

# Biotecnología y encadenamientos en México: ¿oportunidad para consolidar un sector base?

*Biotechnology and chains in Mexico: is it an opportunity to consolidate a base sector?*

Marcos Noé Maya Martínez\*

4



## Palabras clave

*Políticas de planificación*

*Cambio tecnológico*

*Gestión de la innovación y de la investigación  
y desarrollo*

*Estudios de industria*

## Key words

*Planning policy*

*Technological change*

*Management of technological  
innovation and R and S*

*Industry studies*

**Jel:** *O21, O3, O32, L6*

\* Profesor de asignatura del Posgrado de Urbanismo de la UNAM. Este trabajo es parte del PAPIIT IN 307319 “México frente a la revolución 4.0. Los sectores emergentes como pilares de desarrollo”.

## Resumen

La biotecnología es considerada una de las tendencias en la llamada revolución 4.0 en la etapa actual de la globalización, y en México se cuenta con una base institucional que lo pone a la cabeza en América Latina en este rubro por contar con una amplia red de universidades y centros de investigación públicos y privados que forman recursos humanos especializados que puede sentar la base de un sector impulsor de actividades que hasta ahora sólo ha beneficiado a empresas transnacionales debido a las limitaciones financieras y tecnológicas de empresas pequeñas. Como se demuestra en este trabajo por medio de la interpretación conjunta de los encadenamientos y mediciones de asociación productiva, la investigación biotecnológica y ramas económicas como las de la salud humana y animal, representan un ámbito en el que se puede gestar el inicio de una política de fomento a otras actividades que agreguen más valor de México en las cadenas globales.

## Abstract

Biotechnology is considered one of the trends in the so-called 4.0 revolution in the current stage of globalization, and in Mexico there is an institutional base that puts it at the forefront in Latin America in this area because it has a wide network of universities and public and private research centers that train specialized human resources that lay the foundation for a sector that promotes activities. So far only transnational companies have benefited due to the financial and technological limitations of small companies. This work will interpret the chains and measurements of productive association of biotechnological research with economic branches such as human and animal health, which represent an opportunity to create the beginning of a policy to promote other activities that add more value to Mexico in global chains.

## Contexto de la biotecnología en México

En el mundo actual, la investigación científica aplicada a la producción ha girado en torno a un concepto denominado revolución 4.0, cuya implicación en el modo de producción capitalista es de grandes cambios en la organización y división internacional del trabajo a nivel mundial. Entre los sectores de punta en el mundo se encuentra la biotecnología y la nanotecnología, los cuales están generando una nueva revolución industrial en la que México puede jugar un papel importante y un rol creciente dentro de las cadenas globales de valor.

Según Izquierdo Tolosa y Pérez Zazueta (2014), entre 2008 y 2017, la industria biotecnológica en el mundo ha tenido tasas de crecimiento a nivel mundial entre el 8.2 y el 10.2%. La mayoría de los clústeres en biotecnología están en países industrializados con potencial de inversión en investigación y desarrollo como Estados Unidos y Europa. En el primero se canalizaron montos de 27,374 millones de USD, preponderantemente en el sector de la salud donde las grandes farmacéuticas acaparan este ámbito de innovación.

Dentro del mundo subdesarrollado, aún en los países emergentes, son casi inexistentes los casos de un progreso importante en estas ramas tecnológicas, sin embargo, la excepción le da a México una singular posición debido a contar con centros de investigación y universidades que han tenido el acierto de virar hacia estos campos del conocimiento.

En el caso de México, la biotecnología se desarrolla en el rubro de la salud humana y veterinaria, la modernización agrícola, la protección al ambiente, biocombustibles, entre otras, lo que muestra una evolución importante, a diferencia de otros países en la región latinoamericana, por la fuerte influencia e inversión de instituciones públicas de educación supe-

rior. Según Pro México, apoyada en datos de OCDE, México en promedio ocupa el lugar 21 a nivel mundial en el siglo XXI en patentes, las cuales tienen un valor de 88 millones de dólares, monto que le ha valido ser el primer lugar en la región (Izquierdo y Pérez, 2014).

De 2004 a 2014, las patentes en biotecnología crecieron en 22% en México, por lo que el país alcanzó en ese último año el lugar 10 como productor de patentes y 5° proveedor de Estados Unidos.

Entre los factores favorables que colocan a México con ventajas comparativas en la investigación biotecnológica se consideran aspectos ambientales y socioeconómicos, es decir se cuenta con una biodiversidad en ecosistemas y especies significativa. Asimismo, se tiene lo que se denomina capital humano, lo que se traduce en recursos profesionales y personales altamente calificados. La conjugación de estos dos elementos previos posibilita que los costos de manufactura y de investigación en biotecnología sean bajos en términos relativos, tal como se consigna en el documento de Izquierdo y Pérez (2014).

Con las fuentes señaladas, es posible apreciar que, si bien en las regiones noreste y occidente de México ha crecido vertiginosamente la investigación en biotecnología, la región centro guarda una preponderancia no equiparable. La Región Centro de México genera 236 de los 413 programas educativos asociados a la biotecnología (57%), 139 de 186 programas de licenciatura (75%) y más del 40% de los programas de posgrado. Entre las instituciones que encabezan este esfuerzo se halla la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Autónoma de Puebla. Sin embargo, en este artículo no es la intención centrarnos en analizar las diferencias y aportaciones regionales en investigación

biotecnológica, sino explorar una perspectiva nacional, llevando el análisis a la perspectiva económica, apuntando a la importancia para México de gestar una ventana de oportunidad, para el desarrollo de un sector base apoyado en este campo que permita un empuje de sectores en diversas ramas productivas, generando eslabones de valor no sólo para las empresas transnacionales farmacéuticas o de alimentos, sino para empresas nacionales que no desfilan a nivel mundial por su permanente distancia con la innovación tecnológica.<sup>1</sup>

El presente análisis se apoyará en los enfoques shumpeterianos y porterianos sobre la importancia de la innovación en el desarrollo de ventajas comparativas, con el objetivo de explorar cómo México puede desarrollar una competitividad estructural que le permita expandir los mercados y, por ende, encabezar el liderazgo regional en ciertas ramas, como lo han hecho históricamente los países que encabezaron las diversas revoluciones industriales.

Las ramas económicas que generan una fuente de innovación, reducen costos no sólo en su producción, sino también en ramas en las que participan clientes y proveedores, lo que detona una tendencia a la eficacia y eficiencia<sup>2</sup> de una cadena productiva convirtiéndola en una cadena de valor (Maya, 2021). Justamente en este aspecto se enfoca esta investigación: en identificar si las ventajas que tiene México en

1 No obstante, hay que considerar las diferencias entre regiones si se quiere reflexionar y sugerir estrategias y políticas subnacionales.

2 El término eficacia y eficiencia aplicado a los ámbitos de los encadenamientos globales de valor, implican en conjunto una condición de competitividad que permiten una ventaja en los emplazamientos regionales o nacionales basada en altos estándares de calidad mundial con la que se inserta en la cadena de necesidades de proveeduría transnacional (eficacia), con una alta productividad que es la mejor manera de reducir costos (eficiencia).

América Latina en la investigación biotecnológica se puede traducir en la creación de un sector base que permita a empresas nacionales de diversos ramos productivos aprovechar los bajos costos de esta innovación.

Es importante señalar que, a diferencia de Amaro (2019) que considera que la biotecnología no se agrupa en un sector sino más bien es una tecnología que se aplica a ramas económicas definidas, en esta investigación si se considera que hay una serie de actividades económicas e institucionales agrupadas que si es posible identificar por medio de al menos dos clases de actividad que se agrupan en lo que se denominan *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida*, y que son la base para impulsar la biotecnología.

Por medio de los componentes principales (Feser y Bergman, 2000) se identificarán sectores y ramas asociadas a la investigación biotecnológica como son los servicios institucionales, servicios profesionales y de generación de científicos. Por otro lado, a través de un análisis de encadenamientos (Chennery y Watanabe, 1959) se buscará establecer si existe en el entramado de las relaciones sectoriales la posibilidad de presumir un sector base. Con base en estos resultados se podrán dar conclusiones que apunten a sugerir líneas de acción para el fortalecimiento de la ciencia mexicana vinculada a la biotecnología dentro de la revolución 4.0.

### Ruta de la presente investigación

Se usará la Matriz Insumo Producto de INEGI desagregada por ramas económicas a nivel nacional. Para fines de medir los impactos sectoriales más recientes se tomará la estructura de la MIP 2013 de INEGI, sin embargo, se tomarán, como ya se hizo en la introducción una auscultación de datos más recientes.

En esta fusión de análisis entre la innovación tecnológica y los encadenamientos habrá una serie de conceptos muy diversos que irán desde *Clúster, biotecnología, encadenamientos, sectores base, clave, de arrastre e independientes*, entre otros que se definirán con prontitud.

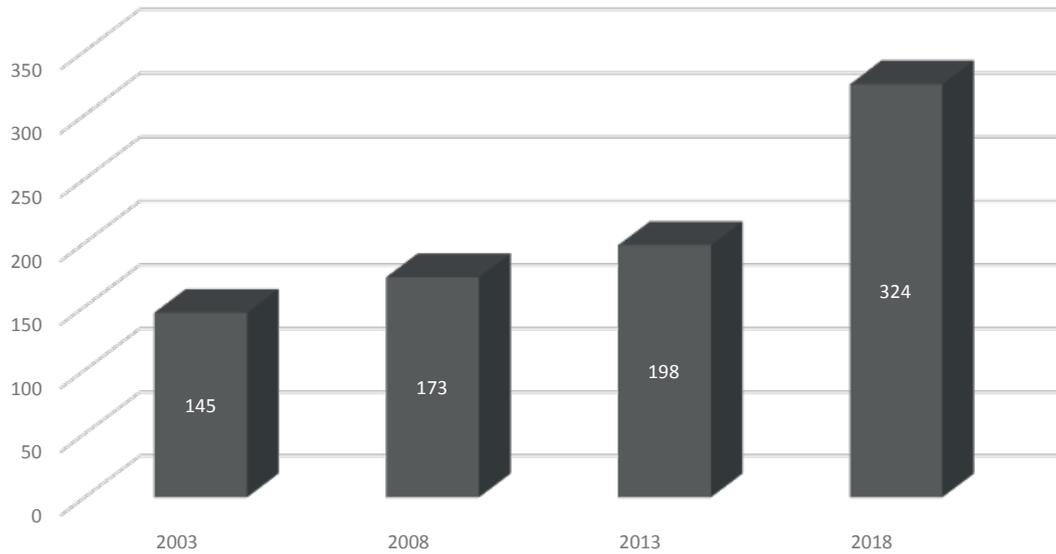
Como objetivo central, la presente investigación busca determinar la hipótesis de si el clúster biotecnológico nacional puede ser impulsor (sector base) del desarrollo de actores económicos nacionales por medio de un análisis de encadenamientos y agrupamientos importantes, lo que entonces demostraría una ventaja nacional que sea recomendable como parte de la política científica y de impulso productivo en México.

De manera particular, contrastar la importancia nacional de las actividades científicas y económicas asociadas al sector biotecnológico en un ámbito macroeconómico dará la oportunidad de desarrollo a ramas económicas que pueden ser impulsadas por la biotecnología debido a sus fortalezas y oportunidades para el desarrollo nacional. La detección de las ramas y clases de actividad asociadas a la investigación en biotecnología será por medio del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) con la finalidad de medir los encadenamientos y agrupamientos importantes.

### Una primera aproximación.

Los Censos Económicos 2004, 2014 y de 2019 de INEGI por clase de actividad describen de manera integral la evolución de *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado* (clase 541711), una de las actividades asociadas al sector biotecnológico. A continuación, se describen las unidades económicas, personal ocupado y valor agregado:

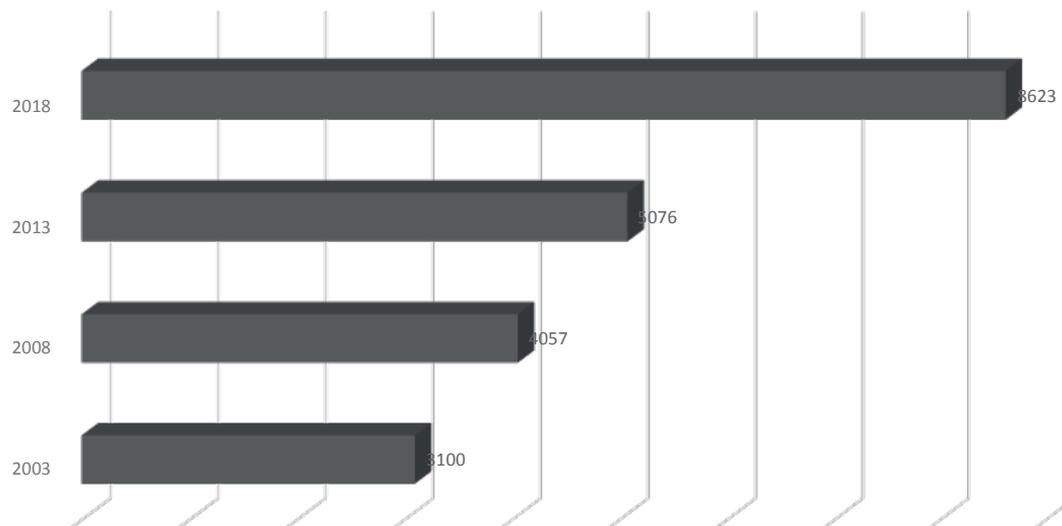
**Gráfica 1** México: Unidades económicas en la Clase de actividad 541 711



Fuente: elaboración propia con información de Censos Económicos, INEGI.

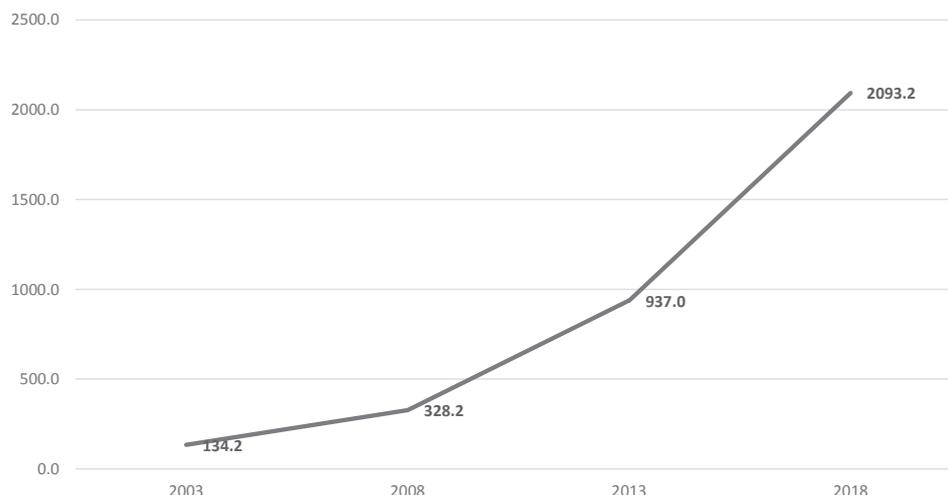
Un primer indicador analizado es el número de unidades económicas o empresas, las cuales han mostrado un constante crecimiento desde en el periodo 2003 a 2018, donde se aprecia que pasó de 145 a 324, mostrando un ritmo de crecimiento promedio anual de 8.2%.

**Gráfica 2** México: Personal ocupado total en la Clase de la actividad 541 711



Fuente: elaboración propia con información de Censos Económicos, INEGI.

**Gráfica 3** México: Valor agregado censal bruto (millones de pesos) en la clase de actividad 541 711



Fuente: elaboración propia con información de Censos Económicos, INEGI.

Un segundo indicador es el nivel de empleo que genera esta clase de actividad, la cual también aprecia un fuerte empuje en el periodo descrito en la gráfica pasando de 3100 personas ocupadas a 8623, con una tasa de expansión promedio anual de casi 12%.

Finalmente, se observa el valor agregado de esta clase de actividad la cual muestra un despegue más vertiginoso pasando de 134.2 millones de pesos a 2093.2 millones entre 2003 a 2018, lo que equivale a una tasa de crecimiento promedio de más 97% anual.

### Perspectiva teórica

Un entorno tecnológico está compuesto de conocimiento y técnicas científicas aplicadas a la satisfacción de necesidades humanas reduciendo el esfuerzo humano al simplificar el tiempo de trabajo y aumentando la productividad. Las revoluciones tecnológicas han sido esos poderosos saltos de innovación que han servido en el sistema capitalista reduciendo los

costos para las entidades que explotarán dicho invento. Es por eso que hay una carrera por romper los paradigmas tecnológicos vigentes por quien se adjudique la instauración, dejando en la obsolescencia los anteriores prototipos y los países tenedores, quienes emprenderán una nueva carrera por la supremacía en un nuevo periodo.

Las llamadas y muy conocidas revoluciones tecnológicas han tenido lugar preponderantemente en los países del centro del sistema capitalista, comandados en la historia contemporánea por varios países europeos, Estados Unidos y Japón. Por muchos años las fórmulas del desarrollo para los países periféricos del sistema capitalista han recomendado que la industrialización y la innovación tecnológica sean una condición necesaria para abrir la puerta del progreso y la clausura del subdesarrollo (Martínez y Villa, 1997).

Si bien el desarrollo económico es un proceso que demanda tiempo para el proceso de innovación siempre hay invento o un proceso

de incorporación que ocasiona un punto de inflexión que inicia un vertiginoso cambio para aquellas sociedades que han invertido tiempo, esfuerzo y recursos humanos en la invención. En América Latina hay relativamente pocos proyectos o procesos de asimilación innovadora endógenos más allá de los procesos robotizados de ensamble automotriz o electrónica que asignan un rol maquilador a los países que han aceptado ser los últimos eslabones de las cadenas de valor transnacional siendo receptores de la inversión extranjera directa de perfil maquilador. México, Brasil, Chile y Argentina han sido los países latinoamericanos que mejor hay logrado incorporarse a esta asignación de la globalización en sectores manufactureros como los ya mencionados.

En México y Brasil, a diferencia de sus demás pares latinoamericanos, el proceso de industrializador fue mucho más consistente y de mayor alcance, al grado de ser los únicos países de la región con un sistema de innovación endógeno que ha permitido crear cuadros de recursos humanos especializados asimilando y desarrollando innovación tecnológica lo que les ha permitido reposicionarse y abrir una oportunidad de desarrollo endógeno para un mundo que está virando a sectores poco convencionales pero prometedores en el presente como los que se retoma en la revolución 4.0.

En el caso concreto de México se tiene una fuerte ventaja en la investigación biotecnológica gracias a que universidades e instituciones públicas y privadas han logrado una consolidación que pudiera ser la simiente para generar sectores base en el desarrollo de actividades económicas que lleven alto valor agregado nacional lo que daría sentido como lo señaló Schumpeter (Freeman, Ch, J. Clark y L. Scrote, 1985). En ese sentido, el incremento in-

novador generaría un cambio estructural, impulsando sectores económicos conjugando el crecimiento y desarrollo económico (Schumpeter, 1978: 72-75).

En ese sentido, México podría generar un desenvolvimiento que es sinónimo de un cambio endógeno gestado desde las universidades y centros de investigación públicos y privados que desde el punto de vista schumpeteriano es la base de las actividades emprendedoras (Alonso y Fracchia, 2009). Esta ventaja es sin duda una condición motivante para que empresarios nacionales puedan asumir el riesgo de apoyarse de este agrupamiento impulsor. Incluso el sector financiero, encabezado por los bancos pueden convencerse de los potenciales de esta condición competitiva inédita.

La teoría schumpeteriana plantea que para lograr los cambios estructurales es preciso que se generen innovaciones radicales, las cuales son las generadoras de cambios y transformaciones en el sistema socioeconómico, como por ejemplo la introducción de un nuevo producto o un nuevo proceso de producción, la apertura de un nuevo mercado o una nueva fuente de aprovisionamiento. En ese sentido, el desarrollo biotecnológico en México sería una oportunidad para generar una serie de innovaciones radicales ya que sería el inicio de una producción de insumos para el desarrollo de nuevo proceso de producción. A la vez, esto sería el surgimiento de un nuevo mercado que sustituiría de manera competitiva las importaciones de varias ramas económicas como la medicina, la industria farmacéutica, entre muchas otras que, al tener una nueva y local fuente de abastecimientos podría generar una mayor competitividad para estos sectores impulsando su crecimiento y el de otras actividades encadenadas.

De hecho, los beneficios de este desarrollo innovador en biotecnología en México están siendo aprovechado por empresas transnacionales de industrias como las farmacéuticas que, bajo acuerdos con universidades públicas, usa profesionistas para crear patentes a bajo costo, cuando bien podría ser también aprovechado para la entrada al mercado de emprendedores mexicanos. Schumpeter señaló que el empresario no es el inventor sino el que aprovecha económicamente la plusvalía que genera este último. En nuestro análisis se plantea que dicho aprovechamiento podría ser para un grupo creciente de inversionistas de la industria nacional impulsando regiones como lo plantean las teorías del desarrollo basadas en la difusión espacial de la innovación (Asuad, 2014: 386).

Si bien es cierto la hipótesis schumpeteriana plantea que las probabilidades de que las innovaciones y los cambios tecnológicos vendrán de los grupos monopólicos, sin embargo, en México se cuenta con instituciones públicas y un número creciente de pequeños competidores que podrían ser excepción a la regla. De hecho, Samuelson y Nordhaus (1996) plantea que en los Estados Unidos el 4% de las empresas de menores a mil empleados tenían un departamento de investigación y desarrollo mientras que el 91% de las grandes empresas contaban con un programa de estas actividades científicas.

En el caso de México la investigación y desarrollo de la biotecnología no se gesta desde laboratorios privados únicamente, sino desde las universidades y centros científicos del país, preponderantemente públicos, lo que reorientaría el gasto gubernamental para el apoyo innovador a redes de pequeños competidores.

En ese sentido, México ha logrado sentar las bases para generar lo que en la teoría del comercio internacional se le denominaría ventaja comparativa, la cual es cuando *“Un país tiene ventaja en la producción de un bien ya que el coste de oportunidad en su producción en términos de otros bienes es inferior que lo que tienen en otros países”* (Krugman y Obstfeld, 1999: 12). Los clústeres biotecnológicos que México ha estado reposicionando al país como atractivo de nuevas industrias que respaldan productivamente la revolución 4.0 o que bien, serían dependiente de la misma. Esta ventaja comparativa de costos beneficiaría a varias cadenas productivas y es subsidiada por universidades y centros científicos públicos.

Justamente esta condición es ya considerada por las empresas transnacionales de sectores como la farmacéutica que establecen vínculos productivos generando un eslabonamiento en México obteniendo beneficios del bajo costo de proveeduría (y costos laborales especializados, sobre todo). Los consorcios farmacéuticos como cualquier empresa multinacional siguen su estrategia de localización de fases de producción donde haya ventajas o cadenas de valor (Krugman y Obstfeld, 1999, 138). En el caso de México, tendría ventajas en los primeros eslabones o sectores base, con gran valor agregado, a diferencia de las relocalizaciones de industrias manufactureras convencionales como la automotriz, electrónicas o textil, que encadenan a regiones mexicanas, pero a eslabones finales, como actividades de ensamble o maquila, de bajo valor agregado.

Este orden de ideas se relaciona con la ventaja competitiva, la cual Porter (1990) menciona que *“crece fundamentalmente en razón del valor que una empresa es capaz de generar. El concepto de valor representa lo que los compradores están dispuestos a pagar, y el crecimiento de este valor a un nivel superior se debe a la capacidad de ofrecer precios más bajos en relación a los competidores por beneficios equivalentes o proporcionar beneficios únicos en el mercado que puedan compensar los precios más elevados. (...) Una empresa se considera rentable si el valor que es capaz de generar es más elevado de los costos ocasionados por la creación del producto. A nivel general, podemos afirmar que la finalidad de cualquier estrategia de empresa es generar un valor adjunto para los compradores que sea más elevado del costo empleado para generar el producto. Por lo cual en lugar de los costos deberíamos utilizar el concepto de valor en el análisis de la posición competitiva”*.

Esta ventaja competitiva puede ser aprovechada no sólo por las empresas extranjeras sino nacionales en varios ramos productivos, como Porter señala: una baja en los costos que le da a las empresas liderazgo; los insumos y materias primas de alto valor agregado hace una diferenciación con respecto a otras industrias que se relocalizaron en México por un ser proveedor de bajos salarios y con ventajas de acceso local.

En ese sentido, las ventajas competitivas son un diamante que se ve claramente en el sector de la biotecnología, como se enuncia a continuación:

1. Condiciones favorables para la formación de mano de obra especializada o infraestructura necesaria para competir en un sector dado. En el caso de la biotecnología México tiene una serie de regiones que son formadoras de recursos de alta especialización por parte de fuertes universidades e instituciones de investigación, públicas y privadas.
2. Condiciones de la demanda que se traducen en una concentración de empresas multinacionales compradoras (tal vez en una condición de monopsonio u oligopsonio), por lo que se puede o se debe impulsar a las empresas nacionales y de tamaños más modestos que tendrían posibilidades de crecer y consolidar un mercado competitivo.
3. Sectores afines y de apoyo internacionalmente competitivos podría consolidar clústeres biotecnológicos apoyados por las instituciones que el país tiene, logrando trabajar patentes con empresas nacionales y no sólo transnacionales, lo que sería la oportunidad para que desde el ámbito privado se incremente de manera eficiente una oferta de proveeduría robusta.
4. Estrategia, estructura y rivalidad de la empresa, son las condiciones vigentes en un país respecto a cómo se crean, organizan y gestionan las compañías, así como la naturaleza de la rivalidad doméstica. La suma de empresas en el sector debido a la alta tasa de rentabilidad podría generar alta competencia.

Por definición, la biotecnología es un conjunto de ciencias que usa organismos vivos y sus componentes para la mejora de sustancias pueden a su vez perfeccionar productos de diversas ramas económicas como pueden ser los alimentos, los químicos y los fármacos; asimismo, se desarrollan mejoramientos en animales y plantas para aumentar mejoras en resistencias a plagas y cambios climáticos, así como aumentar la productividad de varias actividades. Por otro lado, un amplio espectro de manipulaciones celulares y organismos enteros, funcionamiento molecular a nivel ADN, proteínas y enzimas que inciden en enfermedades virales o comorbilidades para el desarrollo de vacunas y optimización de fármacos, tal como se ha demostrado en la presente pandemia de la COVID 19.

Sin embargo, y pese a que existiría una ventana de oportunidad, como se ha manejado, Amaro y Sandoval (2019) mencionan que las oportunidades para que empresas mexicanas se encadenen a eslabones de valor en actividades biotecnológicas lideradas y concentradas por empresas transnacionales es complicado debido las limitaciones de alto contenido de capital. Asimismo, la fragmentación y relocalización de los procesos de las industrias relacionadas a la biotecnología requiere alto manejo de comunicación a distancia, transmisión de conocimientos y distribución de proveeduría que muchas empresas pequeñas en México no pueden satisfacer. En ese sentido, las empresas e instituciones mexicanas no pueden mejorar su posición en la cadena de valor.

Las fases en las que se compone una cadena de valor en la biotecnología inicia en las

actividades de investigación y desarrollo, las cuales se integran preponderantemente por instituciones de educación superior y centros públicos en mayor medida, las cuales son financiadas por presupuesto gubernamental y cuyos procesos y resultados se llevan a cabo en el largo plazo por lo que sus costos de operación son muy altos. Una segunda fase es la preparación de pruebas y prototipos los cuales requiere de la participación actores públicos y privados, que siguen una normativa internacional. La tercera etapa es la biomanufactura, integrada por empresas de alta capacidad productiva e inversión de capital y en conocimiento técnico lo que invita a un grupo selecto de inversiones privadas atraídas por ser el sector de alto valor agregado. En este segmento también hay regulaciones que son vigiladas fuertemente por actores públicos y privadas que buscan garantizar la seguridad de la aplicación de estas innovaciones en seres humanos. Todo parece indicar que este es la parte en la que las empresas mexicanas no encuentran la capacidad de encadenamiento. Finalmente, en el segmento de ventas hay una red de empresas distribuidoras que ponen el producto en manos del consumidor final (Amaro y Sandoval, 2019).

En contraste, hay una clasificación de empresas que van desde pequeñas a transnacionales que se enfocan en distintas actividades que van justamente desde la investigación y desarrollo, proveedoras de procesos y productos, así como grandes empresas productoras de biotecnología con capacidad comercial y financiera, generalmente en sectores de alta rentabilidad como los alimentos, agroindustria y

química en general. Estas empresas grandes que se ubican en las fases de gran valor agregado permiten la entrada de pequeños proveedores o productores de biotecnología por medio de fijar contratos que garantice sólo quienes no sólo cuentan con el conocimiento sino la capacidad de financiar el riesgo en fases de investigación y desarrollo, así como en la fase de pruebas y de biomanufactura, lo que margina a la gran mayoría de empresas.

En el caso de los alimentos, la demanda de una mejor fuente de nutrientes ha despertado el interés de inversionistas por desarrollar productos mejorados orgánicamente. Lo mismo ocurre con los medicamentos ante el aumento de fármacos que revolucionan el tratamiento de enfermedades como la obesidad, diabetes, cáncer, Alzheimer, VIH y SARS, entre ellos la COVID 19.

Villarreal y Ortiz (2009), identifican que dentro de la biotecnología se encuentran una gran cantidad actividades con potencial de oportunidad en ámbitos de la salud y los alimentos. Lo anterior se debe a la fortaleza de contar con una base tecnológica apoyada en universidades públicas e instituciones de investigación públicos pero estos autores consideran como debilidad la falta de una estrategia de formación de recursos humanos calificados e infraestructura que tecnológica para impulsar el desarrollo de áreas de posicionamiento de mercado.

Hay una serie de mega tendencias tecnológicas<sup>3</sup> entre las que se destacan la biotecnología agrícola y médica. Entre estas destaca el mercado

3 Además de las mencionadas variaciones de la biotecnología, Villarreal y Ortiz (2009) mencionan a los sistemas ópticos, células, tejidos y órganos artificiales, computadoras de alto rendimiento, inteligencia artificial, materiales inteligentes e ingeniería de superficies, Sistemas micro-electromecánicos (MEMS), micro y nanotecnología, nuevas tecnologías energéticas, realidad mixta y tecnologías inalámbricas.

de la salud el que representa un porcentaje mayor de las inversiones (Business Insights, 2004), sin dejar de lado que en áreas como el agrícola, alimentos, ecología y cosméticos han crecido de forma vertiginosa en los últimos años por un aumento en la demanda de productos para el mejoramiento de la calidad de vida.

Según Villarreal y Ortiz (2009), en su análisis de la región Saltillo-Monterrey, hay grupos o clústeres que agrupan ramas y, a su vez clases de actividad que se asocian en la investigación biotecnológica<sup>4</sup> como se muestra en la tabla 1.

En esta investigación se analizarán los clústeres y los encadenamientos que se asocian con la rama 5417 a nivel nacional. Esta rama concentra las dos clases de actividad que engloban las actividades productoras de investigación en biotecnología: 541711 Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado, y la 541712 Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector público.

Estas actividades constituyen ramas y sectores base (que impulsan a otros sectores) para una serie de industrias ya mencionadas lo que podría generar ventajas competitivas para México. A continuación, haremos el análisis que evidencie el tipo de encadenamiento que tiene en México la rama 5417.

4 A nivel nacional deben influir mucho las regiones del centro (donde está la mayor concentración de investigación en biotecnología) y de occidente para indagar otras actividades y clústeres a nivel regional.

**Tabla 1.**

Clústeres	Ramas con oportunidad	Oportunidades de negocio	Productos o servicios específicos
Equipo médico, óptico y de medición	3391 Fabricación de equipo y material para uso médico, dental y para laboratorio 5417 Servicios de Investigación científica y desarrollo	Fabricación de dispositivos biocombustibles para órganos y extremidades	3391110104 Fabricación de implantes quirúrgicos 5417110006 Centros de investigación y desarrollo en biotecnología del sector privado
Servicios médicos y hospitalarios	5417 Servicios de investigación científica y desarrollo	Investigación privada en el desarrollo de medicamentos	541711 Servicios de investigación y desarrollo en ciencias físicas, de la vida e ingeniería prestados por el sector privado.

Fuente: Villarreal y Ortiz (2009).

### Encadenamientos:

Entre los métodos considerados como clásicos para analizar los encadenamientos, se tiene el propuesto por Chenery y Watanabe (1958). Este criterio se fundamenta en dos tipos de encadenamientos: los encadenamientos hacia atrás, que miden la capacidad de un sector para arrastrar directamente a otros relacionados con él, por la demanda de bienes de consumo intermedio, de tal suerte que un choque exógeno estimula la actividad de tales sectores. Los encadenamientos hacia delante miden la capacidad de un sector para estimular a otros, por su capacidad de oferta u otra forma de servir como insumo dentro de los otros sectores. El trabajo de Chenery y Watanabe (1958) propone calcular los indicadores directos hacia atrás y hacia delante de manera sencilla a través de las medias de compras y ventas contabilizadas a nivel nacional por medio de la Matriz Insumo Producto.

Se consideran como encadenamientos más relevantes los que presentan efectos por encima de la media. Las fórmulas que permiten

obtener dichos coeficientes son las siguientes expresadas en términos relativos para facilitar la comparación entre distintas situaciones:

$$BL^{CH-W} = i'A / (i'Ai) \quad (1)$$

$$FL^{CH-W} = Ai / (i'Ai) \quad (2)$$

Donde  $i'$  es una matriz fila con valores iguales a la unidad,  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos e  $i$  es una matriz columna con valores iguales a uno. Por  $BL$  denotamos los eslabonamientos hacia atrás (backward linkages) y por  $FL$  (forward linkages) los eslabonamientos hacia delante, el superíndice se refiere a la metodología aplicada para su determinación. Estos coeficientes sólo permiten cuantificar las relaciones directas entre las ramas, ya que, como se ha señalado emplean, para su cálculo, la matriz de coeficientes técnicos (Ver Fuentes y Gutiérrez, 2002).

La tipología de Chenery y Watanabe de encadenamientos de sectores en una cierta economía es la siguiente:

## Esquema 1

	$BL^R < 1$	$BL^R > 1$
$FL^R < 1$	Sectores independientes	Sectores impulsores de la economía
$FL^R > 1$	Sectores Base o estratégicos	Sectores clave

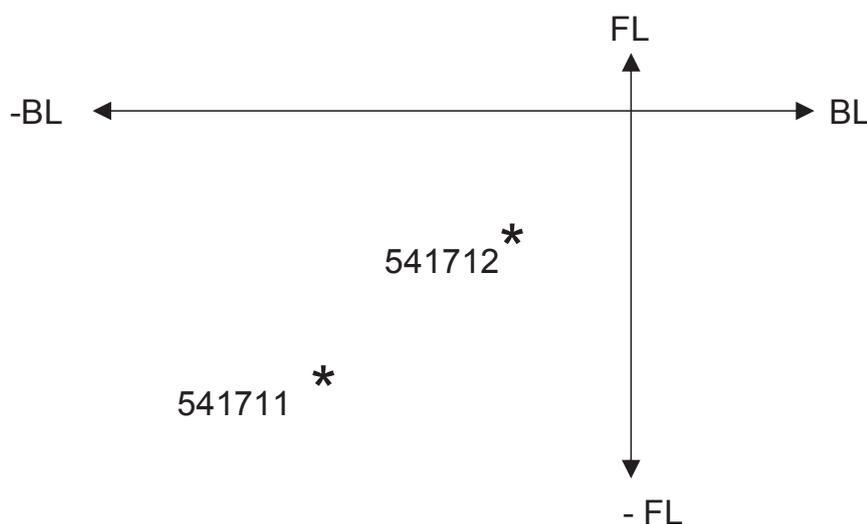
En los sectores base o estratégicos el poder de dispersión es menor que el promedio y el de sensibilidad de absorción mayor que la media. Los sectores con fuerte arrastre o impulsores de la economía demandan inputs de otros sectores intermedios, destacan, por tanto, debido al estímulo que generan en la producción de bienes intermedios. Los sectores independientes o islas son, en general, poco atractivos, ya que provocan un menor impacto en la economía, pues su desarrollo no afecta en demasía a los sectores a los que demanda sus productos, ni a los que emplean a éstos como productos intermedios. Los denominados sectores claves presentan unos eslabonamientos hacia atrás y hacia delante por encima de la media. Es importante señalar que el cálculo de los encadenamientos tal como se propone en Chenery y Watanabe (1958) *incluyen los insumos importados*.<sup>5</sup>

Los resultados obtenidos de la revisión de los encadenamientos a nivel nacional dan cuenta que la clase de actividad 541711 *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado*, y la 541712 *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector público*, presentan eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante por debajo del promedio, lo que significa que serían considerados sectores de enclave o independientes, es decir que no tienen una vinculación fuerte con otras actividades, tanto en compras como en ventas.

Este tipo de resultados lleva a la reflexión de una dependencia de insumos provistos para estas actividades del exterior del país, es decir que el consumo intermedio de estas clases productivas y científicas proviene del extranjero sin tener proveedores endógenos (sin actividades de arrastre al interior de la economía), pero tampoco encuentra un monto importante de compradores de su producción al interior del país, es decir ni para ser un sector base o impulsor de actividades de proveeduría a sectores internos como la industria farmacéutica o alimenticia nacional.

5 Schuschny (2005), menciona que el análisis de encadenamientos como de componentes principales tienen que contrastarse entre matrices con y sin importaciones ya que si se considera sólo las matrices totales (con producción doméstica más importaciones) *se estarían sobre-estimando los efectos de la producción interna*". En este análisis se verá más adelante que las actividades científicas públicas y privadas relacionadas con la biotecnología importan el 100% de su producción.

## Esquema 2. México: desempeño de los encadenamientos en actividades de los servicios de investigación y desarrollo



Es evidente que los pocos encadenamientos hacia atrás y hacia adelante en el esquema 1 se explican gráficamente por estar por debajo y detrás del origen de las líneas Backwards Linkages (BW) y Forward Linkages (FW) que se intersectan. Estos rubros no encuentran vendedores ni compradores al interior del sistema económico que permita un engarce. Al tratarse de una serie de actividades que nacen con la investigación y desarrollo de innovación científica y tecnológica es normal que no haya encadenamientos hacia atrás, pero el hecho de que no haya encadenamientos hacia adelante avizora que el escenario es que no hay compradores de estos insumos importantes para bienes manufacturados, o bien, la patente se va para otros países, donde sí se desarrollarán varias industrias, como sector base.

En este sentido, el análisis pareciera limitado porque sólo mide los encadenamientos como lo propone Chenery y Watanabe (1958) y únicamente deja ver que hay un promedio menor de engarce de estas actividades relacio-

nadas con la biotecnología, pero no permite ver las pocas asociaciones que se dan. Dado a lo anterior se considera pertinente realizar un análisis de componentes principales que permita ver en qué agrupamiento se dan las actividades 541711 y 541712 o al menos las ramas productivas en las que estas se aglomeran.

### Componentes principales.

Los clústeres son una de las formas en que los actores económicos se aglomeran para obtener beneficios como la difusión de innovaciones aplicadas a la producción, un mercado de trabajo especializado, red de proveedores cercana, así como instituciones que coadyuvan a la competitividad (Porter, 2003).

Una metodología para identificar estas aglomeraciones industriales es propuesta por Feser y Bergman (2000), que logra identificar clústeres y sus componentes a través de la interdependencia entre ramas o sectores económicos.



busca es identificar las relaciones funcionales entre pares de industrias basándose en los patrones totales de las ventas y compras entre las diversas industrias”. Con lo anterior, las industrias con correlaciones más altas se pueden considerar como parte de un clúster industrial.

Después se ejecuta un método de estadística multivariada denominada análisis de componentes principales. Se realiza un ajuste con el método de rotación varimax, se identifican las ramas de actividad económica que integran cada uno de los clústeres industriales de México.

Las ramas pertenecientes al clúster se clasifican en: primarias, secundarias fuertemente asociadas y secundarias débilmente asociadas, según el grado de asociación al agrupamiento, lo cual se mide mediante un coeficiente de asociación, cuyo valor fluctúa entre 0 y 1, donde 1 indica el grado de vinculación máximo. Las ramas económicas se clasifican como primarias

del agrupamiento, con el cual obtienen el valor máximo del coeficiente de asociación y hasta igual o más de 0.8; como secundarias fuertemente asociadas, cuando el valor del coeficiente es superior a 0.5 y menor a 0.8, y como secundarias débilmente asociadas, cuando su valor fluctúa entre 0.4 y 0.5. Una rama sólo puede aparecer como primaria en un clúster, pero puede figurar como secundaria en uno o varios más.

Los resultados que se obtuvieron de correr una matriz insumo producto para el análisis de componentes principales arroja que la rama 5417 que aglomera a los *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado y prestados por los sectores público y privado* que sólo hay una asociación en un clúster que amalgama una amplia diversidad de actividades pero que destacan las que a continuación se describen en el siguiente cuadro:

### México: Actividades asociadas a los Servicios de Investigación Científica y Desarrollo

Rama y nombre de actividad	Coefficiente	Tipo de asociación
6112 - Escuelas de educación técnica superior	.972	Primaria
6115 - Escuelas de oficios	.968	
6219 - Servicios de ambulancias, de bancos de órganos y otros servicios auxiliares al tratamiento médico	.965	
9315 - Regulación y fomento de actividades para mejorar y preservar el medio ambiente	.961	
5191 - Otros servicios de información	.961	
6231 - Residencias con cuidados de enfermeras para enfermos convalecientes, en rehabilitación, incurables y terminales	.939	
6214 - Centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización	.902	
6213 - Otros consultorios para el cuidado de la salud	.886	
5331 - Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	.870	
6117 - Servicios de apoyo a la educación	.866	
3169 - Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	.863	
1152 - Servicios relacionados con la cría y explotación de animales	.835	
5417 - Servicios de investigación científica y desarrollo	.824	
5414 - Diseño especializado	.821	
5419 - Otros servicios profesionales, científicos y técnicos	.655	Secundaria

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Matriz de insumo producto 2013.

Cómo se puede apreciar, la técnica de los componentes principales permite ver de forma más fehaciente los tipos de asociación que tiene una rama o clase de actividad económica o institucional con otras y esto permite establecer, junto con los tipos de encadenamientos analizados en párrafos anteriores, la verdadera agrupación de las actividades relacionadas con la biotecnología. Es importante señalar que este es un primer acercamiento con una matriz insumo-producto desagregada por ramas y no está desagregada por clases o subclases de actividad. Por lo que para este análisis de componentes principales las actividades 541711 y 541712 que hemos vinculado con la producción biotecnológica las vamos a ubicar dentro de la rama 5417 que engloba a los servicios de investigación científica y desarrollo.

En el análisis de los resultados de los componentes principales podemos observar que la rama 5417 logra establecer una asociación primaria o fuerte con actividades que se engloban en la rama 6112, *Escuelas de educación técnica superior y con la 6117, Servicios de apoyo a la educación* ya que su coeficiente de asociación con estas actividades es de 0.824/1.00 lo que se puede interpretar como una agrupación lógica como sectores base o de apoyo. Con la rama 5419, *Otros servicios profesionales, científicos y técnicos*, se tiene un coeficiente de asociación secundaria o menos fuerte de 0.655/1.00. Estas prácticas educativas, serían las proveedoras o “vendedoras” a las ramas que albergan a la investigación biotecnológica.

Pero no sólo las ramas vinculadas con la educación detectaron un coeficiente de asociación alto, sino también actividades vinculadas con la salud como las ramas 6219, *Servicios de ambulancias, de bancos de órganos y otros servicios de tratamiento médico*; 6231, *Residencia con cuidados de cuidados de enfermeras para pacientes convalecientes, en rehabilitación,*

*incurables y terminales*; 6214, *Centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización*; 6213, *Otros consultorios para el cuidado de la salud*; así mismo con la rama 1152, *Servicios relacionados con la cría y explotación de animales*. Aquí también se podría conjeturar que esta última agrupación es receptora de los servicios de investigación científica y desarrollo, donde se albergan las actividades 541711 y 541712 que aglomeran a su vez a investigación biotecnológica, por lo que al haber una fuerte asociación hay una ventana de oportunidad en estas ramas para fortalecen la vinculación que se refleje en el tipo de encadenamientos, la posibilidad de incubar un sector base.

Los datos de Pro-México apuntan que de las 180 empresas en México que desarrollan o son receptoras de biotecnología el 82% están relacionadas a actividades de agricultura, medio ambiente, alimentos y otras áreas, mientras que las relacionadas a la salud y educación es 18%. Contrastando los resultados de la presente investigación se podría decir que hay coincidencia en que las fuertes asociaciones si están en las actividades de salud y muy limitadas a las instituciones de educación superior y de investigación, pero con respecto con las primeras señaladas al inicio del párrafo no se coincide, y quizá sea porque el número de empresas, pese a ser más 4/5 del total no hay un encadenamiento fuerte, significativo, lo que sería congruente con el resultado de que las actividades que se encuentran en la rama 5417, incluyendo las relacionadas con la biotecnología son un clúster de enclave, independiente y sin una vinculación productiva y que la única asociación fuerte, la de menos de la quinta parte, se da sólo con las universidades y centros de investigación.

Más allá de estos resultados, México parece reproducir los esfuerzos que tiene la región latinoamericana en el sentido de que la investi-

gación biotecnológica se concentra en núcleos de instituciones públicas y en un puñado de firmas transnacionales privadas que por lo visto no generan grandes vínculos con otras actividades económicas que representen un empuje sólido y diversificado como los sería en los países desarrollados (Bisang, Campi y Cesa, 2009). El que se compruebe cierta cohesión en actividades de investigación en universidades y centros de investigación revela que hay una oportunidad de trascender en otras áreas más allá de la salud y los hospitales, impactando a actividades como la agricultura y medio ambiente, medicina humana y veterinaria, así como la industria farmacéutica y alimentaria.

Los débiles encadenamientos podrían cambiar si se siguiera el modelo de participación de grandes empresas en la consolidación de proveedores que engarzan desde instituciones públicas y privadas de investigación y desarrollo como en pruebas, biomanufactura y cualquier eslabón de la cadena ya que de otra manera se perpetúa la participación de empresas transnacionales que han logrado sortear tecnológica y financieramente su permanencia en el desarrollo de la biotecnología (OCDE, 2009)<sup>7</sup>. Sin embargo, se da una alternativa por competir bajo una táctica apoyada en el desarrollo de biosimilares valiéndose del sector base que cuenta México en instituciones científicas y tecnológicas, así como aprovechar la prescripción de patentes mundiales de biogénicos en el ramo de la salud, los agroindustriales y los productos químicos como insumos biotecnológicos (Amaro y Sandoval, 2019).

En ese sentido, la clave en estas cadenas se encuentra en la especificidad de los activos, el

proveedor deberá concentrarse en incrementar su capacidad tecnológica y de aprendizaje para revalorar el nodo en el que se encuentra, no necesita en este caso cambiar de actividad, sino proveer una creciente especialización en los componentes que ofrece, es decir, pasar de la producción de biomanufacturas básicas a la producción de alto valor susceptible de generar rentas tecnológicas, esto se conoce como ascenso intrasectorial (Sandoval, 2013).

Tanto la transferencia de información como el entendimiento de esta sean complejos, estimula un mayor control del proceso por parte del cliente. Los grandes laboratorios, en estos casos, podrían asistir de cerca la manufactura de conocimiento, desde básico hasta especializado, o bien, la integración de los procesos biomanufactureros estarían altamente supervisados por agentes líderes especializados. En esta cadena en particular, los lazos de confianza y la dependencia mutua entre proveedores y clientes tienen una relevancia especial, dada la información estratégica que se transmite. Por tanto, el proveedor debe comprender que su ventaja estriba en su capacidad para satisfacer eficientemente la demanda del cliente no obstante que dicha capacidad sea alta en este tipo de cadenas, lo que impone una mayor competencia que es contrarrestada por las barreras a la entrada relacionadas con la confianza, el proveedor puede avanzar en la cadena diferenciándose del resto de sus competidores, a esto se le llama ascenso por nivel de producto (Sandoval, 2013).

Es evidente que hay un reconocimiento del gran potencial que tiene México en materia de investigación pero que, como lo señala Amaro (2019)<sup>8</sup>, son pocos los proyectos financiados o

7 Amaro y Sandoval (2019) mencionan los convenientes e inconvenientes de los diversos tipos de asociación como serían las cooperaciones o alianzas en Investigación y desarrollo, joint venture, fusiones y adquisiciones.

8 La autora referida sólo menciona el caso de la biotecnología aplicada a sectores como el campo y la producción de alimentos. Dichas actividades coinciden con los resultados de la presente investigación en el sentido de que no hay una asociación del clúster biotecnológico nacional con las mencionadas ramas productivas.

acompañados de parte de las grandes empresas transnacionales en la materia. Lo anterior es debido a la segmentación que ha propiciado la globalización económica y que ha incrementado la competitividad en sectores como la agricultura y los alimentos, lo que reduce en gran medida la participación de la mayoría de empresas, generalmente chicas o pequeñas. El tipo de colaboración que las grandes empresas han logrado consolidar es con el sector académico y de investigación para casos muy específicos lo cual, como dice Villavicencio (2017) es la excepción y no la regla.

### Conclusiones:

En esta investigación hemos partido del hecho de que el mundo vive una revolución científica a la que se han sumado una gran cantidad de actividades que implementan aplicaciones en el campo de salud humana y animal, los alimentos, entre otros. Muchas empresas transnacionales han logrado expandir sus avances científicos fuera de los países desarrollados y han encontrado en países como México lugares propicios para desarrollar investigación en estos campos mencionados. En este análisis se ha planteado que las instituciones de educación superior que generan una importante derrama de conocimientos en dichos campos son la base para desarrollar una base competitiva en sectores económicos que se sustentan de dichos desarrollos. Una de esas vertientes del conocimiento ha sido la biotecnología la cual se encuentra en los *Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado y prestados por el sector público*, clases de actividad 541711 y 541712, respectivamente.

La hipótesis central de este trabajo giró en torno a la idea de que estas actividades que son

impulsadas por la biotecnología en México podrían ser soporte importante de ramas económicas asociadas a la salud y los alimentos, es decir que podrían ser base de una cadena productiva en la cual no sólo las empresas transnacionales que llegan al país se beneficien de la producción barata de patentes que generan los centros de investigación públicos y privados, sino que también empresas nacionales. Para determinar lo anterior se usó la matriz insumo-producto como instrumento analítico y se implementaron dos metodologías que darían luz para rechazar o aceptar la hipótesis planteada, la primera fueron los encadenamientos para determinar si estas actividades científicas podrían ser base, claves, de arrastre o de enclave. La segunda metodología sería la de componentes principales que permitiría establecer con certeza el grado y tipo de asociación de las actividades que se desarrollan en la biotecnología y que se agrupan en la rama 5417.

Lo que se observó de los análisis y las metodologías implementadas llevó a varias conclusiones: la primera, es que estas actividades asociadas a la biotecnología importan prácticamente todo lo que producen y es muy posible que, lo poco que venden sea hacia demandantes fuera del país. Lo anterior se deduce por el resultado que arrojan los encadenamientos cuyos promedios para las actividades de la rama 5417 reflejan un nivel por debajo de los promedios nacionales es decir que tienes bajos engarces hacia atrás (es decir que no compra a los demás sectores económicos) y bajos engarces hacia adelante (lo que significa que no vende mucho a otras actividades), lo que hace que estas actividades sean sectores independientes o de enclave. Pero, como se mencionó líneas arriba, es posible que los nulos engarces hacia atrás sean explicados por que estas actividades de investigación son la base o el inicio de una cadena de actividades en desarrollo, y

las nulas vinculaciones hacia adelante se deben de interpretar a la luz de los coeficientes importantes que comprueban que si hay asociación con actividades relacionadas con la salud, eslabón que valida la hipótesis aquí planteada de que las clases productivas que albergan la biotecnología y su desarrollo en México puede ser la simiente para un sector base que impulse sectores importantes en la economía nacional más allá de las ya conocidas transnacionales.

Es decir que la metodología de componentes principales permitió determinar a qué grupo de actividades se logra asociar a la rama 5417, y esto permitió llegar a la segunda conclusión, de que si bien los encadenamientos de la rama mencionada son débiles si hay evidencia de una fuerte asociación de la actividad como proveedora de sectores como los servicios educativos, profesionales y científicos, pero también los relacionados a la atención médica, la salud y la crianza y explotación de animales, lo cual pone sobre la mesa la idea de que si es posible detonar en la biotecnología un sector base sólido en México.

Una tercera conclusión es que, según los resultados de las metodologías empleadas, no se ve un engarce importante de la rama que genera investigación biotecnológica en México con la industria farmacéutica nacional ni extranjera asentada en el país, como tampoco en las actividades agrícolas, productoras de alimentos, medicina veterinaria y humana, etc., lo cual tal vez apunte a que sólo se desarrollan patentes que no se aplicarán en México ni en empresas y ramas productivas que reproduzcan las investigaciones para el desarrollo de un

producto cuya cadena global de valor sólo designó a México como el inicio de su proceso en fases de investigación, pero que en etapas posteriores, por el gran nivel de biomanufactura y sus altos costos, no es aún posible para la entrada de micro o pequeñas empresas en el mercado interno.

Finalmente, lo que se puede apuntar es que el desarrollo de actividades que tienen como base la ciencia y la tecnología dependen de varios factores como son la inversión pública y privada, pero se requiere que un fortalecimiento de un mercado que permita el desarrollo de un sector base que impulse no sólo los servicios relacionados a la educación y parcialmente a la salud, sino que se impulsen sectores asociados a la industria farmacéutica, los alimentos, entre muchas otras, y claro, no sólo en empresas transnacionales sino para empresas de todo tipo y que sean nacionales. Por eso será fundamental que se ponga en la agenda de políticas públicas el impulso sectorial con miras a detonar sectores base como el que aquí se plantea.

En ese sentido, es posible asumir una postura de impulso emprendedor, tal como lo plantea Schumpeter en el que haya empresas que asuman el riesgo de apostar por un engarce con estos núcleos científicos y pueda ser el inicio de un sector base. Es evidente que estos esfuerzos no se crearán por la acción del libre mercado, sino que será necesaria una planeación gubernamental y desde una perspectiva regional ya que es evidente que en no todas partes se logran estas aglomeraciones científicas por lo que habrá que impulsarlas desde estos núcleos hacia los entornos locales.

## Bibliografía

- Alonso, Cristian y Eduardo Luis Fracchia, (2009). XLIV Reunión Annual de la ANALES, ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA. Noviembre.
- Amaro Rosales, Marcela y Seyka Verónica Sandoval Cabrera (2019). Industria biotecnológica, concentración y oportunidades para las empresas mexicanas en el panorama mundial de encadenamientos productivos. En Mario Alberto Morales Sánchez Marcela Amaro Rosales (Coordinadores). LA BIOTECNOLOGÍA EN MÉXICO Innovación tecnológica, estrategias competitivas y contexto institucional. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F.
- Amaro Rosales, Marcela (2019). Biotecnología agroindustrial y alimentaria en México, entre grandes empresas y pequeños productores. En Mario Alberto Morales Sánchez Marcela Amaro Rosales (Coordinadores). LA BIOTECNOLOGÍA EN MÉXICO Innovación tecnológica, estrategias competitivas y contexto institucional. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F.
- Amaro, Marcela (2013), Incentivos para la innovación en biotecnología agroindustrial-alimentaria en México. Tesis de doctorado en Ciencias Sociales, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Asuad Sanén, Normand Eduardo (2014). Pensamiento Económico y Espacio. Colección Economía Regional y Urbana Volumen Primero Facultad de Economía, UNAM.
- Bisang, Roberto; Campi, Mercedes y Verónica Cesa (2009). Biotecnología y Desarrollo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, ONU). Santiago de Chile.
- Business Insights (2004) The Biotechnology Market Outlook. Londres, Inglaterra: Charles House.
- Chenery, H. & T. Watanabe. 1958. An International Comparison of the Structure of Production. *Econometrica*, vol. 26, October 4, 1958, pp. 487-521.
- Dávila Flores, Alejandro (2008). Los clusters industriales del noreste de México (1993-2003). Perspectiva de desarrollo en el marco de una mayor integración económica con Texas. *Región y Sociedad*, Volúmen XX, Núm. 41, Colegio de Sonora.
- Feser, Edward J. y Edward M. Bergman (2000). National Industry Cluster Templates: A Framework for Applied Regional Cluster Analysis. *Regional Studies* 34 (I): 1-19.
- Freeman, Ch, J. Clark y L. Screte, (1985). Desempleo e innovación tecnológica. Servicio de Publicaciones del Ministerios de Trabajo y Seguridad Social. Madrid.
- Fuentes, Noé Arón y Gutiérrez Sastre, Myrna (2002), Identificación empírica de sectores clave de la economía sudbajacaliforniana.
- Krugman, Paul R. y Maurice Obstfeld, (1999). *Economía Internacional. Teoría y Política*. Cuarta Edición. McGraw Hill. Madrid, España.
- INEGI. Censos económicos 2004, 2009. 2014 y 2019 INEGI, Matriz Insumo Producto 2013.
- Izquierdo Tolosa, Ana Gabriela y Giselle Pérez Zazueta (2014), Biotecnología. ProMéxico, Ciudad de México, mayo.
- Martínez Peinado, Javier y José María Vidal Villa, (1995). *Economía Mundial*. McGraw Hill/Interamericana de España, S. A. de C. V.
- Maya Martínez, Marcos Noé (2021). Brechas al desarrollo regional: Detección del enclave automotriz de la región funcional noreste de México: Un análisis de insumo producto regional, 2014, Tesis para obtener el grado de Doctor en Economía. Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM.

- OECD (2009), Working Party on Biotechnology OECD WORKSHOP ON “OUTLOOK ON INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY” Discussion Paper - Session II “Industry Structure and Business Models for Industrial Biotechnology. Vienna, 13-15 January 2010.
- Porter, Michael E. (2003). *The Economic Performance of Regions*. Regional Studies Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*, USA, The Free Press
- Samuelson, Paul, William Nordhaus (2010). *Economía*. 19ª. Edición Con aplicaciones a Latinoamérica. McGraw Hill.
- Sánchez Gamboa, José Manuel, Álvaro Bracamonte Sierra (2006). *Aglomeraciones Industriales y desarrollo económico. El caso de Hermosillo, 1998*. Colegio de la Frontera Norte, vol. 18, núm. 36, julio-diciembre.
- Sandoval, S. (2013), *La cadena global de hortalizas. La estrategia de ascenso de los productores sinaloenses*, México: Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM
- Schumpeter A. Joseph (1978). *Teoría del desarrollo económico*, Quinta Reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México.
- SCHUMPETER, J., “Capitalism, Socialism and Democracy”, Allen & Unwin, Gran Bretaña, 1976.
- Schuschny, Andrés Ricardo (2005). *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones*. Naciones Unidas-CEPAL. División de Estadística y Proyecciones Económicas. . Serie Estudios estadísticos y prospectivos. Santiago de Chile, septiembre.
- Villarreal González, Amado y Jeyle Ortiz Rodríguez (2009). *Identificación de oportunidades estratégicas para el desarrollo de la región Monterrey – Saltillo*. Grupo de Desarrollo Regional del Tecnológico de Monterrey. ITESM, Monterrey.
- Villavicencio, Daniel (coord.) (2017), *Las vicisitudes de la innovación en Biotecnología y Nanotecnología en México*. UAMX-IDRC-ITACA. México.