

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE ECONOMÍA Y RELACIONES INTERNACIONALES**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN ESTUDIOS DEL DESARROLLO GLOBAL**



**TESIS:**

*Capacidades de vinculación de las bioempresas del sector acuícola  
de Baja California al ecosistema binacional de innovación*

**PARA OBTENER EL GRADO DE**

*Doctor en Estudios del Desarrollo Global*

**PRESENTA**

*Sylvia Mónica Pérez Núñez*

**DIRECCIÓN DE TESIS**

*Dra. Ana Bárbara Mungaray Moctezuma*

Tijuana, Baja California, Junio de 2016

## COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR: DRA. ANA BÁRBARA MUNGARAY MOCTEZUMA

CO-DIRECTOR: DRA. AIDA ALVARADO BORREGO

SINODAL: DR. SANTOS LÓPEZ LEYVA

SINODAL: DRA. BELEM D. AVENDAÑO RUIZ

SINODAL: DR. ARTURO SERRANO SANTOYO

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado a través de sus programas de becas para la formación de capital humano. A la Universidad Autónoma de Baja California, mi *alma mater*, por la enseñanza y experiencias académicas a lo largo de estos años de formación. Muy en especial a la planta docente y el personal administrativo de la Coordinación del Programa de Posgrado en Estudios del Desarrollo Global por las facilidades brindadas y su compromiso e interés por nuestra formación.

Al Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas con sede en Madrid, por haberme recibido y brindado todas las facilidades para realizar mi estancia de investigación. Mi más sincero agradecimiento al Dr. Emilio Muñoz Ruiz por su disponibilidad, su tiempo, interés y consejos.

A la Dra. Ana Bárbara Mungaray, mi directora de tesis, por su entusiasmo, tiempo, disposición y sugerencias para la elaboración de esta tesis. A mis lectores Dra. Aida Alvarado Borrego, Dra. Belem Avendaño Ruiz, Dr. Santos López Leyva y Dr. Arturo Serrano Santoyo por su confianza, consejos y observaciones. Gracias a los cinco por otorgar su tiempo y conocimientos a esta investigación, especialmente por su pasión por la enseñanza.

Gracias a mi madre Gloria Núñez de la Paz por ser un ejemplo de superación, compromiso y responsabilidad. A mis amados hijos Marlene y Marcel por su paciencia, comprensión y por el tiempo robado. Un agradecimiento total a mi amigo, compañero, cómplice y esposo, Octavio Silva, por creer en mí, por apoyarme incondicionalmente, por compartir mis sueños y anhelos, y por impulsarme a alcanzar mis metas.

## Índice General

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. Economía Evolutiva .....	17
2.2. Dimensión Sistémica de la Innovación.....	27
2.3 Recursos y capacidades .....	31
2.4 Tecnología y regiones: nuevo escenario global.....	34
<b>CAPÍTULO III: LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA Y SUS TENDENCIAS .....</b>	<b>43</b>
3.1 Avances de la biotecnología en la acuicultura.....	52
3.2 Características de las empresas biotecnológicas.....	54
<b>CAPÍTULO IV: LAS EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS EN EL CONTEXTO MUNDIAL, NACIONAL Y LOCAL.....</b>	<b>58</b>
4.1 Contexto internacional.....	58
4.2 Contexto de México.....	65
4.3 Bioempresas en el sector acuícola de Baja California.....	79
Región transfronteriza y sector biotecnológico.....	91
<b>CAPÍTULO V: METODOLOGÍA.....</b>	<b>98</b>
5.1 Diseño de instrumento de medición. ....	99
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
6.1 Estructura del ecosistema binacional de innovación .....	109
6.2 Bioempresas acuícolas de Baja California .....	118
6.3 Índice de capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación de las bioempresas acuícolas de Baja California .....	134
6.4 Relación entre variables.....	142
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>156</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>1622</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1 Correlación entre conceptos biológicos necesarios para la evolución y conceptos de la concepción evolucionista de la economía. ....	24
Figura 2.2 Escuelas que forman la teoría económica de la innovación.....	29
Figura 2.3 Mega regiones en Norteamérica.....	41
Figura 4.1 Porcentaje de empresas dedicadas a la biotecnología por sector, OCDE 2015 ..	60
Figura 4.2 Distribución por sector de las empresas biotecnológicas en México, 2010.....	68
Figura 4.3 Distribución de empresas de acuerdo a la participación de la biotecnología.....	68
Figura 4.4 Porcentaje de Investigadores en ciencias biológicas en CA y BC, 2013 .....	94
Figura 4.5 Porcentaje de empresas biotecnológicas en CA y BC, 2013 .....	95
Figura 4.6 Cali-Baja Mega región .....	98
Figura 5.1 Matriz de Congruencia.....	101
Figura 6.1 Estructura del Ecosistema Binacional de Innovación, 2016 .....	111
Figura 6.2 Zonas de producción pesquera y acuícola de Baja California .....	119
Figura 6.3 Distribución por Municipio de Bioempresas Acuícolas en BC, 2015 .....	120
Figura 6.4 Distribución por especie de la producción acuícola de BC, 2015.....	121
Figura 6.5 Localización por Municipio de empresas encuestadas .....	123
Figura 6.6 Distribución de biempresas acuícolas por tiempo de operación en BC .....	123
Figura 6.7 Clasificación de las bioempresas de la muestra .....	125
Figura 6.8 Origen de las bioempresas de la muestra .....	125
Figura 6.9 Herramienta biotecnológica que utilizan en el proceso productivo .....	126
Figura 6.10 Relación empresas – número de empleados .....	127
Figura 6.11 Distribución de fuerza laboral por género.....	128
Figura 6.12 Personal que directamente participa en actividades de biotecnología .....	129
Figura 6.13 Perfil del recurso humano directamente involucrado en actividades de biotecnología .....	130
Figura 6.14 Relación bioempresa-institución superior de procedencia del personal directamente involucrado en actividades de biotecnología.....	130
Figura 6.15 Indique si la empresa ha introducido al mercado productos o procesos nuevos o significativamente mejorados.....	131
Figura 6.16 Objetivo de la innovación más importante en producto o proceso .....	132
Figura 6.17 Factores que inciden para el desarrollo de actividades de innovación en la empresa.....	133
Figura 6.18 Beneficios obtenidos al ser beneficiario de programa de apoyo a la CyT.....	135
Figura 6.19 Índice de capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación	137
Figura 6.20 Dimensión perfil-clasificación de la bioempresa.....	138
Figura 6.21 Dimensión tecnología.....	139
Figura 6.22 Dimensión recurso humano.....	141
Figura 6.23 Dimensión innovación .....	142
Figura 6.24 Dimensión organización.....	143
Figura 6.25 Relación entre variables, bioempresas de la muestra.....	146
Figura 6.26 Relación entre variables, Aqualap.....	147
Figura 6.27 Relación entre variables, Ostrícola Nautilus.....	148
Figura 6.28 Relación entre variables Baja Seas y Productos Oceánica.....	150
Figura 6.29 Relación entre variables Abulones Cultivados y Ostiones Guerrero .....	151

Figura 6.30 Relación entre variables Acuamos y Acuícola Pacar.....	153
Figura 6.31 Relación entre variables Acuicultura Oceánica.....	154
Figura 6.32 Relación entre variables, Vizsomar.....	155

## Índice de Tablas

Tabla 3.1 Desarrollos e iniciativas que han contribuido para la potencialización de la biotecnología a partir de 1983.....	48
Tabla 3.2 Diferencias entre la industria de la tecnología de la información y la biotecnología.....	51
Tabla 4.1 Distribución en porcentajes por país o región del total de bioempresas en el mundo, 2009.....	62
Tabla 4.2 Tamaño de empresa según número de empleados.....	62
Tabla 4.3 Indicadores biotecnológicos de la OCDE, 2015.....	64
Tabla 4.4 Relación país número de empleados en empresas biotecnológicas.....	65
Tabla 4.5 Relación país número de empleados directamente involucrados en biotecnología.....	66
Tabla 4.6 Empresas mexicanas exitosas que utilizan herramientas biotecnológicas en sus productos y/o procesos.....	70
Tabla 4.7 Miembros del SNI en Biotecnología y Áreas Afines, 2012.....	72
Tabla 4.8 Miembros del SNI adscritos a los Centros Públicos de Investigación CONACYT en Biotecnología y Areas Afines, 2012.....	73
Tabla 4.9 Participación porcentual en la producción mundial de artículos científicos publicados por país, 2008-2011.....	74
Tabla 4.10 Principales instituciones relacionadas con la investigación en biotecnología ...	75
Tabla 4.11 Investigadores y bioempresas en Baja California, 2013.....	80
Tabla 4.12 Baja California en el Ranking de Ciencia Tecnología e Innovación, 2013.....	83
Tabla 4.13 Nivel de Producción del Sector Acuícola en BC, periodo 2000-2014.....	84
Tabla 4.14 Bioempresas acuícolas de BC en padrón beneficiarios PEI, 2009-2013.....	87
Tabla 4.15 Fondos Mixtos, Sujetos de Apoyo en Sector Acuícola de BC, 2002-2014.....	88
Tabla 4.16 Programas de formación de capital humano en Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.....	89
Tabla 5.1 Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (1/3).....	105
Tabla 5.2 Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (2/3).....	106
Tabla 5.3 Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (3/3).....	107
Tabla 5.4 Escala de valor de los Indicadores de Capacidad de Vinculación.....	108
Tabla 5.5 Relación entre variables e indicadores y escala de valor.....	109
Tabla 6.1 Marco normativo del ecosistema binacional de innovación.....	116
Tabla 6.2 Empresas que respondieron la encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015.....	122
Tabla 6.3 Bioempresas beneficiarias de programas de apoyo a CyT.....	133
Tabla 6.4 Actividades realizadas durante la vinculación.....	134
Tabla 6.5 Relación bioempresas y dimensiones de capacidad de vinculación.....	136
Tabla 6.6 Actividades de transferencia tecnológica con bioempresas en BC.....	140
Tabla 6.7 Estadísticos descriptivos.....	144
Tabla 6.8 Correlación de Pearson.....	145

## RESUMEN

La actual economía global se presenta de forma interactiva e interconectada, por lo que la región se convierte en la unidad geográfica y de negocios, es un centro de crecimiento sin fronteras que puede estar dentro de un Estado-nación o extenderse más allá de sus límites territoriales. Tal es el caso de la región Baja California-California que se distingue a nivel global por su extensión territorial, por su población y como mega región innovadora. Destaca en importancia para el desarrollo de la región la conformación del ecosistema binacional de innovación como resultado de un proceso histórica de cooperación y vinculación entre los distintos actores de los ámbitos académico, empresarial, social y público. Uno de los sectores que se ha desarrollado en este ámbito de generación y difusión de conocimiento binacional es el sector acuícola de Baja California. Este trabajo busca conocer por un lado las características de estas bioempresas, y por otro lado sus capacidades para vincularse al ecosistema binacional de innovación, desde la lógica de la economía evolutiva que determina que las instituciones son las responsables del proceso evolutivo que ocurre bajo el aprendizaje individual y colectivo. De forma general las empresas biotecnológicas se caracterizan por ser pequeñas o medianas unidades productivas, con pocos empleados pero muy cualificados y que surgen en zonas geográficas con elevada actividad investigadora. A partir de los resultados se encuentra que el perfil de las bioempresas objeto de estudio de la investigación coincide con el perfil común de las empresas biotecnológicas a nivel mundial, y además se identificaron dinámicas de vinculación e interacciones entre los distintos actores y su entorno en relación con la generación, organización y transferencia de conocimiento y la búsqueda de mejoras tecnológicas.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El mundo ha dejado de ser un conjunto de Estados-nación caracterizados por su autonomía e independencia (Morris, Owens, y Walshok, 2005). Por el contrario, consiste en un conjunto de regiones interdependientes, que en su totalidad se convierten en un gran escenario para la actividad económica. La realidad es que la economía global se presenta de forma interactiva e interconectada. De tal forma que la región se convierte en la unidad geográfica y de negocios de la economía global, caracterizada por ser un centro de crecimiento sin fronteras, pudiendo ser parte de un Estado-nación o extenderse más allá de sus límites territoriales, donde se trabaja y piensa desde una perspectiva global. Por lo que la región encuentra los elementos necesarios para su prosperidad económica dirigiendo su mirada hacia el resto del mundo en la búsqueda de capital, tecnología y mercados. De esta forma la economía global trabaja disciplinando a los gobiernos y perfilando las regiones (Ohmae, 2008).

La tecnología permite la propagación geográfica de la actividad económica y paradójicamente la actividad económica se sigue concentrando en espacios geográficos bien delimitados, y en la actualidad alrededor de mega regiones. Una mega región se concibe como un conjunto de ciudades expuestas a la competitividad global, a través de las cuales es posible la relocalización del trabajo y el capital a muy bajo costo, y un espacio en donde se concentra el talento, la capacidad productiva, la innovación y los mercados. Lo que define a estas regiones no es la localización de sus fronteras políticas sino el hecho de tener el tamaño y escala necesarios para ser unidades de negocio en la actual economía global (Florida, 2014; Ohmae, 2007).

Se han identificado 40 mega regiones en el mundo, una de ellas en Norteamérica es la región del Sur de California (SoCal) que comprende las ciudades de Los Ángeles, San Diego y Tijuana en donde habitan 21.4 millones de personas lo que la coloca en el lugar número 20 del listado. Además, se afirma que la industria de alta tecnología asociada a semiconductores, software y biotecnología presenta una tendencia a localizarse en zonas urbanas, dinámicas y fuertemente estimuladas por emprendedores innovadores, investigadores y fuerza laboral capacitada, lo que atrae las inversiones de capital de riesgo y actividades “start-up” (Florida, 2014). A este espacio de generación y difusión del conocimiento se le denomina ecosistema de innovación, conformado por actores públicos y privados que se vinculan, interactúan y colaboran en un contexto institucional para generar y comercializar conocimiento (Freeman, 1995; Lundvall, 1992; Nelson 2002).

En la región transfronteriza Baja California-California históricamente se han realizado acciones institucionales en conjunto encaminadas a la búsqueda de desarrollo en un contexto binacional. Recientemente se han formalizado esfuerzos cuyo objetivo ha sido el desarrollo económico a través del fortalecimiento de la innovación, la ciencia y la tecnología. Uno de los más recientes de estos esfuerzos se registra entre 2003-2005 con la iniciativa Innovación sin Fronteras cuyo objetivo fue catalizar la competitividad trasfronteriza de la región San Diego–Baja California. A esta iniciativa le han seguido distintos proyectos binacionales como: i) la Iniciativa Transfronteriza para la Competitividad e Innovación de la organización San Diego Dialogue un programa de la Extensión de la Universidad de California en San Diego, el gobierno del Estado de Baja California y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), entre otros; ii) la puesta en marcha de la aceleradora de negocios CONNECT; iii) la creación del Centro

para Integración de la Innovación Tecnológica-CENI2T, y iv) recientemente en 2008 la iniciativa binacional de desarrollo económico a largo plazo denominada Cali-Baja Mega Región conformada por los condados de San Diego y Valle Imperial en California y por el estado de Baja California, cuyo objetivo es el desarrollo conjunto de estrategias para la competitividad global.

Esta última iniciativa reúne esfuerzos públicos y privados en ambos lados de la frontera para aprovechar las ventajas de desarrollo empresarial con las que cuenta esta región binacional y como fin último destacar el mercado regional en el escenario internacional. Uno de los sectores estratégicos que esta iniciativa identifica es la industria biotecnológica, compuesta por un conjunto de 800 empresas en los sectores agrícola, farmacéutico y dispositivos médicos. Según datos de 2011, esta mega región en su conjunto cuenta con una población de 6, 600 millones de personas, un territorio de más de 28 mil millas cuadradas, un producto interno bruto de 202.4 billones de dólares y una fuerza laboral de 3.1 millones de personas de las cuales 2.8 millones cuentan con empleo (CaliBaja, 2014).

Destaca también en esta mega región como a través de los años se han gestado redes de investigación y colaboración académica a nivel transfronterizo entre Scripps Institute of Oceanography de la Universidad de California en San Diego, San Diego State College entre otras instituciones en California, y las instituciones de generación de conocimiento en Baja California como son la Facultad de Ciencias Marinas, el Instituto de Investigaciones Oceanológicas y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) (Celaya y Almaraz, 2013).

López, Plasencia y Alcalá (2015) señalan que la concentración de esfuerzos en esta región binacional permite identificar la construcción paulatina de la infraestructura del ecosistema binacional de innovación que reconoce las vocaciones regionales para la

generación de competencias, desarrollo y crecimiento económico, lo que permitirá instalar a la región como jugador clave en el contexto global. Utilizando la metodología Principios de Especialización Estratégica: selección, competitividad, conectividad y colaboración, los autores, identificaron la dinámica y estructura del ecosistema binacional de innovación. Entre sus conclusiones se afirma que para generar ventajas competitivas en esta región binacional es indispensable contar con una visión empresarial cimentada en procesos de innovación. Para lo cual la región se encuentra fortalecida con un alto índice de conocimiento en universidades y centros de investigación, un recurso humano enfocado a las necesidades empresariales, sus cadenas productivas y su organización sectorial.

El concepto de ecosistema surge de los planteamientos teóricos de la economía evolutiva, en donde se conciben a los actores económicos, a las empresas y a los mercados haciendo énfasis en su proceso histórico, en sus rutinas, en sus interacciones, en la influencia del medio ambiente y las instituciones (Cook y De Laurentis, 2010). Un sistema de innovación está integrado por dos subsistemas que interactúan en un continuo aprendizaje interactivo. Al primero se le denomina generación de conocimiento conformado por instituciones de educación superior, laboratorios públicos y privados, oficinas de transferencia tecnológica y organizaciones de formación continua; el segundo subsistema es la explotación de conocimiento, es decir, las empresas (Cook y Gómez, 1998).

Las empresas para adaptarse y sobrevivir dependen de sus capacidades para vincularse con su medio ambiente. Nelson y Winter (1982) definen a estas capacidades como las formas en que los recursos de las empresas interactúan, como están integrados, organizados y como se complementan en rutinas organizativas, compuestas por acciones.

La vinculación es un proceso no un hecho espontáneo, que se va desarrollando conforme las estructuras productivas y académicas cambian, esto requiere de un cierto grado

de desarrollo institucional (López, 2005). El principal reto de una economía basada en el conocimiento es la generación de capital humano capaz de enfrentar el desafío tecnológico, el trabajo coordinado en la 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 sector productivo (Mungaray, Pérez, y López, 2015).

La evidencia demuestra que la relación entorno-empresa en Baja California es muy diversa, algunos trabajos señalan la coevolución positiva entre las empresas y las instituciones, lo que ha permitido que las primeras generen procesos productivos más eficientes, asimilen tecnología de punta, incrementen su competitividad y se involucren en procesos de innovación (Carrillo, Hualde, y Villavicencio, 2012).

Ejemplo de ello son los estudios sobre el desarrollo de la acuicultura en Baja California que iniciaron en el CICESE en 1970, de tal forma que el conocimiento generado por esta institución y por la Universidad Autónoma de Baja California ha permitido detectar las condiciones adecuadas para el cultivo de diferentes especies acuícolas. En 2011 en la región noroeste de México se obtuvo el 73% de la producción pesquera total nacional, específicamente la actividad acuícola contribuyó con el 50% a esta producción. De acuerdo a Duque (2010) el uso de alguna de las herramientas de la biotecnología ha logrado potencializar esta actividad económica.

La Agenda Estatal de Innovación de Baja California publicada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 2014 al igual que la iniciativa Cali-Baja Mega región, identifican a la biotecnología como un área de especialización que puede contribuir a potenciar sectores económicos importantes para el estado como son la acuicultura y la biotecnología médica (FUMEC y Conacyt, 2014, p. 6).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), define a la acuicultura como el cultivo de organismos acuáticos que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción. Esta institución afirma que este sector de producción de alimentos es el de más rápido crecimiento y representa casi el 50% del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial.

La acuicultura en México se ha desarrollado desde la época prehispánica, se tienen registros en donde se afirma que los pobladores del Valle de México cultivaban organismos acuáticos para consumo y para ritos (Gutierrez-Yurritia, 1999). Actualmente el país cuenta con una Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2007.

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. Por su privilegiada riqueza en recursos naturales actualmente esta entidad federativa ocupa uno de los primeros lugares en expectativas de crecimiento para el cultivo de especies marinas. Según datos de la Secretaría de Pesca y Acuicultura de Baja California (SEPESCA/BC) la producción en toneladas de este sector entre 2000 y 2014 mostró un crecimiento del 300 por ciento, y su valor en este mismo período pasó de 39 a 408 millones de pesos. De acuerdo a la Carta Estatal Acuícola 2012, publicada por la institución antes mencionada, estos logros han sido el resultado de la voluntad empresarial y la calidad de los investigadores formados en las instituciones de educación superior y de investigación científica del estado.

En Baja California la biotecnología está considerada como una industria emergente, en esta región se concentra al 3% del total de investigadores mexicanos, y al 7% de los investigadores en ciencias biológicas, en términos relativos supera al 4% de los investigadores en bio ciencia que se concentran en California.

La proximidad geográfica a Estados Unidos en general y en particular con California representa una gran ventaja para esta entidad fronteriza. Ventaja que se debe traducir en aprovechar esta condición de estado fronterizo para el desarrollo de proyectos binacionales. California se caracteriza por tener una población joven, una creciente demanda por bienes intensivos en conocimiento y una diversificación de la producción y los servicios (Carrillo, 2015), además alberga a dos de los tres más grandes aglomerados empresariales en ciencias de la vida en Estados Unidos.

La Asociación de Acuicultura de California (CAA por sus siglas en inglés) señala, con información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, que la industria acuícola de California contribuyó en 2013 con 1, 370 millones de dólares a la economía de los Estados Unidos, lo que representó un aumento del 26% con respecto a 2005. Las ventas de crustáceos y moluscos aumentaron 59% y 62% respectivamente entre 2005 y 2013. Específicamente en el estado de California esta actividad contribuye anualmente con 200 millones de dólares a su economía. California es el único estado en el que millones de libras de peces de agua dulce se crían a 60 pies bajo el nivel del mar (CAA, 2016).

Este escenario transfronterizo presenta contextos económicos, sociales y tecnológicos disimiles, incluso cuenta con capacidades humanas y de recursos financieros muy distintos. En California existe una industria biotecnológica dinámica fortalecida por la investigación, la inversión y un ambiente propicio para la innovación y la creación de empresas biotecnológicas, es decir un maduro ecosistema de innovación. En Baja California existe investigación científica, recurso humano capacitado, una fuerte vinculación transfronteriza con centros de investigación, se presenta una intensiva dinámica empresarial en una industria biotecnológica emergente con prioridad para el estado. Además en años recientes la educación superior regional ha experimentado evoluciones positivas en ambos lados de la

frontera, específicamente en Baja California se han desarrollado significativamente sus programas de posgrado y de investigación. Al mismo tiempo los lazos transfronterizos y programas cooperativos de Tijuana con instituciones de educación superior en California han crecido. La educación superior en la región transfronteriza es crucialmente importante en la formación de capital humano necesario para enfrentar los retos del desarrollo.

En esta región existe este contexto de asimetría y sin embargo en ambos lados de la frontera se dirigen esfuerzos para consolidar actividades de vinculación a distintos niveles, lo que se refleja en el histórico encadenamiento de esfuerzos hacia la construcción de la infraestructura del ecosistema binacional de innovación. En Baja California a pesar de la importancia de la industria biotecnológica considerando el número de empresas, su producción y la generación de conocimiento, no se conoce un análisis que permita entender la dinámica de asimilación e interiorización de la ciencia y la tecnología en la interacción entre sociedad y economía.

Los trabajos hasta ahora revisados han buscado entender las capacidades de vinculación de las instituciones de generación de conocimiento con el sector productivo (Celaya y Rosas, 2012). Por lo que resulta pertinente realizar un trabajo de investigación que permita comprender los factores institucionales que determinan los recursos con los que cuenta las empresas para generar capacidades de vinculación al ecosistema binacional de innovación. Específicamente las bioempresas del sector acuícola que recientemente ha sido identificado como sector de importancia estratégica para el desarrollo económico, social y regional de Baja California.

Ante esta realidad surge la siguiente pregunta: ¿En qué sentido la estructura institucional para generar, organizar y transferir conocimiento inhibe o incentiva la capacidad de vinculación de las bioempresas del sector acuícola de Baja California al ecosistema

binacional de innovación? y se plantea la siguiente hipótesis: La estructura institucional transfronteriza para generar, organizar y transferir conocimiento estimula la capacidad de las bioempresas del sector acuícola de Baja California para vincularse con los distintos actores del ecosistema binacional de innovación.

El objetivo general es: definir de qué manera los factores institucionales inhiben o incentivan la capacidad de vinculación de las bioempresas del sector acuícola de Baja California al ecosistema binacional de innovación. Y los objetivos específicos son: identificar las características de las bioempresas del sector acuícola de Baja California y definir sus dinámicas de cooperación y capacidades de vinculación al ecosistema de innovación de la región Baja California-California.

El objeto de estudio de esta investigación son las empresas biotecnológicas del sector acuícola de Baja California, definidas de acuerdo a Muñoz (2001) como aquella unidad de producción que utiliza en sus procesos productivos alguna herramienta de la biotecnología moderna.

El segundo capítulo plantea el marco teórico, en donde se define al sistema económico desde la perspectiva de la economía evolutiva. El tercer capítulo trata sobre la industria de la biotecnología y se caracteriza a las empresas biotecnológicas. El cuarto capítulo presenta un acercamiento al contexto internacional, nacional y local en el que se desarrollan las bioempresas. La metodología utilizada en la investigación así como el diseño del instrumento de medición se presentan en el quinto capítulo. En el sexto capítulo a partir de los datos que surgen del instrumento de medición se ilustraran los rasgos principales de las bioempresas acuícolas de Baja California, además se expone, a título exploratorio, la estructura del ecosistema binacional de innovación. En el último capítulo se presentan las conclusiones de la investigación.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Este capítulo presenta la discusión teórica a partir de considerar al sistema económico como un sistema progresivo en donde las innovaciones generan variaciones en el contexto de un ecosistema, conformado por las empresas y su interacción con el medio ambiente que propicia o inhibe su desarrollo. En este capítulo también se señala la construcción de un nuevo escenario global a partir de la regionalización del conocimiento científico y tecnológico.

### **2.1. Economía Evolutiva**

Para Roll (1994) la segunda mitad del siglo XIX fue testigo del surgimiento de la economía clásica y posclásica. Según este autor a partir de entonces es relativamente poco lo que se ha incorporado al cuerpo general de la doctrina económica en relación al desarrollo económico. Además señala que Schumpeter afirmó a este respecto que los grandes economistas posclásicos como Jevons, Walras, Menger, Clark y Marshall trataron el progreso de forma muy similar, para unos estaba en la división del trabajo y para otros en la especialización; sin embargo en 1912 publicó su teoría del desenvolvimiento económico en donde hace una excepción a este criterio. Roll aclara que al igual que Marx, Schumpeter atribuyó un lugar importante al cambio tecnológico y definió más ampliamente el concepto de innovación incluyendo los cambios en calidad, en el mercado y aquellos en las fuentes de abastecimiento. Además, al explicar el proceso de evolución, otorgo una posición especial al empresario, es decir, la persona que tiene el talento de apoderarse de las posibilidades que estos cambios ofrecen y de transformarlos en realidades económicas (Roll, 1994).

Corona (2004) añadiendo a la discusión asegura que a partir de Schumpeter se reconoce al sistema económico como un sistema evolutivo, en donde las variaciones en el

sistema económico están protagonizadas por la generación de innovaciones, entendidas como las mejoras e introducción de nuevos procesos, productos y servicios. Aclara que este proceso de innovación está altamente relacionado con la creación, uso y explotación del conocimiento en un escenario en donde los mecanismos de selección en el sistema económico están constituidos por el mercado y las instituciones, una vez seleccionadas las innovaciones, estas se retienen y se difunden en el sistema creando una estabilidad relativa.

Para López (2003) la corriente evolucionista es la única corriente económica que considera a la innovación como su eje teórico. El autor afirma que los teóricos evolucionistas introducen los sistemas regionales y nacionales de innovación, desde donde analizan y estudian a las empresas a nivel agregado, y para quienes la innovación tecnológica responde a sus propias reglas, desempeña un papel determinante para el desarrollo económico y requiere de una estructura institucional como universidades, laboratorios, oficinas de diseño y transferencia tecnológica, etc. Este enfoque teórico introduce variables explicativas de fenómenos del mundo real del contexto empresarial que la teoría neoclásica no explica y que permiten la diferenciación entre empresas, como son las asociaciones, el trabajo en red, comportamientos oligopólicos, niveles de satisfacción a diferencia de niveles de optimización, el impacto de fenómenos históricos, geográficos y culturales, así como las ventajas a partir de las capacidades del recurso humano.

Acerca del desarrollo teórico sobre economía Cook y De Laurentis (2010) afirman que en las últimas dos décadas este ha transitado del análisis tradicional a la inclusión de variados planteamientos teóricos en el campo de las ciencias sociales, como lo son el institucionalismo, la cultura y la constitución social del desarrollo regional y urbano. Al mismo tiempo, señalan los autores, que a principios y mediados de los noventa, algunos economistas encabezados por Paul Krugman, por un lado, y Michael Porter y sus seguidores

por otro, han develado la importancia de la perspectiva geográfica para comprender las dinámicas y competitividad de la economía, ambos autores han destacado el proceso de aglomeración espacial de la actividad económica como un medio para incrementar la rentabilidad.

Muñoz (1997) señala que la teoría evolutiva del crecimiento económico surge frente al dominio de la teoría económica neoclásica. Citando a Nelson (1981) agrega que la economía neoclásica entre otras ideas asume que las empresas maximizan sus beneficios y que existe un equilibrio (cambiante) de la industria y la economía. Esta tradición neoclásica asocia una visión racional del comportamiento de las empresas, y una economía que se caracteriza por la certeza, la estabilidad y la información completa con el adecuado control. Desde una postura analógica, el autor, busca la correlación con la supervivencia de los mejores desde la óptica del proceso darwinista de selección natural. Muñoz afirma que se pone en tela de duda esta correlación ya que “en el mundo de los seres vivos no existe la certeza ni la estabilidad ni el control de todos los niveles de información” (Muñoz, 1997, p. 64).

Estos planteamientos han sido cuestionados a lo largo de la segunda mitad del siglo XX desde distintas ópticas, la mayoría articulados por las características y propiedades de los seres vivos. De tal forma que la tesis de la maximización es remplazada por la de optimización y satisfacción, que arropan a los procesos de indagación y aprendizaje. Los cuestionamientos sobre el concepto de equilibrio inician con Schumpeter (1947) y por Alchian (1950), ambos propusieron la alternativa del enfoque evolucionista. Al subrayar la importancia de los modos de producción para el desarrollo económico y de los nuevos productos, Schumpeter hace hincapié en las vías por las que las prácticas económicas se ajustan a los cambios. Con el concepto de destrucción creativa denomina a los procesos de

destrucción y ajuste que determinan una dinámica no lineal del desarrollo económico. Por otro lado Alchian pone especial atención en el criterio de supervivencia. Los procesos de adopción selectiva se ven ejemplificados por los comportamientos imitativos y de adecuación a las reglas llevadas a cabo por las empresas. En la misma línea que Schumpeter, Nelson y Winter (1977, 1982) sostienen que el crecimiento y diferencias en la productividad entre industrias son cuestiones que requieren ser analizadas desde la perspectiva referente a la innovación de los procesos de búsqueda y aprendizaje ya formulados por la escuela conductista (Muñoz, 1997).

De esta forma surge en contraposición a la postura neoclásica, “la escuela evolucionista que propone la importancia de la incertidumbre y de la información imperfecta, de las rutinas, de los procesos heurísticos y del comportamiento optimizado, así como de los desequilibrios” (Muñoz, 1997, p. 65).

La economía evolutiva tiene una forma particular de concebir a los actores económicos, a las empresas y a los mercados. Pone énfasis en el proceso histórico, en las rutinas, las interacciones, en la influencia del medio ambiente y en las instituciones (Cook y De Laurentis, 2010).

En la economía evolutiva la variación económica se produce por empresas que buscan de forma consciente diferenciarse de sus competidores. El sistema se caracteriza por una diversidad de empresas y productos, en donde las empresas se adaptan mediante el aprendizaje. La imitación, la copia y la réplica de técnicas son procesos exitosos codificados en forma de normas que gobiernan a los individuos y a sus organizaciones. A diferencia de la economía neoclásica, cuya preocupación es entender el orden y la coherencia del sistema económico, la economía evolutiva se enfoca en los procesos que hacen que el mundo cambie.

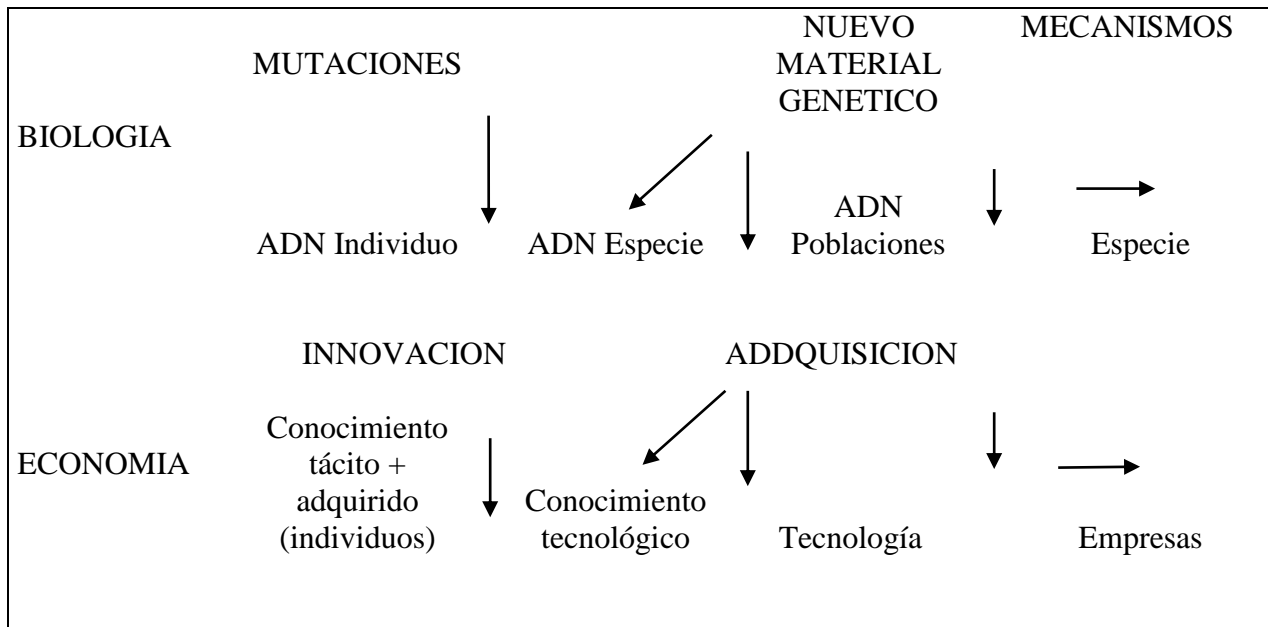
La primera se preocupa por las variaciones cuantitativas en el sistema, mientras que la segunda se preocupa por entender como ocurren las variaciones cualitativas (Corona, 2014).

La teoría evolutiva se basa en los siguientes supuestos: i) los agentes económicos tienen una racionalidad limitada, es decir poseen información imperfecta, por lo tanto en la toma de decisiones la incertidumbre es un elemento relevante; ii) los agentes económicos están en la búsqueda de un alto grado de beneficios y satisfacción; iii) los agentes económicos se adaptan al medio ambiente interno y externo, siendo este último el mundo interno de su actividad cognitiva; iv) los agentes económicos aprenden, investigan y generan estrategias; v) los mercados compiten con productos diferenciados; vi) existen mercados imperfectos derivados del proceso de innovación; y vii) la selección es el resultado de los productos y las normas que gobiernan el sistema, genotipos y fenotipos del sistema económico (Corona, 2014).

A partir de la economía evolutiva surge el concepto de ecosistema como una analogía con la ciencia de la biología. En biología un ecosistema está formado por seres vivos en un ambiente en donde se desarrollan. Bajo la perspectiva de la economía evolutiva, un ecosistema está conformado por las empresas y su interacción en el medio ambiente, en donde las mutaciones que experimentan las empresas para adaptarse y sobrevivir en los mercados están conformados por el cambio tecnológico, organizacional y laboral, así como por la innovación (Corona, 2014).

Para Muñoz (1997), esta correlación entre la biología y la concepción evolucionista de la economía permite integrar los conceptos de conocimiento tácito y conocimiento adquirido, las ideas de mutación como correlato de la innovación tecnológica en el seno de las empresas (especies) y de los individuos que la integran (ADN de sus genes). “Del mismo modo se pueden asimilar las nuevas incorporaciones de material en el acervo de las empresas

(nuevo conocimiento, nuevos individuos) con los procesos de incorporación de nuevos elementos en los genes o en el material genético de las poblaciones”, ver Figura 2.1 (Muñoz, 1997, p. 68).



**Figura 2.1 Correlación entre conceptos biológicos necesarios para la evolución y conceptos de la concepción evolucionista de la economía**

Fuente: Muñoz, 1997, p. 67

Con respecto a la correlación entre los concepto de especie y empresas, Muñoz (1997) por un lado señala que desde la biología una especie surge a partir de la evolución de un sistema de señales que sirve para que individuos sexualmente maduros se reconozcan entre sí y que a través de un proceso adaptativo, dirigido a la selección natural, dará como resultado una nueva especie. Por otro lado, con respecto a la empresa y la base genética que hace posible su desarrollo, está representada por sus capacidades y por el conocimiento de los individuos. El sistema de señales se relaciona con la capacidad tecnológica global que puede conducir a la generación de nuevas empresas (nuevas especies), o en caso de ineficiencia a su desaparición (extinción). En este planteamiento las tecnologías están consideradas como

el acervo, el instrumento con el que la evolución es posible y no como el objeto de la evolución.

Uno de los mecanismos más importantes y universales en biología es la regulación, se presenta en todos los niveles estructurales y organizativos de los seres vivos, tanto a nivel celular como molecular y sistémico, así como en todos los tejidos y órganos. Es posible afirmar que sin regulación no hay vida. La economía no se puede escapar a esta realidad, ya que la regulación está presente tanto en la política, en la forma de leyes y normas, así como en la sociedad, por ejemplo en la estructura normativa que regula el tráfico o el comercio (Muñoz, 2013).

En síntesis, Muñoz (2015), señala que “el objetivo esencial de la evolución biológica es la supervivencia y el mecanismo para ello es la adaptación. Este proceso adaptativo tiene que poner en juego la maquinaria genética y sus dinámicas en un entorno en el que confluyen e intervienen Naturaleza-Cultura-Ética (NACE)” (Muñoz, 2015, p. 7). Este entorno al que se podría denominar social o para la sociabilidad es el marco para las relaciones entre los tres grandes elementos que lo conforman sin un orden jerárquico cualitativo o cuantitativo. Por lo tanto no se trata de la supervivencia del más fuerte o lo que para algunos economistas es la economía darwinista. Se trata de la supervivencia de quienes son capaces de interactuar o vincularse de modo eficiente con el entorno, como lo demuestra la biología evolutiva en su orientación más actual.

Acerca del término “economía evolutiva”, Hodgson (2007) señala que actualmente se aplica a un conjunto de diversos enfoques que varían ampliamente en cuanto a sus supuestos básicos, sus distancias de la economía dominante, si adoptan o no las ideas darwinianas de la biología, y en términos de sus conclusiones políticas. Este autor opina que a pesar de esta diversidad, hay temas comunes entre estos enfoques que se describen a sí

mismos como evolutivos, entre los que se encuentra un énfasis compartido en materia de cambio económico y la transformación, los economistas evolutivos no se toman las instituciones o la tecnología como dadas se centran en la forma en que surgen y se desarrollan, también existe un interés común en la novedad y la innovación, generalmente asumen que los fenómenos complejos no suelen aparecer por diseño, al igual que en la naturaleza estos fenómenos son el resultado de procesos de auto-organización y de la selección competitiva.

En esta misma lógica Nelson (2002) afirma que en los últimos veinte años los economistas que se han ocupado del desarrollo de la teoría evolutiva de crecimiento económico, lo han hecho a partir de la comprensión de que la teoría neoclásica de crecimiento económico es inadecuada para comprender el crecimiento económico generado por el cambio tecnológico. Este entendimiento sobre que el avance tecnológico ocurre a través de un proceso evolutivo ha sido planteado por distintos investigadores que trabajan en diversas disciplinas. Por ejemplo sociólogos como Constant y Bijker , e historiadores de la tecnología como Rosenberg, Vicenti, Petroski y Mokyr, así como economistas como Metcalfe y Savioti interesados en la elaboración de modelos económicos. El comprender que el avance tecnológico ocurre mediante un proceso evolutivo provoca la formulación de una teoría del crecimiento con una estructura diferente de la estructura de la teoría neoclásica del crecimiento. “Sin embargo, la mayor parte de la teoría evolutiva del crecimiento, al igual que la teoría neoclásica del crecimiento, no han tomado en cuenta hasta ahora las complejas estructuras institucionales, características de las economías modernas” (Nelson, 2002, p. 124).

Además el autor señala que las estructuras institucionales influyen o determinan la tasa e índole del progreso tecnológico, y son condicionantes para que la nueva tecnología sea asimilada o aceptada dentro del sistema económico. También asegura que en años más recientes la teorización del progreso tecnológico ha provocado el surgimiento de conceptos como sistema nacional de innovación o sectorial de innovación, conceptos evidentemente institucionales.

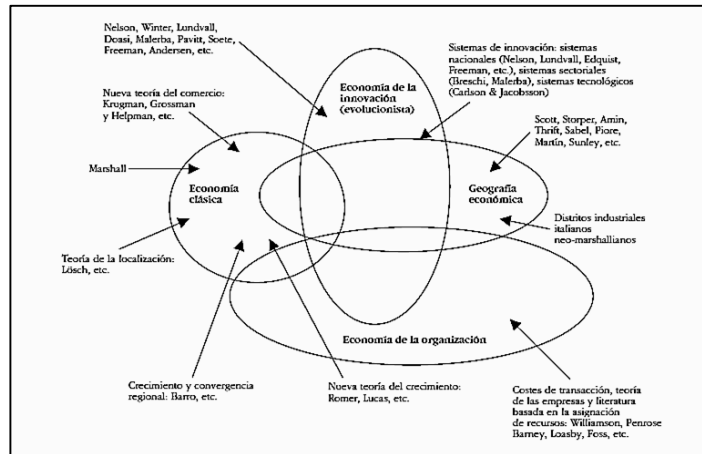
En este mismo sentido Nelson y Nelson (2002) profundizan a cerca de su concepción de la unión de dos teorías, institucionalista y evolutiva, para construir la idea de sistema de innovación. Inician su discusión señalando que “la idea de sistema de innovación es por excelencia una concepción institucional, para lograr el avance tecnológico es indispensable la estructura institucional que lo sustente y moldee” (Nelson y Nelson, 2002, p. 265). Estos autores afirman que tanto los teóricos de la economía neoclásica como los de la teoría evolutiva del crecimiento económico han asignado un rol predominante al avance tecnológico, pero han desestimado el rol de las instituciones. Aclaran que las teorías institucionalista y evolutiva del crecimiento económico comparten la premisa sobre las acciones e interacciones humanas y la necesidad de que sean entendidas como el resultado de hábitos de acciones y pensamientos compartidos. Ambas teorías rechazan la maximización como una característica humana. También rechazan la noción de que si bien el ser humano no maximiza sus decisiones se comporta como si lo hiciera, por lo tanto su conducta puede ser predeterminada calculando su toma de decisiones bajo un contexto particular. Por lo tanto para los estudiosos de estos dos campos teóricos los patrones de acciones humanas deben ser entendidos en términos conductuales explicados a través del tiempo como un proceso que ocurre bajo el aprendizaje individual y colectivo. Para los

teóricos de la economía evolutiva esto es exactamente lo que define la naturaleza del proceso evolutivo.

En este orden de ideas los autores arriba señalados, añaden a la discusión que los estudiosos de ambas teorías comparten el interés central por entender los determinantes del comportamiento económico, y como este se presenta de manera distinta en un mismo territorio a través del tiempo. Los teóricos más modernos de la economía evolutiva tienden a centrarse en lo que llaman tecnologías, y determinan que el principal factor que limita la productividad de un país es su nivel de competencia tecnológica, es decir, el principal motor de la economía es el avance tecnológico. Además, ven a las instituciones como formadoras de las tecnologías usadas por la sociedad y como responsables del cambio tecnológico. Sin embargo no han incorporado a las instituciones en su análisis formal. Por otro lado los economistas institucionalistas se enfocan precisamente en estas instituciones. Muchos de ellos podrían admitir el papel central de las instituciones en la habilidad de un país para incorporar a la tecnología en su desempeño económico. Sin embargo aún no se incluye a la tecnología y al cambio tecnológico explícitamente en su planteamiento formal.

A partir de este planteamiento Nelson y Nelson (2002) esbozan una forma de enlazar estas dos teorías, como parte de la teoría evolucionista establecen lo que denominan rutinas, que definen como formas de hacer las cosas, existen rutinas para calcular precios, ordenar inventarios, contratar personal, etc. Estas rutinas conforman lo que llaman tecnología social que son las instituciones que hacen posible el desarrollo de lo que llaman tecnología física. Existe una interdependencia clara entre la tecnología física y social, este proceso co-evolutivo es la fuerza detrás del desarrollo económico. Es precisamente esta conceptualización lo que sustenta la idea de sistema de innovación. En Muñoz (2015) a la tecnología social se le denomina como entorno para la sociabilidad.

Sánchez (2013) define a un ecosistema de innovación como un esquema regional para la creación de empresas tecnológicas, en donde se requiere de toda la comunidad para su funcionamiento.



**Figura 2.2 Escuelas que forman la teoría económica de la innovación**

Fuente: Dahl, 2001 citado en Buesa *et al.* (2002)

En la Figura 2.2 se delimitan las escuelas de pensamiento que forman la teoría económica de la innovación de acuerdo a Dahl (2001), referencia que ha servido de base para la conformación del siguiente apartado en donde se aborda la dimensión sistémica de la innovación.

## 2.2. Dimensión Sistémica de la Innovación

El Manual de Oslo define a la innovación como la acción de introducir en la empresa algo nuevo o significativamente mejorado en alguno de los cuatro ámbitos: i) producto (bien o servicio) en lo que se refiere a sus características o al uso al que se destina, incluye la mejora significativa de las características técnicas, componentes o materiales, la facilidad de uso y cualquier otra característica funcional; ii) proceso de producción incluye técnicas, equipos y programas informáticos que se utilizan en la producción de bienes o servicios, se incluyen también la mejora de los métodos de distribución; iii) mercadotecnia se refiere a la

implementación de un nuevo método de comercialización, incluye el diseño o envasado del producto, su promoción, posicionamiento y tarificación; y iv) organización son todas aquellas acciones que tienen el objetivo de mejorar la práctica de rutinas organizativas y procedimientos de gestión como son la organización del lugar, las relaciones exteriores de la empresa. En el contexto de la economía evolutiva la innovación es un proceso dinámico en donde se acumula conocimiento a través de las interacciones y el aprendizaje (OECD, 2006).

Schumpeter (1967) determinó que el proceso de desarrollo está dirigido por cambios endógenos, y no por fuerzas externas. El desarrollo se produce de forma espontánea, y discontinua alterando y desplazando el estado de equilibrio. Para el autor el punto esencial del capitalismo es que se trata de un proceso evolutivo, es un método económico de cambio que no puede ser estático. Llamo a ese proceso que revoluciona la estructura económica desde adentro, destrucción creativa, ya que destruye lo viejo creando algo nuevo a partir de nuevas combinaciones por lo que introdujo la variable innovación como la causante de cambios en el mundo económico. Dentro del proceso capitalista las fluctuaciones giran en torno a los gastos adicionales dedicados a llevar a cabo innovaciones y en respuesta a incrementos en la producción y a las ganancias que resultan de estas. Es el empresario el que innova generando nuevas combinaciones de producción de un bien, incrementa su calidad, cambia su método de producción, apertura un nuevo mercado, conquista una nueva fuente de aprovisionamiento o crea una nueva organización o industria. La variación se da en la forma de producción y no en la cantidad de los factores de producción. Para este autor el desenvolvimiento (desarrollo) económico es un fenómeno dinámico que implica un proceso de transformación cualitativa de la sociedad y de la economía, y no solo una alteración de datos como en el crecimiento económico. La curva inicia con la inversión en investigación y desarrollo que genera la innovación y provoca la etapa de crecimiento en donde la venta del

producto entra a la etapa de auge. En la etapa de crecimiento el empresario innovador se prepara para la crisis mejorando su producto, de forma tal que cuando la etapa de depresión inicie ya se tiene un producto mejor en el mercado, y se inicia el ciclo de nuevo “destrucción creativa”.

Por otro lado para Freeman (1987) un sistema de innovación es una red de instituciones de los sectores público y privado, cuyas interacciones y actividades inician, importan, modifican o divulgan nuevas tecnologías. Es un sistema heterogéneo dinámico y abierto que se caracteriza por la retroalimentación positiva, en donde la innovación depende de las sinergias entre sus agentes que pueden ser las empresas, las instituciones de administración pública, entre otros. Sinergias que sumadas al esfuerzo cuantitativo en investigación y desarrollo, y a la infraestructura tecnológica conformada por centros e instituciones que llevan a cabo actividades innovadoras, en su conjunto definen la capacidad innovadora del sistema (Freeman, 1987 citado en Buesa et al., 2002).

Siguiendo a Lundvall (1992), quien al definir un sistema de innovación lo hace a partir de la existencia de elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y desarrollo de un conocimiento nuevo y económicamente útil. Afirma que co-existen en un mismo medio un sistema de innovación y un sistema social en donde se producen nuevos conocimientos y tecnologías que poseen un componente social y resultan de la interacción social con su medio ambiente. Además define tres dimensiones del sistema i) innovación dentro de la estructura productiva y económica; ii) configuración institucional es la que forma y permite la actividad innovadora; y iii) generación de conocimiento y procesos de aprendizaje.

Metcalf (1995) añade a la discusión afirmando que son las instituciones el elemento clave para el funcionamiento de un ecosistema de innovación. Su sobrevivencia depende de

su integración en redes nacionales e internacionales que actúan como estímulo externo y fuente de aprendizaje.

En el mismo sentido (Anlló & Peirano, 2005) coinciden en señalar que la idea de innovación constituye un esfuerzo sistémico, colectivo y acumulativo. Por lo que se requiere el desarrollo de un conjunto de instituciones conformado por el sistema académico, y los centros de investigación públicos y privados, la oferta de servicios técnicos y capacitación, el sistema productivo y la gama de interrelaciones existentes entre ellos.

Sobre la dimensión sistémica de la innovación Cook y Gómez (1998) afirman que las fuentes metodológicas que conforman el concepto de sistema de innovación surgen de la teoría de sistemas, así como del concepto de clúster utilizado en la economía industrial, pero principalmente del concepto de red. Un clúster está compuesto por empresas de tamaños distintos que se integran a un sector industrial en donde existen relaciones de red entre instituciones de educación superior e investigación, laboratorios públicos y privados de investigación y desarrollo, oficinas de transferencia tecnológica, asociaciones empresariales, cámaras de comercio, agencias gubernamentales, entre otras. Lo que fundamentalmente caracteriza a “este paradigma de red no es tanto la existencia de este conjunto de actores, sino la capacidad de alcanzar un determinado tipo de relaciones asociativas incluyendo algunos lugares donde contactan los diferentes actores”, como pueden ser clubes, foros, reuniones de trabajo, consorcios, entre otros. Se adquieren mayores ganancias de innovación y aprendizaje conforme se intensifican esas relaciones en red (Cook y Gómez, 1998, p 10).

Buesa (2002) señala que un ecosistema de innovación tiene un enfoque local como consecuencia de su bajo nivel de movilidad, ya que en conjunto los factores endógenos y los factores de producción especializados son los determinantes del éxito de las regiones especializadas.

Por otro lado David y Foray (2002) coinciden en señalar que un sistema de innovación está constituido por empresas, laboratorios públicos, universidades, sistema educativo y gobierno que interactúan entre sí en la producción, difusión y uso del conocimiento nuevo y útil (David y Foray, 2002 citados en López et al, 2013).

Finalmente Navarro (2007) especifica que no existe una definición plenamente aceptada para un sistema de innovación. Indica que por un lado Asheim y Gertler, 2005, lo definen como aquella infraestructura institucional que provee apoyo a la innovación en la estructura productiva de una región. Por otro lado Cook et al, 2003, señalan que se integra por dos subsistemas que interactúan en un continuo aprendizaje interactivo. Al primer subsistema lo denominan generación de conocimiento conformado por instituciones de educación superior, laboratorios públicos y privados, oficinas de transferencia tecnológica y organizaciones de formación continua; el segundo es la explotación de conocimiento, es decir, las empresas. Y Gigch, 1987, aclara que este sistema conglera actores interdependientes y dinámicamente interrelacionados que establecen relaciones formales de trabajo y colaboración, que resultan fundamentales para su funcionamiento.

A partir de lo anterior es posible concluir de acuerdo a los distintos autores mencionados, que un sistema de innovación está conformado por actores públicos y privados que se vinculan, interactúan y colaboran en un contexto institucional para generar y comercializar conocimiento.

### **2.3 Recursos y capacidades**

De acuerdo a lo mencionado anteriormente los lentes de la economía evolutiva tienen una forma diferente de concebir a los actores económicos, a las empresas y a los mercados. El énfasis se encuentra en el proceso histórico, las rutinas y las interacciones e influencias del

medio ambiente y las instituciones. Se concibe a las empresas como actores o agentes no uniformes que utilizan sus recursos y capacidades para diferenciarse e interactuar, entre las que se encuentran el conocimiento, la administración y la gestión. El conocimiento y la organización desempeñan papeles significativos, sobre todo en la era del conocimiento en donde el factor innovación aumenta las ventajas competitivas que las propias empresas construyen, a través de una eficiente y eficaz administración fruto del aprendizaje institucional y organizativo. Desde una perspectiva evolutiva, las empresas no sólo aprenden de su propia experiencia, sino de otras empresas y organizaciones con las que interactúan e intercambian conocimiento organizativo y tecnológico. Esta teoría reconoce que las empresas comparten historias, dependencias, trayectorias de desarrollo y de supervivencia (Cook y De Laurentis, 2010).

En materia de innovación el recurso humano es un factor determinante ya que una gran parte del conocimiento está depositado en los individuos y su experiencia. Por lo que en este contexto resulta fundamental la calidad del sistema educativo y su capacidad de ajustarse a las necesidades empresariales (OCDE, 2006).

En el campo de la administración estratégica surge la teoría de recursos y capacidades, según la cual los recursos son los activos, y por consiguiente son los componentes que integran una organización. Se agrupan en tres categorías, activos físicos como planta, equipo y ubicación, activos humanos como el número de empleados y su capacidad, y activos organizacionales como la cultura y la reputación. Las capacidades se refieren a la forma en que la empresa explota sus recursos y consiste en una serie de procesos y rutinas, por lo tanto existen capacidades de mercadotecnia, de administración de recursos humanos, de capacidades de producción, de gestión, entre otras. La competencia es la integración de varias capacidades, por ejemplo la competencia para innovar puede ser el resultado de integrar las

capacidades de investigación y desarrollo, producción, mercadotecnia, entre otras. El hecho de que una empresa sea capaz de utilizar sus recursos, competencias y capacidades se traduce en la obtención de ventajas competitivas (Wheelen y Hunger, 2007).

En la misma línea Hill y Jones (2008) con respecto a los recursos tangibles e intangibles afirman que los primeros son físicos como la tierra, edificio, planta, equipo, inventario y recursos económicos, y los segundos son entidades no físicas como el conocimiento de la empresa y sus empleados, la marca, la reputación de la empresa, el conocimiento de los empleados generado a través de la experiencia, la propiedad intelectual incluyendo las patentes, derechos de propiedad y marcas registradas.

Sobre las capacidades estos autores señalan que se son las habilidades de una empresa para coordinar sus recursos y darles un uso productivo. Estas habilidades son el resultado de las normas organizacionales, rutinas, procesos, es decir de la forma en la que se toman las decisiones internas para lograr los objetivos organizacionales. Por consiguiente las capacidades de una empresa son el resultado de su estructura organizacional, procesos y sistemas de control, estas incluyen las normas y valores de la empresa. Las capacidades son intangibles y son las formas en las que los individuos interactúan, cooperan, y toman decisiones dentro del contexto de la organización.

Añadiendo a la discusión, Araya y Chaparro (2005) mencionan que los recursos pueden entenderse como el conjunto de activos o factores a disposición y control de la empresa para generar su estrategia competitiva. Estos activos pueden ser tanto tangibles como intangibles (ej. humanos, organizativos, físicos, tecnológicos) que permanecen a disposición de la empresa y que pueden convertirse en debilidad o fuerza de la organización. Por si solos los recursos no producen algo, no explican las potencialidades de la empresa o sus ventajas competitivas, ni hacen posible el desarrollo de actividades. Se necesita una

capacidad que haga explotar, combinar y gestionar estos recursos para convertirlos en algo útil. La empresa desarrolla sus capacidades a través del tiempo como resultado de las interacciones entre sus recursos. A este respecto Navas y Guerras (1998, citados en Araya y Chaparro, 2005, p. 4) afirman que “los recursos y capacidades de la empresa pueden entenderse como el conjunto de elementos, factores, activos, habilidades, atributos que la empresa posee y controla y que le permiten formular y poner en marcha una estrategia competitiva”.

Desde los lentes de la teoría evolutiva este conocimiento organizativo y tecnológico en las empresas únicamente es el resultado de su propia experiencia, es también el resultado de un proceso de aprendizaje con otras empresas e instituciones con las que interactúan e intercambian conocimiento.

#### **2.4 Tecnología y regiones: nuevo escenario global**

El mundo en su totalidad es un gran escenario para la actividad económica que ha dejado de estar fraccionado por fronteras, en donde ninguno de sus distintos actores es completamente independiente, la realidad es que la economía global se presenta de forma interactiva e interconectada y se hace presente de distintas formas. Por ejemplo está presente en los grandes flujos de dinero, en el incremento colosal de las compras con tarjetas de crédito acrecentado por el acceso a internet, está presente en el déficit comercial estadounidense con China, que a su vez tiene un déficit comercial pues devora materias primas, productos semi acabados, máquinas y robots en su economía. Es posible afirmar que la economía global es principalmente invisible ya que muchas de sus acciones se realizan en el mundo cibernético, y a la vez sus efectos son evidentes en todo el mundo, además está impulsada por la tecnología lo que hace del conocimiento su metal máspreciado (Ohmae, 2008).

En este sentido la región se convierte en la unidad geográfica y económica de la economía global, se caracteriza por ser un centro de crecimiento sin fronteras, pudiendo ser parte de un Estado-nación o extenderse más allá de las fronteras existentes, que se mueven hacia el exterior y trabajan y piensan desde una perspectiva global. Los elementos necesarios para su prosperidad económica los encuentran dirigiendo su mirada hacia el resto del mundo en la búsqueda de capital, tecnología y mercados, de esta forma la economía global trabaja disciplinando a los gobiernos y perfilando las regiones. Es posible pensar que el desarrollo continuo de la economía global terminara por resquebrajar al Estado-nación favoreciendo a la región (Ohmae, 2008).

Es importante destacar que las industrias tienden a localizarse geográficamente en aquellos espacios en donde existe mejor medio ambiente, los más atractivos recursos naturales, facilidad de transportación y sobre todo un capital humano debidamente capacitado para desplegar una creciente actividad económica (Dominguez, 2012).

Una región se define a partir de cuatro criterios: i) no debe tener un tamaño determinado; ii) es homogénea en términos de criterios específicos; iii) puede ser distinguida de sus áreas colindantes por una clase de características asociadas y particulares; y iv) posee alguna clase de cohesión interna. Sus límites no son rígidos, son cambiantes, es decir, una región puede emerger al tiempo que otras se debilitan. Su análisis requiere de establecer una unidad de funcionamiento con base en un criterio específico en un período determinado de tiempo (Ramos, 2012).

Ohmae (2008) coincide con estos criterios al caracterizar a la región como aquella que posee un mercado interno de suficiente tamaño como para atraer la inversión, demasiados habitantes podrían contraer el enfoque claro de mercado de los inversionistas. No hay una cifra correcta de población, dos poblaciones con el mismo número de habitantes pueden

experimentar indistintamente contextos de pobreza y bienestar, de la misma manera que una región con poca población puede resultar próspera. Además, afirma el autor que es necesario que una región posea una buena infraestructura de transporte, un aeropuerto internacional así como un puerto grande que funcione eficientemente y que albergue tráfico internacional. También es importante contar con instituciones de educación superior con objetivos hacia el futuro e instalaciones para investigación que sean foco de atracción para estudiantes de calidad y se generen recursos humanos altamente preparados y con actitud solidaria. Para este autor el elemento esencial en cualquier región floreciente es una actitud de apertura hacia el mundo exterior, el resto del mundo debe contemplarse como fuente de prosperidad, siendo necesario reconsiderar las leyes que limitan la inversión extranjera o la propiedad extranjera de bienes o de capital.

En la actualidad las regiones se encuentran sometidas a una competencia intensa, a la par del ambiente competitivo que experimentan las empresas como resultado de la globalización de los mercados que las obliga a reestructurar tanto su organización de negocios como sus actividades de innovación para ser competitivas. En consecuencia las empresas de mayor éxito en retener la competitividad global son aquellas que maximizan las ventajas particulares que les ofrece la región en donde se localizan (Ramos, 2012).

En la medida en la que la producción este sustentada en la generación de conocimiento, los determinantes de ventajas como el desarrollo de infraestructura para la investigación, fuerza de trabajo altamente calificada y la cultura de innovación se convierten en factores de mayor importancia que los recursos naturales, es decir, se pueden crear los ambientes de soporte para las compañías innovadoras. En este sentido las regiones pueden establecer instituciones específicas en apoyo a las estrategias de innovación para ser atractivas a las empresas. Además de definir flujos propios de actividad económica y

desarrollar ventajas competitivas de vinculación y sinergias entre los actores económicos, especialmente al desarrollar instituciones económicas en apoyo a la innovación. Esto es lo que se denomina competitividad sistémica, un concepto que se refiere a los determinantes políticos y económicos para un desarrollo industrial exitoso. Es un contexto en donde el Estado y los actores sociales deliberadamente crean las condiciones para el desarrollo. Se distinguen cuatro niveles (Ramos, 2012):

- i) Nivel micro que incluye a las empresas y las redes, su ingrediente clave es la capacidad de las empresas para mejorar continuamente a través de la innovación y redes de empresas con fuertes externalidades positivas.
- ii) Nivel meso que se refiere a instituciones y políticas específicas que den forma a industrias y sus ambientes (institutos tecnológicos, financiamiento, etc.) y que ayuden a crear ventajas comparativas y competitivas; las instituciones pueden ser en un principio entidades no gubernamentales.
- iii) Nivel macro se refiere a las condiciones económicas genéricas, es decir un marco macroeconómico estable y predecible que incluya a una política cambiaria realista y una política comercial que estimule la industria local.
- iv) Nivel meta conformado por variables de movimiento lento como son las estructuras socio-culturales, orden y orientación de la economía y la capacidad de los actores sociales para formular estrategias. Los ingredientes necesarios en este nivel son: valores culturales orientados al desarrollo y que sean compartidos por una gran parte de la sociedad; consenso elemental en la necesidad de lograr desarrollo industrial e integración competitiva en el mercado; y la habilidad de los actores sociales para formular de manera unida visiones y estrategias y formular e implementar políticas.

Este concepto, competitividad sistémica, permite abordar de forma integral los factores que contribuyen a un exitoso desarrollo industrial, cuyo secreto está en buscar el balance apropiado a través de la implementación de políticas dirigidas y diseñadas para estimular el desarrollo industrial, es decir es el resultado de la gobernanza y no de la mano invisible (Altenburg *et al.*, 1998 citado en Ramos, 2012).

Lo que define a un territorio innovador es la presencia de un sistema productivo vinculado a una o varias actividades, en donde una porción importante de las empresas que lo integran dirigen sus esfuerzos al plano de la innovación tecnológica, en la búsqueda de incorporar mejoras en los diferentes procesos asociados a su cadena de valor y los productos que ofrecen, al grado de poder diferenciarse espacialmente de acuerdo a su trayectoria tecnológica. La caracterización de territorio innovador debe incluir aspectos no económicos como: i) la creación de un clima que permita el desarrollo social; ii) la existencia de redes locales de cooperación que hagan posible la formalización de proyectos comunes; iii) presencia de instituciones públicas locales y regionales que actúen como protagonistas en el apoyo a la innovación y al desarrollo territorial a través de iniciativas propias; y iv) esfuerzos conjuntos hacia la mejora en la formación de recursos humanos (Ramos, 2012).

Para Kuri (2005), además de empresarios emprendedores, universidades o centros de investigación lo que hace a una región innovadora es la posibilidad de reorganizar su acervo acumulado de capital, trabajo, conocimiento, etcétera, y de hacerlo interactuar con los actores y las instituciones regionales en un proceso de aprendizaje colectivo. Esto implica la creación o la recreación de un territorio. Los rasgos distintivos de un territorio innovador son: i) colectivo de actores con relativa independencia y autonomía; ii) lo forman elementos tangibles como empresas e infraestructura, e intangibles como el saber hacer y las diversas instituciones; iii) funciona en base a la cooperación entre los actores; y iv) posee una

dinámica de aprendizaje acumulado que permite a los actores adaptarse a la evolución del medio externo. El entorno innovador mediante dinámicas de interacción y aprendizaje y de la formación de redes de innovación influye de forma positiva en el entorno creando externalidades. Los indicadores de esta interacción son las alianzas entre empresas locales, la rotación de fuerza laboral calificada en la región, las ferias industriales, y las vinculaciones con las empresas, con los centros de investigación y formación así como con los organismos de desarrollo y las instituciones públicas. Destacan también otros indicadores como son el crecimiento en los gastos de formación, el número de patentes y la tasa de creación de empresas de la región (Kuri, 2005).

Florida (2014) señala que paradójicamente al mismo tiempo que la tecnología permite la propagación geográfica de la actividad económica, la actividad económica se sigue concentrando alrededor de mega regiones. Estas entendidas como un conjunto de ciudades expuestas a la competitividad global, a través de las cuales es posible la relocalización del trabajo y el capital a muy bajo costo, y un espacio en donde se concentra el talento, la capacidad productiva, la innovación y los mercados. Coincide con Ohmae (2008), al afirmar que lo que define a estas regiones no es la localización de sus fronteras políticas sino el hecho de tener el tamaño y escala necesaria para ser unidades de negocio en la actual economía global. El autor identifica 40 mega regiones en el mundo utilizando información sobre uso de luz nocturna, población, actividad económica con datos del PIB e innovación científica y tecnológica a través del número de patentes y la producción científica. Como se puede observar en la Figura 2.3 una de las mega regiones en Norteamérica presentadas en este mapa es la región del Sur de California (SoCal) que comprende las ciudades de Los Ángeles, San Diego y Tijuana en donde habitan 21.4 millones de personas lo que la coloca en el lugar número 20 del listado. La región ocupa el noveno lugar por su producción económica y en

lo que respecta a innovación científica y tecnológica ocupa el cuarto y décimo sitio respectivamente.



**Figura 2.3 Mega regiones en Norteamérica**

Fuente: Florida (2014)

Sobre esta mega región en 2001 el geógrafo Allen Scott señalaba que existen zonas desarrolladas en el mundo que forman un sistema de regiones polarizadas. Siendo cada una de estas zonas la suma de un área metropolitana, comunidades domésticas, zonas agrícolas prósperas, de centros tributarios de menor tamaño, entre otras características. Eventualmente estas zonas pueden fusionarse y formar regiones megalopolitanas como el caso de Los Ángeles-San Diego-Tijuana. Mega zonas que anidan complejas actividades económicas especializadas y complementarias, vinculadas a mercados locales de trabajo, extensos y multiformes. No sólo presentan un gran tamaño, sino que también constantemente se desarrollan para aumentarlo. Es

posible pensar en estas estas zonas como los motores regionales de la nueva economía global (Scott, 2001 citado en Boisier, 2006).

Por otro lado se utiliza el termino biorregión que sugiere la idea de que es una zona geográfica en donde la biotecnología existe como cultura. Esta dimensión cultural se produce porque la biotecnología tiene sus propios objetivos, valores, códigos éticos, confianza en el progreso y capacidad creativa, e igual que cualquier otra cultura su espacio físico. Además de la cantidad de laboratorios biotecnológicos de universidades o empresas especializadas, existen activos inmateriales, como son el conocimiento técnico y organizativo, los que propician que la biotecnología sea considerada como cultura en un territorio (Duque, 2010).

Duque (2010) se refiere a conocimiento técnico considerando principalmente dos fuentes documentales: las patentes y las publicaciones científicas. Que en ambos casos sirven para legitimar la fortaleza en investigación biotecnológica en un espacio geográfico específico. En lo que se refiere a las publicaciones científicas en biotecnología se agrupan en las siguientes disciplinas: biología, microbiología aplicada y biotecnología, bioquímica y biofísica, biología experimental, microbiología, biología celular y biología molecular y genética. El total de las publicaciones científicas en estas disciplinas certifica la intensidad de la actividad investigadora en biotecnología.

Desde el punto de vista del conocimiento el número de patentes solicitadas es considerado como un indicador clave para identificar a una zona geográfica activa en biotecnología. A través de las patentes se protegen los resultados de la investigación científica. Por lo que las regiones más activas en biotecnología son aquellas que más conocimiento científico generan en estas áreas y que además cuentan con protección

a través de patentes lo que da como “resultado un conocimiento técnico sólido y disponible para recorrer el largo camino de la comercialización de nuevos productos y la generación de riqueza” (Duque, 2010, p. 81).

Existen a nivel global diversas regiones en donde se produce una acumulación de prestigiosos centros de investigación y empresas biotecnológicas de diversos tipos y tamaños, que estableciendo redes de cooperación y vinculación están generando desarrollo y riqueza para sus países. Además de biorregiones, se les conoce como tecno polos o biopolos. En Europa los núcleos biotecnológicos se agrupan en tres zonas: i) el este de Inglaterra: a pesar de que a nivel global el Reino Unido cuenta con aproximadamente diez biorregiones, es en Cambridge en donde se aglomera el mayor número de grupos de investigación universitarios y empresas con actividad biotecnológica; ii) Alemania: cuenta con tres zonas bien delimitadas Colonia-Bonn, el triángulo de Manheim-Ludwigshafen-Heidelberg, y Baviera, en total cuenta con veinticinco biorregiones; y iii) Medicon Valley se localiza en Copenhague y el sur de Suecia es considerada un punto de referencia en aplicaciones biomédicas.

### **CAPÍTULO III: LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA Y SUS TENDENCIAS**

La industria de la biotecnología es un conjunto de empresas que utilizan biotecnología moderna, es decir, células y procesos moleculares, en particular la tecnología de ADN recombinante, para la producción de bienes o prestación de servicios. Se incluyen en esta definición las compañías biofarmacéuticas que se especializan en la investigación genética, al desarrollo de proteínas terapéuticas de ingeniería genética y anticuerpos, y a la fabricación de medicamentos biotecnológicos y vacunas. De igual forma se incluyen en esta industria las empresas que desarrollan o producen modificaciones genéticas a productos agrícolas, y las empresas que aplican las técnicas de ingeniería genética para la producción industrial y la gestión medioambiental (Trejo, 2010).

Lo que se conoce en el mundo científico como nueva biotecnología surge a partir del progreso científico generado por la biología y la genética molecular, no es una ruptura con la antigua biotecnología caracterizada por la capacidad de los microorganismos para fermentar alimentos provocando su transformación y conservación, procesos que han acompañado al ser humano desde el principio de su historia. Son precisamente estos procesos los que le han permitido evolucionar a través de la presión selectiva que realiza para su alimentación y combatir enfermedades, llegando a establecer una relación beneficiosa y amigable con microorganismos, bacterias, levaduras y hongos (Muñoz, 2001).

Los logros científicos permiten la identificación, alteración y transferencia de material genético que identifica las características esenciales de los organismos. Una gran perspectiva de cambios aparece al tener la capacidad de manipular material genético con el fin de obtener resultados programados en los seres vivos y en algunas circunstancias en su descendencia. La nueva biotecnología aumenta la producción animal, disminuye los riesgos

de plagas en las plantas al resistir ataques de insectos, virus y climas extremos, disminuyendo el uso de pesticidas y abonos; a través de la depuración biotecnológica es posible proteger al medio ambiente; en la minería se utilizan algunas bacterias para la fijación de metales; en la salud la producción de fármacos ha mejorado las condiciones de vida, es este sector y el de la alimentación en donde la biotecnología ha generado un mayor eco (Muñoz, 2001).

Por otro lado Bolívar (2007) identifica dos razones íntimamente ligadas para explicar el surgimiento, a mediados de los años setenta, del desarrollo y sofisticación de las técnicas de ADN recombinante. La primera de ellas fue la evidencia en el avance del conocimiento científico sobre la forma en que están organizados y se regulan los genes en el genoma del organismo vivo. La segunda razón fue la convicción de poder aislar, modificar y trasplantar genes de un organismo a otro, transmitiendo con ello nuevas características genéticas al organismo receptor. A este organismo que recibe un material genético de otro organismo se le denomina como transgénico, gracias a este nuevo ADN es posible la capacidad de producir proteínas novedosas. Esta alternativa abre la oportunidad de diseñar y desarrollar organismos transgénicos para que produzcan proteínas de valor social y comercial así como para el desarrollo de nueva tecnología biológica para la producción de proteínas recombinantes.

De tal forma que en 1976 nace la biotecnología moderna al converger las metodologías para la clonación del ADN en un único experimento, en donde una proteína humana fue expresada a partir del ADN sintético usando técnicas de ADN recombinante (Watson, 1976 citado en Bolívar, 2007).

La biotecnología se define como “la tecnología que aplica la potencialidad de los seres vivos, y su eventual modificación selectiva y programada, a la obtención de productos, bienes y servicios” (Muñoz, 1994, p. 13). Sus aplicaciones, afirma Muñoz (1994), son multisectoriales, abarcando desde el sector primario al sector servicios, se aplica para la

corrección de problemas medioambientales, contribuye de forma importante en el sector industrial en las áreas farmacéutica, química y minería. Es desde la perspectiva industrial que se pone de manifiesto que las aplicaciones de la biotecnología son hoy una realidad, ya que se plantean y combinan temas de la investigación con los aspectos legales y de la innovación.

Muñoz (2001) afirma que existe un antes y un después de 1983 en lo que respecta a los soportes científicos y técnicos que dan origen a la nueva biotecnología. Considerando lo expuesto por este científico, los siguientes párrafos hacen un recuento histórico de esta evolución.

Hasta 1983 la manipulación genética o ingeniería genética cuya base científica se encuentra en la microbiología generó la formación de nuevas combinaciones de material hereditario mediante la inserción de moléculas producidas por un medio cualquiera fuera de la célula, de modo que permita la incorporación de un organismo huésped en el que no se encuentra de forma natural, pero que se puede propagar de forma continuada.

Los avances en inmunología y biología celular han generado la producción de antígenos de virus y bacterias, hormonas, parásitos y productos químicos, cuyo mercado generó 15 millones de dólares en 1982 y 200 millones de dólares en 1990. Por otro lado los avances en bioquímica, ingeniería y microbiología han beneficiado a la producción de alimentos transformados, sustancias farmacológicamente activas como antibióticos y hormonas y la producción de enzimas para usos industriales.

La Tabla 3.1 describe los desarrollos e iniciativas que, de acuerdo a Muñoz (2001), han contribuido, a partir de 1983, a la potenciación de la biotecnología para favorecer a nuevos instrumentos y tecnologías, así como para la identificación de nuevas técnicas para la aplicación en agricultura y medicina.

Tabla 3.1

**Desarrollos e iniciativas que han contribuido para la potencialización de la biotecnología a partir de 1983**

Desarrollo o Iniciativa	Descripción
Identificación del virus del SIDA	-Aislado en 1983 (Instituto Pasteur, NIH y Universidad de California en San Francisco); secuenciado por Chiron en 1984.
Electroforesis en gel con campos pulsátiles	-Desarrollada en 1984 (C. Cantor y D. Schwartz).
Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)	-Descubierta por K. Mullis en 1980 (registro de patentes) y publicada en Science (1985).
Ensayos de campo con organismos modificados genéticamente	-A partir de 1985 se empiezan a practicar ensayos con plantas modificadas con resistencia a herbicidas, insectos, virus y bacterias. Regulaciones estrictas.
Secuenciación del ADN por fluorescencia automatizada	-Desarrollada por Caltech y Applied Biosystems, 1986.
Anticuerpos catalíticos	-Se les llama abenzimas y aparecen en 1986. Son anticuerpos que, contrariamente a lo que es su función normal – unirse pasivamente a los blancos o dianas que son los antígenos – son capaces de catalizar reacciones bioquímicas en esas dianas.
Biolística	-Método desarrollado por la Universidad de Cornell, y comercializado por Du Pont para conseguir que el ADN penetre en células que son más difíciles o más inaccesibles. La fuerza que impulsa en ADN es la presión por disparo o la corriente eléctrica.
Cromosomas artificiales de levaduras (YACS)	-Maynard Olson los obtuvo en 1987.
Animales transgénicos	-Ratones transgénicos producidos por primera vez en 1981 (Ohio University). Los primeros animales de granja fueron ovejas (John Clark en el Instituto Roslin en 1988), se obtuvieron vacas en 1990.
Terapia génica	-Además de los experimentos maliciosos de Martin Cline, los primeros ensayos clínicos empezaron en 1981. Los NIH promulgaron en 1985 las directrices para terapia génica en humanos.
Proyecto genoma humano	-Promulgado en 1990, varios genomas secuenciados; acortamiento del periodo previsto para el genoma humano.
Mapa físico del genoma humano	-El mapa de primera generación fue publicado por Daniel Cohen <i>et al.</i> (Nature, 1993)
Terapia antisentido	-Promovida a finales de los años 80, a mediados de 1997 se celebra el primer congreso sobre esta tecnología que sentaba las bases para contrarrestar los excesos. A los nueve años del lanzamiento de esta tecnología se ha aprobado el primer medicamento.
Vacunas ADN	-El uso del ADN como vacuna fue propuesto por primera vez en 1990, con aplicación a los animales de granja con diversos grados de protección. Ofrecen grandes expectativas para mejorar la producción ganadera, especialmente en áreas en las que los patógenos se han mostrado elusivos frente a la vacunación o a los tratamientos terapéuticos. Requieren una constante búsqueda de la eficacia y una amplia aceptación, necesidad de regulaciones apropiadas y ensayos de bioseguridad. Queda por determinar su eficiencia en humanos, aunque se ha logrado ya inmunizaciones en el hombre.
Bioinformática	-Desarrollo de bases de datos, como infraestructura fundamental para el desarrollo futuro de la investigación biológica y la aplicación al desarrollo biotecnológico.

	<p>-Desarrollo de microcomponentes de ADN (chips y arrays). La tecnología ha sido impulsada por la empresa Affymetrix (Santa Clara, CA), cuyos investigadores han diseñado microcomponentes (chips) con unas 150 000 piezas de ADN de levadura esparcidas sobre una oblea de silicio de 2 centímetros cuadrados. Con estos instrumentos se puede obtener una imagen instantánea de las proteínas que se expresan en un determinado tipo celular por medio de una exposición de esos chips a las moléculas de RNA de la célula en cuestión – Los RNA fijan las secuencias conocidas, colocadas y distribuidas en el componente. Se plantea su aplicación para examinar y establecer el mapa de un genoma entero de una sola tacada.</p> <p>-En abril de 1999 se anuncia que un consorcio de 10 grandes empresas – Bayer, Bristol-Myers, Glaxo-Wellcome, Hoechst Marion Rusell, Monsanto, Novartis, Pfizer, Roche, SB y Zeneca – con la Fundación Wellcome Trust creaba una base de datos pública de mutaciones.</p>
Genómica funcional	<p>-Persigue el análisis completo de la relación entre genotipo y fenotipo.</p> <p>-Trata de determinar la función de los genes. Se aplican varios métodos. Uno de ellos para apuntar y focalizar un gen implica el aislamiento de un clon genómico, la construcción de un vector, manipulación de las células totipotenciales de embriones de ratón por combinación homóloga y producción de ratones para estudiar el fenotipo.</p> <p>-Otro método, desarrollado por investigadores de Lexicon Genetics, persigue la construcción de una base de datos con secuencias etiquetadas con el ADN insertado, portando un gen de resistencia a puromicinas. Lexicon identificó estas secuencias etiquetadas como etiquetas de secuencia Omnibank.</p> <p>-Nuevos métodos surgen con elevada frecuencia para intentar dar sentido al gran volumen de datos que surgen de la secuenciación de genomas y de los notables avances en biología computacional.</p>
Sistemas de diagnóstico integrado (sistema ADNs chips)	<p>-En agosto de 1998, la firma Sequenom (Alemania y Estados Unidos) anunciaba el sistema integrado de diagnóstico basado en chip de ADN. Este primer sistema es voluminoso, costoso y de uso complicado. Sus clientes potenciales son las compañías farmacéuticas implicadas en la genotipia en investigación clínica.</p> <p>-La primera versión permitirá identificar 10 000 genotipos por día, número que se podrá elevar a 50 000 por día si el sistema es múltiple.</p> <p>-Los ensayos basados en ADN son la punta de lanza del diagnóstico aplicado a la salud. Las empresas punteras son Gamera Bioscience (Massachusetts), Micronics (Washington) y Cepheid (California), que adaptan los ensayos de diagnóstico en sangre, inmunológicos o sobre enfermedades infecciosas a un formato compatible con la consulta médica.</p> <p>-Las pruebas diagnósticas basadas en ADN van a requerir simplificación, abaratamiento y mayor confianza. Deben simplificar la detección con marcadores fluorescentes, aumentar su capacidad y facilitar la preparación de muestras.</p>
Nuevos productos terapéuticos y nuevas formas farmacéuticas	<p>-Nuevas terapias basadas en proteínas con poderosas perspectivas en enfermedades incurables como la hepatitis C, esclerosis múltiple y desordenes hormonales, aunque su uso efectivo está condicionado por las formas de administración.</p> <p>-Algunas nuevas tecnologías:  Uso de micro esferas compuestas de polímeros biodegradables que incorporan la proteína de interés.  Bomba osmótica implantable.</p>

	<p>Liposomas con capacidad de liberar el medicamento de manera sostenida y con poca inmunogenocidad.</p> <p>Dispositivo implantable con células recombinadas capaz de expresar y secretar las proteínas.</p> <p>Terapia génica (autoproducción).</p> <p>Aerosoles.</p> <p>Extensión de la vida media de las proteínas en plasma.</p> <p>Anticuerpos terapéuticos.</p> <p>Encapsulación con productos naturales, permite contrarrestar problemas con la cadena de conservación por frío en países poco desarrollados.</p>
Computación con ADN	<p>-Leonard Adleman (UCLA, Los Ángeles) demostró en 1944 que el ADN podía utilizarse para codificar y resolver problemas matemáticos.</p> <p>-Grandes progresos como combinar computación con ADN y electrónica.</p> <p>-Posibilidad de aproximarse a problemas como el diseño de fármacos, para los que puede haber varias soluciones.</p>
Plantas como biorreactores	-Producción de proteínas, vacunas y anticuerpos
Nutricéuticos	<p>-Termino acuñado en 1979, que se definió como el alimento o parte de los alimentos que producen beneficios médicos o sanitarios, incluyendo la prevención y el tratamiento de las enfermedades.</p> <p>-Menor regulación y menores exigencias temporales y económicas para la aprobación e introducción en el mercado.</p> <p>-Tres tipos: suplemento en la dieta, alimento funcional, aumento o mejora del valor nutritivo; y alimento medico con propiedades medicinales añadidas.</p>
Clonación de animales	<p>-Micro inyección, transferencia nuclear, células adultas, reprogramación (oveja Dolly).</p> <p>-Uso para producción de fármacos y sustancias de alto valor agregado (pharming).</p>
Ensayos biológicos con transgénicos	<p>-Tras treinta años de búsqueda de un sistema de ensayos alternativos a los emplean animales, que fuera más rápido, menos costoso y altamente seguro y reproducible, los bio ensayos con transgénicos se aplican con dos especies de roedores para el ensayo de carcinógenos (1998).</p> <p>-Un elevado número de empresas están implicadas en la evaluación de uno de estos ensayos con animales transgénicos provistos de oncogenes que pueden ser activados: están sometidos a un profundo escrutinio por la FDDA.</p>
Aplicación de la biotecnología a la silvicultura	<p>-Los árboles y su cultivo representan una experiencia muy reciente, la biotecnología puede ser decisiva para responder a las demandas de la industria con beneficios tecnológicos y comerciales considerables.</p> <p>-Las percepciones públicas plantean temores respecto a la biodiversidad y el potencial impacto de la fuga de genes extraños (transgénicos).</p>
Células madre	Son células con el potencial de convertirse en muchos tipos distintos de células en el organismo

**Nota.** Fuente: Muñoz, E. (2001). *Biotecnología y sociedad* (p. 19-25). Madrid: Cambridge.

De acuerdo a Muñoz (2013) para ser precisos en la caracterización de la biotecnología es indispensable utilizar el plural, ya que no se trata de una sola tecnología. Si no de un conjunto de ellas, que basándose en el desarrollo científico alcanzado por las ciencias de la vida, han hecho posible la utilización de seres vivos, de sus componentes y partes para la

producción de bienes y servicios. De tal forma que los seres vivos se suman a la cadena de producción tradicional: capital fijo, móvil y humano, e infraestructura.

Dado que la caja de herramientas de la biotecnología puede aplicarse a una amplia gama de industrias, se utiliza un código de colores para identificar los campos de aplicación de la biotecnología. De forma tal que la biotecnología blanca es también llamada biotecnología industrial, es la aplicación de técnicas biotecnológicas para mejorar procesos industriales o crear nuevos procesos. La biotecnología roja o biotecnología de la salud concentra aquellas técnicas de prevención, diagnóstico y tratamiento de un amplio número de enfermedades conocidas y nuevas. Como biotecnología verde se le conoce a las técnicas biológicas al servicio de mejorar las características de plantas y animales de una forma rápida y eficiente. Y la biotecnología azul relacionada con las aplicaciones en medios marítimos y acuáticos (Duque, 2010, p. 32).

Sobre la biotecnología Trejo (2010) indica que los canales para la generación de conocimiento y el tiempo de maduración del mismo en la forma de productos y procesos son mucho más prolongados y de mayor costo, de una mayor intensidad y de mérito científico, que los de otros sectores tecnológicos como pueden ser el de la química o el de las tecnologías de la información. La Tabla 3.2 presenta una comparación con respecto a las características relacionadas con la gestión desarrollo e impacto entre las tecnologías de la información y la biotecnología.

Tabla 3.2

**Diferencias entre la industria de la tecnología de la información y la biotecnología**

<b>Características</b>	<b>Tecnologías de la Información</b>	<b>Biotecnología</b>
<b>Ciclo de vida del producto requerimientos tecnológicos y profesionales</b>	Muy corto, un año. Las habilidades no requieren un grado universitario. Se aprende haciendo.	Largo plazo, hasta 30 años. Habilidades muy desarrolladas, se requiere conocimiento técnico típicamente de nivel doctorado.
<b>Requerimientos financieros y materiales</b>	Limitado a costos laborales, hardware y software.	Una industria con aplicación intensiva de capital y aplicación de recursos a fondo perdido.
<b>Gestión de fondos</b>	No se requieren en IT, las empresas nuevas, en su mayoría, lanzan productos sin soporte financiero.	La gestión de capital es esencial. Ocupa recursos y tiempo de los empresarios.
<b>Ciclos de IyD</b>	Muy corto, colaboración virtual de equipos.	Para desarrollo de producto de 1 a 2 años. Para desarrollos ligados a descubrimiento de 20 a 30 años.
<b>Requerimientos regulatorios y legales</b>	El mercado rebasa las regulaciones jurídicas.	Profunda y estrictamente regulado. Las regulaciones limitan el desarrollo de productos y procesos.
<b>Ética</b>	No determinante, aplicación voluntaria.	Determinante y esencial en la experimentación animal y humana.
<b>Intensidad de IyD</b>	Ligado a los ciclos de producto. No intensiva.	Procesos prolongados y de investigación intensiva.
<b>Vinculación</b>	Entre compañías e individuos.	Intensa con institutos, universidades y centros de investigación.
<b>Crecimiento de pequeñas empresas</b>	Innovan y buscan la venta de su producto o de la unidad de negocio.	Las pequeñas firmas innovan y son adquiridas por las grandes empresas.
<b>Desarrollo y lanzamiento de producto</b>	El desarrollo de producto continúa aun después de su lanzamiento al mercado.	El desarrollo de producto debe ser completado antes de su lanzamiento al mercado.
<b>Propiedad industrial</b>	Pocas patentes, algunas marcas. El derecho de autor de diseño prevalece.	Las patentes prevalecen y el control sobre propiedad intelectual es esencial para el éxito de las compañías.

**Nota.** Fuente: 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* (p. 20). Distrito Federal: IPN.

De acuerdo a lo expuesto en la tabla anterior es posible concluir que a diferencia de las tecnologías de la información la biotecnología requiere de capital humano altamente calificado, de un prolongado proceso de investigación, de un mayor proceso de protección

intelectual e industrial, de una cercana interacción entre varios agentes de regulación jurídica y ética de los productos y procesos, así como de una intensiva colaboración con grupos de investigación. Por otro lado, las empresas biotecnológicas por tener una mayor vigencia en el mercado de los productos desarrollados, suelen generar un mayor valor en relación a su tamaño. Otras diferencias importantes de la biotecnología con respecto a otras tecnologías productivas son los ciclos comerciales, la mayor necesidad de gestión de fondos y altos costos para el desarrollo de innovación.

Las bioempresas se alimentan del conocimiento generado en un territorio específico y aportan su propio conocimiento, por lo que su proximidad física es importante. Generalmente se agrupan en lo que se conoce como clúster, “que es una agrupación formal o informal de entidades académicas como son las universidades y los centros de investigación y empresas transformadoras de conocimiento cuyo principal objetivo es generar productos de alto valor agregado en el mercado” (Duque, 2010, p. 82).

Un clúster considerado como exitoso es el de biotecnología farmacéutica en la zona de San Diego, California. El cual incluye a grupos de investigación de la Universidad de California y del Instituto Scripps, además de empresas especializadas en análisis químicos, involucra también firmas privadas de investigación, servicios legales, agentes financieros y de gestión de fondos para investigación, empresas de empaque y distribución, entre otros tipos de empresas de apoyo al sector (Trejo, 2010).

El indicador más ampliamente disponible para medir la actividad de un país en el sector de la biotecnología es el número de empresas, Estados Unidos tiene 7, 970 empresas biotecnológicas, seguido por España con 3, 025 y Francia con 1, 481. Según la OCDE en 2013 los sectores de alimentos y salud concentraron al 68.3% de las empresas biotecnológicas en el mundo.

Dado el objeto de estudio de esta investigación, el próximo apartado se enfoca en las aplicaciones de las técnicas biotecnológicas específicamente en el sector acuícola.

### **3.1 Avances de la biotecnología en la acuicultura**

Una fuente importante de alimentos y recursos económicos se encuentra en los productos de origen acuático provenientes de la acuicultura. Mientras que esta producción ha mostrado un constante incremento de cerca del 24% en la última década, las cifras de captura de especies marinas de agua dulce y salada presentan situaciones adversas para algunos autores estas van a la baja, para otros la producción global de esta pesquería se mantiene estable o con pocas variaciones, y algunos más sostienen que el número de especies que se encuentran en estado de sobre explotación continua en aumento. Esta última situación ha generada gran preocupación a nivel mundial en cuanto a la posibilidad real de que las poblaciones sobre explotadas logren recuperar sus niveles originales. Adicionalmente la explotación de recursos pesqueros tanto por actividades pesqueras como por acuicultura ha pasado de una situación prácticamente ignorada, a una en donde es sometida al escrutinio de la sociedad civil que se interesa por el impacto que estas actividades puedan ocasionar a los mismos recursos pesqueros y al ecosistema acuático (Gasca, 2007).

A pesar de esto, Gasca (2007) argumenta que el auge de la acuicultura permite predecir que su contribución a la producción mundial puede llegar incluso a sobrepasar la producción de origen silvestre. Lo que ha provocado que ambos sistemas de obtención de productos pesqueros se enfrenten a un panorama complejo, donde por un lado deben balancearse los distintos factores que permitan su vigencia en la producción de alimentos, por otro la generación de satisfactores para la sociedad y por último en general en su contribución a la seguridad alimentaria. Una opción adecuada para favorecer la explotación

sustentable de los recursos acuáticos es el uso responsable de la biotecnología, que incrementa la producción de alimentos de origen marino, propicia la obtención de nuevos compuestos útiles para la industria y para dar solución y prevenir muchos de los problemas de contaminación en los ecosistemas marinos. El desarrollo sostenido de la acuicultura se enfrenta a diversos problemas, entre los que se pueden destacar: i) la limitación de área física para su desarrollo; ii) la contaminación; y iii) el impacto de sus derivados y desechos en el medio ambiente. Problemática que es posible atender con la utilización de la biotecnología al contribuir al incremento de la producción por área, propicia una industria acuícola limpia y eficaz en armonía con los ecosistemas.

La ingeniería genética permite rescatar y seleccionar los rasgos benéficos o de utilidad de forma más rápida en comparación con los métodos tradicionales de cruzamiento y selección. En acuicultura esta tecnología representa una importante opción para el desarrollo de la industria en un ambiente de respeto a la naturaleza, pudiendo ser útil para: i) el mejoramiento de las tasas de crecimiento; ii) incrementar las tasas de supervivencia con el incremento de la resistencia a enfermedades y organismos patógenos; iii) el control de la reproducción, la diferenciación sexual, la maduración y la esterilidad; iv) la adaptación a distintas condiciones ambientales como pueden ser las temperaturas y la salinidad; v) el mejoramiento de la eficiencia de conversión de alimento; y el incremento de la calidad de la nutrición de los peces (Gasca, 2007).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012), la acuicultura ha pasado de ser casi insignificante a equipararse totalmente a la producción de la pesca en lo que se refiere a alimentar a la población mundial. Además esta ha evolucionado en cuanto a innovación tecnológica y la adaptación para satisfacer las necesidades cambiantes de la población. Entre 1960 y 2012 la producción mundial paso de

1.6 millones de toneladas a 66.6 millones de toneladas, con un valor estimado de 119 millones de dólares. El aumento en el consumo de estos productos como el de los alimentos en general ha sido debido a diversas transformaciones demográficas y económicas, como el aumento de la población, el aumento de los ingresos, la rápida urbanización, el aumento del comercio internacional, los acuerdos internacionales de libre comercio, cambios en reglamentos, aranceles y normas de calidad, las mejoras en el transporte, la comercialización y la ciencia y la tecnología de los alimentos.

Entre el 10% y el 12% de la población mundial depende de la pesca y la acuicultura como su medio de subsistencia. En la actualidad se crían aproximadamente unas 600 especies acuáticas en el mundo en diferentes sistemas e instalaciones de cultivo de diferentes grados de complejidad tecnológica en agua dulce, salobre o marina. A pesar de los desequilibrios entre regiones en cuanto a niveles de desarrollo tecnológico, algunos países en desarrollo de Asia y el Pacífico, África subsahariana y América del Sur han realizado progresos importantes en el desarrollo acuícola, convirtiéndose paulatinamente en importantes productores en sus respectivas regiones. En muchos de los países menos desarrollados esta actividad puede contribuir de forma significativa a la seguridad nutricional y alimentaria nacional (FAO, 2012).

### **3.2 Características de las empresas biotecnológicas**

La OCDE de forma general 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. El mismo organismo establece dos categorías para lograr diferenciar este tipo de empresas. Por un lado las 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; por otro lado las empresas que realizan investigación y desarrollo en biotecnología usualmente se etiquetan como “dedicadas a la I&D biotecnológica” las cuales dedican más del 75% de su I&D a la biotecnología (OCDE, The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, 2009).

Para Duque (2010) esta clasificación es problemática ya que puede haber empresas que realicen I&D en biotecnología pero que no son consideradas como empresas biotecnológicas ya que sus labores de investigación en el área no son mayoritarias. Otra problemática es que algunos países realizan estadísticas considerando mezcladas las empresas que utilizan biotecnología tradicional y moderna, es decir no se ciñen a la clasificación de la OCDE como es el caso de Japón. Independientemente de esta problemática la clasificación de la OCDE se utiliza en más de 20 países desarrollados y es la clasificación internacionalmente aceptada.

Muñoz (2001) clasifica a las empresas biotecnológicas en tres categorías: i) completamente dedicadas a la biotecnología, siendo aquellas que están comprometidas con los nuevos avances y apuestan claramente por la innovación científica y tecnológica y por los programas de investigación y desarrollo, en los sectores: sanidad humana y animal, agricultura y alimentación; ii) parcialmente dedicadas a la biotecnología, estas pertenecen fundamentalmente al sector agroalimentario, no son productores, sino transformadores y/o comercializadores de productos derivados de técnicas modernas; y iii) usuarias de biotecnología, que se localizan casi exclusivamente en el sector de la alimentación son usuarios finales de productos elaborados por el primer grupo y como excepción por el segundo, forman parte del último eslabón de la cadena de producción en su relación con el cliente final por lo que se incluye a los comercializadores.

La Fundación Genoma España ha realizado una clasificación de empresas biotecnológicas adaptada a la situación española: i) completamente dedicadas a la biotecnología: 80% de su actividad es biotecnología, 50% de facturación total atribuida a la biotecnología, inversión e instalaciones para I+D+i, se presentan a proyectos de investigación en biotecnología en España; ii) parcialmente dedicadas a la biotecnología: algunas líneas principales de negocio es biotecnología menor al 80% de la actividad total de la empresa, parte de facturación es debida a la biotecnología, inversión e instalaciones para I+D+i, se presentan a proyectos de investigación en biotecnología en España; iii) usuarias de biotecnología: algunas de las líneas principales de negocio de la empresa está basada en la biotecnología, una parte de su facturación está relacionada con la biotecnología; y iv) servicios de la industria biotecnológica: consultorías, asesorías, bioinformática, empresas comercializadoras de productos biotecnológicos, otros servicios auxiliares (Duque, 2010, p 28).

En años recientes la expansión de empresas que utilizan biotecnología ha dado origen a un sector nuevo conocido para algunos como bioeconomía, para otros como biociencia y para algunos otros como 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. En Estados Unidos se utiliza el termino biociencia al referirse a empresas biotecnológicas, término que se utiliza como sinónimo de ciencias de la vida. Una forma de traducir este concepto al castellano es el de referirse a estas empresas como bioempresas. Lo cierto es que es un sector muy especial conformado por empresas que cuentan con un perfil común a nivel mundial. 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).

Es posible conocer la fortaleza del sector a través de la cantidad de empleos generados. En este sentido la OCDE ha recogido datos concretos para cada país con cuatro indicadores: i) total de trabajadores en empresas que realizan alguna actividad biotecnológica, ii) total de trabajadores en empresas biotecnológicas de investigación y desarrollo, iii) trabajadores cuyas funciones tienen que ver con la biotecnología, y iv) personal científico y técnico implicado en investigación biotecnológica (Duque, 2010; Beuzekom y Arundel, 2009).

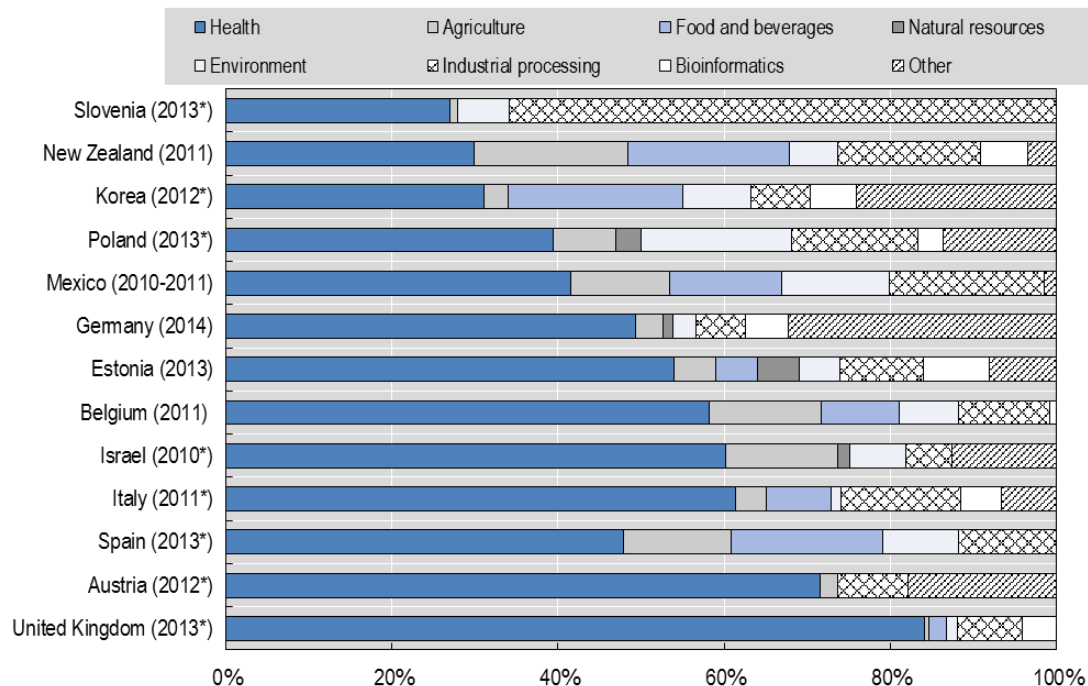
Duque (2010) afirma que los empleos en el sector de la biotecnología tienen un efecto multiplicador. Ya que un puesto de trabajo creado en el sector biotecnológico impacta fuertemente en el resto de los sectores económicos de una economía por la interacción con proveedores de bienes y servicios, lo que equivale a por lo menos seis empleos directos o indirectos adicionales. En Estados Unidos los estudios realizados al respecto arrojan que de cada cien empleos directos creados en empresas dedicadas a la biotecnología se generan por lo menos treinta empleos en empresas de proveedores o clientes. Por lo que el efecto multiplicador es considerado como uno más de los rasgos que caracterizan a las empresas del sector biotecnológico. Efecto que es difícil de cuantificar por dos razones, por un lado las complejas relaciones a lo largo de la cadena de valor del sector, y por otro porque los datos agregados de regiones y comunidades no abonan a clarificar el comportamiento de un país en el sector (Duque, 2010, p. 73-74).

## **CAPÍTULO IV: LAS EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS EN EL CONTEXTO MUNDIAL, NACIONAL Y LOCAL**

Generalmente para diagnosticar la situación de este sector empresarial se utilizan indicadores como el número y perfil de las empresas biotecnológicas, el empleo generado, la calidad de recurso humano y la generación de conocimiento científico. En este capítulo se exhiben estos indicadores en los contextos: internacional, para México y para Baja California en específico las bioempresas del sector acuícola y las particularidades generadas desde la lógica de la región transfronteriza.

### **4.1 Contexto internacional**

La OCDE es el organismo internacional que periódicamente publica información global sobre el número de empresas biotecnológicas de los países, sobre el empleo generado, el gasto en I&D, y la conformación por sector de aplicación entre otros indicadores. De acuerdo a lo publicado en 2015, el sector de aplicación de la biotecnología con un porcentaje mayor de empresas es el sector salud 52.1%. El 7.8% del total de empresas corresponden al sector agrícola, el 15.7% al sector procesos industriales y el 8.1% al sector alimentos y bebidas. Es decir el 68% de las empresas biotecnológicas en el mundo se concentran en los sectores alimentos y salud. En el caso de México el sector salud incluye a la acuicultura y la salud animal, representa el 41.6% del total de las bioempresas, en su conjunto los sectores salud, alimento y bebidas, y agricultura concentran el 67% de estas empresas, ver Figura 4.1 (OECD, 2015).



**Figura 4.1. Porcentaje de empresas dedicadas a la biotecnología por sector, OCDE 2015**

Fuente: OECD, 2015, Key Biotechnology Indicators

Debido a las disparidades en la obtención de datos en los distintos países para diferenciar a las empresas biotecnológicas, es difícil cuantificar el número de bioempresas que hay a nivel global. Independientemente de esto los datos presentados en el Informe Biotechnology Statistics 2009 de la OCDE para 22 países miembros y cuatro países no miembros presentan importantes hallazgos que caracterizan a la industria biotecnológica mundial. El informe indica que de las 9, 551 empresas contabilizadas, Estados Unidos tiene el mayor número de empresas biotecnológicas con el 34% del total, seguido por Japón con 10% y Francia con el 8%, en su conjunto los 15 países de la Unión Europea concentran el 35% del total, ver Tabla 4.1.

Tabla 4.1  
**Distribución en porcentaje por país o región del total de bioempresas en el mundo, 2009**

<b>País o Región</b>	<b>Porcentaje de Bioempresas</b>
<b>Estados Unidos</b>	34%
<b>Japón</b>	10%
<b>Francia</b>	8%
<b>Unión Europea</b>	35%
<b>Resto de países</b>	13%
<b>Total</b>	100%

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de OECD Biotechnology Statistics, 2009

De la información proporcionada por 10 países con respecto al número de empleados es posible concluir que la mayoría de las empresas catalogadas como empresas biotecnológicas cuentan con menos de 50 empleados. En específico para la categoría de empresa de I&D biotecnológico se cuenta con información de 15 países, que permiten identificar que las empresas con menos de 50 empleados representan el 63% del total, ver Tabla 4.2.

Tabla 4.2  
**Tamaño de empresa según número de empleados, 2009**

<b>Porcentaje de empresas</b>	<b>Tamaño de empresa según número de empleados</b>
<b>Empresas biotecnológicas</b>	
<b>67%</b>	Menos de 50
<b>4%</b>	Más de 250
<b>Empresa de I&amp;D biotecnológico</b>	
<b>63%</b>	Menos de 50
<b>15%</b>	Más de 250

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de OECD Biotechnology Statistics, 2009

Diez de estos países proporcionaron información sobre series de tiempo, lo que permite destacar que el número de bioempresas en estos países tiende a incrementar a través del tiempo, por ejemplo España ha experimentado el más rápido crecimiento anual entre 2004 y 2006, período en el cual el número de empresas biotecnológicas aumento en un 53%. En términos absolutos Estados Unidos experimentó el mayor crecimiento en el mismo período con 719 empresas biotecnológicas, lo que representa una tasa de crecimiento anual del 13% (Beuzekom & Arundel, 2009).

Al describir las empresas que forman parte del sector biotecnológico de un país se hace alusión constantemente al concepto de I&D. Concepto que según el Manual de Frascati (2002) comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática con el fin de aumentar el volumen de conocimientos, lo que incluye el conocimiento del ser humano, su cultura y sociedad, así como el uso de todo ese conocimiento para idear nuevas aplicaciones (OCDE, Frascati Manual, 2002, p. 17-20). Es este el indicador comúnmente utilizado para medir la vocación biotecnológica de un país y se mide desde el gasto de las empresas y el gasto público en I&D. Este último entendido como el gasto de universidades y organismos de investigación públicos. Así por ejemplo con datos del Banco Mundial (2015) en países desarrollados como Estados Unidos, Francia, Canadá y Suiza el gasto público en I&D representa entre el 2% y el 4% de su PIB, y en países en desarrollo como Chile, México y Argentina este gasto constituye menos del 1% de su PIB.

El gasto de las empresas en I&D es el cociente entre el gasto en I&D biotecnológico de las empresas y el gasto en I&D empresarial total. Cociente que oscila alrededor del 10% en países como Estados Unidos, Francia, Bélgica, Canadá y Suiza; y del 2%-3% en países como Corea, Finlandia e Italia (Duque, 2010, p. 71).

Como ya se señaló anteriormente una de las características de las empresas biotecnológicas modernas es que son pequeñas empresas con menos de 50 empleados. Sin embargo cuando se hace referencia al gasto en I&D de las empresas biotecnológicas, este se realiza mayormente por las grandes empresas con más de 250 empleados. Como se puede observar en la Tabla 4.3 según los datos de la OCDE (2015) en la gran mayoría de los países observados las empresas biotecnológicas medianas y grandes superan en porcentaje de gasto en I&D a las bioempresas pequeñas, llegando a sobrepasar el 90% en países como Estados Unidos, Suiza y Dinamarca.

Tabla 4.3  
**Indicadores biotecnológicos de la OCDE, 2015**

<b>País</b>	<b>Porcentaje de gasto en IyD de las pequeñas empresas biotecnológicas IyD</b>	<b>Porcentaje de gasto en IyD de las medianas y grandes empresas biotecnológicas IyD</b>
<b>Israel</b>	67.1	32.9
<b>Austria</b>	52.9	47.1
<b>Portugal</b>	48.7	51.3
<b>Estonia</b>	46.0	54.0
<b>Spain</b>	40.8	59.3
<b>Slovak Republic</b>	39.3	60.7
<b>Norway</b>	34.9	65.1
<b>Germany</b>	34.3	65.7
<b>Czech Republic</b>	31.7	68.3
<b>Finland</b>	29.6	70.4
<b>Poland</b>	26.3	73.7
<b>Ireland</b>	25.2	74.8
<b>Mexico (*)</b>	20.2	79.8
<b>Italy</b>	19.4	80.6
<b>Sweden (*)</b>	18.0	82.0
<b>Belgium</b>	17.3	82.7
<b>France (*)</b>	15.6	84.4
<b>South Africa</b>	14.4	85.6
<b>Slovenia</b>	11.8	88.2
<b>Korea</b>	10.0	90.0
<b>Switzerland</b>	9.1	90.9
<b>United States (*)</b>	9.0	91.0
<b>Denmark (*)</b>	8.9	91.1
<b>Netherlands (*)</b>	7.9	92.1

**Nota.** Fuente: OECD. (15 de Junio de 2013). *OECD Key Biotechnology Indicators*. Obtenido de <http://www.oecd/kbi>

En lo referente al empleo en el sector biotecnológico a escala global, el mismo informe de la OCDE contiene datos sobre este indicador para 18 países miembros y 3 países no miembros, en promedio el empleo en biotecnología constituye el 12% del empleo total, Estados Unidos es el país líder en este indicador, ver Tabla 4.4.

Tabla 4.4

**Relación país número de empleados en empresas biotecnológicas**

<b>País</b>	<b>Empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Estados Unidos</b>	1, 360,000	67%
<b>Francia</b>	237, 444	12%
<b>Corea</b>	130, 767	6%
<b>Canadá</b>	86, 889	4%
<b>España</b>	65, 118	3%
<b>Italia</b>	43, 021	2%
<b>Finlandia</b>	34, 510	2%
<b>Australia</b>	18, 719	1%
<b>Bélgica</b>	17, 208	1%
<b>Alemania</b>	14, 360	1%
<b>Resto Países</b>	27, 338	1%
<b>Total</b>	2, 035, 374	100%

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de OECD Biotechnology Statistics, 2009

En lo que respecta a trabajadores cuyas funciones tiene que ver directamente con la biotecnología, el informe cuenta con información para 11 países. Francia es líder en este rubro seguido por Corea, Alemania y Canadá, en la Tabla 4.5 se presenta una relación de empleados por país, y se muestra el porcentaje del empleo total que este indicador representa.

Tabla 4.5

**Relación país número de empleados directamente involucrados en biotecnología**

<b>País</b>	<b>Empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Francia</b>	50098	46%
<b>Corea</b>	15132	14%
<b>Alemania</b>	14360	13%
<b>Canadá</b>	13433	12%
<b>Bélgica</b>	9748	9%
<b>España</b>	5771	5%
<b>Resto Países</b>	513	1%
		100%

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de OECD Biotechnology Statistics, 2009

En lo que se refiere al conocimiento técnico generado a través de publicaciones científicas, estudios internacionales señalan que son las universidades estadounidenses las que aparecen en los primeros sitios de todas las listas de producción científica de los centros de investigación con un mayor número de publicaciones en las distintas áreas del conocimiento de la biotecnología. Mientras que Europa tradicionalmente se ha especializado en la publicación científica en bioquímica y biofísica. Por lo que anualmente Estados Unidos agrupa a casi el 50% de las publicaciones en biotecnología a nivel mundial, seguido por Europa y Japón con 35% y 9% respectivamente (Duque, 2010).

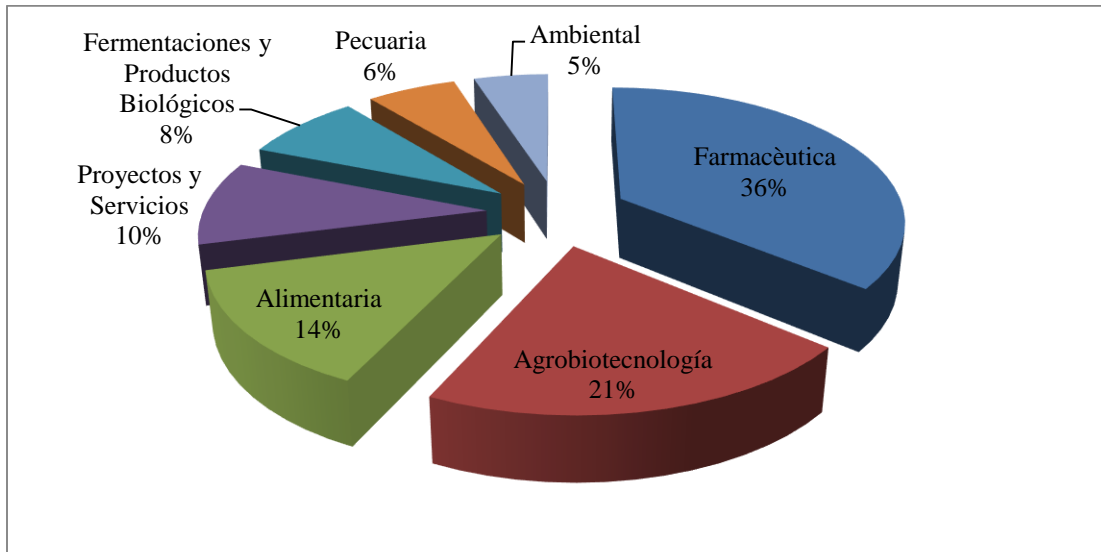
De forma global en lo que respecta a la protección del conocimiento a través de patentes, algunos estudios norteamericanos sugieren que a mayor proximidad de una universidad con la oficina de gobierno para el registro de patentes y marcas americana la United States Patent and Trademark Office (USPTO por sus siglas en inglés) en Washington, mayor es la probabilidad de la solicitud de registro de patentes. Debido a la capacidad y fuerza de atracción que el sistema norteamericano ejerce, se aplica el mismo criterio a países extranjeros, considerando como referencia la distancia en millas entre la capital del país en

cuestión y Washington. Lo cierto es que nueve de las diez 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).

#### **4.2 Contexto de México**

Trejo y Ramírez (2010) señalan que actualmente México, al igual que otros países, se enfrenta a grandes retos para ofrecer a sus habitantes mejores niveles de bienestar, los cuales pueden enfrentarse utilizando el potencial que tiene el país para transformar la biotecnología en palanca de desarrollo, ya que cuenta con una infraestructura en biotecnología que incluye investigadores, institutos de investigación, y universidades reconocidas internacionalmente. Cuenta también con 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.

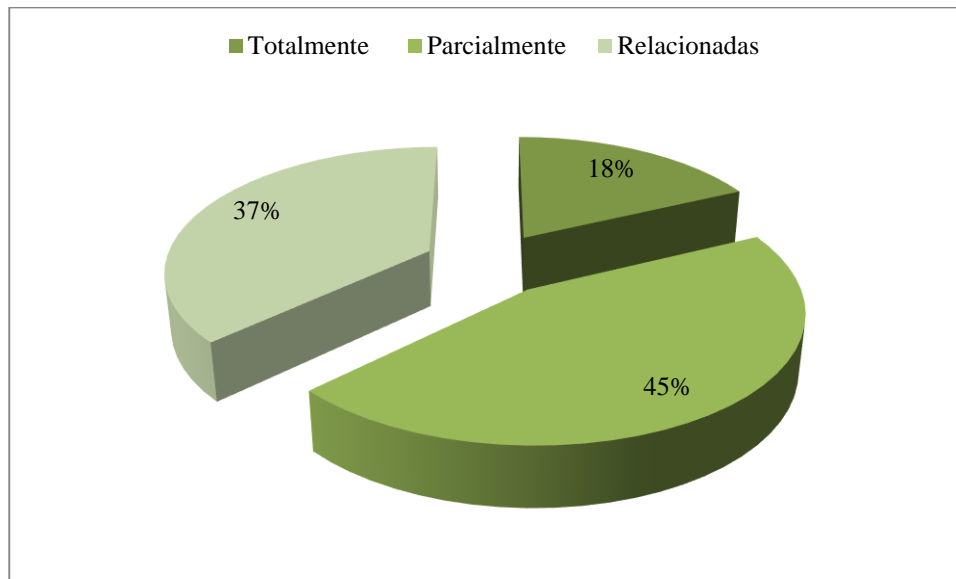
Estos investigadores publicaron en 2010 el reporte Situación de la Biotecnología en México y su Factibilidad de Desarrollo en donde hacen un registro de 375 empresas en el país que cuentan con procesos o productos, insumos o sistemas relacionados con biotecnología, el 70% del total lo constituyen las empresas de los sectores farmacéutico, alimentario y de agrobiotecnología. Con respecto a su distribución por área productiva el informe señala que el 36% corresponde a biotecnología farmacéutica, el 21% a agrobiotecnología, el 14% a biotecnología alimentaria, el restante 29% se distribuye en áreas como fermentación y medio ambiente, ver Figura 4.2.



**Figura 4.2. Distribución por sector de las empresas biotecnológicas en México, 2010**  
 Fuente: Trejo, S. (2010). *La biotecnología en México: Situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*. Distrito Federal: IPN.

En lo relativo a su distribución por tamaño, los datos indican que 34% de estas empresas son grandes de las cuales cerca del 50% corresponden al sector farmacéutico o biomédico, mientras que el 66% son empresas medianas o pequeñas y de estas cerca del 53% corresponde a empresas ligadas a la biotecnología alimentaria y al sector farmacéutico.

En lo relativo a 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, 45% se clasifican como parcialmente dedicadas a biotecnología y 37% como relacionadas con el uso de biotecnología, ver Figura 4.3.



**Figura 4.3. Distribución de empresas de acuerdo a la participación de la biotecnología**

Fuente: Elaboración propia con información de Fuente: Trejo, S. (2010). *La biotecnología en México: Situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*. Distrito Federal: IPN.

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 y las instituciones de educación superior. Por lo que el Estado tendrá que participar activamente promoviendo, orientando y consolidando tanto los procesos productivos como los procesos de vinculación. En este sentido es primordial para el desarrollo del sector la generación de certeza jurídica e institucional, así como la formulación de políticas públicas orientadas a estimular dichas acciones buscando involucrar a los sectores público y privado en su creación y monitoreo. De tal forma que estas instituciones puedan lograr articularse y coordinarse de manera que se reconozca la importancia del desarrollo de la biotecnología en el país, mediante políticas y estrategias compartidas y conjuntas, además del diseño e implementación de leyes, reglas de normatividad y mecanismos específicos. Porque independientemente de lo anterior, las

bioempresas 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 biogénéricos. 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 (Amaro y Morales, 2010, p 1244).

Sorteando estas limitaciones existen empresas biotecnológicas exitosas, ver Tabla 4.6, que son ejemplos a seguir, en donde se observa que 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.

Tabla 4.6

**Empresas mexicanas exitosas que utilizan herramientas biotecnológicas en sus productos y/o procesos**

Nombre	Sector	Vinculación con Centros de Investigación y/o IES
<b>Probiomed</b>	Farmacéutico	UNAM (Instituto de Biotecnología, Facultad de Química)
<b>Instituto Bioclon</b>	Farmacéutico	UNAM Instituto de Biotecnología
<b>Laboratorios Silanes</b>	Farmacéutico	CICESE Departamento de Biotecnología Marina
<b>Agro biológicos del Noroeste</b>	Agrícola	CIAD
<b>Industrializadora Integral de Agave</b>	Producción frutuosa	de Universidad de Guadalajara
<b>Agromod</b>	Agricultura	Centro de Investigación Científica de Yucatán y CINVESTAV
<b>IN Tech S.A.</b>	Tratamiento de agua	UNAM Instituto de Ingeniería
<b>Agro y Biotecnia</b>	Agricultura	UNAM Instituto de Biotecnología
<b>Laboratorios Bioquimex</b>	Industrial obtención de colorantes	UNAM Facultad de Química
<b>Asesoría Integral Agropecuaria y Administrativa, ASIA</b>	Agricultura	Centro de Ciencias Genómicas
<b>Agroindustria Fungi-Agrícola de Oriente de Puebla</b>	Agricultura	Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, Puebla

<b>Neolac, S.A. de C.V.</b>	Alimentos deslactosada	leche	En sus orígenes la tecnología se desarrolló en la UNAM
-----------------------------	---------------------------	-------	--

**Nota.** Fuente: Celaya y Barajas, 2012 citado en FUMEC, y CONACYT. (2014). *Agendas Estatales y Regionales de Innovación. Baja California, Biotecnología (p. 19-20)*. DF: Conacyt.

Esto no solamente se da por el continuo incremento de las actividades de I&D, 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 paso de 1, 764 en 2007 a 3, 070 en 2012 lo que representó un incremento del 74% (Amaro y Morales, 2010).

Además, estos autores aseguran que el grueso de la investigación en biotecnología se realiza en las instituciones públicas de enseñanza e investigación, los resultados de estas investigaciones no se comercializan, una de las razones es la poca comunicación que existe con las empresas y/o la falta de recursos para su liberación, otra razón es que en algunas instituciones se carece de una política para la gestión, la transferencia y la comercialización de los productos generados por sus investigadores, es decir se carece de Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT).

En los últimos años se han realizado un conjunto de esfuerzos para formal capital humano especializado en el área. Se ha logrado un incremento considerable en el número de graduados de programas de doctorado en ingeniería y tecnología entre 2000 y 2011 al pasar de 130 graduados a 590 (SIICYT, 2012). Este recurso humano especializado tiene la posibilidad de canalizarse hacia la consolidación de instituciones y la generación de centros de investigación para el desarrollo de tecnología biológica y productos de alto valor agregado (Trejo y Ramírez, 2010).

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología tuvo un registro de 18, 555 investigadores en 2012. En este mismo año en biotecnología y áreas afines se contó con un registro de 7, 253 investigadores, ver Tabla 4.7, de los cuales 8% tienen categoría de Nivel III, el 15% de Nivel II y el 58% de Nivel I.

Tabla 4.7  
**Miembros del SNI en Biotecnología y Áreas Afines, 2012**

Área	Categoría Investigador Nacional				
	Candidato	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Total
<b>Biotecnología y Ciencias Agropecuarias</b>	483	1,241	326	127	2,177
<b>Biología y Química</b>	612	1,772	493	285	3,162
<b>Medicina y Ciencias de la Salud</b>	284	1,180	285	165	1,914
<b>Total</b>					<b>7,253</b>

**Nota.** Fuente: Anexo Estadístico del Informe del Estado de la Ciencia y la Tecnología SIICYT. (2012). *Sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.* Recuperado el 25 de abril de 2013, de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>

El Sistema de Centros CONACYT es un conjunto de 27 instituciones de investigación que abarcan los principales campos del conocimiento científico y tecnológico. Su objetivo es: i) divulgar en la sociedad la ciencia y tecnología, ii) fomentar la tecnología local y adaptarla a la tecnología extranjera, iii) innovar en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento de ciencia y tecnología, iv) vincular la ciencia y tecnología en la sociedad y el sector productivo para atender problemas, v) crear y desarrollar mecanismos e incentivos que propicien la contribución del sector privado en el desarrollo científico y tecnológico, vi) incorporar estudiantes en actividades científicas, tecnológicas y de vinculación para fortalecer su formación, vii) fortalecer la capacidad institucional para la investigación científica, humanística y tecnológica, y viii) fomentar y promover la cultura científica, humanística y tecnológica de la sociedad mexicana.

El 8% de los miembros del SNI en el área de biotecnología y áreas afines están adscritos a 14 de los 27 Centros del Sistema CONACYT, ver Tabla 4.8. Cerca del 50% de estos investigadores se concentran en tres instituciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Instituto de Ciencia y Tecnología y Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo.

Tabla 4.8  
**Miembros del SNI adscritos a los Centros Públicos de Investigación CONACYT en Biotecnología y Areas Afines, 2012**

Institución	Biología y Químicas	Medicina y Ciencias de la Salud	Biotecnología y Ciencias Agropecuarias	Total	%
<b>CICESE</b>	15	2	15	32	5.56
<b>CIBNOR</b>	44		60	104	18.06
<b>ECOSUR</b>	45	3	28	76	13.19
<b>INECOL</b>	79		10	89	15.45
<b>CIAD</b>	20	7	61	88	15.28
<b>CIO</b>	1	1		2	0.35
<b>COLEF</b>		2		4	0.69
<b>CICY</b>	30		43	73	12.67
<b>CIMAV</b>	8			8	1.39
<b>IPICYT</b>	18	1	15	34	5.90
<b>CIQA</b>	11		6	17	0.30
<b>CIATEJ</b>	15	4	25	44	7.64
<b>CIDETEQ</b>	6			6	1.04
<b>COMIMSA</b>	1			1	0.17
<b>TOTAL</b>	<b>293</b>	<b>20</b>	<b>263</b>	<b>576</b>	<b>100%</b>

**Nota.** Fuente: Anexo Estadístico del Informe del Estado de la Ciencia y la Tecnología SIICYT. (2012). *Sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación*. Recuperado el 25 de abril de 2013, de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>

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, ver Tabla 4.9.

Tabla 4.9

**Participación porcentual en la producción mundial de artículos científicos publicados por país, 2008-2011**

País	2008	2009	2010	2011
Alemania	7.58	7.56	7.44	7.34
Argentina	0.59	0.61	0.59	0.59
Brasil	2.66	2.71	2.69	2.79
Canadá	4.59	4.65	4.74	4.76
Chile	0.37	0.40	0.39	0.40
China	9.08	10.10	10.45	10.97
Colombia	0.18	0.20	0.19	0.20
Corea	3.11	3.28	3.32	3.40
EUA	29.25	28.46	28.66	28.24
España	3.64	3.72	3.74	3.80
Francia	5.57	5.49	5.40	5.34
Grecia	0.92	0.90	0.96	0.97
India	3.39	3.44	3.49	3.59
Italia	4.38	4.36	4.40	4.41
Japón	6.98	6.75	6.55	6.30
<b>México</b>	<b>0.82</b>	<b>0.82</b>	<b>0.84</b>	<b>0.85</b>
Polonia	1.70	1.65	1.64	1.65
Portugal	0.68	0.75	0.75	0.77
Reino Unido	7.81	7.68	7.70	7.61
Turquía	1.81	1.87	1.93	2.00
Venezuela	0.13	0.11	0.11	0.11

**Nota.** Fuente: Anexo Estadístico del Informe del Estado de la Ciencia y la Tecnología SIICYT. (2012). *Sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.* Recuperado el 25 de abril de 2013, de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>

En México la oferta educativa de educación superior se encuentra distribuida en todo el territorio nacional. Según el Consejo Para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES), 2011, 51 Instituciones de Educación Superior del régimen privado recibieron la acreditación de calidad y 179 del régimen público, con una matrícula nacional de

1, 280, 088 estudiantes. En el Padrón Nacional de Calidad de Posgrados de la Secretaría de Educación Pública y CONACYT están inscritos 577 programas en la categoría de consolidados, de estos 385 de maestría y 192 de doctorado. El reconocimiento del CONACYT se otorga a aquellos posgrados que cuentan con una mayoría de investigadores dentro del SNI. Además, deben demostrar una alta eficiencia terminal por lo que dentro del padrón de excelencia se identifican como de alta calidad. Este reconocimiento hace a los programas acreedores de becas federales y de apoyos para investigación en la formación de nuevos cuadros de investigadores.

En los centros de educación mexicanos se utilizan diferentes modalidades de la biotecnología para: i) cultivo de tejidos, ii) micropropagación clonal, iii) embriogénesis somática, iv) ingeniería genética mediante marcadores moleculares y bioquímicos, v) mejoramiento genético, y vi) proteómica y genómica

Los temas en los que se publican estos avances son: bioinsecticidas, biofertilizantes, aditivos biológicos, control de plagas, bioprosesamiento y acuicultura. Aproximadamente 15 de los 100 laboratorios pertenecientes a 109 instituciones de enseñanza e investigación se dedican a la transformación genética y la detección de organismos genéticamente modificados. Solamente uno de estos laboratorios cuenta con certificación internacional. Estos laboratorios no trabajan en red, cada uno atiende a su propia problemática por lo que se presenta escasa cooperación interinstitucional. En la Tabla 4.10 se señalan las principales instituciones relacionadas con la investigación en biotecnología en México indicando sus principales áreas de trabajo.

Tabla 4.10

**Principales instituciones relacionadas con la investigación en biotecnología**

Institución	Departamentos	Ubicación	Principales áreas de trabajo
UNAM	Instituto de Biotecnología (1982)	Morelos	Biología molecular de plantas, virus y bacterias; péptidos y proteínas; genómica de microorganismos; ingeniería de enzimas
	Centro de Ciencias Genómicas (2004)	Morelos	Ingeniería genómica, genómica computacional; ecología genómica
UNAM	Instituto de Investigaciones Biomédicas (1961)	D.F.	Biología celular y molecular; biotecnología, inmunología y medicina genómica
	Facultad de Química (1965, su antecedente data de 1916)	D.F.	Enzimas para diversas industrias, genética molecular y diabetes, microbiología ambiental, tratamiento biológico de aguas, proteínas
	Instituto de Fisiología Celular (1968)	D.F.	Genética molecular, bioquímica y biología estructural
UAEM	Centro de Investigación en Biotecnología (1992)	Morelos	Biorremediación de ambientes contaminados y tratamiento de residuos. Actividad Biológica de compuestos naturales y antropogénicos. Biotransformación de hidrocarburos poli aromáticos: en cultivos secuenciales de hongos y bacterias. Estudios fisiológicos y sus efectos sobre la biodisponibilidad y toxicidad. Aislamiento y caracterización bioquímica y genética de las casas producida por trametes versicolor crecido en residuos de la industria forestal.
Instituto Politécnico Nacional	CINVESTAV (1981)	Irapuato, Guanajuato	Ingeniería genética de plantas, bioquímica de proteínas vegetales, biología molecular
	Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (2005)	Irapuato, Guanajuato	Secuenciación con tecnología capilar, por síntesis, por ligación
	CINVESTAV Zacatenco (1961)	D.F.	Biotecnología, medicina molecular, bioingeniería, biología celular, biología molecular, genética, patogénica, bioprocesos
	Centro de Biotecnología Genómica (1999)	Tamaulipas	Secuenciación de genomas, genotipificación de especies, detección molecular de patógenos, interacción molecular planta-microorganismo
	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (1984)	Morelos	Biotecnología de plantas, alimentos funcionales

	Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (2003)	Tlaxcala	Biotecnología ambiental, bioprocesos, biosensores, biología molecular, biotecnología agroindustrial y alimentaria
	Centro Interdisciplinario en Ciencias Marinas (1976)	Baja California Sur	Biotecnología marina y acuicultura, biodiversidad
	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (1979)	Durango	Biotecnología alimentaria, ambiental, médica, vegetal y farmacéutica, bioinformática
	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (1997)	Sinaloa	Metabolismo, cultivo de moluscos, crustáceos y peces, bioenergéticas
CICY (1979)	Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC	Yucatán	Bioquímica y biología molecular de plantas., agro biotecnología, fármaco biotecnología, biocombustibles
UANL	Facultad de Ciencias Biológicas (1952)	Nuevo León	Biotecnología agrícola , ambiental y en salud
UAM-Iztapalapa	División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biotecnología	DF	Biotecnología ambiental, bioprocesos fermentativos y enzimológicos, biotecnología de productos lácteos, mejoramientos genéticos de microorganismos
CICESE	Departamento de Biotecnología Marina (2000)	Baja California	Biotecnología acuícola y ambiental costera, bioprocesos marinos, metabolitos secundarios, microbiología molecular
CIATEJ (1976)	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco	Jalisco	Biotecnología vegetal, industrial y médica
CIAD (1982)	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC	Sonora	Biotecnología vegetal, fisiología y bioquímica vegetal
	Coordinación Acuicultura y Manejo Ambiental	Mazatlán	Investigación científica básica y aplicada en Acuicultura y Manejo Ambiental, considerando los ámbitos tecnológico, social y económico

INECOL (1973)	Instituto de Ecología	Veracruz	Fitorremediación, cultivo de tejidos vegetales, manejo biotecnológico de recursos, biología evolutiva
CIBNOR (1975)	Acuicultura	Baja California Sur	Biotecnología de plancton, biología de crustáceos, moluscos y peces, biogenética de peces

**Nota.** Fuente: FUMEC, y CONACYT. (2014). *Agendas Estatales y Regionales de Innovación. Baja California, Biotecnología (p. 15-18)*. DF: Conacyt.

El marco regulatorio mexicano relacionado con la bioseguridad está diseñado para prevenir y controlar los posibles riesgos del uso y aplicación de los productos biotecnológicos en la salud humana y la protección animal, vegetal y ambiental (IICA, 2008).

En 2005 entró en vigor la Ley de Bioseguridad que codifica las políticas de biotecnología en línea con las obligaciones adquiridas con la ratificación del Protocolo de Cartagena. Esta ley define las respectivas responsabilidades y jurisprudencias de las secretarías y agencias encargadas de las regulaciones en materia de biotecnología. Además tiene como finalidad:

- i. Garantizar un nivel adecuado y eficiente de protección de la salud humana, del medio ambiente y la diversidad biológica y de la sanidad animal, vegetal y acuícola, respecto de los efectos adversos que pudiera causarles la realización de actividades con organismos genéticamente modificados.
- ii. Definir los objetivos, actividades y responsables a nivel nacional, para el manejo y aprovechamiento adecuados de OGM
- iii. Establecer mecanismos para la participación pública en aspectos de bioseguridad materia de esta Ley, incluyendo el acceso a la información, la participación de los sectores privado, social y productivo a través del Consejo Consultivo Mixto de la CIBIOGEM, y la consulta pública sobre solicitudes de liberación de OGM al ambiente.

- iv. Establecer instrumentos de fomento a la investigación científica y tecnológica en bioseguridad y biotecnología.

En lo que respecta a la infraestructura tecnológica para el desarrollo de este sector, los autores afirman que debería estar conformada por:

- i) las organizaciones de investigación y desarrollo,
- ii) las actividades de formación de recursos humanos especializados,
- iii) el financiamiento a la ciencia y al desarrollo tecnológico y comercial,
- iv) la información técnica y comercial disponibles en las organizaciones, y
- v) por el desarrollo de la propiedad intelectual.

Es importante destacar que en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECITI) 2014-2018 el sector de la biotecnología está considerado como sector estratégico. El documento indica que la biotecnología será una plataforma prioritaria para impactar a sectores específicos como el agroalimentario, salud e industrias de proceso y protección ambiental. En específico el objetivo 6 señala: “Fortalecer las capacidades de ciencia y tecnología en biotecnología para resolver necesidades del país de acuerdo con el marco normativo en bioseguridad”, además reconoce que “México cuenta con infraestructura y recursos humanos especializados para realizar investigación en biotecnología moderna, que requieren incentivos y apoyos para lograr generar desarrollos biotecnológicos que incluyan, desde el diseño experimental, una cultura de bioseguridad congruente con el uso responsable de la biotecnología permitiendo su tránsito por el entramado regulatorio” (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2014, p. 58-59).

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

bioempresas a nivel nacional. 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 confiere un inmenso potencial de especies susceptibles de incorporarse a la producción acuícola. Además existe evidencia de que esta actividad productiva se ha desarrollado en este territorio desde la época prehispánica, 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, Baja California, en donde desde los 70's se realizan estudios sobre el desarrollo de esta actividad productiva.

La biotecnología en Baja California 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 albergo al 15% de empresas biotecnológicas en el país, ver Tabla 4.11.

Tabla 4.11  
**Investigadores y bioempresas en Baja California, 2013**

	<b>Total Investigadores</b>	<b>%</b>	<b>Investigadores ciencias biológicas</b>	<b>%</b>	<b>Bioempresas</b>	<b>%</b>
<b>México</b>	18, 555	100%	2, 177	11%	406	100%
<b>Baja California</b>	566	3%	41	7%	60	15%

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con información de OCDE, SD Dialogue, Conacyt

Específicamente se reconoce a Ensenada como la ciudad 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 que representa una gran ventaja para el desarrollo de empresas

biotecnológicas dado que estas surgen en entornos académicos y se localizan en áreas geográficas con una elevada actividad investigadora.

En esta entidad federativa 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 & Almaraz, 2012).

En el siguiente apartado se caracteriza de forma general al estado de Baja California y se destaca la importancia de la biotecnología para el desarrollo estatal, además se mencionan algunas características de las bioempresas en el sector acuícola y las instituciones y programas que desde los ámbitos público y académico sustentan el desarrollo de esta actividad productiva.

#### **4.3 Bioempresas en el sector acuícola de Baja California**

El estado de Baja California tiene una extensión territorial de 71, 576 kilómetros cuadrados, una población total de 3, 155, 070 habitantes de los cuales el 50.44% son hombres y mujeres son el 49.55%. Colinda al norte con Estados Unidos de América, al este con el estado de Sonora y el mar de Cortés, al sur con el estado de Baja California Sur y al oeste con el océano Pacífico. Es importante para esta investigación destacar que esta entidad federativa posee 1, 556 kilómetros de litorales. En lo que se refiere a vías de comunicación cuenta con 11, 291 kilómetros de red carretera, 223 kilómetros de vías férreas, dos aeropuertos internacionales en Tijuana y Ensenada y recientemente se ha inaugurado la terminal aeroportuaria binacional Tijuana-San Diego, y cuatro puertos marítimos de los cuales destaca el puerto de Ensenada (INEGI, 2016).

Una de las ventajas en lo que se refiere al movimiento de mercancías de exportación que posee este estado con respecto a otras entidades federativas es su privilegiada condición

de estado fronterizo con Estados Unidos y la salida hacia países de la Cuenca del Pacífico por el puerto de Ensenada.

De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Económico el Estado de Baja California en comparación con el resto del país ocupa el segundo lugar nacional en los rubros: i) condiciones de ocupación y ii) como la entidad con mayor cantidad de empresas extranjeras. Ocupa el primer lugar nacional en establecimientos de la industria maquiladora, manufacturera y de servicios de exportación y también primer lugar nacional en Índice de Estructura Competitiva del Instituto Tecnológico de Monterrey. Es la segunda entidad con la economía más abierta del país, y a nivel regional ocupa el primer lugar en crecimiento de la población económicamente activa en la frontera norte (SEDECO, 2016).

Por otro lado el Foro Consultivo y Tecnológico (FCCyT) es una instancia autónoma e imparcial que se crea a raíz de la publicación de la Ley de Ciencia y Tecnología en junio de 2002, y que se encarga de examinar el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en México. Una de sus tareas es la construcción de un acervo de información estadística de CTI de las 32 entidades federativas. Para lo cual se han publicado diversos documentos entre los que se encuentra el Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que mide las capacidades de las entidades federativas en CTI. La versión 2013 del Ranking busca comparar el desarrollo de estas capacidades entre los estados del país. 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 de poder obtener mayores posibilidades de atraer inversiones, de contar con mejores herramientas para fomentar el crecimiento económico, generar más y mejores empleos y ofrecer mayores niveles de bienestar (FCCyT, 2013).

La reciente versión del ranking sitúa en lo general a Baja California en la octava posición de 32 posibles. De las diez dimensiones analizadas el estado 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, ver Tabla 4.12.

Tabla 4.12

**Baja California en el Ranking de Ciencia Tecnología e Innovación, 2013**

<b>Dimensión</b>	<b>Posiciones</b>
1. <b>Infraestructura académica y de investigación</b>	3
2. <b>Formación de recursos humanos</b>	5
3. <b>Personal docente y de investigación</b>	4
4. <b>Inversión en CTI</b>	11
5. <b>Productividad científica e innovadora</b>	17
6. <b>Infraestructura empresarial</b>	3
7. <b>Tecnologías de la información y comunicaciones</b>	6
8. <b>Componente institucional</b>	27
9. <b>Género en la CTI</b>	26
10. <b>Entorno económico y social</b>	10
<b>Posición en las 32 entidades federativas</b>	<b>8</b>

**Nota.** Fuente: Ranking Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, 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. En sus 59 años de existencia la Universidad Autónoma de Baja California ha formado a decenas de miles de profesionistas que aportan su conocimiento y experiencia al desarrollo del estado.

El Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) ubica a Baja California en el lugar 21 del listado por el número de empresas establecidas en el estado (SIEM, 2016). La información en INEGI sobre actividades agropecuarias revela que Baja California cuenta con 280 unidades económicas en el sector pesca y acuicultura (INEGI, 2016).

En 2014 el CONACYT publicó La Agenda Estatal de Innovación de Baja California que tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación

para ser desarrolladas en los próximos años. En el documento se señala al área de biotecnología como un área de especialización que puede contribuir a potenciar sectores económicos importantes para el estado como lo son la acuicultura y la biotecnología médica (FUMEC y CONACYT, 2014, p 6).

Las costas de Bajacalifornianas son bañadas por aguas frías en la parte oeste por el Océano Pacífico y por aguas cálidas en el este por el Golfo de California, con un clima muy diverso que varía de mediterráneo a árido. Esto 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 acuícola y unidades de producción acuícola a lo largo de todo el territorio. Según datos de la Secretaria de Pesca y Acuicultura de Baja California (SEPESCA/BC) la producción en toneladas de este sector entre 2000 y 2014 mostró un crecimiento del 300 por ciento, y su valor en este mismo período pasó de 39 a 408 millones de pesos, ver Tabla 4.13. De acuerdo a la Carta Estatal Acuícola 2012, publicada por la institución antes mencionada, estos logros han sido el resultado de la voluntad empresarial y la calidad de los investigadores formados en las instituciones de educación superior y de investigación científica del estado.

Tabla 4.13

**Nivel de Producción del Sector Acuícola en Baja California, periodo 2000-2014**

<b>Año</b>	<b>Peso en Toneladas</b>	<b>Valor en Pesos</b>
<b>2000</b>	1 567	39,601,000
<b>2001</b>	1 327	30,758,000
<b>2002</b>	1 041	88,224,000
<b>2003</b>	5 280	708,308,000
<b>2004</b>	5 432	496,957,000
<b>2005</b>	5 868	443,186,000
<b>2006</b>	4 958	389,008,000
<b>2007</b>	4 405	318,332,000
<b>2008</b>	4 636	253,984,000
<b>2009</b>	4 434	256,094,000
<b>2010</b>	3 829	202,672,000
<b>2011</b>	5 464	410,500,854
<b>2012</b>	4 889	356,545,174
<b>2013</b>	6 144	526,023,949
<b>2014</b>	5 174	408,124,287
<b>Promedio 2000-2014</b>	4 234	322,870,998

**Nota.** Fuente: Boletín Estadístico, Reporte de Producción Pesquera y Acuícola Sistema SEPESCA/CONAPESCA, Baja California periodo 2000-2014

Sesenta y cuatro empresas productoras de estos productos forman parte del Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad Acuícola de Baja California (CESAIBC), que inicia operaciones en Mayo de 2006, gracias a la inquietud de los propios productores que buscan 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. El objetivo del comité es promover y fomentar la aplicación de buenas prácticas de manejo sanitario en los cultivos acuícolas, para disminuir y evitar condiciones que favorezcan la presencia de agentes patógenos y su diseminación.

El CESAIBC es un organismo auxiliar del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), encargado de la prevención, diagnóstico y control de enfermedades de conformidad con el artículo 107 de la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables en el Estado de Baja California. Así mismo, en coordinación con el Gobierno Estatal a través de la Secretaría de Pesca y Acuicultura del Estado y la SAGARPA a través del SENASICA, se coordinan programas y acciones sanitarias, además de la promoción de buenas prácticas de producción, en apoyo al sector acuícola (CESAIBC, 2015).

La Política de Desarrollo Empresarial 2012-2020: innovar para competir, es el instrumento que articula las capacidades de los agentes del sistema regional de innovación de Baja California que se divide en cuatro subsistemas: empresarial, gobierno o administración pública, infraestructura de soporte para la innovación y sistema de educación, ciencia, tecnología e innovación. Este último factor determinante para el desarrollo de empresas biotecnológicas, en este sentido Baja California ganó 9 lugares, entre 2008 y 2010, en innovación de sectores económicos según el Índice de Innovación del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2014).

En este contexto el CONACYT cuenta con un Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT), quienes son los artífices de la producción científica y tecnológica del país, el cual se encuentra dividido por regiones. Según datos del 2013 Baja California ocupa el primer lugar de la región noroeste con 288 registros, de los cuales el 78% fueron empresas (CONACYT, RENIECYT Distribución Regional por Entidad Federativa, 2016). El Programa de Estímulo a la Innovación (PEI) es un instrumento a través del cual el CONACYT a partir de 2009 destina recursos económicos para fomentar en las empresas la inversión en innovaciones que se traduzcan en oportunidades de negocio

en tres modalidades INNOVAPYME, INNOVATEC y PROINNOVA. Son sujetas a participar las empresas mexicanas inscritas en el REINECYT y que realicen actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el país. Entre 2009 y 2013 el importe suministrado para Baja California fue de 450 millones de pesos, de los cuales el 5% se otorgó a micro y pequeñas empresas del sector acuícola que respondieron a estas convocatorias, ver Tabla 4.14.

Tabla 4.14  
**Bioempresas del sector acuícola de Baja California en padrón beneficiarios PEI, 2009-2013**

Bioempresa	Año	Programa	Monto
MAXMAR MARISCOS SA DE CV	2010	INNOVAPYME	1, 050, 132
OSTIONES GUERRERO S.A DE C.V	2011	INNOVAPYME	4, 608, 460
MAXMAR MARISCOS SA DE CV	2011	INNOVAPYME	622, 724
OCEAN BAJA LABS S. DE R.L. DE C.V.	2012	PROINNOVA	3, 542, 570
OCEAN BAJA LABS S. DE R.L. DE C.V.	2013	PROINNOVA	10, 886, 712
		Total	\$20, 710, 598.00

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con información del Padrón de Beneficiarios PEI 2009-2013, CONACYT

Los Fondos Mixtos (FOMIX) es otro instrumento creado por el consejo con el fin de favorecer el desarrollo regional mediante acciones científicas, tecnológicas y de innovación, en las modalidades: investigación científica, desarrollo tecnológico, creación y consolidación de grupos y redes de investigación, creación y fortalecimiento de infraestructura y difusión y divulgación. Lo que refleja el acuerdo de voluntades entre la federación y las entidades federativas, por lo que las demandas de conocimiento y el diseño de las convocatorias se definen localmente. Este instrumento ha puesto en marcha la colaboración intersectorial e interinstitucional desde los estados, ha dinamizado su quehacer científico, tecnológico y de innovación y ha fortalecido y ampliado las capacidades locales de generación de conocimiento atendiendo a las vocaciones particulares de cada entidad. Entre 2002 y 2014

de los 5, 682 proyectos aprobados a nivel nacional, se aprobaron 236 proyectos en Baja California lo que se traduce en un aporte de recursos económicos de más de 400 millones de pesos. En específico para el sector de interés en esta investigación se aprobaron en el mismo período 16 proyectos, los sujetos de apoyo se muestran en la Tabla 4.15 (CONACYT, Fondos Mixtos CONACYT Gobierno de los Estados y Municipios, Estadísticas al cierre de 2014).

Tabla 4.15

**Fondos Mixtos, Sujetos de Apoyo en Sector Acuícola de BC, 2002-2014**

<b>Sujetos de Apoyo</b>	<b>Número de Proyectos</b>
UABC	4
CICESE	3
CIBNOR	1
Instituto de Sanidad Acuícola	2
HG Seafoods	4
Ostrícola Nautilus	1
Pacífico Aquaculture	1
<b>Total</b>	<b>16</b>

**Nota.** Fuente: Elaboración propia a partir de información Fondos Mixtos CONACYT Gobierno de los Estados y Municipios, Estadísticas al cierre de 2014

Además de los centros de generación y transferencia de conocimiento como son la Universidad Autónoma de Baja California y el CICESE, en el Estado, coinciden otros actores dentro del sistema regional de innovación, como son Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Secretaría de Desarrollo Económico, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), el Consejo Estatal de Ciencia e Innovación Tecnológica de Baja California (COCITBC), el Consejo de Desarrollo e Innovación Tecnológica de Baja California (CDITBC) que alberga el Clúster de Biotecnología apoyándose en la Política de Desarrollo Empresarial del Estado, agencias no gubernamentales como Consejo de Desarrollo Económico de Tijuana (CDT), el Centro para la creación desarrollo y aceleración de empresas innovadoras (CENTRIS), el Centro de inteligencia estratégica (ProDucen) y el Clúster de Bioeconomía de Baja California (BIOBAJA).

La ciudad y puerto de Ensenada alberga a las instituciones de investigación oceanográfica del extremo noroeste de nuestro país, reconocidas por su trayectoria y experiencia tanto en el ámbito nacional como a nivel internacional. En 1960 se creó la Facultad de Ciencias Marinas (FCM), a partir de entonces se han abierto programas a distintos niveles para la formación de capital humano con un enfoque multidisciplinario, en respuesta a las necesidades de desarrollo de la actividad productiva de la región, ver Tabla 4.16.

Tabla 4.16

**Programas de formación de capital humano en Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California**

<b>Año</b>	<b>Programa</b>
<b>1985</b>	Maestría en Oceanografía Biológica
<b>1987</b>	Especialidad en Administración de Recursos Marinos
<b>1990</b>	Maestría y Doctorado en Oceanografía Costera
<b>2005</b>	Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo
<b>2006</b>	Maestría y Doctorado en Ecología Molecular y Biotecnología
<b>2007</b>	Licenciatura en Ciencias Ambientales y Biotecnología en Acuicultura

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con información de *Segundo Informe de Actividades Mayo 2013 - Mayo 2014*. Ensenada: UABC.

En términos de esta investigación resaltan en importancia los programas de Maestría y Doctorado en Ecología Molecular y Biotecnología que a partir de 2008 se encuentran dentro del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) de CONACYT (FCM, 2014). Estos programas tiene como meta común el desarrollar un ambiente académico alrededor de la biotecnología, con un conocimiento completo de los bioprocesos que intervienen, y todo ello soportado por la ecología molecular que aporta un cuerpo cognoscitivo básico y profundo, con el fin de coadyuvar en el desarrollo estratégico del país y servir de motor para aumentar la investigación en materia de biotecnología en la región. El objetivo de este programa es formar recursos humanos para realizar investigación de manera independiente, con un nivel académico y ético de excelencia para incrementar la capacidad nacional en el

aprovechamiento y uso de los recursos naturales mediante una aproximación multidisciplinaria al estudio de los procesos biológicos y ecológicos por medio de técnicas moleculares. Además de impulsar la investigación científica y tecnológica de frontera orientada a la conservación de la biodiversidad y la aplicación del conocimiento de los bioprocesos en diversos ámbitos productivos, mediante la generación de innovaciones biotecnológicas, con el fin de convertir a los egresados en líderes del campo de la investigación y/o de la industria.

Este programa cuenta con tres líneas de generación y aplicación del conocimiento: ecología molecular, fisiología y biotecnología. Las cuales están soportadas por el núcleo académico básico conformado por 10 profesores-investigadores de tiempo completo adscritos a la Facultad de Ciencias Marinas, al Instituto de Investigaciones Oceanológicas y a la Facultad de Ciencias. Entre 2011 y 2015 se tiene registrados cerca de 50 proyectos de investigación en vinculación con recursos obtenidos a través de convocatorias internas y externas (EMBT, 2015). A través de la Coordinación de Formación Profesional y Vinculación Universitaria, estas unidades académicas ofrecen en el área de Biotecnología y Producción Acuícola servicios de i) análisis de calidad de agua en sistemas acuícolas, ii) reproducción y crianza de organismos marinos y dulceacuícolas (peces, crustáceos, moluscos, equinodermos, macroalgas), iii) Elaboración y producción de dietas formuladas, iv) producción de alimento vivo para semilla y juveniles, v) mejora y trazabilidad genética, vi) cuarentena de especies, vii) ordenamiento acuícola y viii) capacitación y asesoría técnica en el desarrollo de sistemas de acuicultura.

Según datos del Sistema Institucional de Indicadores de UABC, la matrícula de la Licenciatura Biotecnología en Acuicultura ha experimentado un crecimiento del 50% entre 2013-1 y 2015-2, pasando de 136 a 203 estudiantes respectivamente, la distribución por

género en el semestre 2015-2 fue de 84 mujeres y 119 hombres. La eficiencia terminal de la unidad académica es del 53%. Sin embargo esta licenciatura en específico presenta una eficiencia terminal global de 82%, y por sexo del 70% en hombres y del 100% en mujeres. Con respecto al cuerpo docente, el 90% de los profesores de tiempo completo cuenta con grado académico de doctor (SII, 2015) .

En la misma búsqueda de generación del conocimiento el programa de Maestría y Doctorado en Ciencias en Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada pretende generar recursos humanos competitivos de excelencia, con principios científicos, tecnológicos, ecológicos, de bioseguridad, sustentabilidad y éticos, capaces de generar conocimiento científico o tecnológico de vanguardia en algunas de las áreas de la acuicultura, así como en la transmisión del conocimiento. Profesionistas que al incorporarse al sector académico, gubernamental y productivo, público o privado, contribuyan de manera decisiva al crecimiento y consolidación de esta actividad. Las líneas de investigación del programa son: diseño y desarrollo de tecnología acuícola, genética, reproducción y ecofisiología de organismos acuáticos, nutrición y alimentación de organismos acuáticos y patología, y sanidad acuícola.

Esta institución cuenta con la Dirección de Impulso a la Innovación y el Desarrollo Oficina de Transferencia de Tecnología del CICESE. Su labor es impulsar la innovación y el desarrollo con el enfoque de promover y facilitar la interacción del CICESE con el sector industrial, gubernamental, educativo y con la sociedad en general y atender el proceso de transferencia de conocimiento en el CICESE.

En la búsqueda de vinculación con el sector empresarial, en el CISESE se desarrollan técnicas acuícolas a escala de laboratorio y piloto de especies marinas y dulceacuícolas de interés económico, en función de estudios biológicos, alimentarios, fisiológicos,

nutricionales, reproductivos, genéticos, patológicos y otras disciplinas que contribuyan a la eficiencia del proceso de la producción animal. Como son el diseño y desarrollo de tecnología acuícola, ecofisiología y estrés de organismos acuáticos, alimentación y nutrición, banco de germoplasma, cultivo de peces marinos, genética acuícola, sanidad y patología, y reproducción y desarrollo. Además el CICESE es miembro de la Red Nacional en Información e Investigación en Pesca y Acuicultura del Instituto Nacional de Pesca de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (CICESE, 2015).

Siguiendo la lógica de teóricos como Schumpeter (1967), quien afirma que el desarrollo económico se debe a factores endógenos, es importante destacar los hallazgos del esfuerzo institucional denominado Plan Estratégico y Transversal de Ciencia y Tecnología en la Frontera Norte de México (FRONCYTEC) respaldado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Esfuerzo que tiene como finalidad identificar las capacidades en materia de ciencia y tecnología de los estados de la frontera norte de México. La investigación se genera a través de fuentes oficiales y entrevistas con actores clave, el proyecto tiene como propósito establecer la alineación e interacción de los componentes de cada entidad para integrar un sistema de innovación regional que dé sustento a las actividades de la economía local. El objetivo es determinar el estado que guardan los ecosistemas de innovación en los seis estados de la frontera norte, además de formular recomendaciones de política en ciencia y tecnología. (FRONCYTEC, 2015).

El análisis FODA elaborado para el estado de Baja California señala que el ecosistema de innovación de esta entidad se encuentra fortalecido por: i) las empresas multinacionales asentadas en el territorio en distintos sectores económicos como son: aeroespacial, productos médicos, electrónica, etc., ii) un importante grupo de calificados científicos que desarrollan

sus proyectos de investigación en instituciones como: CICESE, COLEF y UABC, iii) un mercado doméstico de 3 millones de habitantes, iv) la atracción de inversión extranjera directa en sectores específicos de la economía, v) una fuerza laboral bien calificada, y vi) la diversidad cultural como fuente para la creatividad (Carrillo, FRONCYTEC, 2015).

La proximidad geográfica a Estados Unidos en general y en particular con California representa una gran ventaja para esta entidad fronteriza, que se debe traducir en aprovechar esta condición de estado fronterizo para el desarrollo de proyectos binacionales. California se caracteriza por tener una población joven, una creciente demanda por bienes intensivos en conocimiento y una diversificación de la producción y los servicios (Carrillo, 2015).

### **Región transfronteriza y sector biotecnológico**

El estado de California es una de las 20 regiones emergentes intensivas en registro de patentes en biotecnología y nanotecnología a nivel global, en el periodo 2008-2010 alcanzó los 50, 000 registros. En particular Estados Unidos en doce regiones concentra el 34% de las solicitudes de patentes en el mundo. La principal característica de estas regiones emergentes es que proporcionan ambientes que son particularmente propicios para la innovación empresarial, sobre California ver Tabla 4.17 (OECD, 2013).

Tabla 4.17

#### **Elementos que caracterizan a California como región innovadora**

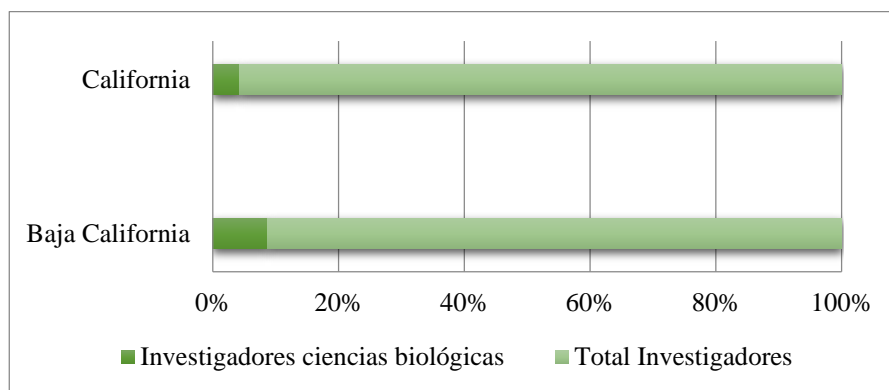
<b>Registro de patentes en biotecnología y nanotecnología en 2010 alcanzó los 10,000 registros</b>	
<b>Industria biomédica genera 764,000 empleos directos e indirectos</b>	
<b>Hogar de 10 de las mejores 100 universidades en índice de Shangai</b>	
<b>En 2013</b>	Recibió el 45% de capital de riesgo nacional
	Concentro al 16% de investigadores, 4% en biociencias
	Concentro al 8% de bioempresas
	Relación empresa investigador es de 12.62 investigadores/empresa
	Industria acuícola aumento 26% su participación en economía nacional 2005-2013
	Aumento de producción: crustáceos 59% y moluscos 62% 2005-2013
<b>San Diego</b>	Clúster Bio 216 empresas
	18, 360 empleados en sector biotecnológico
	200 registros de patentes anualmente

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Además, California alberga dos de los tres más grandes aglomerados empresariales en ciencias de la vida en Estados Unidos. Las regiones de San Diego y San Francisco son potencia económica, sólo la industria biomédica de California emplea a 267 mil personas con un salario promedio anual de más de 95 mil dólares, mientras que la huella de la industria se extiende a 764 mil puestos de trabajo incluyendo los 497 mil empleos indirectos. Silicon Valley abarca de San Francisco a San José es un centro líder para la innovación y el desarrollo de alta tecnología, aloja a importantes corporaciones de tecnología del mundo que generan cerca de 200 billones de dólares anualmente, y a un número importante de pequeñas empresas “star-up”. En 2013 California recibió alrededor del 45% del total de capital de riesgo invertido en Estados Unidos en las industrias biofarmacéutica y dispositivos médicos. Asimismo California cuenta con la mayor concentración de instituciones de investigación de clase mundial en el mundo. Es hogar de 10 de las 100 mejores universidades en el Índice de Shanghai. Es el estado de la unión americana que recibe más fondos federales a través de los Institutos Nacionales con una partida de 3.33 mil millones de dólares (BIO, 2014).

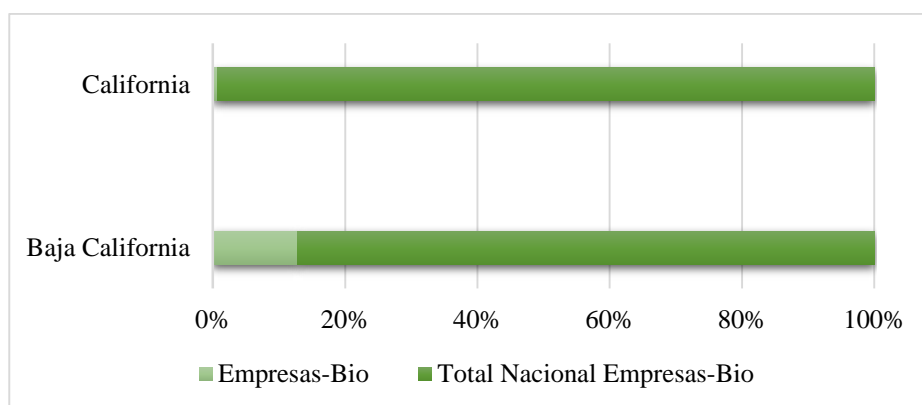
En lo relativo a la investigación los datos obtenidos indican que el 16% del total de investigadores en Estados Unidos en 2013 realizaron sus trabajos de investigación en California, y de estos el 4% lo hicieron en ciencias biológicas. En el mismo año el 8% de las empresas biotecnológicas realizaron sus actividades en este estado. En esta región la relación investigador-empresa biotecnológica es de 12.62 investigadores por empresa, lo que indica por un lado el alto grado de vinculación entre la academia y los centros de investigación con la industria biotecnológica, y por otro un ambiente propicio para la innovación y el emprendedurismo (United States Department of Labor Statistics, 2014 y Morris *et al*, 2005). Es importante destacar que en términos relativos Baja California en este mismo año registro

un mayor número de investigadores en biotecnología y de bioempresas que California, ver Figuras 4.4 y 4.5.



**Figura 4.4. Porcentaje de Investigadores en ciencias biológicas en California y Baja California, 2013**

Fuente: Elaboración propia con información de OCDE, Bureau of Labor Statistics, SD Dialogue y Conacyt, 2013



**Figura 4.5. Porcentaje de empresas biotecnológicas en California y Baja California, 2013**

Fuente: Elaboración propia con información de OCDE, Bureau of Labor Statistics, SD Dialogue y Conacyt, 2013

El clúster biotecnológico en San Diego, California, es uno de los más importantes del sector a nivel mundial, está compuesto por 216 empresas principalmente en el área de la salud, con una fuerza laboral de 18, 360 empleados. Los procesos de innovación de las

empresas del clúster han generado alrededor de 200 registros de patentes anualmente desde 1997. Su gran fortaleza se debe a la excelencia de su base científica en las instituciones de educación superior y en los centros de investigación privados, y al espíritu emprendedor de los sectores público y privado (Chiesa & Chiaroni, 2005).

La Asociación de Acuicultura de California (CAA) afirma, con información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, que la industria acuícola de California contribuyó en 2013 con 1 370 millones de dólares a la economía de los Estados Unidos, lo que representó un aumento del 26% con respecto a 2005. Las ventas de crustáceos y moluscos aumentaron 59 y 62 por ciento respectivamente entre 2005 y 2013. Específicamente en el estado de California esta actividad contribuye anualmente con 200 millones a su economía. California es el único estado en el que millones de libras de peces de agua dulce se crían a 60 pies bajo el nivel del mar (CAA, 2016).

La CAA es una organización que por más de 30 años ha representado a los productores acuícolas en California. Esta institución cumple su misión mediante la promoción de los siguientes objetivos principales: i) debido a su estrecha relación con el medio ambiente, la industria de la acuicultura abarca la gestión ambiental con el propósito de ejercer una influencia positiva en la calidad del medio ambiente en California; ii) representa de forma colectiva a sus miembros antes autoridades federales y estatales y las agencia gubernamentales locales; iii) promueve programas de investigación y desarrollo científico que mejoran la producción acuícola de manera positiva con el medio ambiente y sostenible; iv) promueve el consumo de productos alimenticios de la acuicultura en el mercado por ser nutritivos; y v) proporciona a los miembros con actividades de difusión de información y con oportunidades para llevar a cabo reuniones y otros espacios de diálogo entre sus miembros y los organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales,

y con el público en general. La asociación reconoce que la acuicultura es parte de la agricultura, busca promover su lugar en California como una industria primaria responsable de la producción de alimentos con un interés vital en la preservación de sus tierras y recursos hídricos.

A pesar de la evidente asimetría y complejidad en esta región transfronteriza, la realidad es que la experiencia local transcurre en un ámbito natural de coincidencia de intereses (Celaya & Almaraz, 2012). Así lo demuestra la historia reciente de la relación transfronteriza entre México Estados y Unidos, en donde actores binacionales han buscado el fomento y desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por un lado La Comisión Binacional México Estados Unidos (BCN por sus siglas en inglés) y por otro la Fundación México Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC).

La BCN surge en 1971 como un mecanismo consultivo entre los dos países, se formaliza en 1981 y funciona a través de grupos de trabajo que conforman la comisión y se encargan de preparar una agenda que sirve de base para discusiones posteriores. Es dentro de estos grupos de trabajo de donde emanan iniciativas que se convierten en acuerdos bilaterales. Es importante destacar que dentro de estos grupos existe uno encargado de las relaciones bilaterales conformado por dos subgrupos, el primero denominado Ciencia y Tecnología y el segundo Cooperación Fronteriza. Esta comisión representa una oportunidad para diseñar instrumentos fronterizos que logren posicionar a los actores que históricamente han emergido en el ámbito de fomento y apoyo al desarrollo económico; además de ser en sí misma una vía para canalizar los retos de las colaboraciones informales en regiones como la de Tijuana-San Diego (Celaya y Almaraz, 2012, p. 161).

La FUMEC surge en 1993 en el contexto de la firma de Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), y trabaja específicamente en la colaboración binacional en

temas de ciencia llevando a cabo tareas encaminadas a promover la colaboración binacional en ciencia y tecnología con el fin de contribuir a la solución de problemas de interés común y especialmente aquellos que apoyen el desarrollo económico y social de México. A través de la experiencia exitosa de otros países como Estados Unidos se busca promover las mejores prácticas en: desarrollo económico basado en la innovación, formación de recursos humanos en ciencia y tecnología y medio ambiente y salud. El enfoque de esta fundación es detectar temas de interés binacional, iniciar actividades piloto y construir programas que puedan transferirse a organizaciones especializadas (FUMEC, 2016).

Esta región binacional es sede de instituciones líderes en investigación en ciencias marinas en sus respectivos países como son en Baja California el CICESE y UABC y en California Scripps Institution of Oceanography. Instituciones que cuentan con un amplio historial de proyectos de colaboración como son: California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, las Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California y el Southern California Coastal Ocean Observing System (San Diego Dialogue, 2005).

En 2008 surge la iniciativa binacional de desarrollo económico a largo plazo denominada Cali-Baja Mega Región, ver Figura 4.6, conformada por los condados de San Diego y Valle Imperial en California y por el estado de Baja California, cuyo objetivo es el desarrollo conjunto de estrategias para la competitividad global.



#### **Figura 4.6. Cali-Baja Mega Región**

Fuente: CaliBaja. (24 de noviembre de 2014). *CaliBaja-MegaRegion*. Obtenido de [http://www.calibaja.net/cbdb/p/about\\_who.php](http://www.calibaja.net/cbdb/p/about_who.php)

Esta última iniciativa reúne esfuerzos públicos y privados en ambos lados de la frontera para aprovechar las ventajas de desarrollo empresarial con las que cuenta esta región binacional y como fin último destacar el mercado regional en el escenario internacional. Uno de los sectores estratégicos para la iniciativa es la industria de la biotecnológica compuesta por un conjunto de 800 empresas en los sectores agrícola, farmacéutico y dispositivos médicos. Según datos de 2011, esta Mega región en su conjunto cuenta con una población de 6 600 millones de personas, un territorio de más de 28 mil millas cuadradas, un producto interno bruto de 202.4 billones de dólares y una fuerza laboral de 3.1 millones de personas de las cuales 2.8 millones cuentan con empleo (CaliBaja, 2014).

## CAPÍTULO V: METODOLOGÍA

La unidad de observación en la presente investigación es la empresa biotecnológica definida de acuerdo a la OCDE (2009) como aquella empresa que utiliza la biotecnología en sentido moderno, para la producción de bienes o servicios, así como para realizar investigación y desarrollo en biotecnología.

La metodología utilizada en esta investigación es de corte mixto. Se busca alcanzar un doble propósito, primero caracterizar el perfil de las bioempresas del sector acuícola de Baja California. El segundo propósito es determinar de qué manera los factores institucionales para generar, organizar y transferir conocimiento inhiben o incentivan la capacidad de vinculación de las bioempresas bajacalifornianas al ecosistema binacional de innovación.

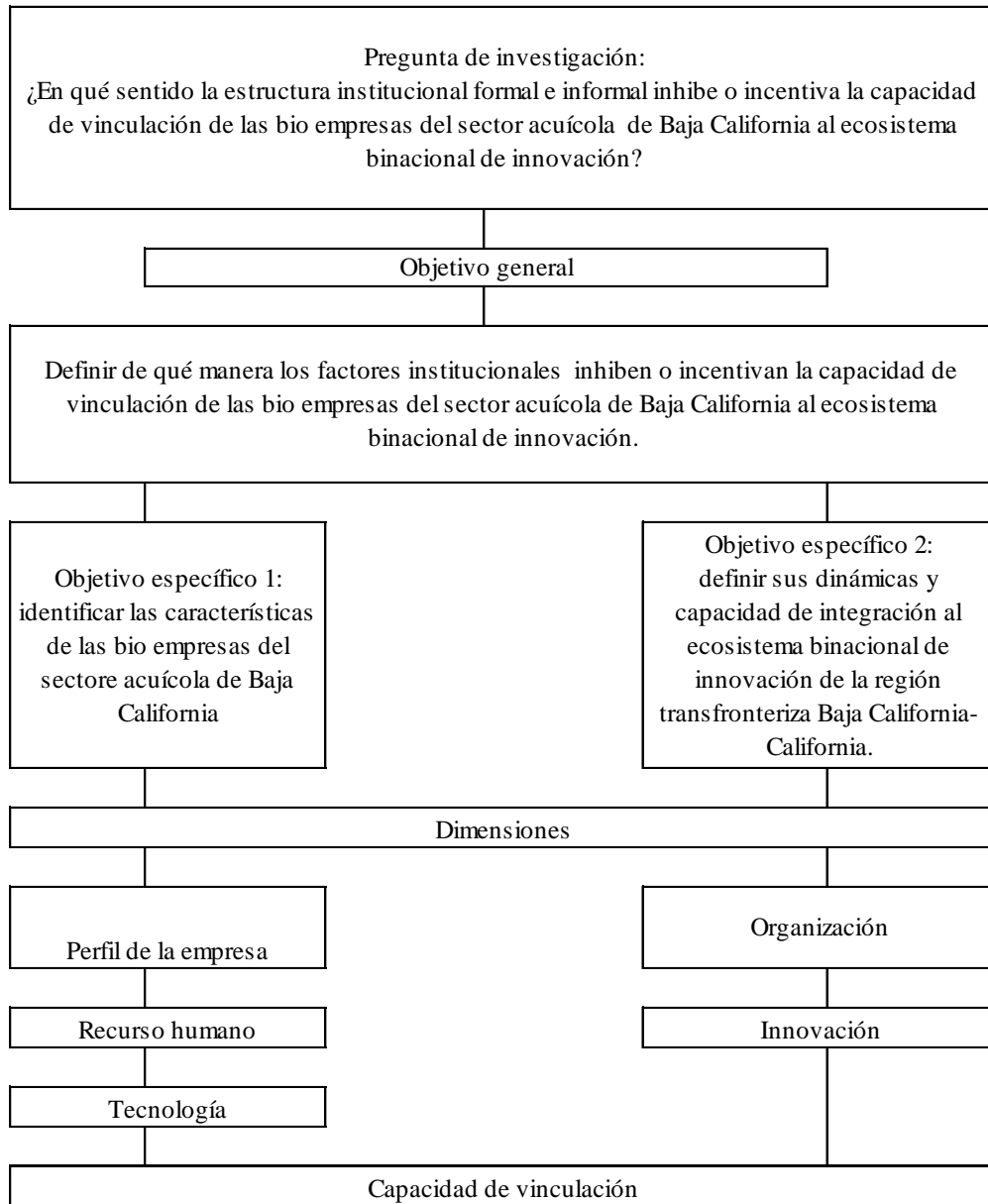
En general la bibliografía revisada señala que la empresa biotecnológica se caracteriza por ser empresa pequeña o mediana con una fuerza laboral bien calificada, nacida en entornos académicos, localizada en zonas geográficas con elevada actividad investigadora y se desarrolla dentro de un ecosistema de innovación.

En Baja California con información obtenida a través del directorio 2015 del Consejo de Sanidad e Inocuidad Acuícola del Estado de Baja California se ha logrado ubicar un total de 65 bioempresas acuícolas. La muestra ha sido determinada de forma no probabilística, se conforma por 10 bioempresas que han respondido a una encuesta electrónica integrada por 35 reactivos cuyo diseño se detalla en el siguiente apartado. La intención inicial era que las 65 empresas respondieran a la encuesta, a pesar de múltiples esfuerzos sólo se logró que diez de ellas accedieran a responder. Una vez obtenida la base de datos se realizó un análisis descriptivo, se calculó a través de un valor numérico el índice de capacidad de vinculación

al ecosistema binacional de innovación para cada bioempresa de la muestra, y utilizando el paquete estadístico spss se determinó la correlación entre las variables.

### **5.1 Diseño de instrumento de medición.**

El instrumento de medición está diseñado para responder a la pregunta de investigación planteada en la introducción. Por lo que se elaboró una matriz de congruencia, ver Figura 5.1, que además de resumir el planteamiento de la investigación sirve de guía para el diseño del instrumento que consiste en un cuestionario dirigido a las bioempresas bajacalifornianas específicamente en el sector de interés.



**Figura 5.1. Matriz de Congruencia**

Fuente: Elaboración propia

Desde la perspectiva de la economía evolutiva se concibe a las empresas como actores o agentes no uniformes que utilizan sus recursos y capacidades para diferenciarse e interactuar, entre las que se encuentran el conocimiento, la administración y la gestión. De acuerdo a la teoría de los recursos y capacidades que surge de la administración estratégica, se han definido los recursos de las bioempresas para generar dinámicas de vinculación al

ecosistema binacional de innovación, estos se agruparon en cinco dimensiones: 1) Clasificación de la empresa, 2) Tecnología e Infraestructura, 3) Recurso humano, 4) Organización para cooperación con Gobierno, Instituciones de Educación Superior y Empresas biotecnológicas, y 5) Innovación. En los siguientes párrafos se definirán cada una de las dimensiones y los objetivos que se busca alcanzar.

**Dimensión: clasificación de la empresa.** Según la OCDE (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, parcialmente dedicadas, usuarias de biotecnología y de servicios. Además se indaga sobre el país de origen de la empresa, si la empresa se identifica como matriz o filial, y sobre qué porcentaje de los procesos administrativo y productivo se realizan en Baja California y/o California. El objetivo principal es comprender cuál es la estructura del sector acuícola en cuanto al tipo de empresas que lo componen.

**Dimensión: tecnología e infraestructura.** Estas empresas utilizan células y procesos moleculares, en particular la tecnología de ADN recombinante. Las técnicas biotecnológicas que se mencionan en la encuesta forman parte de la encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico y modulo sobre actividades de biotecnología y nanotecnología diseñada por INEGI-CONACYT (2012). Los objetivos que se buscan son: por un lado conocer los recursos tecnológicos que utilizan estas empresas dentro de la amplia gama de posibilidades, y por otro identificar sus recursos tangibles como lo es la infraestructura para investigación y desarrollo, y finalmente saber sobre sus recursos para la adquisición de tecnología que puede ser a través de patentes, convenios de colaboración, estudios técnicos, derechos de propiedad, entre otros.

**Dimensión: recurso humano.** Las empresas biotecnológicas en general son empresas pequeñas y medianas que se localizan en sectores dinámicos en generación de conocimiento. En esta dimensión se busca conocer el tamaño de estas empresas en Baja California, para lo cual se utiliza la clasificación de empresas por número de empleados de INEGI. Además se busca conocer su distribución por género y el número de personal directamente involucrado en actividades biotecnológicas. Los sectores productivos que utilizan biotecnología son considerados como intensivos en conocimiento, por esto la importancia de conocer la calificación del recurso humano directamente involucrado en actividades biotecnológicas y la institución de educación superior de procedencia.

**Dimensión: organización.** La empresa explota sus recursos organizacionales para generar la capacidad de cooperación e intercambio dentro de lo que la economía evolutiva denomina ecosistema. Se define a un ecosistema de innovación a partir de la existencia de elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y desarrollo de un conocimiento nuevo y económicamente útil. Co existen en un mismo medio un sistema de innovación y un sistema social en donde se producen nuevos conocimientos y tecnologías que poseen un componente social y resultan de la interacción social con su medio ambiente. De acuerdo a la revisión teórica, se presentan tres formas de vinculación: i) dentro de la estructura productiva y económica; ii) en la configuración institucional que es la que forma y permita la actividad innovadora; y iii) de generación de conocimiento y procesos de aprendizaje (Lundvall, 1992, 1995).

Por lo anterior la encuesta en este apartado cuestiona sobre los recursos con los que la empresa gestiona su vinculación con el sector público, el propósito principal es determinar si la empresa conoce o se ha beneficiado de alguno de los distintos apoyos gubernamentales para el desarrollo de ciencia y tecnología, conocer los beneficios que se han obtenido y

conocer los motivos por los cuales la vinculación con instituciones de gobierno no ha sido posible.

Baja California tiene una situación geográfica privilegiada por su vecindad con uno de los polos de desarrollo biotecnológico más importantes en Estados Unidos y en el mundo. Por este motivo es importante conocer los esquemas de vinculación que se han desarrollado de forma transfronteriza. Por lo que se pregunta sobre los recursos de la empresa para cooperar con instituciones de educación superior en ambos lados de la frontera a través de algún convenio de vinculación de proyectos para el desarrollo de ciencia y tecnología, conocer los esquemas de cooperación, los beneficios y evaluación de esta vinculación, y saber los motivos por los que estos convenios no han sido posibles. Además se busca conocer si la empresa ha tenido o tiene algún acuerdo de colaboración con empresas biotecnológicas en Baja California o California, conocer los esquemas de cooperación, los beneficios y evaluación de esta vinculación y conocer los motivos por los que estos convenios no han sido posibles.

**Dimensión: innovación.** Los recursos conocimiento y organización, desempeñan papeles significativos en la construcción de capacidades para generar innovación, factor determinante en la era del conocimiento por aumentar las ventajas competitivas que las propias empresas construyen. Se requiere uso y aplicación del conocimiento científico o empírico, por lo que le da un carácter intangible, social, interactivo y complejo. La serie de preguntas para esta dimensión está basada en el apartado innovación de la empresa, de la encuesta de INEGI sobre investigación y desarrollo tecnológico y modulo sobre actividades de biotecnología y nanotecnología (INEGI-CONACYT, 2013).

Lo que se busca es conocer si la empresa en los últimos cinco años trabajo en al menos un proyecto de innovación en productos (bienes o servicios) o procesos (incluye métodos), y los factores que inciden para el desarrollo de actividades de innovación en la empresa.

Una vez identificadas las dimensiones se procedió a la construcción de un mapa de contenidos para el diseño del instrumento de medición. Por lo que se consultaron los instrumentos de obtención de información desarrollados por el INEGI y CONACYT para la “Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico y modulo sobre actividades de biotecnología y nanotecnología” (INEGI-CONACYT, 2013), ver Tablas 5.1, 5.2 y 5.3.

Tabla 5.1

**Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (1/3)**

Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Perfil de la bio empresa	Ubicación	Tiempo de operación Municipio
	Clasificación	Completamente Parcialmente Usuaría Servicios
	Características	¿Esta empresa es matriz o filial? ¿El proceso productivo se realiza en? ¿El proceso administrativo se realiza en?
Recurso humano	Empleados	Total Porcentaje mujeres/hombres Personal ocupado directamente en actividades biotecnológicas
	Calificación	Último grado académico obtenido por este personal
	Egresados de	Instituto Tecnológico de Tijuana, ITT Universidad Autónoma de Baja California, UABC Cetys Universidad Universidad Iberoamericana Universidad del Noroeste, UNIVER Universidad Interamericana para el Desarrollo, UNID Universidad del Valle de México, UVM Universidad Xochicalco
	Tipo de tecnología que se utiliza	Código genético Tecnologías referentes a proteínas y otras moléculas Cultivo de ingeniería celular y cultivos

Tecnología		Bioprocesos
	Instalaciones IyD	¿La empresa cuenta con un área o unidad dedicada formalmente a investigación y desarrollo tecnológico?
	Transferencia tecnológica	Patentes (compra-venta) Estudios técnicos Derechos de propiedad (compra-venta) Asistencia técnica Convenios de colaboración

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2

**Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (2/3)**

Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Innovación	Contexto	La empresa en los últimos cinco años trabajo en al menos un proyecto de innovación en productos (bienes o servicios) o procesos Situación de su principal proyecto de innovación. La empresa ha introducido al mercado productos o procesos nuevos o significativamente mejorados.
	Innovación más importante	Indique la innovación más importante en productos o procesos Los tres principales objetivos de la innovación más importante que ha desarrollado en producto o proceso
	Factores que inciden para el desarrollo de actividades de innovación en la empresa.	Investigación y desarrollo tecnológico Departamentos ingeniería/producción Empresas de la competencia Clientes Empresas de consultoría Proveedores Instituciones de educación superior Patentes Ferias y exposiciones industriales

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3  
**Mapa de contenidos para el diseño del instrumento (3/3)**

Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Organización	Programas de apoyo a la ciencia y tecnología	INNOVAPYME INNOVATEC PROINNOVA FONDO MIXTO
		Cómo evalúa la experiencia de haber sido beneficiario de un proyecto gubernamental para el desarrollo de ciencia y tecnología Beneficios obtenidos al haber sido beneficiario de un proyecto gubernamental para el desarrollo de ciencia y tecnología.
	Vinculación transfronteriza	La empresa ha tenido o tiene algún acuerdo de colaboración con empresas biotecnológicas o instituciones de educación superior/centros de investigación en Baja California o California Actividades se realizaron durante la vinculación Beneficios obtenidos Evaluación de la experiencia de vinculación

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos sirven para describir el perfil de las bioempresas en Baja California en el sector de interés. Además de obtener un valor numérico que permite conocer la capacidad de vinculación de las bioempresas de la muestra al ecosistema binacional de innovación. Para lo cual se otorgó un valor estadístico a aquellos ítems que por su naturaleza permiten establecer dicha vinculación, como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4

**Escala de valor de los Indicadores de Capacidad de Vinculación**

Primer nivel.	Segundo nivel	Tercer nivel	Escala
Capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación	Perfil	Usuarías	1
		Parcialmente	2
		Completamente	3
	Tecnología	Herramienta Biotecnológica	1-4
	Recurso humano	TSU	1
		Licenciatura	2
		Maestría	3
		Doctorado	4
	Innovación	Proyecto Innovación si/no	1-2
		Área I&D si/no	1-2
	Organización	Gobierno BC	1-2
		Empresa BC/CA-Actividades	0-6
		IES Actividades	0-6

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se establece que una bioempresa acuícola contará con una capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación alta si obtiene una puntuación dentro del rango 25-38, una capacidad media si se encuentra en el rango de 10-24 y una baja capacidad de vinculación si obtiene un puntaje menor a 10.

La Tabla 5.5 describe la relación entre variable e indicadores y muestra la escala de valor establecida en el desarrollo del instrumento de medición.

Tabla 5.5

**Relación entre variables e indicadores y escala de valor**

Variable	Indicador		Escala
Perfil	Clasificación de la bioempresa	Completamente	3
		Parcialmente	2
		Usuaría	1
Tecnología	Herramienta biotecnológica que se utiliza en el proceso productivo	Bioprocesos	1-4
		Código genético	
		Tejidos y Cultivos	
		Tecnologías proteínas	
Recurso humano	Grado académico de personal involucrado en actividades de biotecnología	TSU	1
		Licenciatura	2
		Maestría	3
		Doctorado	4
Innovación	Proyecto de innovación	No	1
		Si	2
	Área IyD	No	1
		SI	2
Organización	Empresa BC/CA	No	1
		Si	2
	Actividades	N/A=0	0-6
		Transferencia tecnológica=1	
		Consultoría, asesoría=1	
		Proyectos Inv. Conjuntos=1	
		Acceso Infraestructura=1	
		Financiamiento=1	
		Desarrollo Tec. Conjunto =1	
	C. Investigación/IES BC/CA	Si	2
		No	1
	Actividades	N/A=0	0-6
		Acceso infraestructura=1	
		Transferencia tecnológica=1	
Estadías técnicas=1			
Consultoría, asesoría=1			
Proyectos inv. conjuntos=1			
Desarrollo Tec. Conjunto =1			
Gobierno BC	Si- 2	1-2	
	No - 1		

Nota. Fuente: Elaboración propia

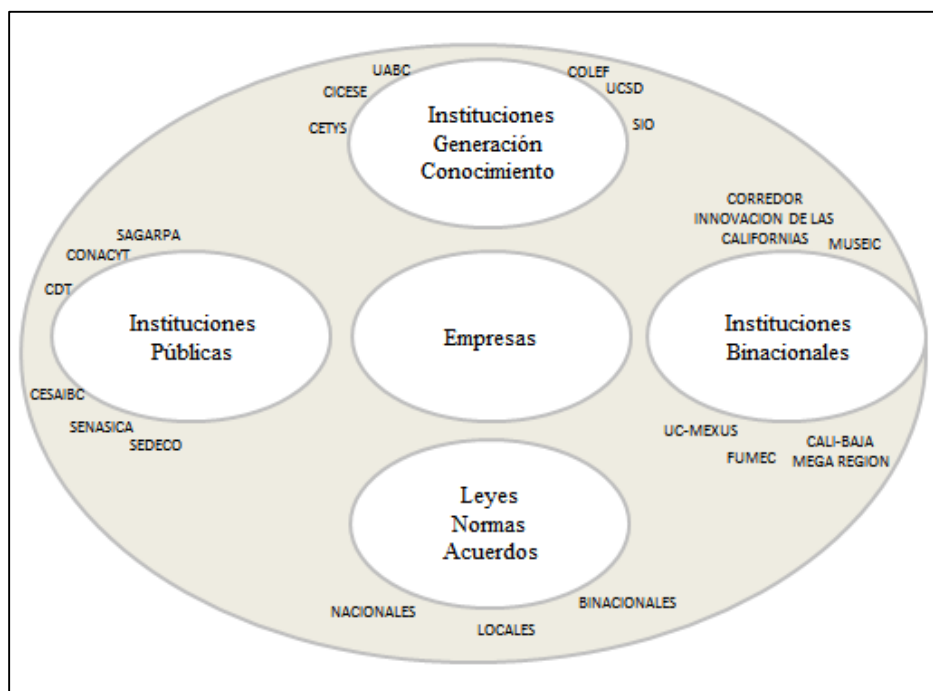
## **CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Este capítulo se encuentra organizado en cuatro apartados. En el primero se presenta, a título exploratorio, una primera aproximación a la estructura del ecosistema binacional de innovación tomando en cuenta a los distintos actores que inciden en la mega región en la generación, organización y transferencia de conocimiento. El contexto y características de las bioempresas acuícolas de Baja California se presenta en el segundo apartado, en donde también se discuten las particularidades y coincidencias encontradas en el análisis de la base de datos de la muestra con las características generales que distinguen a las empresas biotecnológicas. En el tercero se presentan la discusión y análisis de la estimación realizada para el índice de capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación para cada bioempresa, y en el último se analiza a estas unidades productivas desde la lógica de la economía evolutiva que las define como actores dentro de un ecosistema que interactúan utilizando sus recursos.

### **6.1 Estructura del ecosistema binacional de innovación**

En la región Baja California-California se han realizado esfuerzos institucionales conjuntos que han tenido como objetivo el desarrollo económico a través del fortalecimiento de la innovación, la ciencia y la tecnología. En estas entidades las relaciones entre organismos locales sostienen la colaboración en ciencia y tecnología, especialmente en el área de educación y en la formación de recursos humanos especializados (Celaya & Almaraz, 2012). Este apartado presenta un recuento histórico tanto de los esfuerzos locales en Baja California para generar conocimiento en ciencia y tecnología específicamente para el sector productivo de interés en esta investigación, así como los esfuerzos desde el ámbito binacional para

fortalecer la innovación, la ciencia y la tecnología en la región, los cuales en conjunto y sustentados en un marco normativo nacional, local y binacional construyen paulatinamente el ecosistema binacional de innovación, ver Figura 6.1.



**Figura 6.1 Estructura del Ecosistema Binacional de Innovación, 2016**

Fuente: Elaboración propia

La Universidad Autónoma de Baja California 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 (IIO) 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. Desde un inicio contó con el apoyo fundamental para el crecimiento académico de la Facultad de Ciencias Marinas de varios investigadores del Scripps Institution of Oceanography (SIO) en la Jolla California. 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 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) como resultado de la colaboración formal entre académicos de la Escuela Superior de Ciencias Marinas (ESCM) de la UABC y el Scripps Institution of Oceanography (SIO) de la Universidad de California en San Diego (UCSD), idea que se materializa en 1973 a través de 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.

En 1980 se crea el Instituto de México y los Estados Unidos de la Universidad de California (UC MEXUS), es un instituto de investigación académica dedicada a fomentar, asegurar y contribuir a la investigación binacional, a generar programas de colaboración e intercambio académico. Su objetivo principal es contribuir a mejorar el conocimiento científico binacional. En 1997 CONACYT y la Universidad de California firmaron el acuerdo UC-CONACYT, de Cooperación en Educación Superior e Investigación, el cual ha proporcionado fondos y apoyo para estudiantes graduados que han colaborado en un sin número de proyectos de investigación convirtiéndose en el programa de colaboración más importante y fructífero de México con cualquier universidad en el extranjero. Este acuerdo es gestionado y administrado por UC MEXUS y representa un compromiso a largo plazo para construir puentes culturales y fortalecer la comunidad académica binacional para influir en cuestiones de interés común a los Estados Unidos y México. Su principio fundamental es que la colaboración binacional en la investigación y la formación deben asumirse en condiciones de igualdad por todos los participantes. En las últimas dos décadas, UC MEXUS

y CONACYT han iniciado una serie de programas de gran éxito que proporcionan oportunidades para la investigación en colaboración, el intercambio académico, y el desarrollo de los estudiantes (UC MEXUS, 2016).

La Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) es una organización binacional sin fines de lucro creada en 1993 en el marco de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Su objetivo es promover la colaboración binacional en ciencia y tecnología, con la finalidad de contribuir a la solución de problemas de interés común. FUMEC promueve las mejores prácticas en tres áreas programáticas: i) desarrollo económico basado en la innovación, ii) formación de recursos humanos en ciencia y tecnología, y iii) medio ambiente y salud. Esta organización ha puesto en marcha varios programas para generar procesos de innovación que asegura son la clave para lograr el crecimiento económico y el éxito de países y regiones en los mercados globales, algunos de estos son: i) en conjunto con la Secretaría de Economía el programa TechBa que tiene como objetivo facilitar el acceso de las empresas mexicanas de tecnología a los ecosistemas de negocio más dinámicos a nivel mundial, ii) TechPYME es un programa de aceleración de empresas y fortalecimiento de ecosistemas regionales que apoya la migración de las PYMES a nichos de mayor valor agregado, iii) incubadora de agronegocios, iv) SATE que es un sistema de asistencia tecnológica empresarial para que las pequeñas y medianas empresas mejoren su desempeño e incrementen su competitividad, v) cuenta también con iniciativas sectoriales que apoyan el crecimiento de las empresas y favorecen la innovación en áreas y sectores específicos y vi) en 2013 se creó el Consejo México-Estados Unidos para el Emprendimiento y la Innovación (MUSEIC) que da prioridad al desarrollo económico mediante actividades vinculadas al emprendimiento . El ámbito de acción de FUMEC es nacional por lo que toca a los actores fronterizos la gestión de este apoyo en la búsqueda de

desarrollo industrial, científico y tecnológico. En 2013 CONACYT obtuvo la colaboración de FUMEC como coordinador general del proyecto Agendas Estatales de Innovación (FUMEC, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, 2016).

La historia más reciente de estos esfuerzos se registra en 2005 con la Iniciativa Transfronteriza para la Competitividad e Innovación de la organización San Diego Dialogue programa de UCSD, que en colaboración con CENTRIS, CISESE, la Ciudad de Chula Vista, entre otros actores, dirigen esfuerzos para publicar el reporte Innovación Sin Fronteras. Este reporte menciona tres aspectos fundamentales para catalizar la competitividad transfronteriza: i) la necesidad de implementar iniciativas de colaboración para dar a conocer los clúster regionales de alto valor agregado con especial atención a industrias de biotecnología y alta tecnología que valorizan la cercanía física a las instituciones que componen un ecosistema de innovación desde la etapa de investigación y desarrollo a la de manufactura y distribución; ii) para garantizar el crecimiento y la competitividad es de vital importancia la unión entre líderes en ambos lados de la frontera que colaboren para aumentar de manera significativa los programas de capacitación de profesionistas y de fuerza laboral y la asistencia técnica; y iii) se requieren instituciones y mecanismos sociales novedosos que impulsen a la región transfronteriza del simbolismo a la acción, lo que necesariamente involucra un liderazgo compartido, además de la coinversión y coordinación de programas encaminados a fortalecer la capacidad y la competitividad de la región binacional.

Surge de este esfuerzo el Corredor de Innovación de las Californias constituido por asociaciones, empresas, instituciones y miembros de gobierno que colaboran en áreas relacionadas con las oportunidades en la frontera desde en un contexto tecnológico. Algunos de estos actores son: Biotechnology Council of Ensenada, BorderTech, Cal-IT2, CANIETI, CDT, CENTRIS, CETYS, CICESE, COLEF, CONNECT, DEITAC, Institute of the

Americas, International Community Foundation, UCSD's Jacobs School of Engineering, San Diego Dialogue, Scripps Institution of Oceanography, SDSU, SEDECO, Ti@Baja, USCD's Center of US-Mexican Studies, USD's Transborder Institute, UABC, entre otros (San Diego Dialogue, 2005).

La iniciativa binacional de desarrollo económico a largo plazo denominada Cali-Baja Mega Región surge en 2008 y protagoniza uno de los más recientes esfuerzos de cooperación binacional. La constituyen los condados de San Diego y Valle Imperial en California y por el estado de Baja California, su objetivo es el desarrollo conjunto de estrategias para la competitividad global, por lo que reúne esfuerzos públicos y privados en ambos lados de la frontera para aprovechar las ventajas de desarrollo empresarial con las que cuenta esta región binacional. En este contexto la UCSD ha formalizado con UABC, COLEF y CETYS el acuerdo "Memorandum of Understanding" MOU (por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es estrechar y aumentar los lazos de colaboración e intercambio para generar proyectos de investigación binacionales en innovación tecnología y emprendedurismo que fortalezcan la región transfronteriza.

El marco normativo en el que se sostiene el ecosistema binacional de innovación reúne elementos tanto nacionales como locales, ver Tabla 6.1, en los párrafos siguientes se hace mención a detalle de algunos de ellos.

Tabla 6.1

**Marco normativo del ecosistema binacional de innovación**

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECITI) 2014-2018
Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019
Programa para Sostener e Impulsar el Crecimiento Económico de BC2008
Política de Desarrollo Empresarial 2005
Política de Desarrollo Empresarial Segunda Generación 2012-2020
Ley de Fomento a la Ciencia y Tecnología de BC 2005
Políticas Regionales de Coordinación Educativa y Vinculación Empresarial
Sistema de California SIIDEBAJA 2009

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con información de López, C., Plascencia, I., y Alcalá, M. (10 de Diciembre de 2015). *ALTEC 2015*. Obtenido de <http://www.altec2015.org/anais/altec/papers/253.pdf>

**Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018**, Meta III: México con educación de calidad, Objetivo 3.5: Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible. Alcanzar este objetivo requiere de cinco estrategias: i) contribuir a que la inversión nacional en investigación científica y desarrollo tecnológico crezca anualmente y alcance un nivel de 1% del PIB, ii) contribuir a la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel, iii) impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades científicas, tecnológicas y de innovación locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable e incluyente, iv) contribuir a la transferencia y aprovechamiento del conocimiento, vinculando a las instituciones de educación superior y los centros de investigación con los sectores público, social y privado, y v) contribuir al fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica del país.

En el **Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECITI) 2014-2018** el sector de la biotecnología está considerado como sector estratégico. El documento indica que la biotecnología será una plataforma prioritaria para impactar a sectores específicos como el agroalimentario, salud e industrias de proceso y protección ambiental. En específico el objetivo 6 señala: “Fortalecer las capacidades de ciencia y tecnología en biotecnología para

resolver necesidades del país de acuerdo con el marco normativo en bioseguridad”, además reconoce que “México cuenta con infraestructura y recursos humanos especializados para realizar investigación en biotecnología moderna, que requieren incentivos y apoyos para lograr generar desarrollos biotecnológicos que incluyan, desde el diseño experimental, una cultura de bioseguridad congruente con el uso responsable de la biotecnología permitiendo su tránsito por el entramado regulatorio.

El **Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019** define: i) programas sectoriales, ii) proyectos estratégicos, y iii) programas transversales. Es un instrumento de carácter integral, que comprende siete estrategias rectoras entre las que se encuentra el desarrollo económico y sustentable cuyo objetivo general es: “Gestionar el desarrollo regional con participación ciudadana representativa, con altos niveles de competitividad, con la asignación eficiente de funciones y recursos financieros en dependencias de la administración pública, así como la coordinación institucional urbana, económica y ambiental para la promoción de la inversión, la investigación y el desarrollo de opciones productivas locales, la vinculación de vocaciones regionales y economía fronteriza, el uso de energías limpias y la protección del medio ambiente” (GOBBC, 2014, pp 231).

La **Política de Desarrollo Empresarial (PDE)** se gestó en 2005, es el resultado de los trabajos de la sociedad en coordinación con el Gobierno del Estado de Baja California para marcar un rumbo y una directriz del desarrollo económico, fomentando la competitividad y la innovación, y privilegiando las vocaciones productivas en base al desarrollo de agrupamientos industriales (clústeres). El PDE estuvo orientado por el Plan Nacional de Desarrollo y por el Plan Estatal de Desarrollo 2002-2007. El resultado fue un documento de primera generación que hace referencia a fortalecer y promover el impulso de las vocaciones estatales y su evolución, asigna prioridades municipales, determinando

criterios de selectividad para la adecuada toma de decisiones y da garantía del cumplimiento de los objetivos estratégicos orientados a la competitividad mundial y al mejoramiento de la calidad de vida.

Una actualización de esta política se derivó en lo que se conoce como la **Política de Desarrollo Empresarial de segunda generación 2012-2020: innovar para competir**, la cual procura incrementar la competitividad empresarial basada en la economía del conocimiento, innovando para competir, teniendo como líneas estratégicas el articular el Ecosistema Regional de Innovación, fomentando la participación empresarial efectiva y el fortalecimiento del emprendimiento empresarial asociativo. La PED de Baja California está orientada por los instrumentos legales de planeación del Gobierno Federal y Estatal, como los son el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y el Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, así como por instrumentos de planeación regional y de los municipios, entre otros, el Plan Estratégico Metropolitano 2034 Tijuana-Tecate-Rosarito, el Plan Estratégico de Desarrollo Económico del Municipio de Ensenada, el Plan de Desarrollo Regional de Tecate 2025, así como los Planes Municipales de Desarrollo (InvestInBaja, 2016).

La **Ley de Fomento a la Ciencia y Tecnología de Baja California** publicada en el Periódico Oficial el 10 de Junio de 2005 cuyas recientes modificaciones, reformas y adiciones se registran en 2013. Las acciones que deriven de esta ley y que implementan las autoridades estatales en coordinación con el sector privado establecen los lineamientos básicos de la política económica que coadyuvan en la definición de estrategias y programas específicos de fomento, alineados a la PDE y orientados a fortalecer la posición competitiva del Estado (SEDECO, 2012) .

## 6.2 Bioempresas acuícolas de Baja California

El estado de Baja California cuenta con 1,555 kilómetros de litorales lo que representa el 13.4% de las costas totales del país. Frente al Golfo de California y el Océano Pacífico existen 320 unidades de producción pesquera y acuícola, estas se encuentran distribuidas en cuatro zonas: i) zona golfo norte que abarca desde Mexicali hasta San Luis Gonzaga, ii) zona golfo sur de Bahía Calamajue hasta el Barril, iii) zona pacífico norte desde Rosarito hasta el Rosario, y iv) zona pacífico sur desde El Mármol hasta Isla de Cedros, ver Figura 6.2.

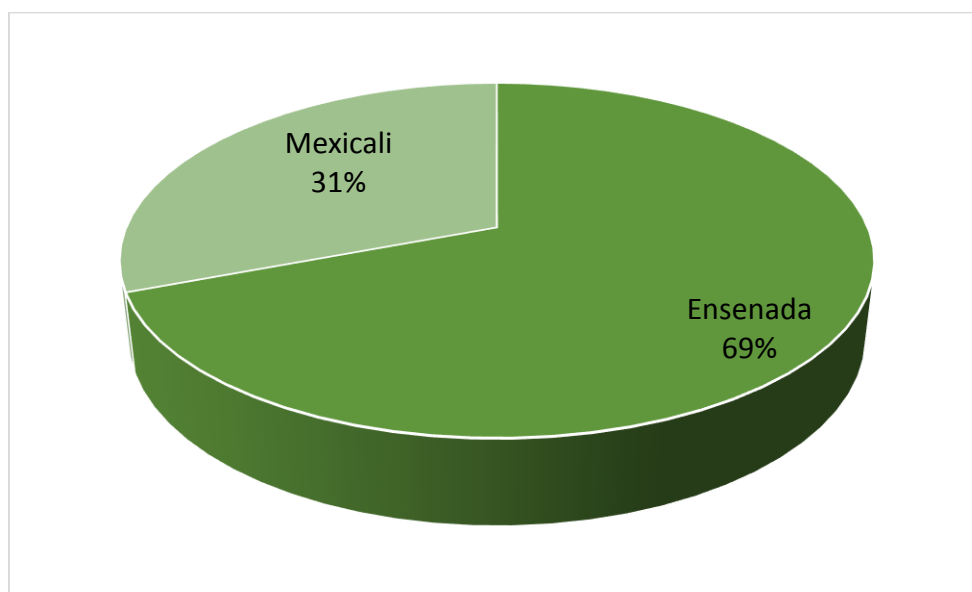


**Figura 6.2 Zonas de producción pesquera y acuícola de Baja California**

Fuente: Mapa satelital de la distribución de las unidades económicas pesca y acuicultura, INEGI. (2016). *Instituto Nacional de Geografía y Estadística*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/>

El desarrollo de biotecnologías de cultivo en el estado ha propiciado el surgimiento de 64 empresas acuícolas que se encuentran registradas en el directorio 2015 del Consejo de

Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California (CESAIBC). De acuerdo al diagnóstico estratégico del Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, estas empresas ofrecen amplias expectativas de desarrollo con un crecimiento proyectado en un 150% en los próximos seis años, el 31% de ellas se localizan en Mexicali y el 69% en el Puerto de Ensenada, ver Figura 6.3.

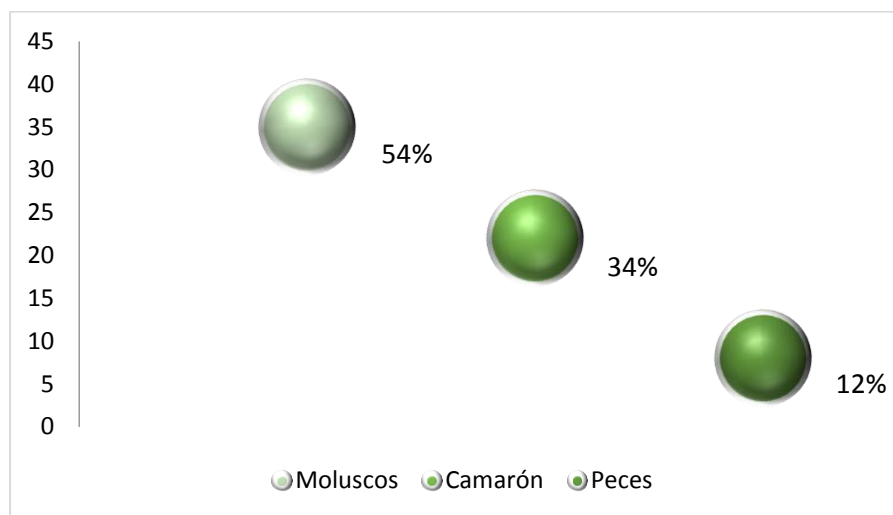


**Figura 6.3 Distribución por Municipio de Bioempresas Acuícolas en B.C, 2015**

Fuente: Elaboración propia con datos de CESAIBC. (2015). *Consejo Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California*. Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de <http://www.cesaibc.org/sitio/>

Baja California ocupa el cuarto lugar en volumen nacional de capturas pesqueras con un promedio de 100, 000 toneladas anuales, y ocupa el séptimo lugar en valor de la producción. Con respecto a la producción acuícola el estado ocupa el treceavo lugar de la producción nacional con aproximadamente cuatro mil toneladas cultivadas anualmente. En cuanto al valor de esta producción el estado ocupa el sexto sitio del país. En 2015 la

producción de moluscos representó el 54% de la producción total estatal, el camarón el 34% y el 12% la producción de peces, ver Figura 6.4.



**Figura 6.4 Distribución por especie de la producción acuícola de Baja California, 2015**

Fuente: Elaboración propia con información de CESAIBC. (2015). *Consejo Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California*. Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de <http://www.cesaibc.org/sitio/>

En los siguientes párrafos se presentan los resultados obtenidos a partir del instrumento de medición diseñado para esta investigación, un total de 10 bioempresas de 64 respondieron a la encuesta, ver Tabla 6.2. Los reactivos seleccionados permiten conocer características generales de estas unidades de producción.

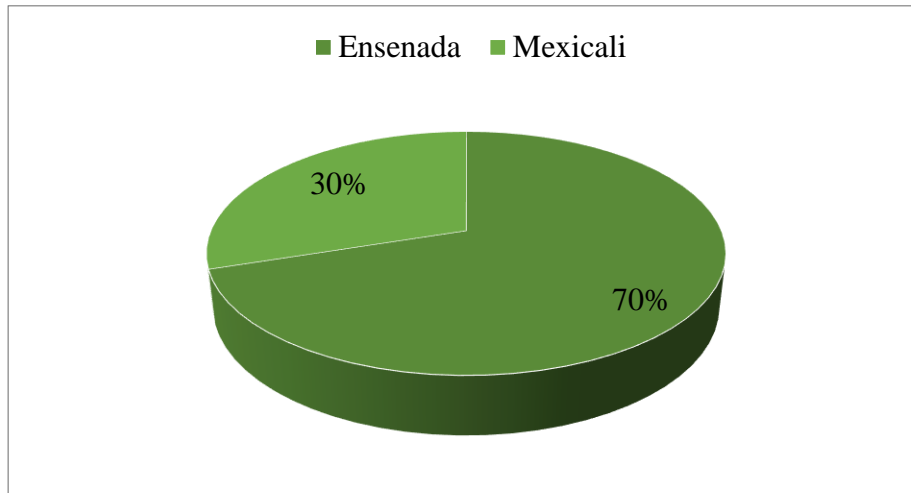
Tabla 6.2

**Empresas que respondieron la encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015**

Nombre de la empresa	Nombre del encuestado	Cargo
<b>Abulones Cultivados S De R L De C V</b>	Benito Altamira	Representante Legal (Ex Director General)
<b>Acuícola Pacar Spr De RL.</b>	Juan Fco. Siqueiros León	Rep. Legal De La Empresa
<b>Productos Oceánica</b>	José Carlos Garduño Franco	Director Técnico
<b>Ostricola Nautilus S De RI De CV</b>	Vicente Guerrero	Gerente General Representante Legal
<b>Acuamos Spr De RL</b>	Francisco Javier Mosqueda Martínez	Representante Legal
<b>Ostiones Guerrero S.A. De C.V.</b>	Reyes Guerrero Sandoval	Representante Legal
<b>Baja Seas, S De RI De CV</b>	Luis C Astiazaran	Director General
<b>Aqualap SA De CV</b>	Juan Carlos Lapuente Landero	Administrador Único
<b>Vizomar</b>	Enrique Félix	Director
<b>Acuicultura Oceánica</b>	Sergio Guevara	Socio/Director

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

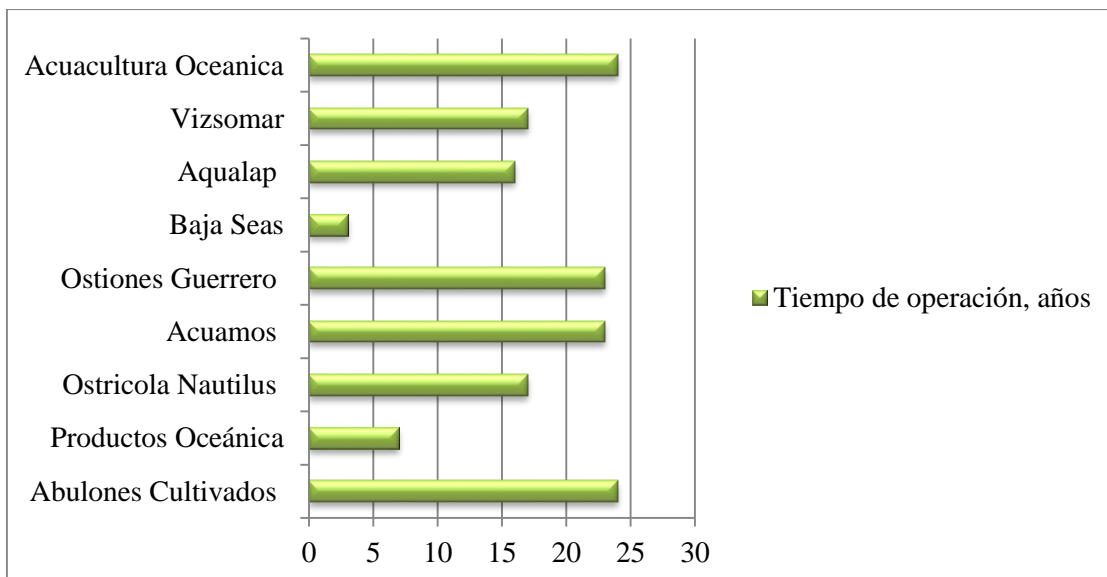
El 70% de las empresas encuestadas se localizan en el municipio de Ensenada y el 30% en el municipio de Mexicali, ver Figura 6.5. De acuerdo a la distribución por municipio de las empresas en el directorio de CESAIBC, se tiene una muestra representativa ya que, como se mencionó anteriormente, a nivel estatal el 69% se localiza en Ensenada y en Mexicali el 31%.



**Figura 6.5 Localización por Municipio de empresas encuestadas**

Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Las características generales señalan que se trata de empresas jóvenes con menos de diez años de antigüedad, en el caso de las bioempresas encuestadas la mayoría han estado operando en Baja California por más de quince años, ver Figura 6.6. Como empresas jóvenes se puede catalogar a Baja Seas y Productos Oceánica.

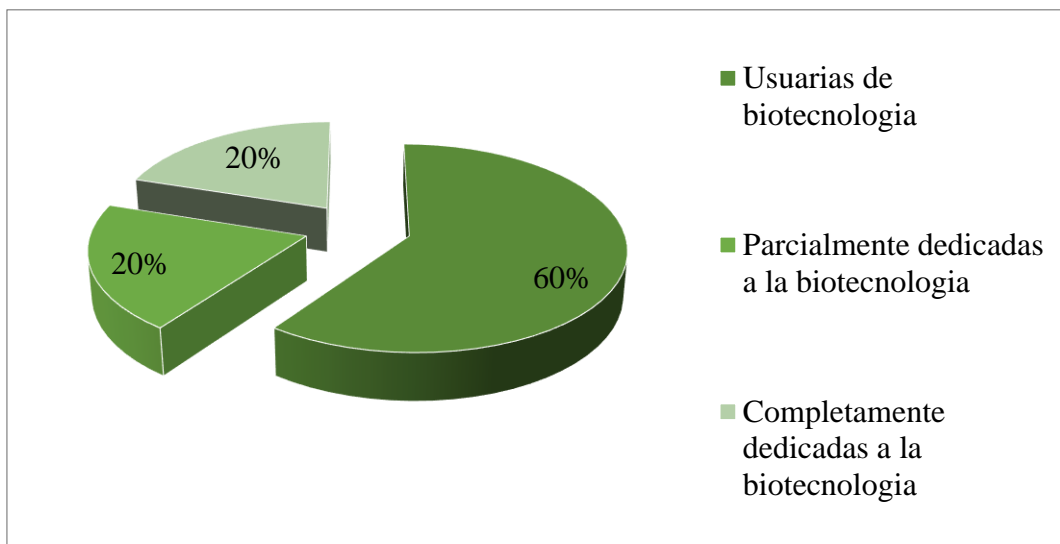


**Figura 6.6 Distribución de biempresas acuícolas por tiempo de operación en BC, en años**

Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

El campo de aplicación de la biotecnología azul está relacionado con las herramientas biotecnológicas que se aplican en medios marítimos y acuáticos. A las bioempresas que hacen uso de esta tecnología se les clasifican en tres categorías: i) completamente dedicadas a la biotecnología, siendo aquellas que están comprometidas con los nuevos avances y apuestan claramente por la innovación científica y tecnológica y por los programas de investigación y desarrollo, en los sectores: sanidad humana y animal, agricultura y alimentación; ii) parcialmente dedicadas a la biotecnología, estas pertenecen fundamentalmente al sector agroalimentario, no son productores, sino transformadores y/o comercializadores de productos derivados de técnicas modernas; y iii) usuarias de biotecnología, que se localizan casi exclusivamente en el sector de la alimentación son usuarios finales de productos elaborados por el primer grupo y como excepción por el segundo, forman parte del último eslabón de la cadena de producción en su relación con el cliente final.

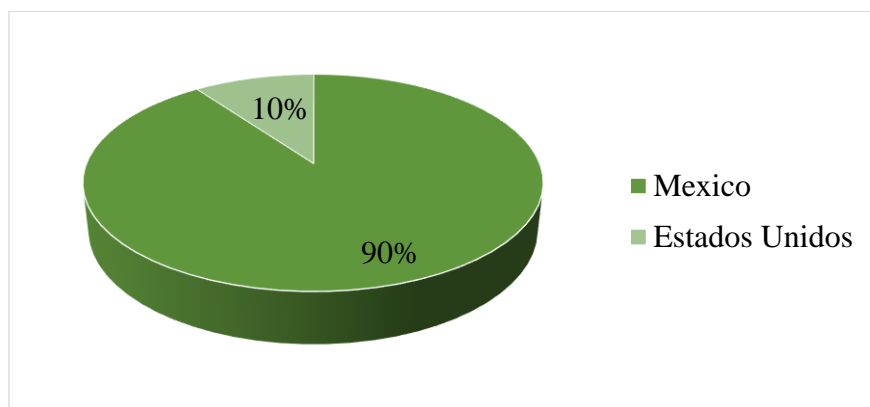
De acuerdo a los resultados de la encuesta el 60% de las biempresas acuícolas son usuarias de biotecnología, parcialmente dedicadas a la biotecnología se identifica a el 20% y el mismo porcentaje se clasifica como completamente dedicadas a la biotecnología, ver Figura 6.7.



**Figura 6.7** Clasificación de las bioempresas de la muestra

Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Con respecto a su origen, a excepción de Ostiones Guerrero que tiene su origen en Estados Unidos, el resto de las bioempresas de la muestra manifestaron ser de origen Mexicano, ver Figura 6.8.



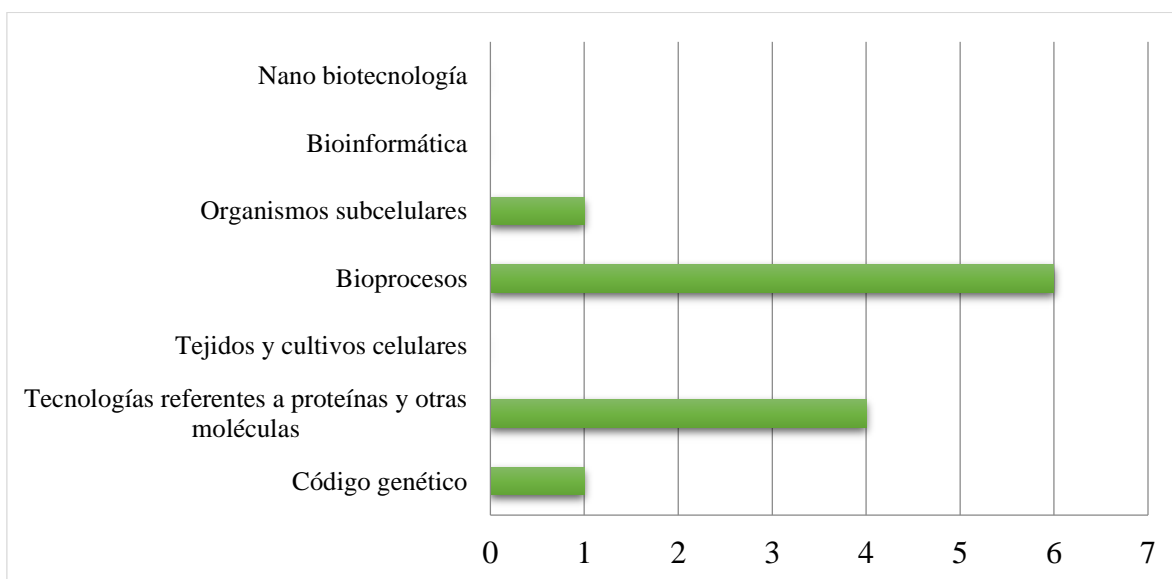
**Figura 6.8** Origen de las bioempresas de la muestra

Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Es importante destacar que de las diez empresas de la muestra, dos de ellas indicaron que un porcentaje de sus procesos productivo y administrativo se realizan en California. Es el caso de: i) Ostiones Guerrero que realiza el 60% de su proceso productivo y el 20% de su

proceso administrativo en California, y ii) Baja Seas que realiza el 60% de su proceso productivo en el estado vecino.

Las bioempresas de la muestra manifestaron que mayormente utilizan bioprocesos en su proceso productivo, las tecnologías referentes a proteínas y otros procesos ocupan el segundo sitio, seguidas de tecnologías referentes a organismos subcelulares y código genético, ver Figura 6.9.



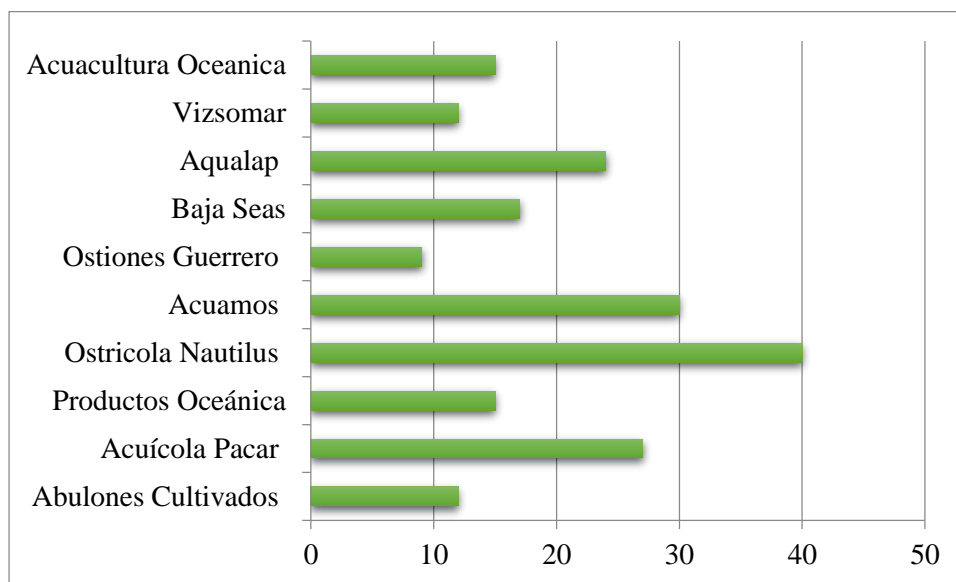
**Figura 6.9 Herramienta biotecnológica que utilizan en el proceso productivo**

Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

En términos generales las bioempresas se caracterizan por ser empresas pequeñas y medianas con una fuerza laboral bien calificada, nacidas en entornos académicos y localizadas en zonas geográficas con elevada actividad investigadora.

Considerando los criterios de INEGI para clasificar a la micro, pequeña y mediana empresa, se puede afirmar que el 90% de las unidades económicas de la muestra se clasifican como pequeñas empresas por contar con una fuerza laboral entre 11 y 50 empleados, sólo

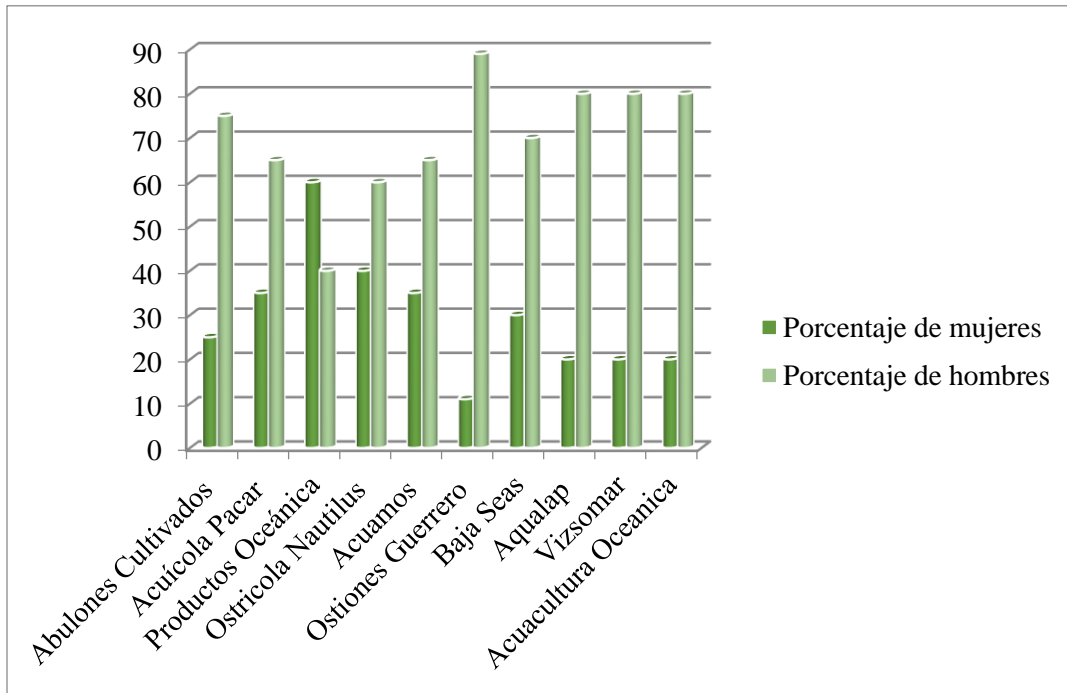
una de ellas se clasifica como micro por contar con menos de 10 empleados, ver Figura 6.10, en promedio tienen una fuerza laboral de 20 empleados por unidad productiva.



**Figura 6.10 Relación empresas – número de empleados**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

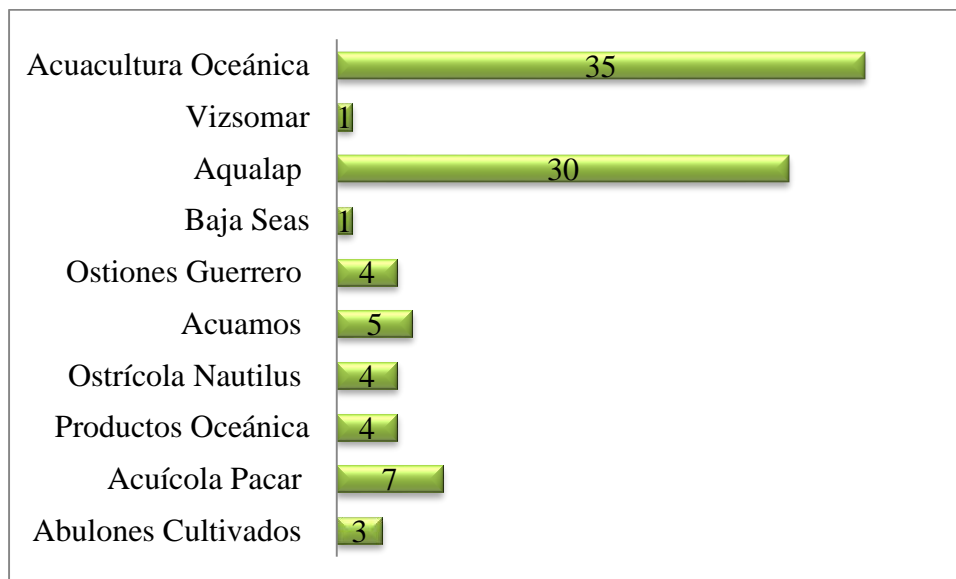
Con respecto a la distribución por género de este personal, el 70% son hombres y el 30% son mujeres, ver Figura 6.11, excepto por Productos Oceánica que cuenta con un mayor porcentaje de mujeres que de hombres 60% y 40% respectivamente. La distribución por género de la matrícula de la licenciatura biotecnología en acuicultura entre los periodos 2013-2 y 2015-2 fue de 63% de hombres y 37% de mujeres, de acuerdo a los datos de UABC. Lo que permite constatar una distribución proporcional entre hombres y mujeres en proceso de formación profesional y como recurso humano de las bioempresas de la muestra.



**Figura 6.11 Distribución de fuerza laboral por género**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

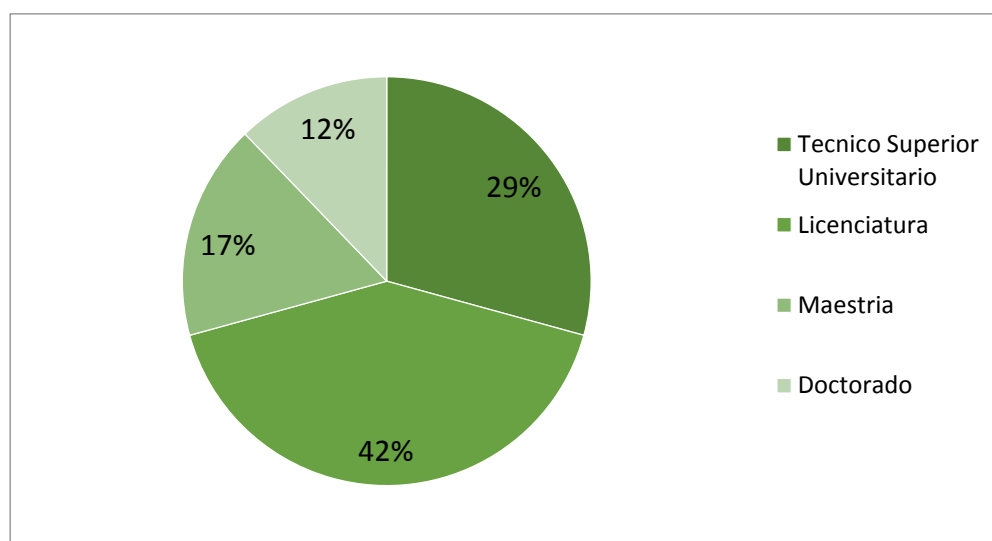
Sobre el personal que directamente participa en actividades de biotecnología, de acuerdo con los datos obtenidos, en la gran mayoría de las bioempresas de la muestra se cuenta con menos de 7 empleados con estas capacidades específicas. Destacan en este indicador las bioempresas Acuicultura Oceánica y Aqualap que manifestaron contar con 35 y 30 empleados que directamente participan en estas actividades, ver Figura 6.12.



**Figura 6.12 Personal que directamente participa en actividades de biotecnología**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

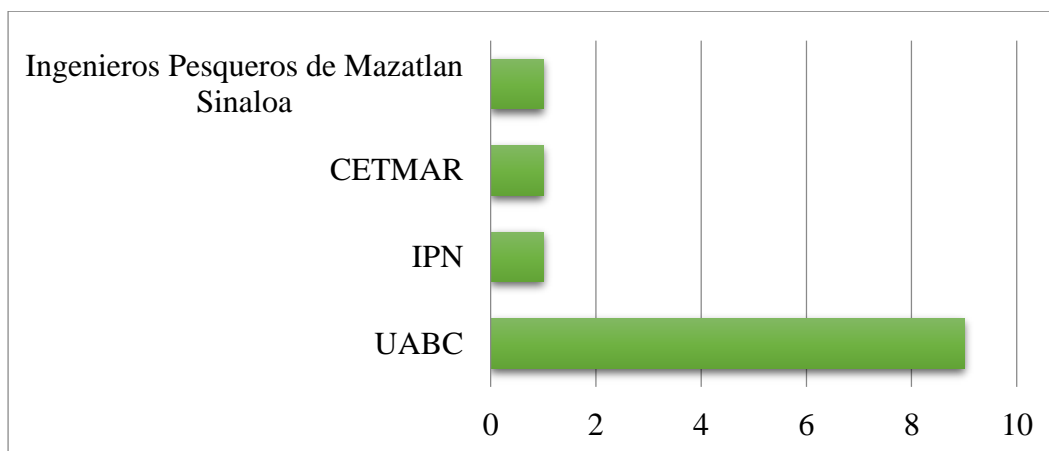
El uso de biotecnología requiere de capital humano altamente calificado, cerca del 30% de este personal que directamente participa en actividades biotecnológicas cuenta con grado de maestría o doctorado 17% y 12% respectivamente, el 42% cuenta con licenciatura y el 29% es técnico superior universitario, ver Figura 6.13.



**Figura 6.13 Perfil del recurso humano directamente involucrado en actividades de biotecnología**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

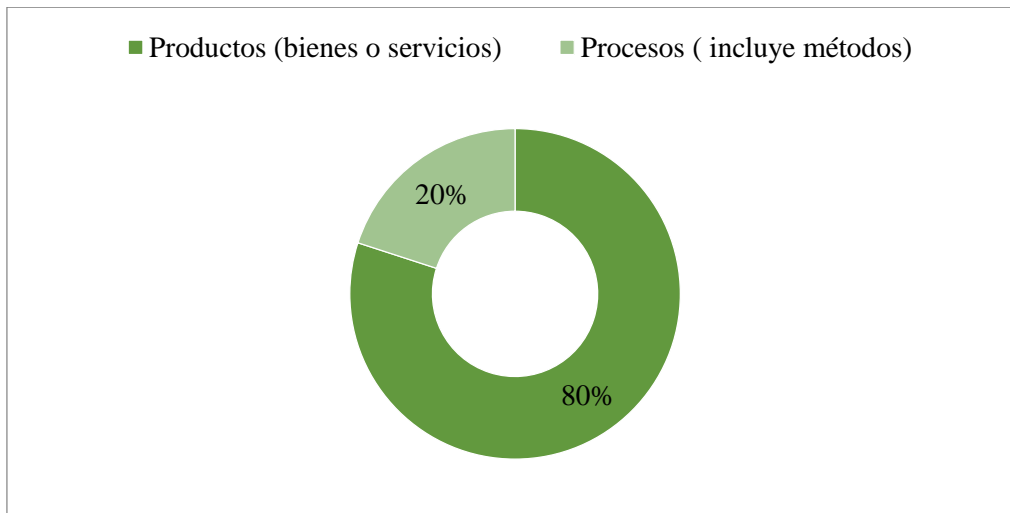
Con respecto a la institución de educación superior de procedencia de este personal especializado, las empresas encuestadas manifiestan que en su gran mayoría este recurso humano es egresado de la Universidad Autónoma de Baja California, ver Figura 6.14.



**Figura 6.14 Relación bioempresa-institución superior de procedencia del personal directamente involucrado en actividades de biotecnología**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

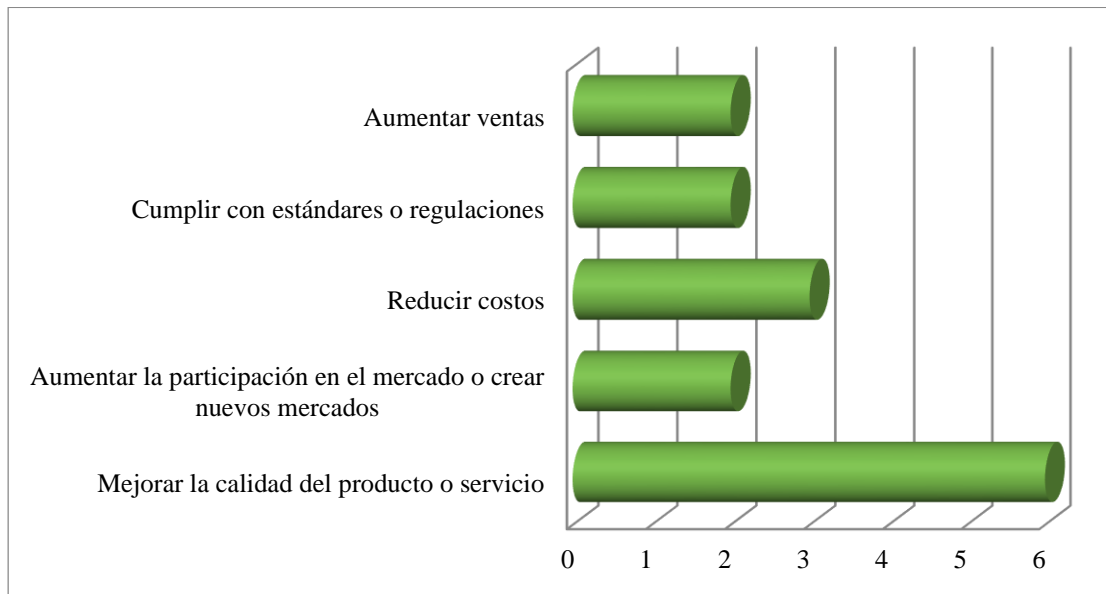
La innovación es un medio determinante para que las empresas sean más competitivas, el 90% de las bioempresas de la muestra manifiestan haber participado en al menos un proyecto de innovación de productos o procesos en los últimos cinco años, ver Figura 6.15. De estas bioempresas el 80% han introducido al mercado un producto o proceso nuevo o significativamente mejorado por lo que de acuerdo al Manual de Oslo se pueden clasificar como empresas innovadoras.



**Figura 6.15 Indique si la empresa ha introducido al mercado productos o procesos nuevos o significativamente mejorados**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

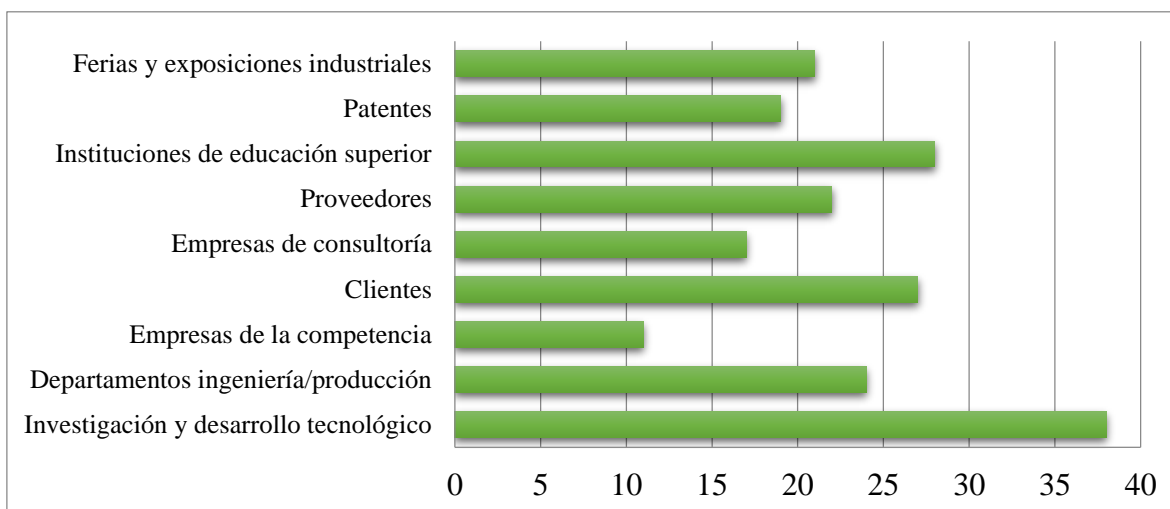
Con respecto a los objetivos planteados por las empresas encuestadas al generar innovación de producto o proceso, en su mayoría aseguran principalmente buscar mejorar la calidad del producto o proceso, seguido por la búsqueda de reducción de costos y en igual orden de importancia aumentar ventas, cumplir con estándares o regulaciones y aumentar la participación en los mercados o crear nuevos mercados, ver Figura 6.16.



**Figura 6.16 Objetivo de la innovación más importante en producto o proceso**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

En la última parte del apartado sobre innovación las bioempresas valoraron los factores que en su opinión inciden para generar actividades de innovación. El factor investigación y desarrollo tecnológico aparece con mayor valor, seguido por las instituciones de educación superior y los clientes, los departamentos de ingeniería y producción, los proveedores, las ferias y exposiciones, las patentes, empresas de consultoría y las empresas de la competencia, ver Figura 6.17.



**Figura 6.17 Factores que inciden para el desarrollo de actividades de innovación en la empresa**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

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. El 70% de las bioempresas de la muestra declararon haber sido beneficiarias de alguno de estos programas en los últimos 5 años, ver Tabla 6.3, en su mayoría han logrado construir redes de vinculación con UABC, dos de las bioempresas además lo han hecho con CICESE y evalúan esta experiencia como excelente.

Tabla 6.3

**Bioempresas beneficiarias de programas de apoyo a CyT**

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

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Las bioempresas que se beneficiaron de los programas de Sagarpa lo hicieron en alguna de estas dos modalidades de: i) apoyo a la inversión de equipamiento e infraestructura, o ii) programa de adquisición de semilla de ostión. Ser sujeto de apoyo de algún programa de estímulo a la innovación CONACYT sugiere cierto grado de capacidad de gestión y administración, destaca la modalidad INOVAPYME ya que se otorga exclusivamente a propuestas y proyectos que se presenten en vinculación con al menos dos instituciones de educación superior, o dos centros de investigación o uno de cada uno.

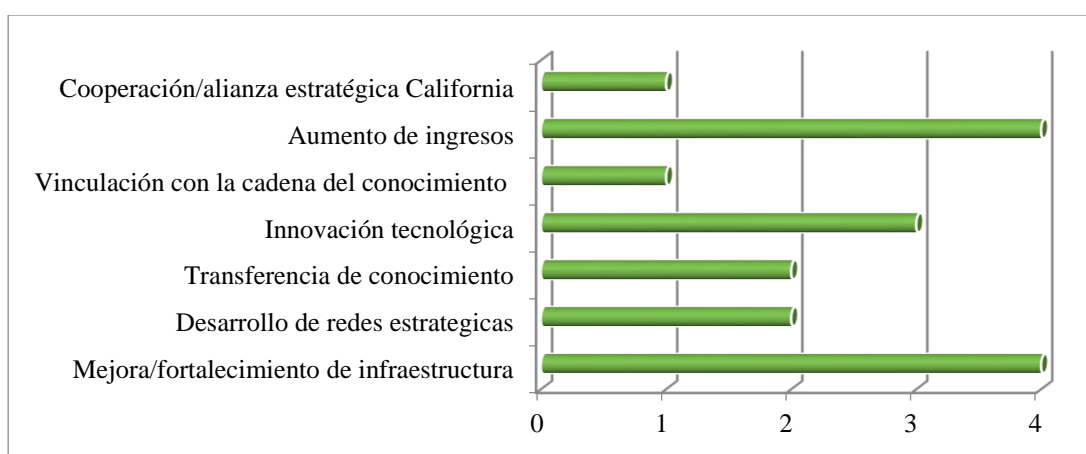
En relación a las actividades realizadas durante la vinculación las bioempresas señalaron que fueron, ver Tabla 6.4, en orden de importancia: i) acceso a la infraestructura de la institución y desarrollos tecnológicos conjuntos, ii) proyectos de investigación y servicios como información, asistencia técnica, consultoría y asesoría, iii) transferencia de tecnología y iv) gestión de financiamiento para proyectos de I&D. En su mayoría las coincidieron en señalar que los beneficios obtenidos a través de esta vinculación fueron solucionar un problema y transferir tecnología.

Tabla 6.4  
**Actividades realizadas durante la vinculación**

	Acceso a la infraestructura de la institución	Proyectos de investigación conjunta	Desarrollos tecnológicos conjuntos	Servicios: información, asistencia técnica, consultoría, asesoría	Transferencia de tecnología	Gestión de financiamiento para proyectos de I&D
Acuícola Pacar				✓		
Productos Oceánica	✓		✓		✓	
Ostrícola Nautilus		✓	✓		✓	
Acuamos	✓			✓		
Baja Seas	✓	✓	✓	✓		
Aqualap	✓	✓	✓			✓

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Con respecto a los beneficios que se obtuvieron a través de estos programas de apoyo a la ciencia y la tecnología, en su mayoría coinciden en que se aumentaron los ingresos y se mejoró y/o fortaleció la infraestructura, ver Figura 6.18, seguido por, en orden de importancia, la obtención de innovación tecnológica, el desarrollo de redes estratégicas, la transferencia de conocimiento, la vinculación con la cadena del conocimiento y el establecimiento de alianza estratégica con actores en California.



**Figura 6.18 Beneficios obtenidos al ser beneficiario de programa de apoyo a la CyT**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

### **6.3 Índice de capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación de las bioempresas acuícolas de Baja California**

En esta sección se presentan los resultados de la estimación realizada para otorgar un valor numérico a cada bioempresa en las distintas dimensiones: perfil, recurso humano, tecnología, innovación y organización, con el objetivo de conocer su grado de vinculación al ecosistema binacional de innovación, ver Tabla 6.5. La dimensión perfil de la bioempresa indica si es usuaria, parcialmente o completamente dedicada a la biotecnología, lo que se traduce en el

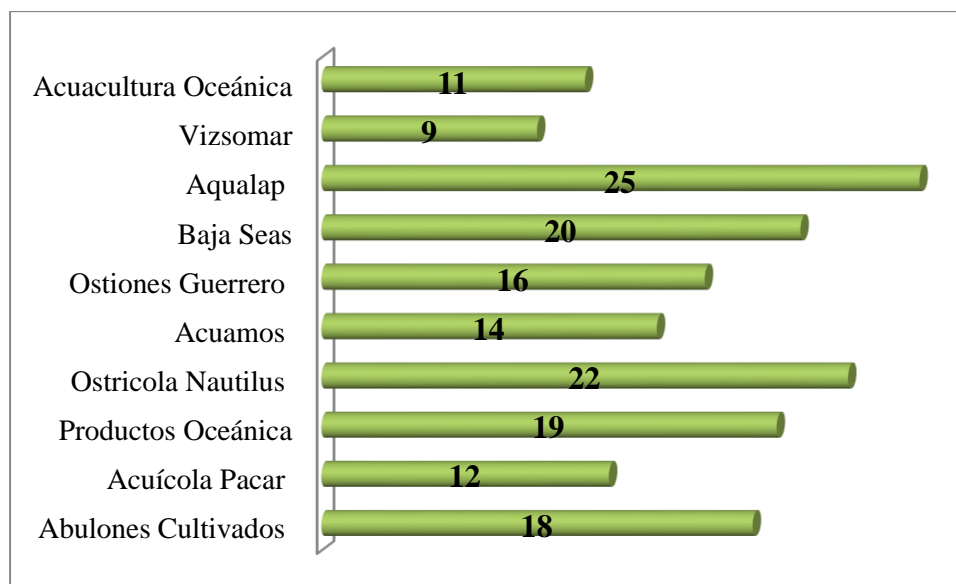
nivel de especialización en una escala de 1 a 3. La dimensión recurso humano otorga un valor numérico al grado académico de la planta laboral que está directamente involucrada en actividades de biotecnología, a mayor puntaje mayor grado de especialización del capital humano. La cantidad de herramientas biotecnológicas que estas unidades productivas utilizan en su proceso productivo se miden en la dimensión tecnología. La dimensión innovación mide si la bioempresa ha participado en proyectos de innovación y si esta cuenta con un área para investigación y desarrollo en donde 4 es la máxima puntuación posible. La vinculación con el entorno público, académico y en el sector empresarial en el marco del ecosistema binacional de innovación se mide en la dimensión organización, en donde 18 es la máxima puntuación posible.

Tabla 6.5  
**Relación bioempresas y dimensiones de capacidad de vinculación**

<b>Empresa</b>	<b>Dimensión</b>				
	<b>Perfil</b>	<b>Recurso Humano</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Innovación</b>	<b>Organización</b>
<b>Abulones Cultivados</b>	1	5	1	2	9
<b>Acuícola Pacar</b>	2	3	1	1	5
<b>Productos Oceánica</b>	1	6	1	4	7
<b>Ostrícola Nautilus</b>	1	8	2	4	7
<b>Acuamos</b>	3	2	1	2	6
<b>Ostiones Guerrero</b>	1	1	1	4	9
<b>Baja Seas</b>	3	5	2	2	8
<b>Aqualap</b>	2	5	1	4	13
<b>Vizsomar</b>	1	2	1	2	3
<b>Acuacultura Oceánica</b>	1	5	1	1	3

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

De tal manera que si la bioempresa obtiene una puntuación final en un rango de 25-38 tendrá una capacidad de vinculación alta, una capacidad de vinculación media si se ubica dentro del rango 10-24, y si obtiene una puntuación menor a 10 tendrá una capacidad baja, ver Figura 6.19.



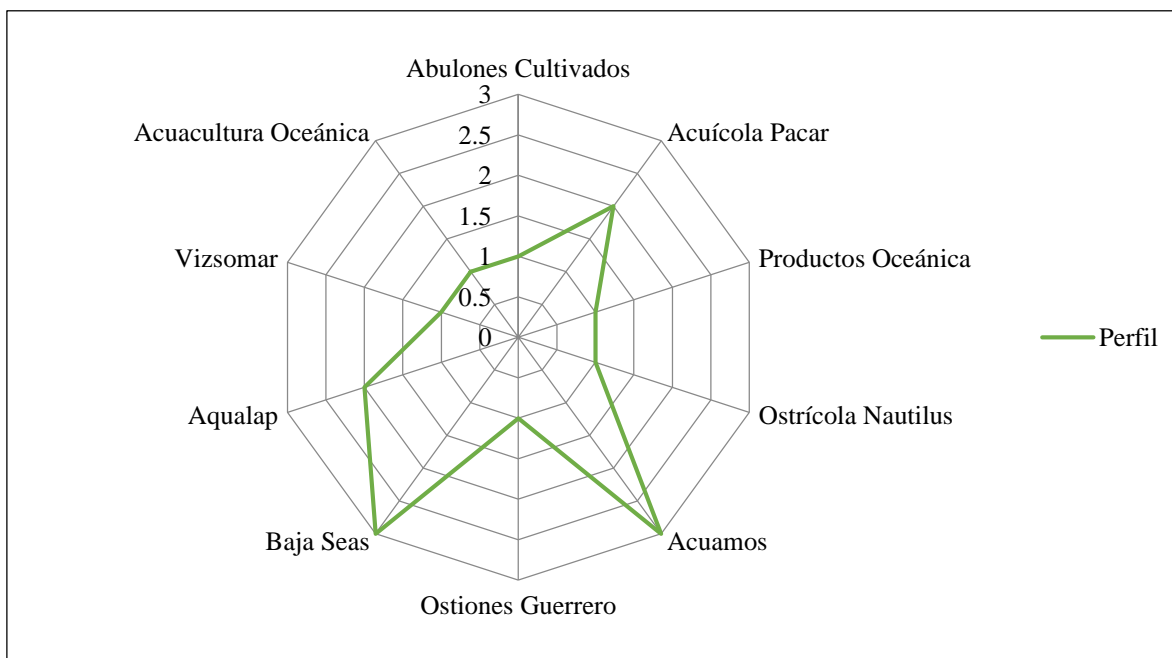
**Figura 6.19 Índice de capacidad de vinculación al ecosistema binacional de innovación**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Los resultados señalan que únicamente Aqualap obtuvo un grado de capacidad de vinculación alta con 25 puntos, 8 bioempresas se catalogaron con un grado de capacidad media ya que obtuvieron puntajes dentro del rango 10-24, y únicamente Vizsomar obtuvo un grado bajo de capacidad de vinculación con una puntuación de 9 puntos.

De acuerdo a la economía evolutiva las empresas son agentes del ecosistema que utilizan sus recursos y capacidades para diferenciarse e interactuar. Conocer la clasificación de este tipo de unidades productivas permite determinar sus diferencia a partir del recurso tecnológico con el que cuentan, Acuamos y Baja Seas son empresas completamente dedicadas a la biotecnología lo que les otorga un alto grado de especialización, ver Figura

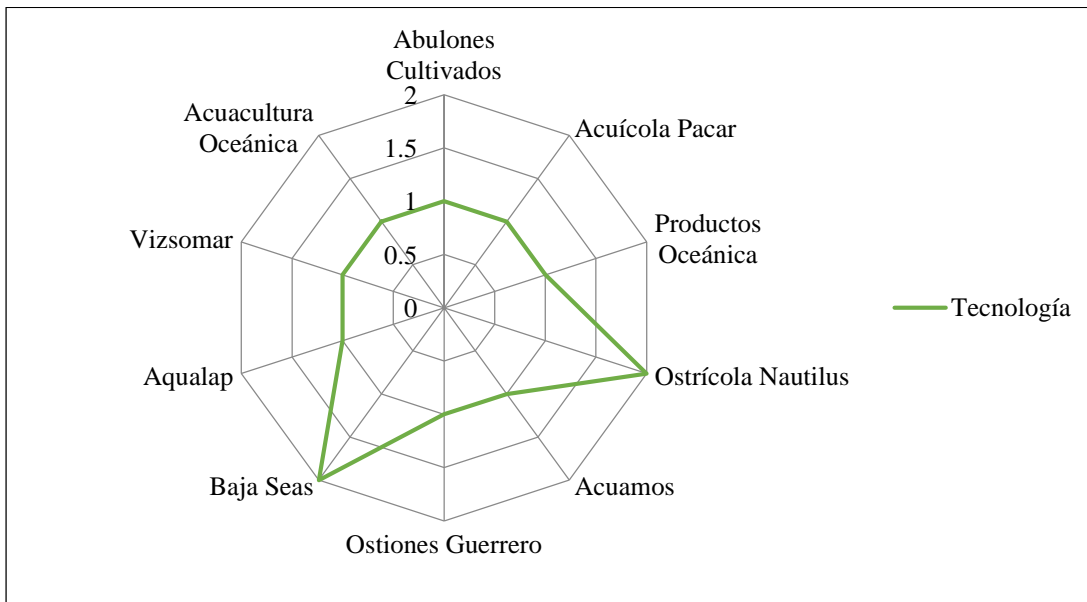
6.20, este resultado es consistente en términos relativos con la categorización encontrada para las empresas biotecnológicas en México, ya que del total de empresas el 18% señala que se dedica totalmente a la biotecnología. Como usuarias de biotecnología se clasifican seis de las bioempresas y parcialmente dedicadas a biotecnología Acuícola Pacar y Aqualap.



**Figura 6.20 Dimensión perfil-clasificación de la bioempresa**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

De igual forma es posible diferenciar su recurso tecnológico conociendo la herramienta tecnológica que utilizan dentro de la amplia gama que la biotecnología ofrece. La mayoría de las bioempresas de la muestra utilizan la tecnología referente a los bioprocesos, destacan Baja Seas y Ostrícola Nautilus que además utilizan tecnologías referentes al código genético y organismos subcelulares, ver Figura 6.21.



**Figura 6.21 Dimensión tecnología**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

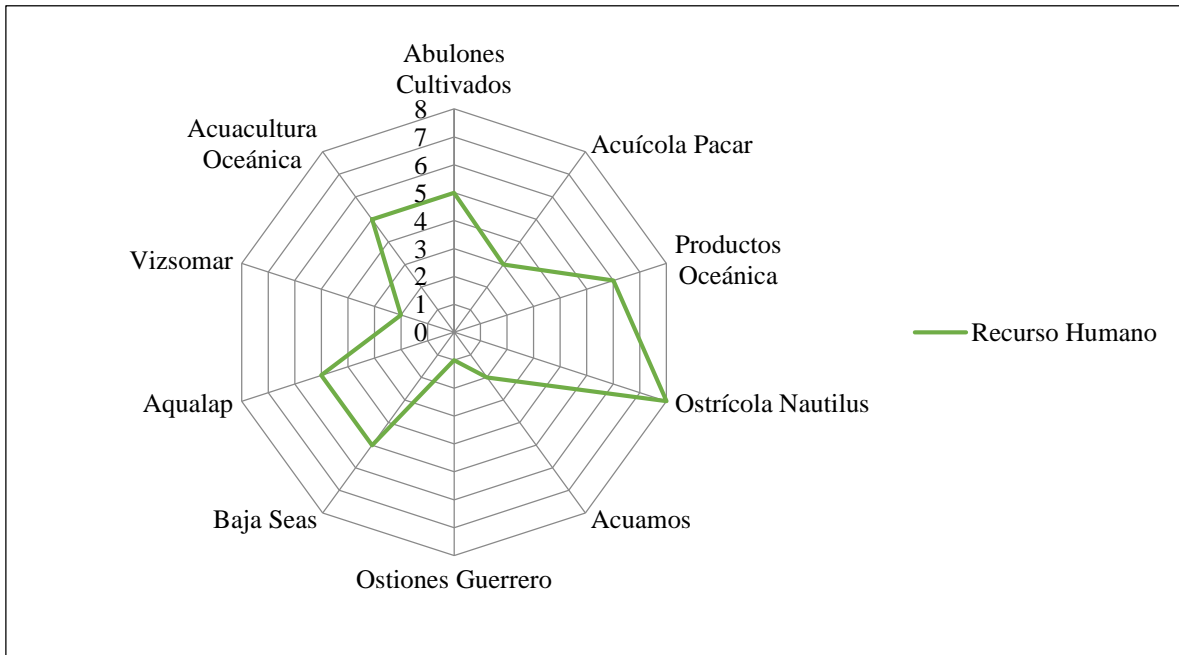
En el contexto de la económica evolutiva las empresas no sólo aprenden de su propia experiencia, lo hacen también a través de otras empresas y organizaciones con quienes intercambian conocimiento lo que les permite incrementar sus recursos tecnológicos y administrativos. Como puede observarse en la Tabla 6.6, la mayoría de las bioempresas manifestaron haber realizado actividades de transferencia de tecnología con otras empresas en Baja California, en su mayoría a través de estudios técnicos, convenios de colaboración y asistencia técnica. Dentro del grupo destacan Acuamos, Ostiones Guerrero, Aqualap y Baja Seas que además se involucraron en actividades de compra-venta de patentes y/o derechos de propiedad. En cuanto al intercambio de este tipo de actividades con bioempresas en California, Abulones Cultivados y Ostiones Guerrero obtuvieron transferencia de tecnología a través de asistencia técnica.

Tabla 6.6  
**Actividades de transferencia tecnológica con bioempresas en BC**

	<b>Patentes (compra- venta)</b>	<b>Estudios técnicos</b>	<b>Derechos de propiedad (compra- venta)</b>	<b>Convenios de colaboración</b>	<b>Asistencia técnica</b>
<b>Abulones Cultivados</b>		✓		✓	
<b>Acuícola Pacar</b>		✓		✓	✓
<b>Productos Oceánica</b>		✓		✓	✓
<b>Ostrícola Nautilus</b>		✓		✓	✓
<b>Acuamos</b>	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Ostiones Guerrero</b>	✓	✓		✓	✓
<b>Baja Seas</b>		✓	✓	✓	✓
<b>Aqualap</b>		✓	✓	✓	✓
<b>Vizsomar</b>					✓
<b>Acuacultura Oceánica</b>		✓		✓	✓

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

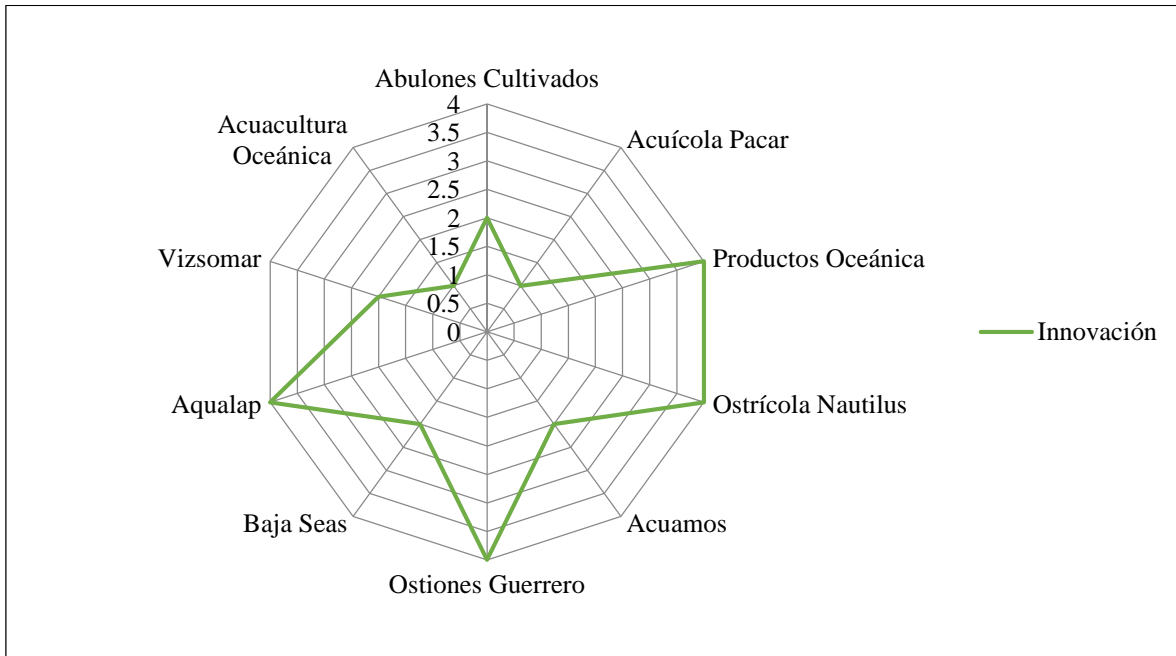
El sector productivo en el que se insertan las bioempresas se caracteriza por ser intensivo en conocimiento, por lo que generalmente estas se localizan en regiones dinámicas en generación de conocimiento. De las 10 bioempresas de la muestra 6 manifestaron que el más alto nivel académico con el que cuenta este personal es maestría, destaca del grupo Ostrícola Nautilus que cuenta en con recurso humano directamente involucrado en biotecnología con grado de doctor, ver Figura 6.22. Es importante destacar que este recurso humano especializado es en su gran mayoría egresado de la Universidad Autónoma de Baja California, esta institución contribuye directamente a generar las capacidades de estas bioempresas a través de la formación de perfiles profesionales especializados en biotecnología.



**Figura 6.22 Dimensión recurso humano**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

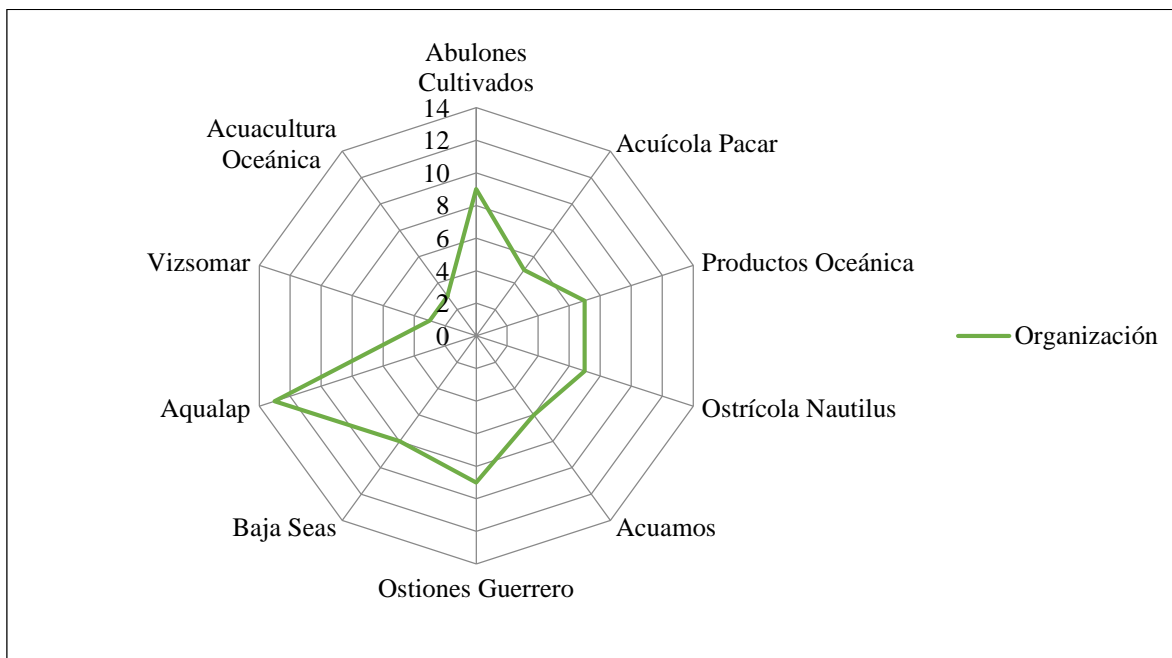
Los recursos tangibles como el área de investigación y desarrollo de las bioempresas les permite generar el conocimiento que sumado a las sinergias entre los demás actores del ecosistema como son las instituciones públicas y privadas de generación y difusión de conocimiento, contribuyen para llevar a cabo actividades de innovación. Productos Oceánica, Ostrícola Nautilus, Ostiones Guerrero y Baja Seas cuentan con área de investigación y desarrollo y en los últimos cinco años han participado en proyectos de innovación, ver Figura 6.23.



**Figura 6.23 Dimensión innovación**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Los recursos organizacionales con el que la bioempresa cuenta le permite generar la capacidad de cooperación e intercambio dentro del ecosistema de innovación. Este se define a partir de la existencia de elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y desarrollo de conocimiento nuevo y económicamente útil. Según los resultados de la encuesta Aqualap es líder en este factor ya que cuenta con un recurso humano que aprovecha su conocimiento para generar dinámicas de cooperación, intercambio y gestión, seguido por Abulones Cultivados, Ostiones Guerrero, Ostrícola Nautilus y Productos Oceánica, ver Figura 6.24.



**Figura 6.24 Dimensión organización**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

#### 6.4 Relación entre variables

Se observa en el análisis descriptivo de la muestra, ver Tabla 6.7, que en términos relativos se presenta un grado de dispersión medio, lo que significa que se tiene un conjunto de datos poco homogéneos. Se presenta una variabilidad mayor en las variables: capacidad de vinculación que tiene una media de 16.60 y una desviación de 5.125, recurso humano con una media de 4.20 y una desviación de 2.150, en la variable organización con una media de 7 y una desviación de 3.018. Por lo que es posible afirmar que las bioempresas de la muestra cuentan con recursos disímiles en estas tres variables. Se observan recursos mucho más homogéneos en las variables: perfil con una media de 1.60 y una desviación de .843, tecnología con una media de 1.20 y una desviación de .422, e innovación con una media de 2.60 y una desviación de 1.265.

Tabla 6.7

**Estadísticos descriptivos**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Capacidad Vinculación	10	9	25	16.60	5.125
Perfil	10	1	3	1.60	.843
Recurso Humano	10	1	8	4.20	2.150
Tecnología	10	1	2	1.20	.422
Innovación	10	1	4	2.60	1.265
Organización	10	3	13	7.00	3.018
N válido (por lista)	10				

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con paquete estadístico spss

En lo que se refiere al análisis estadístico sobre la correlación, se observa una correlación positiva y estadísticamente significativa entre las variables capacidad de vinculación y organización de .862 con un nivel de significancia de .001, de igual forma entre las variables innovación y capacidad de vinculación .710 y entre las variables innovación y organización de .640 con un nivel de significancia de .005, ver Tabla 6.8.

Tabla 6.8  
Correlación de Pearson

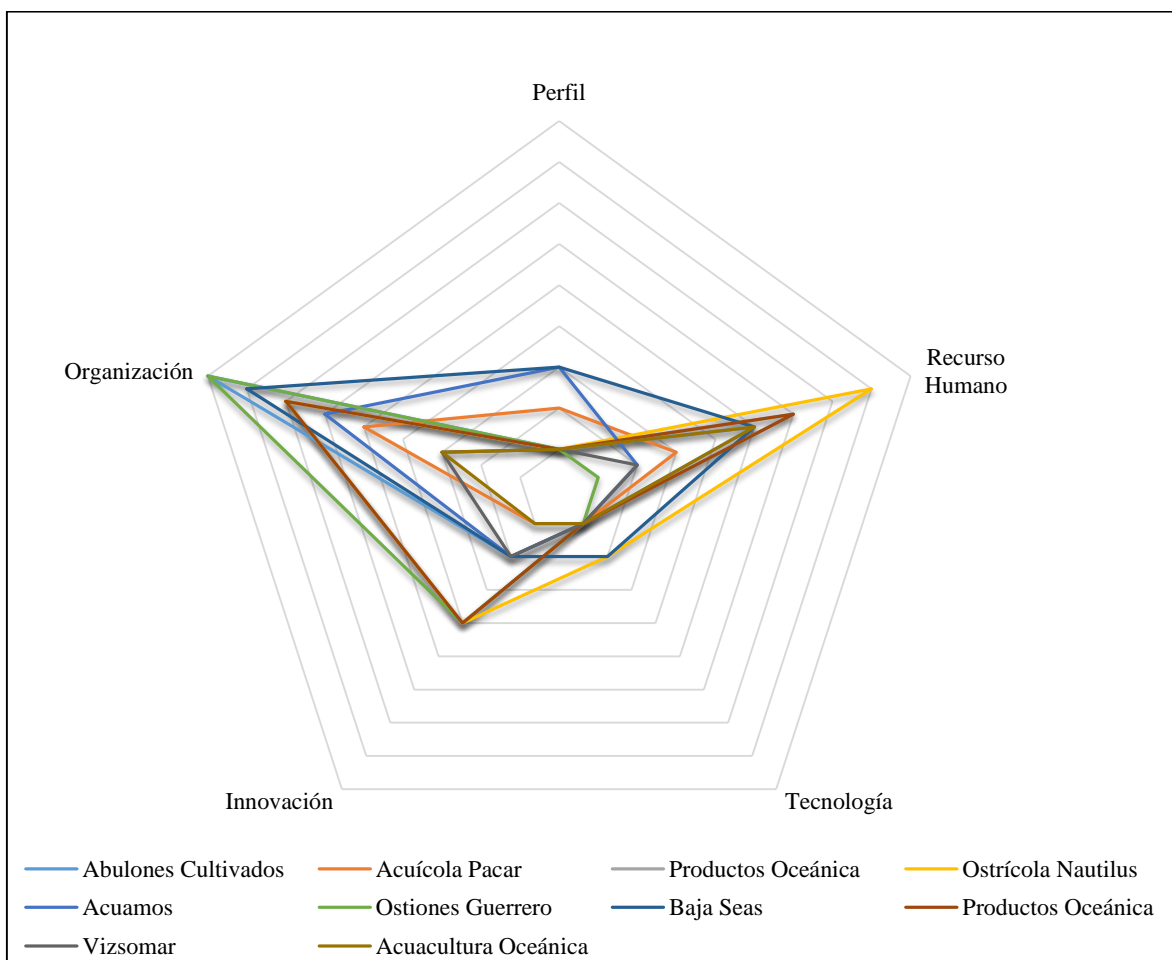
		Capacidad Vinculación	Perfil	Recurso Humano	Tecnología	Innovación	Organización
Capacidad Vinculación	Correlación de Pearson	1	.139	.613	.452	.710*	.862**
	Sig. (bilateral)		.702	.059	.189	.022	.001
	N	10	10	10	10	10	10
Perfil	Correlación de Pearson	.139	1	-.196	.250	-.271	.175
	Sig. (bilateral)	.702		.587	.486	.449	.629
	N	10	10	10	10	10	10
Recurso Humano	Correlación de Pearson	.613	-.196	1	.564	.278	.188
	Sig. (bilateral)	.059	.587		.090	.437	.602
	N	10	10	10	10	10	10
Tecnología	Correlación de Pearson	.452	.250	.564	1	.167	.087
	Sig. (bilateral)	.189	.486	.090		.645	.810
	N	10	10	10	10	10	10
Innovación	Correlación de Pearson	.710*	-.271	.278	.167	1	.640*
	Sig. (bilateral)	.022	.449	.437	.645		.046
	N	10	10	10	10	10	10
Organización	Correlación de Pearson	.862**	.175	.188	.087	.640*	1
	Sig. (bilateral)	.001	.629	.602	.810	.046	
	N	10	10	10	10	10	10

**Nota.** Fuente: Elaboración propia con paquete estadístico spss. \*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas). \*\*La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas)

La correlación entre las variables capacidad de vinculación, organización e innovación es elevada y estadísticamente significativa. En términos de la teoría evolucionista las empresas son actores dentro del ecosistema que interactúan utilizando sus recursos como son el conocimiento, la administración y la gestión. La variable organización engloba estos activos físicos, humanos y organizacionales que las bioempresas explotan para generar la capacidad de vincularse con los demás actores del ecosistema.

La Figura 6.25, representa gráficamente la forma en la que las distintas dimensiones de la capacidad de vinculación se relacionan, se observa en la gráfica radial como las variables organización y recurso humano presentan una mayor interrelación. Desde los lentes de la teoría evolucionista las instituciones son las responsables del proceso evolutivo que ocurre bajo el aprendizaje individual y colectivo, en este sentido el conocimiento del recurso humano directamente involucrado en actividades de biotecnología de las bioempresas de la

muestra tiene un efecto multiplicador en los recursos de la empresa para generar sus capacidades. También se observa una relación recíproca entre estas variables y la variable innovación que está directamente relacionada con el recurso humano y la construcción de capacidades para generar procesos de innovación.

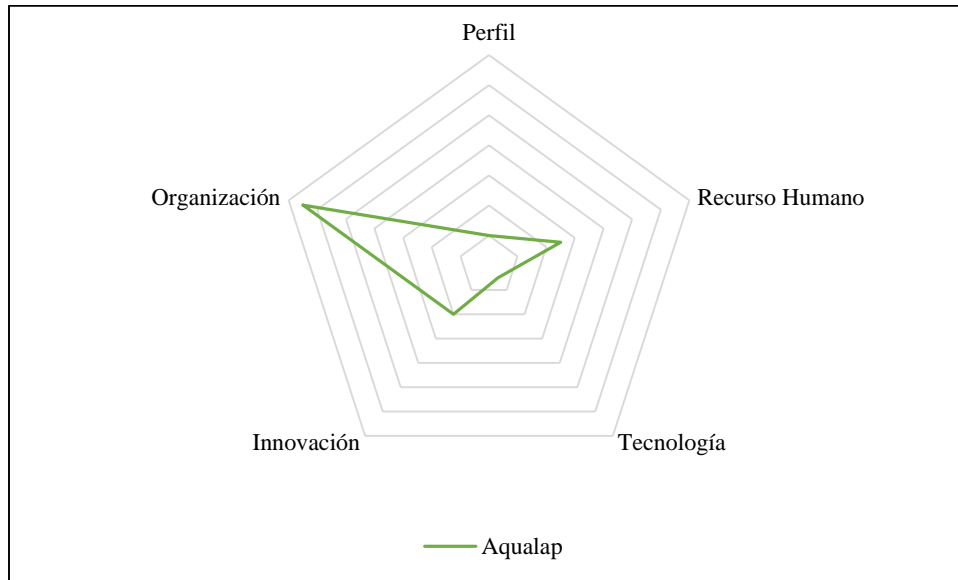


**Figura 6.25 Relación entre variables, bioempresas de la muestra**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

En la siguiente parte de esta sección se utiliza el gráfico radial para observar la relación entre las variables independientes que conforman la variable capacidad de vinculación para cada bioempresa de la muestra.

Aqualap es una empresa parcialmente dedicada a la biotecnología, es la única bioempresa de la muestra con una capacidad de vinculación alta con 25 puntos, en términos de esta investigación esta fortaleza es producto de contar con un recurso humano especializado con habilidades para interactuar y de gestión, cuenta con un área para investigación y desarrollo, ha generado procesos de innovación con el apoyo de los programas públicos para fortalecimiento de ciencia y tecnología. Explora sus mecanismos de organización para generar esta capacidad a partir de sus recursos humano, físico y organizacional, ver Figura 6.26. Lo que le ha permitido vincularse al ecosistema binacional de innovación, principalmente con otras bioempresas a través de acuerdos de colaboración, y con instituciones públicas a través de actividades como acceso a infraestructura, proyectos de investigación, desarrollos tecnológicos y gestión de financiamiento para proyectos.

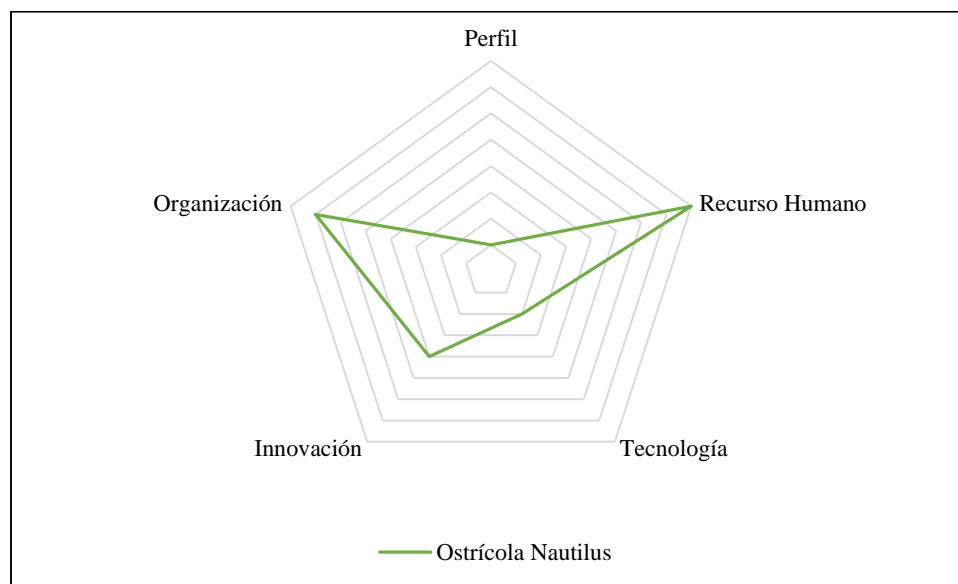


**Figura 6.26 Relación entre variables, Aqualap**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Ostrícola Nautilus es una bioempresa usuaria de biotecnología tiene una capacidad de vinculación de 22 puntos, obtuvo el mayor puntaje de la muestra en recurso humano lo que indica que su personal directamente involucrado en biotecnología es altamente especializado, ha desarrollado procesos de innovación, cuenta con área para investigación y desarrollo, ha sido beneficiaria del instrumento de apoyo Fondos Mixtos para el desarrollo científico y tecnológico estatal, y aprovecha sus recursos organizacionales para generar la capacidad de vincularse con su entorno. La teoría evolucionista señala que el conocimiento individual y colectivo es uno de los factores determinantes para el desarrollo de las empresas, en este sentido se han encontrado elementos que permiten afirmar, que el recurso humano especializado con el que cuenta esta bioempresa tiene un efecto positivo y directo en las variables organización e innovación, ver Figura 6.27. Así lo demuestran el desarrollo de actividades como estudios técnicos, convenios de colaboración y asistencia técnica con otras

bioempresas para transferir tecnología. Y actividades como proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología con UABC.



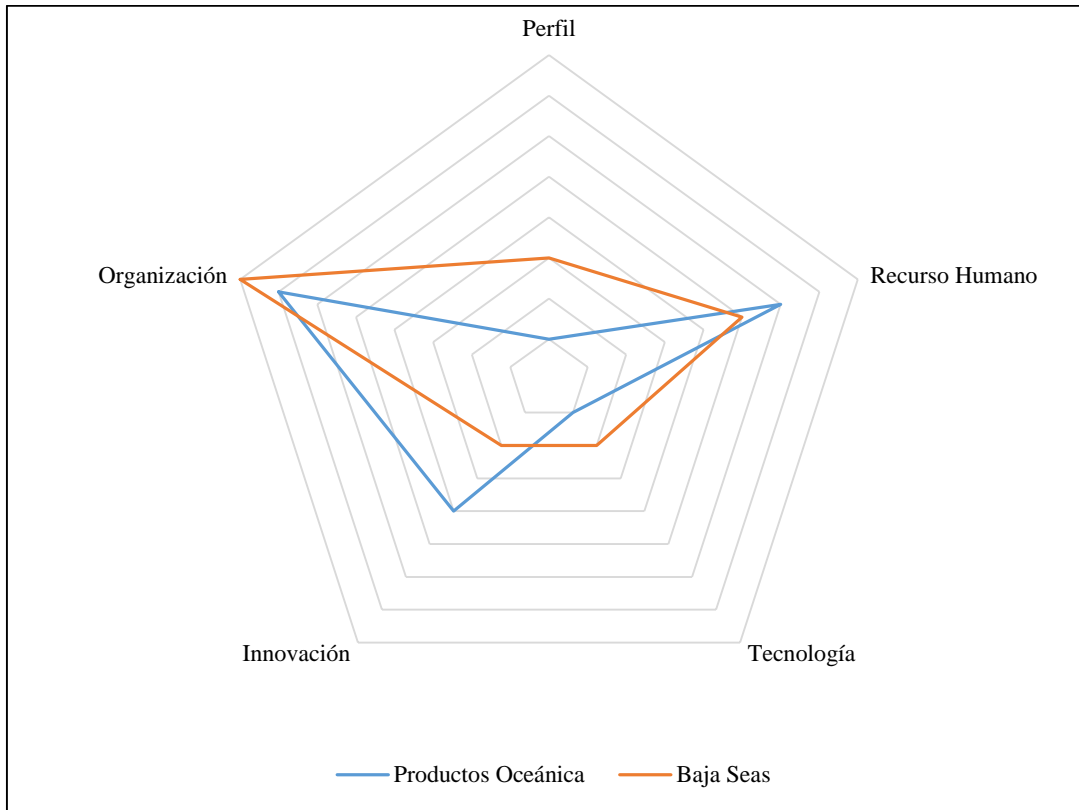
**Figura 6.27 Relación entre variables, Ostrícola Nautilus**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Baja Seas y Productos Oceánica son las bioempresas de la muestra con menor tiempo de operación, 3 y 7 años respectivamente, obtuvieron una capacidad de vinculación muy similar de 20 y 19 puntos. Baja Seas es una bioempresa de producción/engorda de jurel completamente dedicada a la biotecnología, pertenece al mismo grupo empresarial del centro de reproducción de jurel Ocean Baja Labs que ha sido beneficiario de los Programas de Estímulos a la Innovación de CONACYT en la modalidad PROINNOVA y a través de la vinculación con UABC acordó un acuerdo comercial con la institución para la compra de microalga para iniciar sus actividades. En lo que se refiere a la transferencia de tecnología se ha involucrado en acciones como estudios técnicos, derechos de propiedad, convenios de colaboración y asistencia técnica con otras bioempresas. El haber sido beneficiaria de

programas públicos de estímulos a la innovación le ha permitido fortalecer su infraestructura, desarrollar redes tecnológicas, alianzas estratégicas, vinculación a la cadena de conocimiento y establecer lazos de cooperación con actores del ecosistema binacional de innovación en California en donde realiza el 60% de su proceso productivo. La vinculación con UABC y CISESE se ha realizado a través de acciones como acceso a infraestructura, desarrollos tecnológicos y procesos de investigación conjuntos, y servicios como asistencia técnica, consultoría, asesoría e información. Todos estos elementos respaldan el hecho de que esta bioempresa cuenta con recursos humanos y organizacionales que le permiten generar la capacidad de vincularse provechosamente al ecosistema binacional de innovación, ver Figura 6.28.

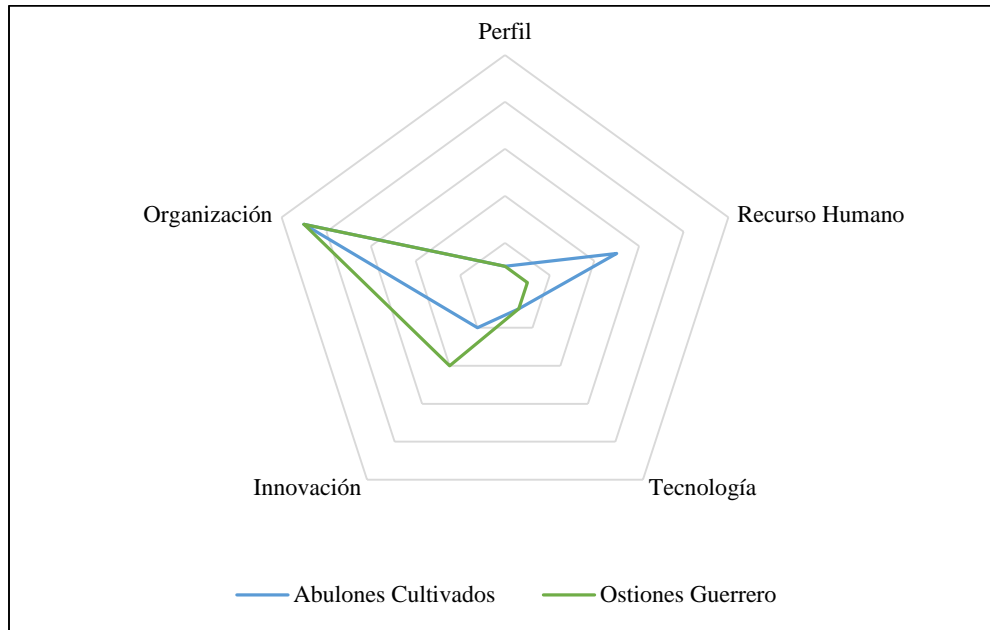
Productos Oceánica es usuaria de biotecnología, cuenta con área de investigación y desarrollo, ha trabajado en proyectos de innovación, y ha sido beneficiaria del programa de apoyo público para el desarrollo científico y tecnológico estatal. La vinculación con UABC ha sido a través de acciones como acceso a la infraestructura, desarrollos tecnológicos conjuntos y transferencia de tecnología. Todas estas acciones son el resultado de la relación positiva entre su recurso humano y su estructura organizacional, ver Figura 6.28.



**Figura 6.28 Relación entre variables Baja Seas y Productos Oceánica**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Abulones Cultivados y Ostiones Guerrero cuentan con una capacidad de vinculación de 18 y 16 puntos respectivamente, en la variable organización obtuvieron la misma puntuación, no así en la variable recurso humano. Abulones Cultivados cuenta con un recurso humano con grado académico de maestría, tiene al menos un proyecto de innovación en desarrollo para reducir costos, no ha sido beneficiaria de programas públicos de estímulos a la innovación, tiene acuerdo de colaboración con empresa biotecnológica en California para transferencia de tecnología a través de asistencia técnica, y con bioempresas en Baja California a través de acciones como estudios técnicos y convenios de colaboración. Por lo que es posible constatar una interrelación positiva entre las variables recurso humano y organización, ver Figura 6.29.

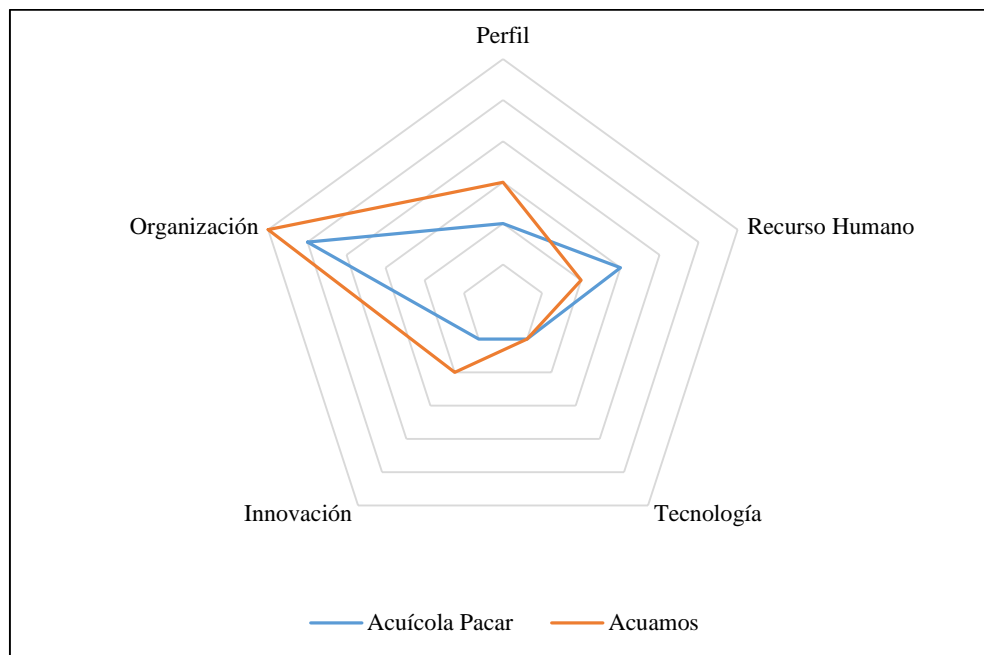


**Figura 6.29 Relación entre variables Abulones Cultivados y Ostiones Guerrero**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Es importante apuntar que a pesar de que el personal de Ostiones Guerrero es menos especializado, esta empresa cuenta con un área de investigación y desarrollo, con un nivel de organización medio, y es una de las tres bioempresas de este sector que entre 2010 y 2013 se beneficiaron del Programa Estímulos a la Innovación en la modalidad de INNOVAPYME. En este caso se observa un mayor grado de interrelación entre las variables organización e innovación, ver Figura 6.29, y una relación inversa entre las variables recurso humano y organización. Lo que permite destacar una amplia experiencia en gestión de recursos. Además esta bioempresa en 2015 formalizó un acuerdo de colaboración con la empresa de California Stellar Biotechnologies, para obtener acceso a avanzadas técnicas de acuicultura, servicios de apoyo y capacitación (Stellar, 2015). Cabe destacar que Ostiones Guerrero realiza una fracción importante de sus procesos productivo y administrativo en California, 60% y 20% respectivamente.

Acuamos y Acuícola Pacar tienen una capacidad de vinculación de 14 y 12 puntos respectivamente. Acuamos está completamente dedicada a la biotecnología, tiene un área dedicada a investigación y desarrollo, cuenta con al menos un proyecto de innovación con el objetivo de cumplir con regulaciones y mejorar calidad, se ha beneficiado de los programas de apoyo al sector de Sagarpa, se ha vinculado con UABC a través de acciones como acceso a su infraestructura y servicios como información, asistencia técnica, consultoría y asesoría. En lo que se refiere a transferencia de tecnología ha realizado acciones como estudios técnicos, compra/venta de patentes, derechos de propiedad, acuerdos de colaboración y asistencia técnica. A pesar de tener un recurso humano menos especializado que Acuícola Pacar cuenta con mayores recursos organizacionales. Por lo que se observa que en el caso de Acuamos se presenta una relación inversa entre las variables recurso humano y organización, ver Figura 6.30, lo que se advierte es una relación recíproca entre las variables organización y perfil de la empresa. Situación similar a la de Ostiones Guerrero en lo que se refiere a la relación inversa entre las variables organización y recurso humano, sin embargo su perfil como empresa completamente dedicada a la biotecnología y los elementos que la definen como empresa innovadora logran influir positivamente en su recursos organizacionales.



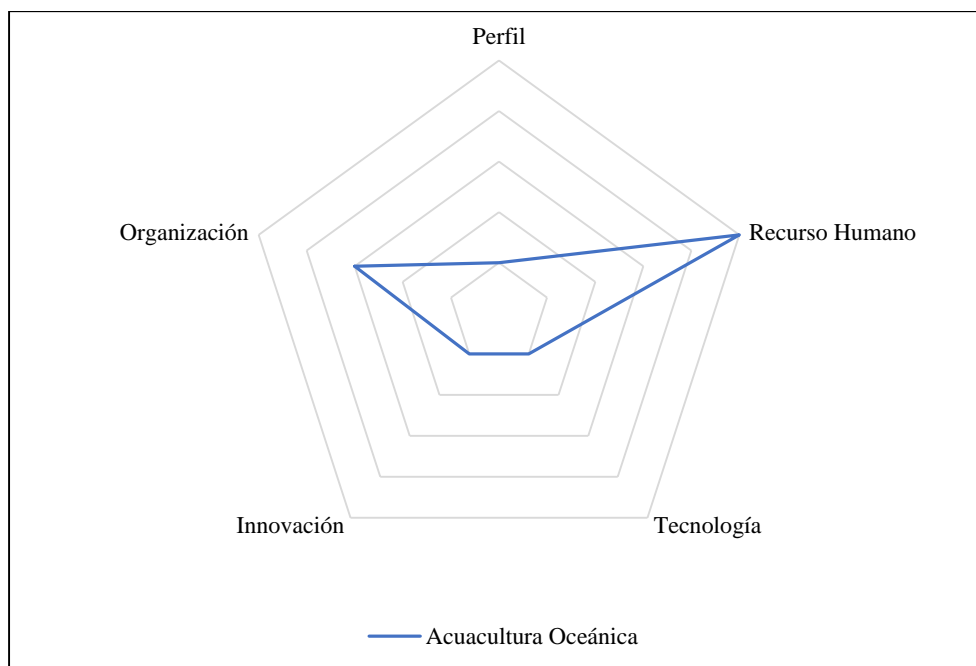
**Figura 6.30 Relación entre variables Acuamos y Acuícola Pacar**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Acuícola Pacar es una bioempresa parcialmente dedicada a la biotecnología, ha sido beneficiaria de programas de apoyo al sector de Sagarpa lo que ha contribuido a aumentar sus ingresos, se ha vinculado con UABC y CICESE a través de servicios como información, asistencia técnica, consultoría y asesoría. En lo que respecta a la transferencia de tecnología ha realizado acciones como estudios y asistencia técnica, y convenios de colaboración. Por lo que se observa una interrelación positiva y multiplicadora entre las variables recurso humano y organización, ver Figura 6.30.

Acuicultura Oceánica obtuvo una capacidad de vinculación de 11 puntos, lo que la ubica en el último lugar de las bioempresas con capacidad media, es una de las dos empresas de la muestra con mayor tiempo de operación, 24 años, es usuaria de biotecnología. No ha sido prioritario para la empresa beneficiarse de algún programa gubernamental de apoyo al desarrollo de la ciencia y la tecnología, en su opinión la tecnología está disponible y se adapta

a las condiciones regionales. Con otras bioempresas ha realizado acciones como asistencia y estudios técnicos y convenios de colaboración para transferir tecnología. Se observa una interrelación recíproca entre las variables recurso humano y organización, ver Figura 6.31. Particularmente esta bioempresa destaca de la muestra por contar con el mayor número de empleados directamente involucrados en biotecnología, dentro de los cuales ocho cuentan con grado de licenciatura y dos con grado de maestría.

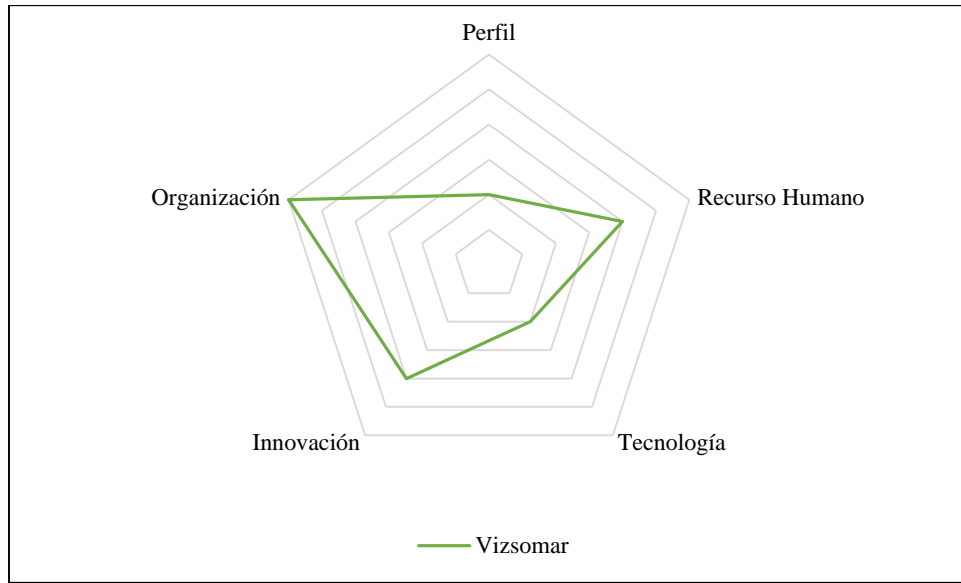


**Figura 6.31 Relación entre variables Acuicultura Oceánica**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

Vizsomar obtuvo la menor puntuación de la muestra, presenta una capacidad de vinculación de 9 puntos, es una de las dos bioempresas con menor personal directamente involucrado en actividades de biotecnología y con grado académico de licenciatura. En los últimos cinco años trabajo en al menos un proyecto de innovación en productos y manifiesta desconocer los programas de gobierno de apoyo al desarrollo de ciencia y tecnología. Sin obtener una capacidad de vinculación alta esta unidad productiva presenta una relación

positiva y recíproca entre las variables recurso humano, organización e innovación, ver Figura 6.32.



**Figura 6.32 Relación entre variables, Vizsomar**

Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Bioempresas Acuícolas BC, 2015

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

Históricamente la región Baja California-California ha formalizado acciones institucionales hacia la búsqueda de desarrollo en un contexto binacional. De tal forma que los distintos actores en ambos lados de la frontera reconocen a este territorio como una mega región, es decir como una unidad geográfica y de negocios de la actual economía global. Desde los lentes de las teorías evolucionista e institucionalista estas acciones e interacciones humanas se perciben como el resultado de hábitos y pensamientos compartidos explicados a través del tiempo como un proceso de aprendizaje individual y colectivo.

En este escenario transfronterizo todos estos esfuerzos compartidos están construyendo de forma paulatina un ecosistema binacional de innovación, que definido desde la teoría evolutiva es el espacio en donde se conciben a los actores económicos y a las empresas haciendo énfasis en su proceso histórico, sus rutinas, en la influencia del medio ambiente y las instituciones, y en la forma en que interactúan en un contexto de aprendizaje interactivo en donde las empresas explotan la producción de conocimiento. Por lo que las empresas para adaptarse y sobrevivir dependen de sus capacidades para vincularse con su medio ambiente. Estas capacidades son producto de las formas de interactuar de sus recursos, de cómo se integran y se organizan para formar rutinas organizativas compuestas por acciones.

Uno de los objetivos de esta investigación fue identificar las características de estas unidades productivas. En este sentido se encontraron coincidencias con las señaladas por Duque (2010) y Muñoz (2001) dentro del planteamiento teórico. Se trata de empresas pequeñas con menos de 50 empleados, las 10 empresas de la muestra cumplen con esta condición. Además, se trata de acuerdo al perfil común a nivel mundial de las empresas

biotecnológicas, de unidades productivas que se caracterizan por originarse en entornos académicos con elevada actividad investigadora. En este sentido en esta región binacional por un lado se encuentra Baja California en donde destaca el municipio de Ensenada que a nivel nacional tiene el mayor número de científicos por habitantes; esta entidad federativa es sede de instituciones académicas y centros de investigación en ciencias marinas con reconocimiento internacional e históricamente ha formalizado convenios de cooperación e intercambio con instituciones académicas de California. Por otro lado California se distingue como una de las 20 regiones intensivas en generación de patentes en biotecnología y nanotecnología a nivel global, destaca en Estados Unidos por la cantidad de investigaciones en biotecnología y es hogar de 10 de las 100 mejores universidades en el índice de Shanghai. Condiciones que permiten afirmar que las bioempresas objeto de estudio de esta investigación cumplen con la característica de ubicarse en un territorio intensivo en generación de conocimiento. Existen entre estos dos estados fronterizos capacidades y niveles de desarrollo disímiles, sin embargo la realidad local transcurre en una continua coincidencia de intereses. Ejemplo de ello son el desarrollo de diversos proyectos conjuntos como Cali-Baja mega región y la terminal aeroportuaria binacional.

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 y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Ambas instituciones cuentan con reconocimiento tanto nacional como internacional y han construido históricamente redes de colaboración y vinculación con instituciones de generación de conocimiento en California. Además a nivel local han respaldado la innovación en este sector a través de la vinculación con las bioempresas en la cadena del conocimiento: educación-

ciencia-tecnología-innovación, participando en las distintas modalidades de los programas públicos de estímulos a la innovación.

Si bien la muestra es pequeña se han encontrado resultados consistentes, en el 70% de las bioempresas se constatan dinámicas que les permiten aprovechar la alineación de esfuerzos para el fortalecimiento del sector, como es el caso de las instituciones que generan conocimiento y de las instituciones públicas de apoyo al desarrollo de ciencia y tecnología. Este hallazgo coincide con el objetivo de gobernanza de la Agenda Estatal de Innovación que persigue fomentar la vinculación constante entre los agentes de la triple hélice de cada una de las áreas de especialización.

De acuerdo a los resultados de la aplicación del instrumento de medición en su mayoría las bioempresas de la muestra son usuarias de biotecnología, cerca del 30% del personal involucrado directamente en actividades de biotecnología cuenta con estudios de posgrado, el 80% de estas empresas han desarrollado procesos de innovación principalmente con el objetivo de mejorar la calidad del producto, el 70% en los últimos cinco años ha sido beneficiaria de un proyecto gubernamental para el desarrollo de ciencia y tecnología, en su mayoría coinciden en señalar que la investigación y el desarrollo tecnológico es el principal factor que incide en el desarrollo de actividades de innovación y las 10 bioempresas han tenido vinculación con las mismas empresas biotecnológicas del sector para la transferencia de tecnología.

Sobre la capacidad de las bioempresas de la muestra para vincularse al ecosistema binacional de innovación, se encontró que aquellas empresas que obtuvieron los resultados más altos en el índice de capacidad de vinculación, coinciden en experimentar una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el nivel de especialización de su recurso humano involucrado directamente en actividades de biotecnología y sus recursos

organizativo y para generar innovación. Lo que coincide con lo descrito en el Manual de Oslo sobre el papel determinante que desempeña el recurso humano en materia de innovación.

Por un lado entre las mismas bioempresas se encontraron acciones como acuerdos de cooperación, la asistencia técnica, la compra y venta de patentes y el intercambio de conocimiento. Y por otro entre las bioempresas y las instituciones que generan conocimiento se identificaron acciones como acceso a la infraestructura, proyectos de investigación y desarrollo tecnológico conjuntos, servicios (asistencia técnica, consultoría, información, asesoría), transferencia tecnológica y gestión de financiamiento. Acciones que en su conjunto permiten afirmar que los recursos de las bioempresas se sustentan en un andamiaje institucional para generar, organizar y transferir conocimiento que incentiva el desarrollo de las rutinas con las que cuentan estas unidades productivas para gestar lo que Nelson y Nelson (2002) definen como tecnología social.

Todos estos elementos enfatizan que las bioempresas del sector consideradas en esta investigación, responden a la demanda del mercado buscando aprovechar el conocimiento generado en la región para ser competitivas a nivel global en la producción acuícola, y que a su vez las instituciones que generan este conocimiento responden a las necesidades del sector alineando sus líneas de investigación con la demanda tecnológica. Para transferir este conocimiento a través de una vinculación directa con el sector productivo, desarrollando proyectos focalizados en la resolución de problemas específicos y en la formación de un recurso humano especializado en biotecnología marina. Además estas empresas tecnológicas toman ventaja de los programas públicos de apoyo al desarrollo científico y tecnológico.

Desde la lógica de la teoría evolucionista las instituciones son las responsables del proceso evolutivo que ocurre bajo el aprendizaje individual y colectivo, en este sentido el conocimiento del recurso humano tiene un efecto multiplicador en los recursos de la empresa

para generar sus acciones organizativas que directamente estimulan su capacidad para vincularse a través de diversas dinámicas dentro del ecosistema binacional de innovación.

En el abordaje teórico se ha insistido en la institucionalidad y la endogeneidad como factores indispensables en la interacción entre los diversos actores del ecosistema. En este sentido las particularidades descritas permiten considerar la existencia de una cultura regional de innovación, ya que se constatan las sinergias entre actores, y el aprovechamiento del instrumental de redes institucionales de vinculación y colaboración.

En términos de esta investigación es posible sostener que la estructura institucional transfronteriza para generar, organizar y transferir conocimiento estimula la capacidad de las bioempresas del sector acuícola de Baja California para vincularse con los distintos actores del ecosistema binacional de innovación.

### **Trabajos futuros**

Debido al poco interés encontrado en este momento por parte de las bioempresas acuícolas para dar respuesta al instrumento de medición, en un futuro próximo se buscará ampliar la muestra o de ser posible incluir a todas las empresas en el directorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California. Lo que proporcionaría elementos para poder generalizar en cuanto a las características y capacidades de vinculación de estas unidades productivas.

Extender la investigación con la inclusión del sector biomédico proporcionará mayores elementos de análisis sobre la biotecnología como sector estratégico en el estado. De tal manera que se encuentren elementos que abonen a lo planteado en la Agenda Estatal de Innovación.

El estado de Sinaloa es primer lugar nacional en valor de producción pesquera y segundo lugar en volumen de captura de los cuales el 15% corresponde a producción acuícola. Por lo que será relevante replicar esta investigación en esta entidad federativa con el fin de realizar un análisis comparado.

Será pertinente en investigaciones futuras tomar en cuenta los elementos de análisis apropiados para conocer si las bioempresas en Baja California se ocupan de que sus procesos productivos sean sustentables en lo económico, lo social y lo medioambiental, es decir que sean empresas socialmente responsables.

## REFERENCIAS

- Amaro, M., y Morales, M. (2010). La biotecnología en Mexico, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación. *Ide@s CONCYTEG*, 5(64), 1224-1246.
- Anlló, G., y Peirano, R. (2005). *CEPAL*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de Naciones Unidas:  
[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4849/S2005592\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4849/S2005592_es.pdf?sequence=1)
- Araya, S., y Chaparro, J. (2005). Una aplicación del análisis de recursos y capacidades en el ámbito de instituciones de educación superior. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, (págs. 1-10). Gijón.
- Beuzekom, B., y Arundel, A. (2009). *OECD Biotechnology Statistics 2009*. Paris: OECD.
- BIO. (2014). *State Bioscience Jobs, Investments and Innovation*. Washington: Battelle/BIO.
- Boisier, S. (2006). Algunas aproximaciones para acercarse al concepto de ciudad-región. *Anfora*(21), 9-35.
- Bolivar , F. (2007). *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna.Segunda edición*. Distrito Federal: El Colegio Nacional.
- Buesa, M., Baumert, T., Heijs, J., y Martínez, M. (2002). Los factores determinantes de la innovación: un análisis econométrico sobre las regiones españolas. *Economía Industrial*(347), 67-84.
- CAA. (22 de enero de 2016). *caaquaculture.org*. Obtenido de <http://www.caaquaculture.org/fun-facts/>
- CaliBaja. (24 de noviembre de 2014). *CaliBaja-MegaRegion*. Obtenido de [http://www.calibaja.net/cbdb/p/about\\_who.php](http://www.calibaja.net/cbdb/p/about_who.php)
- Carvalho Alves, J., Saur-Amaral, I., y Marques, M. (2006). Cooperation networks and regional development. Case of multisectorial partnership for innovation. En P. Cooke, y A. Piccaluga, *Regional development in the knowledge economy* (págs. 227-244). New York: Routledge.
- Carrillo, J. (25 de Abril de 2015). *FRONCYTEC*. Obtenido de <http://www.froncytec.info>
- Carrillo, J., Hualde, A., y Villavicencio, D. (2012). *Dilemas de la innovación en México. Dinámica sectoriales, territoriales e institucionales*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Celaya, M., y Almaraz, A. (2012). Capítulo 3: 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* (págs. 153-205). Tijuana: FRONCYTEC-COLEF.
- 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 de conocimiento y la innovación. *Región y Sociedad*, 24(55), 41-80.
- CESAIBC. (2015). *Consejo Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California*. Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de <http://www.cesaibc.org/sitio/>
- Chiesa, V., y Chiaroni, D. (2005). *Industrial Clusters in Biotechnology. Driving Forces, Development Processes and Management Practices*. London: Imperial College Press.
- CICESE. (2013). *CISESE Los Primeros Cuarenta Años*. Ensenada: CISESE.

- CICESE. (4 de Diciembre de 2015). *Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Posgrado*. Obtenido de <http://www.cicese.edu.mx/posg/index.php?menu=pgrmsymod=posgryop=introyidp=AQyprog=Acuicultura>
- CICESE. (15 de Febrero de 2016). *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California*. Obtenido de <http://www.cicese.edu.mx/posg/index.php?mod=posgryop=introyidp=AQ>
- CONACYT. (2014). *Fondos Mixtos CONACYT Gobierno de los Estados y Municipios, Estadísticas al cierre de 2014*. Ciudad de México: CONACYT.
- CONACYT. (2016). *RENIECYT Distribución Regional por Entidad Federativa*. Recuperado el 26 de Febrero de 2016, de <http://www.conacyt.mx/siicyt/index.php/distribucion-regional-de-instituciones-empresas-y-personas-fisicas-reniecyt/distribucion-regional-por-entidad-federativa>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2014). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología*. Distrito Federal: Conacyt.
- Cook, P., y De Laurentis, C. (2010). Evolutionary economic geography: regional systems of innovation and high-tech clusters. En R. Boschma, y R. Martin , *The Handbook of Evolutionary Economic Geography* (págs. 239-260). Massachusetts: Edward Elgar.
- Cook, P., y Gomez, M. (1998). Dimensiones de un sistema de innovación regional: organizaciones e instituciones. (G. Vasco, Ed.) *Ekonomiaz*(41 Economía y Territorio).
- Corona, J. M. (2 de Octubre de 2014). *Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco*. Obtenido de [http://dcsh.xoc.uam.mx/produccioneconomica/publicaciones/doc\\_trabajos/economia\\_neoclasica\\_vs\\_economia\\_evolutiva.pdf](http://dcsh.xoc.uam.mx/produccioneconomica/publicaciones/doc_trabajos/economia_neoclasica_vs_economia_evolutiva.pdf)
- Dominguez, S. (2012). *Teoría Económica Nociones Elementales*. México: Porrúa.
- Duque, J. P. (2010). *Biotecnología. Panoràmica de un sector*. España: Netbiblo S.L.
- EMBT. (4 de Diciembre de 2015). *Universidad Autónoma de Baja California, Postgrado Econogía Molecular y Biotecnología*. Obtenido de <http://embt.ens.uabc.mx/index.html>
- FAO. (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FCCyT, F. (2013). *Ranking Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Capacidades y oportunidades de los sistemas estatales de CTI*. Distrito Federal: FCCyT.
- FCM. (2014). *Segundo Informe de Actividades Mayo 2013 - Mayo 2014*. Ensenada: UABC.
- FCM. (19 de Febrero de 2016). *Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas*. Obtenido de [http://fcm.ens.uabc.mx/?p=lic\\_ba\\_pe.html](http://fcm.ens.uabc.mx/?p=lic_ba_pe.html)
- Florida, R. (2014). *Startup city: the urban shift in venture capital and high technology, 2014*. Toronto: The Martin Prosperity Institutue.
- Freeman, C. (1995). The National System of Innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*(19), 5-24.
- FRONCYTEC. (25 de Abril de 2015). *Plan Estrategico y Transversal de Ciencia y Tecnología para la Frontera Norte*. Obtenido de [http://www.froncytec.info/index.php?r=resumen\\_ejecutivo/index](http://www.froncytec.info/index.php?r=resumen_ejecutivo/index)
- FUMEC. (12 de Febrero de 2016). *Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia*. Obtenido de

- [http://fumec.org.mx/v6/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=98&Itemid=442&lang=es](http://fumec.org.mx/v6/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=98&Itemid=442&lang=es)
- FUMEC, y Conacyt. (2014). *Agendas Estatales y Regionales de Innovación. Baja California, Biotecnología*. DF: Conacyt.
- Gasca, G. (2007). Peces transgénicos en acuicultura, el caso del super salmón. En F. Bolívar, *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna. Segunda Edición* (págs. 659-672). Distrito Federal: El Colegio Nacional.
- GOBCC. (2014). *bajacalifornia.gob.mx*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/doctos/desarrollo\\_economico.pdf](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/doctos/desarrollo_economico.pdf)
- Gutierrez-Yurritia, P. (1999). La acuicultura en México: I. época prehispánica y colonial. *ResearchGate*, 2-6.
- Hill, C., y Jones, G. (2008). *Essentials of Strategic Management*. Mason: South-Western.
- Hodgson, G. (2007). Evolutionary and Institutional Economics as the New Mainstream? *Evol. Inst. Econ. Rev.*, 4(1), 7-25.
- IICA. (2008). *Agrobiotecnología en America Latina y el Caribe: estado actual de su desarrollo y adopción*. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- IMCO. (2014). *Instituto Mexicano para la Competitividad*. Recuperado el 16 de Abril de 2015, de [http://imco.org.mx/indices/documentos/2014\\_ICE\\_Libro\\_Las\\_reformas\\_y\\_los\\_estados.pdf](http://imco.org.mx/indices/documentos/2014_ICE_Libro_Las_reformas_y_los_estados.pdf)
- INEGI. (2016). *Instituto Nacional de Geografía y Estadística*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/>
- InvestInBaja. (2016). *Baja California Inversión y Comercio*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.investinbaja.gob.mx/es/industrias/biotecnologia>
- Kuri, A. (Febrero de 2005). La teoría evolucionista, los sistemas nacionales de innovación y las regiones innovadoras. *Comercio Exterior*, 55(2), 113-120.
- López, V., Moreno, L., Marín, M., y Maldonado, S. (2013). Sistema regional de innovación: modelación de elementos desde el enfoque de sistemas, caso Baja California. *Ciencia Administrativa*, 66-75.
- Lopez, C., Plascencia, I., y Alcalá, M. (10 de Diciembre de 2015). *ALTEC 2015*. Obtenido de <http://www.altec2015.org/anais/altec/papers/253.pdf>
- López, S. (2003). Empresarios e innovación tecnológica en Sinaloa. *Región y Sociedad*, XV(27), 179-2014.
- López, S. (2005). *La vinculación de la ciencia y la tecnología con el sector productivo una perspectiva económica y social*. Culiacán: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- Metcalfe, S. (1995). The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives. En P. Stoneman, *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford/Cambridge: Blackwell Publishers.
- Morris, K., Owens, N., y Walshok, M. (2005). *Innovación Sin Fronteras*. San Diego: San Diego Dialogue.
- Mungaray, A., Perez, S., y López, S. (2015). Knowledge Base 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. (1994). *Una visión de la biotecnología: principios, políticas y problemas*. Madrid: Fondo de Investigación Sanitaria.
- Muñoz, E. (1997). *Biotecnología, industria y sociedad: el caso español*. Madrid: Gabinete de Biotecnología (GABIOTEC).
- Muñoz, E. (2001). *Biotecnología y sociedad*. Madrid: Canbridge.
- Muñoz, E. (2013). *La economía reclama (inter) disciplina. La biología al rescate*. Madrid: La hoja del monte.
- Muñoz, E. (7 de Octubre de 2015). *ASEBIO*. Obtenido de <http://www.asebio.com/es/boletin.cfm?bid=71>
- Muñoz, E. (15 de Mayo de 2015). *Instituto Roche España*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de <http://instituto-roche.es/Biotecnologia/editorial>
- Navarro, M. (diciembre de 2007). *Los sistemas regionales de innovación en Europa. Una literatura con claroscuros. Documento de trabajo no. 59*. Recuperado el 8 de noviembre de 2014, de Universidad Complutense de Madrid. E-Prints Complutense: [http://eprints.ucm.es/7978/1/59\\_-07.pdf](http://eprints.ucm.es/7978/1/59_-07.pdf)
- Nelson, R. (2002). Insertar las instituciones en la teoría evolutiva del crecimiento. *Journal of Evolutionary Economics*, 12(1-2).
- Nelson, R., y Nelson, K. (2002). Technology, institutions and innovation systems. *Research Policy*(31), 265-272.
- Nelson, R., y Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Belknap Press.
- OCDE. (2002). *Frascati Manual*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- OCDE. (2006). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- OCDE. (2009). *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. OCDE.
- OCDE. (2013). *OECD FActbook 2013: economic, environmental and social statistics*. Recuperado el 5 de abril de 2013, de Biotechnology: [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oced/economics/oced-factbook-2013/biotechnology\\_factbook-2013-63-en](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oced/economics/oced-factbook-2013/biotechnology_factbook-2013-63-en)
- OECD. (15 de Junio de 2013). *OECD Key Biotechnology Indicators*. Obtenido de <http://www.oecd/kbi>
- OECD, 2. (11 de Agosto de 2015). *OECD Key Biotechnology Indicators*. Obtenido de <http://oe.cd/kbi>, July 2015
- Ohmae, K. (2008). *El proximo escenario global. Desafíos y oportunidades en un mundo sin fronteras*. Bogota: Nomos Impresores.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
- Ramos, J. (2012). *Elementos básicos y propuesta metodologica para la conformación de un sistema regional de innovación en Baja California*. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Roll, E. (1994). *Historia de las doctrinas económicas*. Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica.
- San Diego Dialogue. (2005). *Borderless Innovation*. San Diego: San Diego Dialogue.
- Sánchez, R. (2013). *Ecosistemas de innovación en America del Norte y oportunidades de negocios sostenibles internacionales*. Recuperado el 8 de noviembre de 2014, de

- Instituto Global para la Sostenibilidad:  
<http://www.igs.org.mx/sites/default/files/Ecosistemas%20de%20Innovacion%20en%20America%20del%20Norte.pdf>
- Schumpeter, J. (1967). *Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*. FCE.
- SEDECO. (2012). *bajacalifornia.gob.mx*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.bajacalifornia.gob.mx/sedeco/documentos/interes/SECC-II-05-10-2012%20LEY%20DE%20CIENCIA,%20TECNOLOGIA%20%20E%20INNOVACION%20PARA%20EL%20ESTADO.pdf>
- SIEM. (2016). *Sistema de Información Empresarial Mexicano*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de <http://www.siem.gob.mx/siem/>
- SII. (4 de Diciembre de 2015). *Universidad Autónoma de Baja California, Sistema Institucional de Indicadores*. Obtenido de <http://www.uabc.mx/planeacion/sii/>
- SIICYT. (2012). *Sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación*. Recuperado el 25 de abril de 2013, de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>
- Stellar. (28 de Julio de 2015). *Stellar Biotechnologies Powering and Improving Immunotherapy*. Recuperado el 31 de Marzo de 2016, de [http://content.equisolve.net/stellarbiotechnologies/news/2015-07-28\\_Stellar\\_Biotechnologies\\_Signs\\_Collaboration\\_332.pdf](http://content.equisolve.net/stellarbiotechnologies/news/2015-07-28_Stellar_Biotechnologies_Signs_Collaboration_332.pdf)
- Trejo, S. (2010). *La biotecnología en México: Situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*. Distrito Federal: IPN.
- Trejo, S., y Ramírez, C. (2010). *Situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo. Resumen ejecutivo*. Distrito Federal: Instituto Tecnológico Nacional.
- UABC. (16 de Febrero de 2016). *Universidad Autónoma de Baja California en Cifras*. Obtenido de [http://www.uabc.mx/cifras/Historial\\_ProgramaEducativo\\_Ensenada.php](http://www.uabc.mx/cifras/Historial_ProgramaEducativo_Ensenada.php)
- UABC. (16 de Febrero de 2016). *Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas*. Obtenido de <http://oceanologia.ens.uabc.mx/?p=historia.html>
- UC MEXUS. (15 de Febrero de 2016). *University of California Institute for Mexico and the United States*. Obtenido de <http://ucmexus.ucr.edu/inthenews/uc-conacyt-2015-agreement.html>
- United States Department of Labor. (24 de Marzo de 2014). *Bureau of Labor Statistics*. Obtenido de <http://data.bls.gov/oes/occupation.do>
- Wheelen, T., y Hunger, D. (2007). *Administración estratégica y política de negocios conceptos y casos*. Estado de México: Pearson.