreguen valor a la actividad agrícola y alimentaria mediante la explotación del conocimiento en biotecnología.

Bibliografía

ADEOTI J. & ADETOLA A. Biotechnology R&D partnership for industrial innovation in Nigeria en **Technovation** n. 25, p. 344-365, 2005.

ANTAL E. Interacción entre política, ciencia y sociedad en biotecnología. La regulación de los organismos genéticamente modificados en Canadá y México. **Revista Norteamérica CISANUNAM**, v. 3 n.1 p. 11-63, 2008.

AMARO M., MORALES A., VILLAVICENCIO D. Regulación y perspectiva de la Biotecnología en México. En **V CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD 2010**, Guanajuato México. Disponible en http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2010/MT3/SESION2/MT32_MAMAROR_058.pdf

AMARO M., MORALES A., VILLAVICENCIO D. Políticas Públicas, fomento y reglamentación de la Agro- Biotecnología en México. En **VIII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología 2010** Buenos Aires Argentina. Disponible en <http://www.esocite2010.escyt.org/>

BARBER, J. & GEOFF, W. Current policy practice and problems from a UK perspective en **Economic policy and technological performance**. Dasgupta P. & Paul Stoneman. Cambridge University Press. New York, New Rochelle, Melbourne, Sidney, 1987

CEPAL Los paradigmas tecnoeconómicos TIC y Biotecnología. En CEPAL (Eds.), **La transformación productiva 20 años después. Viejos problemas, nuevas oportunidades** p. 149-169. Chile, 2009

COMISIÓN EUROPEA **Convenio sobre la Diversidad Biológica: Aplicación en la Unión Europea**. Bélgica: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2006

DOHSE D. Technology policy and the regions, the case of the Bio-Region contest en **Research Policy** v. 29, p. 1111-1133, 2000

DUTRÉNIT G.et al. Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México 2000-2006. **Foro Consultivo Científico y Tecnológico y CONACYT**. México, 2006

GITTELMAN M. National institutions, public-private knowledge flows, and innovation performance: A comparative study of the biotechnology industry in the US and France en **Research Policy** n. 35, p. 1052-1068, 2006

HADJIMANOLIS A. The Barriers Approach to Innovation en Shavinina L. (ed), **The International Handbook on Innovation**, Elsevier Science Ltd, p. 559-573, 2003

HSU G. et al, Policy tools on the formation of new biotechnology firms in Taiwan en **Technovation** n. 25, p. 281-292, 2005

LARÉDO Ph. y Ph. **MUSTAR Research and innovation policies in the new global economy**, E. Elgar, Massachusetts, 2001

LYNSKEY M. Transformative technology and institutional transformation: Coevolution of biotechnology venture firms and the institutional framework in Japan en **Research Policy** n. 35

LOWI T. Four systems of policy, politics and choice en **Public Administration Review** v.32, n.4 p. 299-320

NORTH, D. **Structure and Change in Economic History**. Nueva York: WW Norton. 1981

NORTH, D. **Instituciones, cambio institucional y desempeño económico**. México: FCE. 2006

- MEHRA K. Indian system of innovation in biotechnology a case study of cardamom en **Technovation** n. 21, p. 15-23, 2001
- MÉXICO. Diario Oficial de la Federación, 11 de julio de 1996
- MÉXICO. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Texto Vigente Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2005
- MÉXICO. Foro sobre **Flujo Genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico**. Realizado en el año de 1995, con sede en el CIMMYT
- NIOSI J. & MARK B. The evolution and performance of biotechnology regional systems of innovation en **Cambridge Journal of Economics** n. 29, p. 343-357, 2005
- OECD, Biotechnology, economic and wider impacts. Paris, 1989
- OCDE **The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda**. Consultado el 12 de mayo de 2010 de: <http://www.biomatnet.org/publications/1630be.pdf> 2005
- Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2001-2006**. Poder Ejecutivo Federal, México.
- Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2007-2012**. Tomo II, Poder Ejecutivo Federal, México.
- PUCHET M. Incentivos, mecanismo e instituciones económicas presupuestas en el ordenamiento legal mexicano vigente para la ciencia y la tecnología en Valenti (coord.) Ciencia, tecnología e innovación . Hacia una agenda de política pública. p. 169-190 Flacso, México 2008
- Trikarty e Hiperion Biotech para Genoma España. La Biotecnología en México. **Consultoría privada**, 2005
- ROBERT K., HEIKO P. La reconfiguración del Sistema Nacional de Innovación – el ejemplo de la biotecnología en Alemania en **Research Policy** n. 33 p. 395–408, 2004
- SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA **Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos**. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2000
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA, FUNTEC, CIBA-Tlaxcala **Situación de la Biotecnología en el Mundo**. 2010 Disponible En <http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/>
- SOLLEIRO, J.L. *et al.* **Capacidad de la Biotecnología Agropecuaria y acuícola en México** Informe privado, 2005
- VAN DER VALK, et al. Conceptualizing patterns in the dynamics of emerging technologies: The case of biotechnology developments in the Netherlands en **Technovation** n. 29, p. 247-264, 2009
- VILLAVICENCIO D., Recent changes in science and technology policy in Mexico: innovation incentives en Martínez J.M. (Ed.) **Generation and Protection of Knowledge: intellectual property, innovation and economic development**, ECLAC, United Nations, Santiago, pp. 263-290, 2009
- VILLAVICENCIO D., E. BAÑUELOS Y V. GUADARRAMA **Clasificación de productos innovaciones y mecanismos de transferencia** del Fondo SAGARPA, Reporte final para CONCAYT, México, 2009

Villavicencio D. et al. Hacia la construcción de sistemas regionales de innovación en México, **Informe para el BID**, Washington D.C., 2010