



Explorando un marco de referencia para la caracterización de bioempresas del sector acuícola en Baja California

Exploring a framework for the characterization of biofirms in Baja California's aquaculture sector

Sylvia Mónica Pérez Núñez^{a*}, Ana Bárbara Mungaray Moctezuma^{b**}, Santos López-Leyva^{c**}

RESUMEN

En el contexto de la economía del conocimiento, los avances científicos generados por la biología y la genética molecular han contribuido al surgimiento del sector biotecnológico conformado por empresas que utilizan biotecnología o “bioempresas”. Conocer la intensidad de este sector implica un reto metodológico por la poca homologación en los criterios de caracterización y medición de intensidad. La propuesta de esta investigación es utilizar los elementos comunes encontrados en los niveles internacional y nacional para construir un marco de referencia. Una vez identificados, centramos nuestra atención en el sector acuícola de Baja California y utilizando estos criterios se establece una caracterización del sector de acuerdo a la clasificación de la empresa como usuaria o desarrolladora de biotecnología, el recurso humano, su vinculación con actores públicos y privados, y la innovación. Además, se establece la intensidad del sector en términos de crecimiento empresarial. La evidencia que encontramos señala que las características de las empresas acuícolas bajacalifornianas responden a los elementos comunes y a la dinámica global del sector biotecnológico.

ABSTRACT

In the context of the economy of knowledge, scientific advances generated from biology and molecular genetics have contributed to the emergence of the sector of biotechnology. Knowing the intensity of this sector implies a methodological challenge due to the lack of common criteria in its characterization and intensity measure. The aim of this research proposal is to establish common elements found internationally and nationally to build a framework. Once identified, we focused our attention on the aquaculture sector of Baja California and using these criteria, we establish a characterization of the sector according to the classification of the firm as a user or developer of biotechnology, human resources, its link to public and private actors, and innovation. In addition, the sector's intensity is established in terms of firm growth. Evidence reveals that the characteristics of Baja California's aquaculture firms respond to the conceptual approach and the global dynamics of the biotechnology sector.

*Cetys Universidad

**Universidad Autónoma de Baja California



Recibido: 4 de abril de 2018; aceptado: 13 de septiembre de 2018



Palabras clave: acuicultura, sector biotecnológico, vinculación, innovación.



Keywords: aquaculture, biotechnological sector, link, innovation.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND

INTRODUCCIÓN

El aumento en el ritmo de creación, acumulación y aprovechamiento del conocimiento ha conducido a las sociedades contemporáneas hacia un paradigma novedoso conocido como economía del conocimiento: un sistema en el cual el conocimiento es la verdadera esencia de la competitividad y motor de desarrollo a largo plazo (Borroto, 2007; Sánchez y Ríos, 2011). Este paradigma demanda nuevas competencias vinculadas con las necesidades sociales, incluye la capacidad de aprendizaje de las instituciones nacionales, el sector productivo y académico, así como la generación de redes interinstitucionales para la solución de problemáticas y del uso intensivo del conocimiento en el espacio social (Avaro, 2006; Acosta, Zarate y Fischer, 2014).

Además de lo anterior, una economía del conocimiento se enfrenta a diversos retos. Por un lado, generar un recurso humano capaz de enfrentar el desafío tecnológico. Y, por otro lado, desarrollar un trabajo coordinado en el proceso de creación y difusión del conocimiento, que se genera a través de la transferencia tecnológica entre instituciones de educación superior, centros de investigación públicos y privados y el sector productivo. Un importante desafío se presenta en la búsqueda de orientar esfuerzos hacia la consolidación de instituciones que faciliten los procesos de innovación, generen certidumbre a los actores y promuevan el desarrollo económico (Mungaray, Pérez y López, 2015).

Al mismo tiempo, en esta economía se presentan una diversidad de comportamientos entre los sectores y áreas de conocimiento. En el caso de los avances científicos generados por la biología y la genética molecular, estos han contribuido al surgimiento de la biotecnología. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés, 2009) la define como toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Sus aplicaciones son multisectoriales, abarcando del sector primario al sector servicios, se utiliza para la corrección de problemas medioambientales, contribuye de forma importante en el sector industrial en las áreas farmacéutica, agricultura, industria química y minería (Muñoz, 2001).

Organismos internacionales y autores diversos cla-

sifican a la biotecnología en un arco iris de colores de acuerdo a su sector de aplicación, y la expansión de empresas que utilizan esta tecnología ha dado origen a un sector nuevo conocido como bioeconomía o sector biotecnológico. Es un sector difícil de catalogar ya que incluye productos y servicios afines a por lo menos treinta segmentos comerciales y porque sus actividades no se localizan en un único espacio geográfico (Duque, 2010).

En este contexto, Duque (2010) afirma que

conocer las características del sector biotecnológico y diagnosticar su intensidad implica observar indicadores como la intensidad en el uso de la biotecnología, el tamaño de las empresas, el empleo generado, la calidad de recurso humano y la generación de conocimiento científico. (p.30)

En el mismo sentido Beuzekom y Arundel (2009) señalan que los indicadores que miden la fortaleza del sector son por un lado el total de trabajadores en empresas que realizan alguna actividad biotecnológica y en empresas biotecnológicas de investigación y desarrollo, y por otro lado los trabajadores cuyas funciones tienen que ver con la biotecnología.

De acuerdo con la OECD (2009), la fortaleza del sector se mide en términos del aumento en: el número de empresas, el recurso humano y la generación de conocimiento. Existen evidencias de un incremento en la intensidad del sector biotecnológico a nivel internacional, por ejemplo, en los últimos años España y Estados Unidos experimentaron un rápido crecimiento en el número de empresas biotecnológicas, en Francia cerca del 50% del recurso humano que se desempeña en este sector cumple con funciones que directamente se relacionan con la biotecnología, y Estados Unidos concentra anualmente el 50% de las publicaciones en biotecnología a nivel mundial (OECD, 2009). En México la evidencia de incremento en la intensidad del sector se muestra en la realización de un conjunto de esfuerzos para formar recurso humano especializado en el área de la biotecnología para dar respuesta a la demanda del sector (Trejo, 2010).

En el caso de Baja California, en la Agenda Estatal de Innovación, publicada por el Consejo Nacional de

Ciencia y Tecnología (Conacyt) en 2014, se afirma que la biotecnología es un área de especialización que puede contribuir a potenciar sectores económicos importantes para el estado como lo son la acuicultura y la biotecnología médica (Conacyt, 2014).

La acuicultura se refiere al cultivo de organismos acuáticos que implica la intervención biotecnológica, específicamente biotecnología azul, para incrementar y mejorar la producción de especies marinas, vegetales y animales, es el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento a nivel global y representa cerca del 50% del producto marino destinado mundialmente a la alimentación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, por sus siglas en inglés], 2012).

Por primera vez, en el año 2014 se superó la producción asistida de especies marinas a nivel mundial con relación a la captura tradicional. Se estima que para 2030 la producción acuícola aporte el 62% de los alimentos para consumo humano de origen marino, cuyo consumo es especialmente importante para países en vías de desarrollo ya que son fuente de proteínas, además de la generación de empleos para 53 millones de personas. Este sector de producción ha mostrado un constante incremento de cerca del 24% en la última década a nivel global, en orden de importancia, los mayores productores son China, India, Indonesia y Vietnam (FAO, 2016).

La actividad acuícola en México se ha desarrollado desde la época prehispánica, registros históricos indican que los primeros pobladores del Valle de México cultivaban especies acuáticas para consumo y para ritos (Gutiérrez-Yurrita, 1999). De estos hechos se deriva nuestro interés en este tema, y de que Baja California, por su privilegiada localización geográfica, tiene una gran riqueza en biodiversidad marina, lo que ha incentivado el desarrollo de investigación científica en biotecnología azul para el fortalecimiento de esta actividad productiva endógena en la región.

Durante el período comprendido entre 1970-2000, el gobierno mexicano pone en marcha una serie de apoyos para el desarrollo de la acuicultura. Se establecieron unidades piscícolas y centros acuícolas para la producción de crías de moluscos, crustáceos y peces. Por otro lado, se gestionó infraestructura de forma interinstitucional a través de diversas secretarías, esfuerzo que incluyó la participación de instituciones financieras.

Destacan en este período el fortalecimiento de aspectos administrativos y legislativos, así como la formación de recursos humanos especializados. No obstante, el apoyo a esta industria ha mantenido esquemas instrumentales erráticos y una desvinculación de los programas de investigación y desarrollo con los agentes interesados en incrementar el manejo de especies acuícolas (Celaya y Almaraz, 2018).

Con respecto a la calidad de los alimentos y al incremento en la competitividad de las empresas del sector agrícola de México, Amaro y Villavicencio (2013) afirman que el marco institucional regulatorio y la dinámica del mercado establecen más barreras que incentivos para el desarrollo y aplicación de innovaciones biotecnológicas.

Sin embargo, por las vocaciones de algunas regiones del país para cultivar ciertas especies marinas en ambientes controlados, como el caso de Baja California, han surgido empresas privadas que realizan investigación aplicada para el desarrollo tecnológico (Celaya y Almaraz, 2018).

Las principales especies acuícolas que se producen en el país son mojarra, camarón y ostión que concentran el 78% de la producción. También se produce atún, tilapia, carpa, trucha, langostino, bagre, charal, pulpo, almeja y lobina. En cuanto a los métodos de producción, por ejemplo, el ostión y mojarra se caracteriza por la siembra sistemática en embalses epicontinentales. Por otro lado, el camarón se produce en su totalidad bajo sistemas tecnológicamente controlados (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca [Conapesca], 2014).

Actualmente, México es el tercer productor a nivel mundial de pulpo con 38 mil 885 toneladas en 2016, la producción acuícola de camarón en el mismo año llegó a cerca de las 128 mil toneladas, y en los últimos cuatro años la producción de tilapia ha alcanzado las 129 mil toneladas. Estas especies se exportan a mercados como Estados Unidos, China, España, Japón e Italia.

Desde hace varias décadas las costas de Baja California han sido lugar propicio para el cultivo de especies marinas como mejillón, almejas, camarón, abulón, entre otras. El estado ocupa el cuarto lugar en volumen nacional de capturas pesqueras y el séptimo lugar en valor de la producción; y con respecto a la acuicultura ocupa el 13º lugar en producción y el sexto en valor, en su gran mayoría es producto de calidad para exportación a países como Estados Unidos, Hong Kong, España, Japón y

China (Secretaría de Pesca y Acuicultura del Estado de Baja California [Sepescabc], 2015).

En el caso específico del sector acuícola en Baja California se han realizado trabajos de carácter formal para analizar: las potencialidades de desarrollo de la biotecnología azul bajo un enfoque de sistemas (Alcalá, 2009), para determinar las áreas de oportunidad que tiene esta actividad con miras al fortalecimiento de la cadena de valor mediante estrategias públicas y/o privadas (López, Moreno y Marín, 2016), y sobre las condiciones de proximidad cognitiva y geográfica entre los actores públicos y privados en la región de Ensenada para llevar a cabo actividades de biotecnología azul (Celaya, 2014). Sin embargo, no se ha caracterizado a las empresas acuícolas como un actor determinante para el desarrollo de la bioeconomía en el estado. Según lo señalado por Henry, Pahun y Trigo (2014) para construir las transformaciones necesarias para el desarrollo del sector biotecnológico se requiere que el sector productivo privado asuma un papel crítico como actor principal.

Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo es caracterizar a las empresas acuícolas en Baja California y medir la intensidad del sector. Las preguntas que guían esta investigación son: ¿cuáles son los criterios que caracterizan a las empresas biotecnológicas? y ¿cómo se mide la intensidad de este sector? Por la poca homologación de estos criterios ha sido necesario establecer elementos comunes en los ámbitos internacional y nacional, con lo que se construyó un marco de referencia.

La hipótesis de nuestra investigación considera que las características de las empresas acuícolas en Baja California responden a los elementos comunes y al comportamiento global del sector biotecnológico. La estrategia metodológica que se siguió fue la revisión del informe *Biotechnology Statistics 2009* publicado por la OECD, este organismo periódicamente difunde información global sobre el número de empresas biotecnológicas, el empleo generado, el gasto en investigación y desarrollo, y la conformación por sector de aplicación, entre otros indicadores; asimismo, existen dos documentos sobre la biotecnología en México publicados en 2010: el reporte *Situación de la Biotecnología en México y su Factibilidad de Desarrollo* y el artículo *La biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación*. Además, se diseñó una encuesta para obtener los elementos que nos permitieron caracterizar a las empre-

sas acuícolas en Baja California.

En esta tesis, el trabajo se presenta en el siguiente orden: en el apartado *Bioeconomía, una aproximación*, se describe el concepto de bioeconomía y la relación entre la biotecnología y el desarrollo económico. Seguido del contexto del sector biotecnológico que incluye la clasificación de la biotecnología de acuerdo con su sector de aplicación, se establecen los criterios de caracterización de las empresas biotecnológicas en dos niveles de análisis: internacional y nacional, y se determina el elemento que mide la intensidad del sector, lo que permitió la construcción del marco de referencia con elementos comunes. Posteriormente, se plantea la estrategia metodológica, después con este respaldo y a partir de una muestra por conveniencia, se caracteriza a las empresas del sector acuícola de Baja California y se determina la intensidad del sector, las conclusiones y futuras líneas de investigación se presentan en el último apartado.

BIOECONOMÍA, UNA APROXIMACIÓN

La bioeconomía es una economía en progreso, en donde convergen la biotecnología, los sistemas de innovación, las políticas públicas, las empresas, los mercados y distintos actores sociales que interactúan construyendo y configurando nuevas prácticas sociales e identidades en una permanente búsqueda de equilibrios sociopolíticos (Pavone, 2012).

Para Henry *et al.* (2014) la bioeconomía es un modelo de producción en pleno crecimiento que consiste en el uso de biomasa con la asistencia de biotecnologías, para la producción de fuentes de energía, componentes químicos, materiales y otros bioproductos.

La biotecnología cuenta con el potencial para ser reconocida como una tecnología revolucionaria, es decir, portadora de una gran transformación hacia la creación de riqueza económica. Por lo tanto, abre un amplio espacio de oportunidad al proporcionar un conjunto de nuevas tecnologías interrelacionadas, infraestructuras y modelos organizativos con los que es posible el aumento de la eficiencia y la efectividad de la industria y sus actividades. Además, del desarrollo y difusión de un paradigma técnico-económico, que implica un período de transición tecnológica global y que brinda nuevas

oportunidades para trazar estrategias de desarrollo (Pérez, 1986; 2010).

Los componentes básicos de la bioeconomía son conocimiento y vida, es el inicio de una forma alternativa de desarrollo en la cual, por ejemplo, es posible lograr sustituir la utilización de petróleo y sus derivados por el uso de combustibles y materiales renovables, que sean explotados sin el daño al ecosistema y que estén ampliamente disponibles. La convergencia científica y tecnológica posibilita la utilización de material vegetal y organismos vivos que se transforman en energía, otros productos y en nuevas cadenas de valor que permiten cuidar el medio ambiente, sin reducir la oferta laboral, por consiguiente, se contribuye a la reducción de la pobreza y a la mejora de la calidad de vida de la población global (Trigo y Villarreal, 2009).

El creciente interés estratégico de diversos países sobre esta economía se debe a sus potenciales beneficios económicos, sociales y en el medio ambiente a nivel global. Beneficios que solo serán alcanzables en la medida en la que los distintos actores públicos y privados generen dinámicas que permitan la inclusión de herramientas biotecnológicas en sectores como: salud, producción alimentaria, productividad económica y desarrollo sustentable (OECD, 2009).

El conocimiento, la tecnología y los mercados se incorporan generando una nueva cadena de valor del conocimiento. Los sectores que más se han visto impactados por los efectos de la bioeconomía son el de la alimentación, salud, transporte y el de la construcción. En el sector primario los organismos vivos derivados de la biotecnología están siendo utilizados desde hace más de una década, es una de las tecnologías que más rápido se ha adoptado en este sector (Trigo y Villarreal, 2009).

En el escenario global se presentan similitudes en lo que respecta a las estrategias nacionales para el desarrollo de la bioeconomía. Éstas se enfocan sobre el potencial de crecimiento en términos de oportunidades económicas y nuevas fuentes de empleo. De la misma forma se presentan similitudes en recursos políticos, como son la inversión en la investigación en el campo de las ciencias de la vida, la promoción de asociaciones público-privadas en temas estratégicos y los subsidios para colaborar con la transferencia de conocimiento del laboratorio al mercado. Los principios sobre los que se desarrolla esta economía son también similares, giran

en torno a aspectos como la sostenibilidad, producción y acceso a biomasa y al uso de la biotecnología (Henry *et al.*, 2014).

Henry *et al.* (2014) señalan que América Latina concentra siete de los 19 países catalogados como mega diversos, por lo que en esta región existe la posibilidad de desarrollar una bioeconomía que contribuya a objetivos trascendentales en la región como la seguridad alimentaria y energética, y la generación de empleo resultante de las nuevas actividades. Estos recursos pueden ser explotados de manera sostenible con la utilización de herramientas biotecnológicas avanzadas. A través de estos avances tecnológicos, la región se ha convertido en un actor relevante en la aplicación y adopción de productos y procesos de biotecnología y de eco-intensificación, y en usos novedosos de biomasa para el sector bioenergético, como Brasil que domina el mercado internacional de etanol, Argentina con su producción de biodiesel a partir de la soja, y Costa Rica y Honduras con la producción de biodiesel a partir del aceite de palma.

La región juega un rol significativo en la explotación de recursos genéticamente modificados como son la soja, maíz y algodón. La bioeconomía en América Latina tiene un doble objetivo: a nivel local ser una fuente de oportunidades para un crecimiento equitativo a través de la producción agrícola mejorada y la posibilidad de generación de empleo; y a nivel global, contribuir a los balances de alimentos, fibras y energía.

Europa y países como Estados Unidos o Rusia, y sectores específicos como bioenergía en Argentina y Brasil o biodiversidad y ecoturismo en Costa Rica, han demostrado que las esferas institucionales y políticas son elementos determinantes en la transición hacia una economía sustentada en el uso intensivo del conocimiento y de recursos biológicos. Vigilar su desarrollo requiere de nuevos marcos políticos e instituciones capaces de acompañar estos procesos y sus requerimientos. Este sistema es complejo en comparación con los sistemas convencionales de producción del sector primario. Por lo tanto, se requiere que el sector productivo privado asuma un papel crítico como actor principal para construir las transformaciones que se requieren para el desarrollo de la bioeconomía (construcción, organización, financiación). Así mismo existen otros temas que merecen especial atención como el desarrollo de recurso humano, la base de ciencia e innovación y las condiciones espe-

ciales de los nuevos mercados.

CONTEXTO DEL SECTOR BIOTECNOLÓGICO

El sector biotecnológico a nivel mundial está conformado por empresas que cuentan con un perfil común, en general se trata de empresas muy jóvenes, pequeñas y medianas con una fuerza laboral bien calificada, nacidas en entornos académicos y localizadas en zonas geográficas con elevada actividad investigadora, con dificultades para acceder a financiamiento, muy activas en todos los campos empresariales, pero con poca experiencia en gestión de recursos (Duque, 2010).

De acuerdo al sector de aplicación la biotecnología se clasifica en blanca, verde, roja o azul. La biotecnología blanca es la aplicación de técnicas biológicas para mejorar procesos industriales o crear nuevos procesos. La biotecnología de la salud es la denominada roja, es la más visible y se dedica a la prevención, diagnóstico y tratamiento de un gran número de enfermedades. La biotecnología verde se encuentra al servicio de la mejora de las características de plantas o animales de forma rápida y eficiente. Y la biotecnología azul se refiere a la que se dedica a las aplicaciones de los microorganismos y productos de origen marino, para la producción de especies acuáticas y nuevos fármacos. En esta investigación se estudia específicamente a las empresas acuícolas usuarias o desarrolladoras de la tecnología azul, quienes utilizan esta tecnología en la producción de semilla de especies como ostión y abulón, así como en los procesos de cría y engorda (Duque, 2010).

Por otro lado, Kafarski (2012) discute que además de los colores ya mencionados, la biotecnología también se clasifica en violeta, amarilla y café. De acuerdo a este autor, la biotecnología atraviesa todas las esferas de la vida humana, por lo tanto, origina temor y desconfianza, así como problemas legales relacionados a su patentamiento. Lo que implica serios dilemas morales y éticos, acompañados de discusiones a favor y en contra del uso de estos avances científicos. Al surgir esta problemática aparece la biotecnología violeta como una plataforma para la discusión de estos temas. Sobre la biotecnología amarilla menciona que su principal objetivo es mejorar ciertos alimentos para obtener altos índices de nutrición que renueven la salud de los individuos, lo que se de-

nomina alimentos funcionales. La biotecnología café, añade Kafarski, considera el manejo de territorios áridos y desiertos, en donde la mitad de la población mundial habita en condiciones de pobreza, con bajos niveles de educación y en la mayoría de los casos ausencia de infraestructura tecnológica. Bajo estas condiciones el uso de organismos genéticamente modificados podría tener un impacto positivo en la mejora genética y ausencia de enfermedades de cultivos para la alimentación.

La caja de herramientas de la biotecnología de forma general se concentra en siete categorías (Duque, 2010):

- 1) ADN, esto es, código genético: genómica, farmacogenómica, ingeniería genética, secuenciación síntesis y aplicación, expresión genética.
- 2) Proteínas y otras moléculas, también llamadas “unidades funcionales”: secuenciación y síntesis de proteínas y péptidos, nuevos métodos de administración de fármacos macromoleculares, proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, señalización celular, identificación de receptores celulares.
- 3) Tejidos y cultivos celulares: ingeniería de tejidos, fusión celular, vacunas, manipulación de embriones.
- 4) Procesos biotecnológicos: fermentación usando biorreactores, bioprocesos, biorremediación, biofiltración y fitorremediación.
- 5) Organismos subcelulares: terapia génica, vectores virales.
- 6) Bioinformática: bases de datos de genomas y secuencias de proteínas, modelización de procesos biológicos complejos.
- 7) Nanobiotecnología: aplicaciones de las técnicas de nano/microfabricación para construir aparatos para el estudio de sistemas biológicos, administración de fármacos, diagnóstico.

Caracterización a nivel internacional

De forma general, la OECD caracteriza a una empresa biotecnológica por la utilización de biotecnología moderna para la producción de bienes y servicios, o para realizar investigación y desarrollo biotecnológico. Establece dos categorías internacionalmente aceptadas y que se utilizan en más de 20 países desarrollados: a) empresas dedicadas a la biotecnología que son aquellas

cuya actividad mayoritaria consiste en la aplicación de técnicas biotecnológicas para producir bienes, servicios o realizar investigación y desarrollo en biotecnología; y b) empresas que realizan investigación y desarrollo en biotecnología (Beuzekom y Arundel, 2009).

En el informe *Key Biotechnology Indicators* elaborado por la OECD en 2016 y en el que se proporciona información de 22 países, se obtuvo que 68% de las empresas biotecnológicas se concentran en los sectores alimentos y salud. Se señala, también, que en números absolutos se contabilizaron 9, 551 empresas biotecnológicas distribuidas de la siguiente manera: 34% Estados Unidos, 10% Japón, 8% Francia, 35% se concentran en 15 países de la Unión Europea. Algunos de estos países proporcionaron información longitudinal, lo que permitió ver que a través del tiempo ha crecido el número de empresas, este factor determina la intensidad del sector.

España ha experimentado entre 2014 y 2015 un incremento de 8.7% de empresas vinculadas a la biotecnología. Este crecimiento es mucho menor al registrado entre 2004 y 2006, período en el cual el número de empresas biotecnológicas aumentó en 53% (Beuzekom y Arundel, 2009), sin embargo, el volumen total se ha aproximado a los máximos históricos de alrededor de tres mil empresas, de las cuales 654 están totalmente dedicadas a la biotecnología (Asociación Española de Bioempresas [Asebio], 2016).

En términos absolutos, Estados Unidos entre los años 2012 y 2015, experimentó un crecimiento de 395 empresas biotecnológicas, lo que representa una tasa de crecimiento anual de 16% (Statista, 2018), superior al 13% registrado entre 2004 y 2006 (Beuzekom y Arundel, 2009). Este país encabeza el listado de la OECD sobre empleo biotecnológico concentrando al 67% del empleo total, seguido de Francia con el 12%. Sobre los trabajadores cuyas funciones tienen que ver directamente con la biotecnología, el informe cuenta con datos de 11 países; en Francia, 46% del recurso humano del sector cumple con estas funciones, seguido por Corea, Alemania y Canadá con el 14%, 13% y 12% respectivamente (Beuzekom y Arundel, 2009, p.44).

Sobre el conocimiento técnico generado a través de publicaciones científicas, son las universidades estadounidenses las que aparecen en los primeros sitios de todas las listas de producción científica con un mayor número de publicaciones en las distintas áreas de la

biotecnología. Anualmente Estados Unidos concentra cerca del 50% de las publicaciones en biotecnología a nivel mundial, seguido por Europa y Japón con 35% y 9% respectivamente. Además, nueve de las 10 universidades más activas en registro de patentes son norteamericanas: Texas, San Francisco, John Hopkins, Stanford, Cornell, Columbia, Berkeley, San Diego y Wisconsin, especialmente relevante es el estado de California que aglomera a cuatro de estas universidades (Duque, 2010).

Caracterización a nivel nacional

En la actualidad, México, al igual que otros países, enfrenta grandes retos para ofrecer a sus habitantes mejores niveles de bienestar, los cuales pueden afrontarse utilizando el potencial que tiene el país para transformar la biotecnología en palanca de desarrollo, ya que cuenta con infraestructura en biotecnología que incluye investigadores, institutos de investigación, universidades y centros de investigación reconocidos internacionalmente, una comisión que coordina actividades nacionales en bioseguridad y un sector privado organizado y activo orientado a la promoción de la adopción de la biotecnología (Trejo, 2010).

En el reporte *Situación de la Biotecnología en México y su Factibilidad de Desarrollo* se tiene un registro de 375 empresas en el país que cuentan con procesos o productos, insumos o sistemas relacionados con biotecnología, el 70% del total lo constituyen las empresas de los sectores farmacéutico, alimentario y de agrobiotecnología. Los datos indican que 34% son empresas grandes de las cuales cerca del 50% se concentran en los sectores farmacéutico o biomédico; el 66% son empresas catalogadas como medianas o pequeñas, y de éstas cerca del 53% corresponde a empresas ligadas a la biotecnología alimentaria y al sector farmacéutico. Sobre la participación de la biotecnología como base de la empresa, se encontró que 18% de estas empresas se encuentran totalmente basadas en biotecnología y mayormente se desarrollan en los sectores de agrobiotecnología y productos biológicos, esta categoría es la que la OECD denomina como empresa de investigación y desarrollo en biotecnología. El 45% se clasifican como parcialmente dedicadas a biotecnología y 37% como relacionadas con el uso de biotecnología (Trejo, 2010), en la categoría de la OECD serían las usuarias de biotecnología.

La Secretaría de Economía a través de ProMéxico, realizó en el año 2016 un estudio para presentar un panorama general del sector de la biotecnología a nivel internacional y nacional. Con respecto a las empresas, este reporte señala que en el país “hay más de 400 empresas que desarrollan o utilizan biotecnología moderna, de éstas 75 se encuentran en el segmento de la agricultura, 82 en el de medio ambiente, 54 en el de salud humana, 86 en el de alimentos, 118 en la industria y el resto en salud animal, acuicultura y otros” (ProMéxico, 2016, p. 25).

Amaro y Morales (2010) afirman que lograr el desarrollo de la biotecnología en México dependerá de la creación de un conjunto de capacidades, entre las que la vinculación es una de las más importantes, principalmente entre las empresas del sector biotecnológico y las instituciones de educación superior y de investigación. Por lo que el Estado tendrá que participar activamente promoviendo, orientando y consolidando tanto los procesos productivos como los procesos de vinculación.

Las empresas nacionales e internacionales que operan en el país son cada vez más visibles, algunas de ellas han logrado posicionarse en nichos específicos de mercado, como el caso de los biogénicos. Sin embargo, es posible apreciar una carencia de instrumentos financieros y capital de riesgo que promueva la generación de *start ups* y de una estructura financiera que brinde soporte y apoyo a este sector en específico. Sorteando estas limitaciones existen empresas biotecnológicas exitosas en términos de cooperación, que son ejemplos a seguir, en donde como se observa en la tabla 1, es crucial la participación de grupos de investigadores, en algunos casos como asesores y en otros como emprendedores, al poner en el mercado el resultado de la tecnología desarrollada por ellos mismos (Amaro y Morales, 2010).

Esta situación no solo se presenta por el continuo incremento de las actividades de investigación y desarrollo, sino por muchas otras funciones de soporte a esta actividad económica que requieren cada vez mayor conocimiento especializado, como ocurre en la industria farmacéutica, en donde el número de trabajadores con posgrado entre 2007 y 2010 incrementó en un 74% (Amaro y Morales, 2010).

Tabla 1. Empresas mexicanas exitosas en términos de cooperación y vinculación que utilizan herramientas biotecnológicas

Nombre	Sector	Vinculación con Centros de Investigación y/o IES
Probiomed	Farmacéutico	UNAM (Instituto de Biotecnología, Facultad de Química)
Instituto Bioclon	Farmacéutico	UNAM Instituto de Biotecnología
Laboratorios Silanes	Farmacéutico	CICESE Departamento de Biotecnología Marina
Agro biológicos del Noroeste	Agrícola	CIAD
Industrializadora Integral de Agave	Producción de fructuosa	Universidad de Guadalajara
Agromod	Agricultura	Centro de Investigación Científica de Yucatán y CINVESTAV
IN Tech S.A.	Tratamiento de agua	UNAM Instituto de Ingeniería
Agro y Biotecnía	Agricultura	UNAM Instituto de Biotecnología
Laboratorios Bioquímex	Industrial obtención de colorantes	UNAM Facultad de Química
Asesoría Integral Agropecuaria y Administrativa, ASIA	Agricultura	Centro de Ciencias Genómicas
Agroindustria Fungi-Agrícola de Oriente de Puebla	Agricultura	Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, Puebla
Neolac, S.A. de C.V.	Alimentos leche deslactosada	En sus orígenes la tecnología se desarrolló en la UNAM

Fuente: Celaya y Barajas (2012).

En los últimos años se han realizado un conjunto de esfuerzos para formar capital humano especializado en el área. El país se encuentra entre las diez economías con más graduados de programas de ciencias e ingenierías, por encima de España, Japón, Rusia e Irlanda (Sánchez, 2016). El Sistema Nacional de Investigadores en 2016 registró 25 072 investigadores, de los cuales el 35% están adscritos en las áreas de conocimiento biotecnología y ciencias agropecuarias, y biología y química (Rodríguez, 2016). Cerca de 90 instituciones ofrecen programas de posgrados relacionados con la biotecnología, en 2015, aproximadamente 2 400 alumnos egresaron de posgrados en estas áreas.

En 2008, aproximadamente mil biotecnólogos mexicanos reconocidos internacionalmente publicaron los resultados de sus investigaciones. En el escenario internacional la participación de México en la producción mundial de artículos científicos es mínima, sin embargo, ocupa el segundo lugar a nivel regional (Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación [SIICYT], 2012). Entre 2011 y 2015 se registró una tasa media de crecimiento del 4.92%, lo que ubicó al país en el lugar 22 de las 34 naciones integrantes de la OECD. Al desagregar la producción científica en México por áreas de investigación, se puede apreciar cuáles son las comunidades científicas que más contribuyen a la producción nacional. En este sentido, el área plantas y animales contribuye con el

12.62%, seguida de las áreas física y medicina clínica con el 10.31% y 9.62%, respectivamente, la ecología y medio ambiente con el 6.47% y biología y química con el 4.82% (Conacyt, 2015).

Entre los sectores de aplicación de la biotecnología en México destaca en importancia el sector acuícola, que junto con el sector salud concentran cerca del 42% de las empresas a nivel nacional (Trejo, 2010). El país tiene un promisorio potencial acuícola, dada la vasta extensión de mares y aguas y, desde el punto de vista biológico, como país mega diverso, lo que también otorga un inmenso potencial de especies susceptibles de incorporarse a la producción acuícola (Cicese, 2013). Además, existe evidencia de que esta actividad productiva se ha desarrollado en el país desde la época prehispánica (Gutiérrez, 1999), y es objeto de investigaciones y publicaciones científicas de importantes centros nacionales de generación y difusión de conocimiento, como ha ocurrido con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (Cicese), Baja California, en donde desde la década de los setentas se realizan estudios sobre el desarrollo de esta actividad productiva (Cicese, 2013).

Marco de referencia

Como se mencionó, las empresas biotecnológicas a nivel internacional comparten ciertas características, como ser pequeñas y medianas unidades productivas con una fuerza laboral bien calificada, nacidas en entornos académicos y localizadas en zonas geográficas con elevada actividad investigadora. A partir de la consulta de documentos y reportes en las esferas internacional y para México, hemos encontrado elementos que nos permiten contribuir a esta caracterización.

En primer lugar, la clasificación de la empresa con respecto a dos elementos: 1) al uso de la biotecnología: completamente dedicada o usuaria, y 2) en relación a su tamaño en términos del número de empleados.

En el contexto de una economía basada en el conocimiento, un aspecto relevante es determinar las capacidades del recurso humano directamente involucrado en actividades de biotecnología. Igualmente importante, es la innovación medida a través de la producción científica de la infraestructura para investigación y desarrollo, o de la participación en proyectos de innovación en procesos o productos. En el caso de México, la vinculación entre

las empresas biotecnológicas y los centros de producción de conocimiento es un elemento especialmente importante para el desarrollo del sector biotecnológico.

Por último, medir la intensidad del sector implica reconocer su crecimiento con respecto al número de empresas en un período determinado.

MÉTODO

Este trabajo de investigación fue realizado bajo un paradigma mixto. Para establecer el marco de referencia se centró en el análisis de información documental, como el informe *Biotechnology Statistics 2009* publicado por la OECD, este organismo periódicamente difunde información global sobre el número de empresas biotecnológicas, el empleo generado, el gasto en investigación y desarrollo, y la conformación por sector de aplicación, entre otros indicadores. Esta información permitió establecer un perfil común y algunos criterios utilizados a nivel global para medir su intensidad, de tal forma que se logró establecer una primera aproximación al marco de referencia.

Para establecer la dimensión sobre México, se buscó indagar sobre si el perfil y características del sector se ajustan al perfil común mencionado a nivel internacional. Por lo que se consultaron dos documentos, el reporte *Situación de la Biotecnología en México y su Factibilidad de Desarrollo*, estudio realizado en 2010 por el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional (Trejo, 2010) y el artículo *La biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación* publicado en la revista multidisciplinaria *Ide@s Concyteg* (Amaro y Morales, 2010). Con esta información se integró el marco de referencia.

En línea con los hallazgos en la conformación del marco de referencia integrado por los niveles de análisis internacional y nacional, al contexto de la investigación y con el interés de contribuir al estudio del sector biotecnológico, como se observa en la tabla 2, se define un modelo de cinco variables independientes que en su conjunto definen los criterios para identificar la variable dependiente: caracterización de las empresas biotecnológicas del sector acuícola de Baja California. A continuación, se describe cada una de ellas:

- **Perfil de la empresa:** esta variable está construida por el tamaño de la empresa en términos de empleo y por su clasificación de acuerdo al uso de esta tecnología. Según la OECD (2009) una empresa biotecnológica se define como aquella que utiliza biotecnología moderna en sus procesos de producción. Utilizando la clasificación de Duque (2010), se busca diferenciar entre aquellas empresas completamente dedicadas a la biotecnología y usuarias de biotecnología. Las usuarias son empresas basadas en biotecnología que elaboran productos de alto valor o de alto volumen, y que incorporan de manera intensiva insumos derivados de la biotecnología. Las empresas completamente dedicadas a la biotecnología son aquellas que realizan investigación y desarrollo como parte de sus actividades.
- **Tecnología:** estas empresas utilizan células y procesos moleculares como: bioprocesos, código genético, tejidos y cultivos, y tecnología de las proteínas. El objetivo es conocer los recursos tecnológicos que con mayor frecuencia utilizan las empresas acuícolas, dentro de la amplia gama de posibilidades.
- **Recurso humano:** los sectores productivos que utilizan biotecnología son considerados como intensivos en conocimiento, por esto la importancia de conocer las capacidades del recurso humano directamente involucrado en actividades biotecnológicas. Por lo tanto, lo que define esta variable es el grado académico del personal directamente involucrado en estas actividades.
- **Innovación:** la biotecnología por su naturaleza constituye un activo campo de investigación y generación de nuevo conocimiento, y un motor económico que permite la creación de empresas a partir de la innovación. La biotecnología azul requiere de un proceso de innovación constante, por lo tanto, esta variable se mide a través de la participación de las empresas en proyectos de innovación de productos, procesos o servicios, y la existencia de infraestructura interna para investigación y desarrollo.
- **Vinculación:** el desarrollo de la biotecnología en México dependerá de la creación de un conjunto de capacidades, entre las que la vinculación es una de las más importantes (Amaro y Morales, 2010). Esta variable mide la vinculación entre las empresas

del sector acuícola y las instituciones que generan conocimiento, y las distintas instituciones públicas que cuentan con programas para el desarrollo del sector.

Tabla 2. Relación variable – indicadores

Variable	Indicadores
Perfil de la empresa	Tamaño de la empresa Clasificación: -completamente dedicada a la biotecnología (IyD) -parcialmente dedicada a la biotecnología -usuaria de alguna herramienta biotecnológica
Tecnología	Herramienta biotecnológica -bioprocesos -código genético -tejidos y cultivos -tecnología de las proteínas
Recurso humano	Grado académico de personal directamente involucrado en actividades biotecnológicas -profesional -maestría -doctorado
Innovación	Participación de la empresa en proyectos de innovación Infraestructura interna para la investigación y el desarrollo
Vinculación	Instituciones de Generación de Conocimiento Instituciones públicas con programas de apoyo al sector Empresas

Fuente: elaboración propia a partir de OECD (2009), Amaro y Morales (2010), Duque (2010) y Trejo (2010).

A partir de estas variables e indicadores se elaboró una encuesta estructurada en formato electrónico integrada por preguntas cerradas politómicas y a escala. El objeto de estudio está conformado por las 65 empresas registradas en 2015 en el directorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California (Cesaibc), organismo que agrupa a estas empresas para la promoción y fomento de buenas prácticas. Se determinó una muestra por conveniencia constituida por diez empresas, el criterio de inclusión fue la respuesta de las empresas en tiempo y forma a la encuesta electrónica. Una vez obtenidos los datos se codificaron y analizaron a través de un tratamiento descriptivo.

Como se mencionó en la introducción, uno de los parámetros de la OECD para establecer la intensidad del sector es a partir del aumento en el número de empresas en un período determinado, este indicador se utilizó para determinar la intensidad del sector a partir de los datos disponibles para el período 2015-2017.

RESULTADOS

Caracterización del sector acuícola en Baja California

El estado de Baja California posee el 13.4% de las costas totales del país, con un clima muy diverso que varía de mediterráneo a árido, lo que trae consigo que exista una amplia diversidad de especies con potencial acuícola. Actualmente, se cultivan 15 especies entre las que destacan el ostión japonés, ostión kumamoto, almeja manila, abulón, mejillón mediterráneo, atún aleta azul, lobina rayada, camarón café, camarón blanco, entre otros. Así mismo, el estado cuenta con áreas clasificadas sanitariamente para la exportación de sus productos, plantas de procesamiento y unidades de producción acuícola a lo largo de todo el territorio. La producción en toneladas de este sector entre 2000 y 2015 se elevó cerca de siete veces al pasar de 1 567 a 10 707 toneladas, y su valor en este mismo período pasó de 39 a 698 millones de pesos (Conapesca, 2015).

La biotecnología en esta entidad está considerada como una industria emergente, en 2013, esta región concentró al 3% del total de investigadores mexicanos, y al 7% de los investigadores en ciencias biológicas, además el territorio albergó al 15% de empresas biotecnológicas en el país (San Diego Dialogue, 2005; Conacyt, 2014). El sector biotecnológico está compuesto por cuatro áreas: *i*) productos farmacéuticos y médicos, *ii*) bioprocesos para alimentos y bebidas, *iii*) productos químicos, y *iv*) agrícola y acuicultura (Celaya y Almaraz, 2015).

El Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), 2013, sitúa al estado en la octava posición de 32 posibles, bajo la lógica de que a mayores capacidades de CTI las economías tienen una mayor posibilidad de apropiarse de conocimientos, transformarlos y aplicarlos para su beneficio. Además, se encuentra entre los primeros 10 lugares en infraestructura académica y de investigación, formación de recursos humanos, personal docente y de investigación, infraestructura empresarial, tecnologías de información y comunicación y entorno económico y social (Foro Consultivo Científico y Tecnológico [FCCYT], 2013).

Por lo que existe en este estado fronterizo una sólida infraestructura en educación y ha avanzado constantemente en incrementar el nivel educativo de su población. Específicamente, se reconoce a Ensenada como la ciu-

dad del país con mayor índice de científicos per cápita con 12.2 personas dedicadas a la investigación por cada mil habitantes, a nivel nacional, este índice es de 0.88 investigadores por cada mil habitantes (InvestInBaja, 2016). Lo anterior representa una gran ventaja para el desarrollo de empresas biotecnológicas, dado que éstas surgen en entornos académicos y se localizan en áreas geográficas con una elevada actividad investigadora.

La oferta educativa orientada a satisfacer las necesidades del sector acuícola en Baja California, se concentra en dos instituciones: la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Centro de Investigación Científica y Superior de Ensenada (Cicese). Ambas instituciones cuentan con reconocimiento tanto nacional como internacional, y de acuerdo a Cicese (2013) han construido históricamente redes de colaboración y vinculación con instituciones de generación de conocimiento dentro y fuera del país. Además, a nivel local han respaldado la innovación en este sector a través de la vinculación con las empresas en la cadena del conocimiento: educación-ciencia-tecnología-innovación, participando en las distintas modalidades de los programas públicos de estímulos a la innovación como ProInnova, InnovaPyME y Fondos Mixtos.

Para fortalecer el dinamismo de la actividad acuícola en la región, se ha construido a través de los años un andamiaje institucional que se describe a continuación. La UABC en 1960, crea simultáneamente dos dependencias en la ciudad de Ensenada, bajo una concepción de estrecha interrelación, el Instituto de Oceanografía e Ictiología posteriormente Instituto de Investigaciones Oceanológicas y la Escuela de Ciencias Marítimas posteriormente Facultad de Ciencias Marinas, para fomentar y llevar a cabo investigaciones científicas dando preferencia a las que tiendan a resolver los problemas estatales o nacionales. La oferta académica de esta facultad a nivel licenciatura incluye el programa Biotecnología en Acuicultura, y a nivel posgrado el programa en Ecología Molecular y Biotecnología. Desde un inicio, se contó con el apoyo fundamental de varios investigadores del *Scripps Institution of Oceanography* en la Joya, California, Estados Unidos, para impulsar el crecimiento académico. En 1984, se inician los primeros proyectos de investigación formal por parte de la facultad, y un año más tarde se crea el programa de maestría en Oceanografía Biológica, en este periodo se realizaron convenios académicos con

Cicese (UABC, 2016).

Específicamente, para el estudio de la biodiversidad bajacaliforniana en 1968 surge la idea de la fundación del Cicese como resultado de la colaboración formal entre académicos de la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la UABC y el *Scripps Institution of Oceanography* de la Universidad de California en San Diego, idea que se materializa en 1973 a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) (Cicese, 2013). Actualmente, el Cicese es un centro público de investigación, el más grande de los 27 que integran el Sistema de Centros Públicos de Investigación del Conacyt. El programa de posgrado en Ciencias en Acuicultura busca generar recursos humanos altamente calificados que, al incorporarse al sector académico, gubernamental y productivo, privado o público, contribuyan de manera decisiva al crecimiento y consolidación de esta actividad. Las líneas de investigación y generación de conocimiento en esta área son: *i)* desarrollo de tecnología acuícola, *ii)* genética, reproducción y eco fisiología de organismos acuáticos, *iii)* nutrición y alimentación de organismos acuáticos y *iv)* patología y sanidad acuícola (Cicese, 2016).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), es una dependencia federal cuyo objetivo es propiciar el ejercicio de una política de apoyo al sector agropecuario que permita producir mejor, aprovechar las ventajas comparativas, integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía, y estimular la colaboración de las organizaciones de productores con programas y proyectos propios en línea con las metas y objetivos propuestos en el Plan Nacional de Desarrollo para este sector. La Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca) un órgano desconcentrado de la Sagarpa, es el encargado de fomentar y desarrollar mecanismos de coordinación con diferentes instancias para implementar políticas, programas de apoyo y normatividad que conduzcan y faciliten el desarrollo competitivo y sustentable del sector pesquero y acuícola del país (Sagarpa, 2017).

El Instituto de Sanidad Acuícola es un organismo no gubernamental que tiene como objetivo promover la producción y la conservación acuícola mediante la investigación científica básica y aplicada, el desarrollo tecnológico y la capacitación de recursos humanos en sanidad y cultivo de organismos acuáticos para contri-

buir a su producción sustentable y a su conservación.

Los gobiernos federal y estatal en los últimos años han implementado programas e incentivos específicos de apoyo con el objetivo de fortalecer el desarrollo de la acuicultura, entre los más importantes están los siguientes: *a)* Desarrollo Estratégico de Acuicultura; *b)* Impulso a la Capitalización Pesquera y Acuícola; *c)* Integración Productiva y Comercial Pesquera y Acuícola; *d)* Ordenamiento Pesquero y Acuícola Integral y Sustentable; y *e)* Recursos Genético Acuícolas. Todos estos programas tienen como propósito fortalecer la infraestructura, equipamiento, capacitación, asistencia técnica y desarrollo tecnológico. Otros de los programas y acciones relevantes que la administración estatal ha implementado en beneficio de los productores acuícolas son: Modernización de infraestructura pesquera y acuícola y Programa de prevención y manejo de riesgos (Sepescabc, 2015).

Como se mencionó, el Cesaibc es un organismo que agrupa a las empresas acuícola bajacalifornianas. En 2015, 65 empresas integraban el directorio de este organismo, cuyo objetivo es promover y fortalecer el desarrollo acuícola en la entidad, en donde el conocimiento, las mejoras continuas y la aplicación de buenas prácticas son parte fundamental para la producción y el acceso a mercados (Cesaibc, 2015).

Este estado ocupa el cuarto lugar en volumen nacional de capturas pesqueras y el séptimo lugar en valor de la producción. Con respecto a la producción acuícola, ocupa el 13^o lugar en producción y el sexto en valor de la producción, en su gran mayoría es producto de calidad para exportación a países como Estados Unidos, Hong Kong, España, Japón y China (Sepescabc, 2015).

De acuerdo con los datos recabados a partir de la encuesta electrónica aplicada a una muestra por conveniencia de 10 empresas, el 60% de ellas son usuarias de biotecnología, específicamente de bioprocesos para la producción de semilla, la siembra de larvas y el diagnóstico de enfermedades y su control, y completamente dedicadas a la biotecnología el 20%. El 90%, de acuerdo a la clasificación de INEGI (2016), son pequeñas empresas por contar con una fuerza laboral de entre 11 y 50 empleados. Aproximadamente siete empleados por empresa participan en actividades cuyas funciones tienen que ver con la biotecnología, y cerca del 30% de este personal sustenta grado de maestría o doctorado.

Sobre las capacidades de investigación, desarrollo e

innovación, el 30% de las empresas encuestadas tienen área de investigación y desarrollo, el 90% ha participado en al menos un proyecto de innovación de productos o procesos en los últimos cinco años y de éstas, el 80% han introducido al mercado un producto o proceso nuevo o significativamente mejorado.

Uno de los principales retos a enfrentar para lograr el desarrollo de la biotecnología en México, es el de generar entornos propicios para la vinculación entre empresas e instituciones de educación superior, por lo que el gobierno federal ha puesto en marcha distintos programas gubernamentales para el desarrollo de ciencia y tecnología. En este sentido, se observa en la tabla 3 que el 70% de las empresas encuestadas en Baja California han sido beneficiarias de alguno de estos programas en los últimos cinco años, y en su mayoría han logrado construir redes de vinculación con la UABC y Cicese y evalúan esta experiencia como excelente.

Tabla 3. Bioempresas acuícolas BC beneficiarias de programas de apoyo a la Ciencia y Tecnología

Bioempresa	Programa	Vinculación
Acuícola Pacar	Sagarpa	UABC, Cicese
Productos Oceánica	Fondos Mixtos, Sagarpa	UABC
Ostrícola Nautilus	Fondos Mixtos	UABC
Acuamos	Sagarpa	UABC
Ostiones Guerrero	INNOVAPYME	(sin información)
Baja Seas	PROINNOVA	UABC, Cicese
Aqualap	SAGARPA	Instituto Desarrollo Acuícola de BC

Fuente: elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas B.C., 2015.

De acuerdo a lo establecido en el marco de referencia, la intensidad del sector se mide en términos del crecimiento en el número de empresas BC en un período determinado. En este sentido, con información obtenida en los directorios del Cesaibc entre 2015 y 2017, el número de empresas afiliadas ha experimentado un crecimiento del 11%.

CONCLUSIONES

Lograr la transición hacia una economía sustentada en el uso del conocimiento implica una serie de transformaciones institucionales y políticas. En este complejo escenario, se requiere que el sector productivo asuma un

papel crítico en la construcción de las transformaciones necesarias para el desarrollo de la bioeconomía.

Actualmente se considera a la biotecnología como una tecnología del futuro con un panorama prometedor para los próximos años. Esta industria ha mostrado una tasa importante de crecimiento, a pesar de ser intensiva en capital y tiempo. Sin duda, este comportamiento se debe principalmente a su amplio potencial para ofrecer soluciones a los desafíos actuales de la humanidad en sectores como la agricultura, alimentación, salud humana y animal, y medio ambiente.

La propuesta de esta investigación ha sido utilizar los elementos comunes encontrados en los niveles internacional y nacional, para construir un marco de referencia que permita caracterizar y medir la intensidad del sector acuícola en Baja California.

La evidencia indica que las características de la muestra de empresas del sector acuícola en Baja California, responden a los elementos comunes y al comportamiento global del sector. Se trata de pequeñas o medianas empresas con una fuerza laboral bien calificada, que se han desarrollado en un entorno intensivo en generación de conocimiento.

Contrario al errático instrumental y desvinculación de los programas de investigación y desarrollo con los agentes interesados en incrementar el manejo de especies acuícolas. En esta investigación se encontraron evidencias que subrayan una alineación de esfuerzos empresariales y científicos para dar respuesta a la demanda del mercado, buscando aprovechar el conocimiento generado en la región para lograr competitividad a nivel global en la producción acuícola.

Internacionalmente se clasifica a estas empresas con base en dos elementos: al uso de la biotecnología y en relación a su tamaño en términos del número de empleados. En Baja California la mayoría de las empresas acuícolas son usuarias de biotecnología, y un 20% se clasifican como completamente dedicadas a la biotecnología, y por su tamaño se clasifican como pequeñas y medianas empresas.

En el contexto de una economía basada en el conocimiento, un aspecto relevante es determinar las capacidades del recurso humano directamente involucrado en actividades de biotecnología. Igualmente importante, es la innovación medida a través de la producción científica de la infraestructura para investigación y desarrollo, o de

la participación en proyectos de innovación en procesos o productos. En el caso de México, la vinculación entre las empresas biotecnológicas y los centros de producción de conocimiento es un elemento especialmente importante. Dado que la vinculación entre estos dos ámbitos es determinante para el desarrollo del sector biotecnológico mexicano.

En este sentido, en el sector acuícola bajacaliforniano se constatan acciones de vinculación de la academia con el sector productivo, desarrollando proyectos focalizados en la resolución de problemas específicos. Con estas acciones, se hace frente a algunos de los principales retos de una economía del conocimiento como son: enfrentar el desafío tecnológico, la generación de capital humano y el trabajo coordinado en la creación y difusión del conocimiento que promueva procesos de innovación, genere certidumbre a los actores e impulse el desarrollo económico.

Además, los esfuerzos de política pública para lograr la vinculación del sector con instituciones de generación de conocimiento han sido exitosos en términos de la cooperación, ya que 70% de las empresas encuestadas han sido beneficiarias de alguna modalidad de apoyo gubernamental y, en su mayoría, se han vinculado a instituciones académicas en la cadena del conocimiento: educación-ciencia-tecnología-innovación.

Estas acciones y esfuerzos han contribuido al incremento de la producción acuícola en el estado en los últimos cinco años, asimismo, coadyuvaron en el incremento de la intensidad en términos de crecimiento del número de empresas acuícolas que en Baja California fue de 11% entre 2015 y 2017; comportamiento cercano al promedio de 12.5% encontrado en el contexto internacional.

Debe destacarse que se necesitan mayores elementos de análisis para establecer una relación causal entre los esfuerzos de vinculación y el aumento en la producción e intensidad de este sector innovador. Por lo tanto, se propone como futura investigación, el estudio de los diversos actores que conforman la red de vinculación en el contexto del ecosistema de innovación, con el objetivo de conocer las capacidades de acción colectiva. Tener evidencias de procesos como secuencias de acciones concatenadas realizadas por los actores como el aprendizaje colectivo, redes de innovación, cultura empresarial y competitividad, utilizando la metodología de Análisis de Redes Sociales.

REFERENCIAS

- Acosta, J. C., Zarate, R. A., y Fischer, A. L. (2014). Ba: Espacios de conocimiento. Contexto para el desarrollo de capacidad de innovación. Un análisis desde la gestión del conocimiento. *Revista Escuela de Administración y Negocios*, 44-63. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n76/n76a04.pdf>
- Alcalá, C. (2009). *Potenciales de desarrollo de redes de conocimiento en el campo de la biotecnología marina en Baja California. Hacia una camaronicultura sostenible y sustentable, bajo un enfoque de sistemas*. Mexicali, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Amaro, M., y Morales, M. (2010). La biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación. *Ide@s CONCYTEG*, 5(64), 1224-1246.
- Amaro, M., y Villavicencio D. (2013). Incentivos a la innovación de la biotecnología agrícola-alimentaria en México. *Estudios Sociales*, 23(45), 34-62.
- Asociación Española de Bioempresas [Asebio]. (2016). *Informe Asebio 2016, Situación y tendencias del sector de la biotecnología en España*. Madrid: Asociación Española de Bioempresas. Recuperado de http://www.asebio.com/es/documents/InformeASEBIO2016_final.pdf
- Avaro, D. (2006). La economía del conocimiento y su gestión. *Revista Ciencia y Desarrollo*, 32(198), 26-31.
- Beuzekom, B., y Arundel, A. (2009). *OECD Biotechnology Statistics 2009*. París: OECD.
- Borroto, J. (2007). La gestión del conocimiento en la nueva economía. *Ciencia en su PC*, (5), 30-40.
- Celaya, M. (2014). *Las redes de conocimiento en el desarrollo de la biotecnología azul: un análisis desde las actividades acuícolas en Ensenada, Baja California* (Tesis doctoral). Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Celaya, M., y Barajas, M. (2012). La academia y el sector productivo en Baja California. Los actores y su capacidad de vinculación para la producción, difusión y transferencia del conocimiento y la innovación. *Región y Sociedad*, 24(55), 41-80.
- Celaya, M., y Almaraz, A. (2015). Cooperación y actores en la región Tijuana-San Diego: avance y retos en

- el sector de biotecnología. En J. Carrillo, y O. Contreras, *Experiencias estatales y tranfronterizas de los ecosistemas de innovación en México* (pp.143-200). Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Celaya, M., y Almaraz, A. (2018). Recuento histórico de la normatividad pesquera en México: un largo proceso de auge y crisis. *Entreciencias*, 6(16). doi:10.22201/enesl.20078064e.2018.16.63208
- Centro de Investigación y Educación Superior de Enseñada [Cicese]. (2013). *Cicese los Primeros Cuarenta Años*. Enseñada: Cicese.
- Centro de Investigación y Educación Superior de Enseñada [Cicese]. (2016). *Posgrados Cicese*. Recuperado de <http://posgrados.cicese.mx/>
- Consejo Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad [Cesaibc]. (2015). *Consejo Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California*. Recuperado de <http://www.cesaibc.org/sitio/>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [Conacyt]. (2014). *Agenda de Innovación de Baja California*. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/estatales/agendas-estatales/333-baja-california-agenda-de-innovacion/file>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [Conacyt]. (2015). *Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación*. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-Conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion/informe-general-2015/3814-informe-general-2015/file>
- Consejo Nacional de Pesca y Acuicultura [Conapesca]. (2014). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. México: Conapesca-Sagarpa. Recuperado de http://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2014/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2014.pdf
- Consejo Nacional de Pesca y Acuicultura [Conapesca]. (2015). *Boletín Estadístico. Reporte de producción pesquera y acuícola de Baja California Sistema*. Recuperado de [http://www.sepescabc.gob.mx/x/estadisticas/docs/PRODUCCION_PESQUERA_Y_ACUICOLA_DE_BC_2015-\(PRELIMINAR_31MAR2016\).pdf](http://www.sepescabc.gob.mx/x/estadisticas/docs/PRODUCCION_PESQUERA_Y_ACUICOLA_DE_BC_2015-(PRELIMINAR_31MAR2016).pdf)
- Duque, J. P. (2010). *Biotecnología. Panorámica de un sector*. España: Netbiblo S.L.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i2727s.pdf>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5798s.pdf>
- Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología [FCCYT]. (2013). *Ranking Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Capacidades y oportunidades de los sistemas estatales de CTI*. [archivo PDF]. Cd. de México: FCCYT. Recuperado de http://foroconsultivo.org.mx/libros_editados/ranking_2013.pdf
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. (1999). La acuicultura en México: I. Época prehispánica y colonial. *Biología Informa*, 29(10), 2-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Gutierrez-Yurrita2/publication/256458517_La_acuicultura_en_México_I_Epoca_prehispanica_y_colonial/links/00b49522cabfb28c1d000000/La-acuicultura-en-Mexico-I-Epoca-prehispanica-y-colonial.pdf
- Henry, G., Pahun, J., y Trigo, E. (2014). La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación. *FACES: Revista de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales*, 20(42-43), 125-141. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/2112/1/FACES_n42-43_125-141.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2016). *Micro, pequeña y gran empresa. Estratificación de los Establecimientos. Censos Económicos 2009*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/InvestInBaja>
- InvestInBaja. (2016). *Baja California Inversión y Comercio*. Recuperado de <http://www.investinbaja.gob.mx/es/industrias/biotecnologia>
- Kafarski, P. (2012). Rainbow code of biotechnology. *CHEMIK*, 66(8), 811-816.
- López, V., Moreno, L., y Marin, M. (2016). *Tópicos de pesca y acuicultura en el noroeste de México*. Tijuana: Universidad Autónoma de Baja California.
- Mungaray, A., Pérez, S., y López, S. (2015). Knowledge-based Economy in Argentina, Costa Rica and Mexico: a Comparative Analysis from the Bio-Economy Perspective. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 3(2), 213-236.
- Muñoz, E. (2001). *Biotecnología y sociedad*. Encuentros

- y desencuentros. Madrid: Cambridge University Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2009). *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. París: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2016). *OECD Key Biotechnology Indicators*. Recuperado de <http://oe.cd/kbi>
- Pavone, V. (2012). Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 7(20), 1-15.
- Pérez, C. (1986). *La Tercera Revolución Industrial, Impactos Internacionales del Actual viraje Tecnológico*. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and technological paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202.
- ProMéxico. (2016). *Biología diagnóstica sectorial*. Recuperado de <http://www.pro-mexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/biologia.pdf>
- Rodríguez, C. (2016). *El Sistema Nacional de Investigadores en números*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. Recuperado de http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/SNI_en_numeros.pdf
- San Diego Dialogue. (2005). *Borderless Innovation*. Recuperado de <http://clustermapping.us/sites/default/files/files/resource/Borderless%20Innovation.pdf>
- Sánchez, C., y Ríos, H. (2011). La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México. *Enlace: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2), 43-60.
- Sánchez, V. (2016, marzo 22). México, entre los 10 países con más graduados en ciencias. *Agencia Informativa Conacyt*. Recuperado de http://Conacytprensa.mx/index.php/sociedad/politica-cientifica/6259-mexico-entre-los-10-paises-mas-inteligentes-en-el-ambito-cientifico?fb_comment_id=1043797312344349_1045515412172539#f30a31e8c286fc8
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa]. (2017). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa>
- Secretaría de Pesca y Acuicultura de Baja California [Sepescabc]. (2015). *Programa Estatal de Pesca y Acuicultura 2015-2019*. Recuperado de <http://www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2015/planesyprogramas/Programa%20Estatal%20de%20Pesca%20y%20Acuicultura%202015-2019.pdf>
- Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación [SIICYT]. (2012). *Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación*. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>
- Statista. (2018). *Number of biotechnology companies in the United States from 2012 to 2016*. Recuperado de <https://www.statista.com/statistics/197930/number-of-united-states-biotech-companies-by-type/>
- Trejo, S. (2010). *La biotecnología en México: Situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo*. México: IPN.
- Trigo, E., y Villarreal, F. (2009). *La agrobiotecnología en las Américas: una mirada a la situación actual y a la tendencias futuras*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Universidad Autónoma de Baja California [UABC]. (2016). *Facultad de Ciencias Marinas*. Recuperado de <http://oceanologia.ens.uabc.mx/?p=historia.html>

NOTAS DE AUTOR

- ^a Doctora en Estudios del Desarrollo Global de la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California. Ha realizado estancias de investigación en 2012 en Costa Rica en el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en el Área de Biotecnología y Bioseguridad y en 2015 en el Instituto de Filosofía, Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad del Consejo Superior de Investigaciones Científicas con sede en Madrid. Actualmente es docente de tiempo completo en la Escuela de Administración y Negocios en Cetys Universidad, campus Tijuana, en donde imparte las asignaturas de Introducción a los Negocios Internacionales, Geografía de Negocios Internacionales y Ser Humano y Sustentabilidad. Además, es miembro del Instituto de Investigación en Innovación, Emprendimiento y Cambio Social de la misma universidad.
- ^b Profesora-investigadora de tiempo completo en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California, donde coordina el programa de posgrado en Estudios de Desarrollo Global. Forma parte del Sistema Nacional de Investigación Nivel I. Sus intereses de investigación incluyen la economía política del desarrollo, la política de reducción de la pobreza, la educación y el desarrollo comunitario. En su trabajo reciente, explora el nexo entre las comunidades y las instituciones formales e informales a lo largo de la frontera entre los Estados Unidos y México. Doctora en Economía de la Universidad Autónoma de Baja California.
- ^c Obtuvo su doctorado en la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó una estancia postdoctoral en la Universidad de Arizona 1999-2000. Cuenta con publicaciones de libros, artículos en revistas indexadas y ha dirigido varias tesis de posgrado. En 2001 recibió el Premio Estatal en Ciencia y Tecnología, que otorga el Gobierno del Estado de Sinaloa, en ese mismo año fue declarado Profesionista del Año, por las Asociaciones de Profesionales de Culiacán. En 2015, la Universidad Autónoma de Baja California le otorgó la Medalla al Mérito Académico. Forma parte del

Sistema Nacional de Investigadores desde 1998, actualmente es Nivel III. Actualmente es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana, donde imparte las asignaturas de economía mundial, economía de la educación y seminario de tesis.