

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DELPERU  
ESCUELA DE POSGRADO**



**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEAS PRIORITARIAS DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA PARA EL  
LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN EL AMAZONAS,  
PERIODO 2016-2030**

Tesis presentada para optar por el grado de Magíster en Gestión y Políticas de la  
Innovación y la Tecnología presentada por:

GARCÍA LÓPEZ, María Gabriela      20144165

Lima, Marzo del 2016

**La tesis**

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEAS PRIORITARIAS DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA PARA EL  
LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN EL AMAZONAS,  
PERIODO 2016-2030

ha sido aprobada por

---

[Presidente del Jurado]

---

Marta Tostes Viera

---

[Tercer Jurado]

## **DEDICATORIA**

*A Miranda, mi hija, que es la vida que me llena de vida.*

*A Filo y Chela, mis abuelos, a quienes recuerdo con alegría y nostalgia.*

*A mi familia, por darme su apoyo y aliento constante*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por su amor incondicional

A Marta, por su paciencia, dedicación y colaboración como asesora de esta tesis

A Omar, René y Javier por acompañarme muy de cerca en este proceso

Al CONCYTEC por el financiamiento de mis estudios de maestría,

A los investigadores, asesores y amigos que me apoyaron en la realización de esta tesis, guiándome y aconsejándome, así como participando a través de encuestas o entrevistas.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

RESUMEN EJECUTIVO .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO 1: CAPACIDAD DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.....	16
1. Gestión de la Innovación .....	16
1.1. Proceso de Innovación .....	17
1.2. Agendas de Investigación, Desarrollo e Innovación .....	19
2. Capacidades de Innovación Tecnológica .....	20
3. Capacidad para el desarrollo tecnológico .....	24
4. Gestión de la Biotecnología y Biodiversidad .....	27
4.1. Definición de Biotecnología y sus aplicaciones .....	27
4.2. Valorización de la Biodiversidad a través de la Biotecnología .....	27
4.3. Bioeconomía .....	29
CAPÍTULO 2: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ, PERIODO 2010-2015 .....	32
1. Análisis de Marco Nacional de la Biotecnología .....	32
1.1. Avances en la normativa Nacional y Regional en materia de Biotecnología.....	32
1.2. Capacidades en Biotecnología.....	34
1.2.1. Capacidad de Recursos Humanos .....	34
1.2.2. Inversión en Investigación y Desarrollo .....	37
2. Áreas temáticas y líneas de investigación relevantes para el desarrollo de la Amazonía	41
3. Tendencias en Biotecnología al 2030.....	46
CAPÍTULO 3: ESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA PARA EL PERIODO 2016-2030 .....	48

1. Laboratorios de Fabricación Digital.....	48
2. Proyecto Fab Lab Amazonas .....	49
3. Diseño Metodológico.....	50
3.1. Alcance de la investigación .....	50
3.2. Enfoque de la investigación .....	51
3.3. Estrategia de investigación .....	51
3.4. Horizonte temporal de la investigación, selección de unidades de observación y tipo de muestreo	52
3.5. Proceso de la investigación.....	53
4. Resultados de investigación .....	63
4.1. Subcriterios de capacidad para la evaluación de las líneas de I+D .....	63
4.2. Diagnóstico de capacidad para el desarrollo tecnológico de las líneas de investigación	65
4.3. Evaluación y líneas de I+D priorizadas .....	76
4.4. Propuesta final y recomendaciones sobre la priorización de las líneas de investigación	84
CONCLUSIONES .....	89
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS .....	102
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	102
Anexo 2. Directorio de Especialistas entrevistados .....	109
Anexo 4. Encuesta de priorización.....	112
Anexo 5. Procesamiento estadístico para la ponderación de subcriterios de capacidad para el desarrollo tecnológico y la priorización de líneas de investigación. ....	121

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Listado de capacidades de innovación según Gálvez (2013) y Boly (2014).....	21
Tabla 2: Capacidades para la innovación según Zawislak.....	23
Tabla 3: Conceptos de capacidad tecnológica evaluadas en investigaciones previas .....	25
Tabla 4: Clasificación de las actividades biotecnológicas por colores.....	28
Tabla 5: Latinoamérica: Empresas, sectores e ingresos por actividades en biotecnología.....	31
Tabla 6: Perú: Avance normativo en Biotecnología y recursos genéticos, 1993-2015 .....	33
Tabla 7: Perú: Patrones de colaboración por áreas temáticas, periodo 2006-2011 .....	37
Tabla 8: FINCYT: Proyectos cofinanciados para Biotecnología, periodo 2013-2014 .....	38
Tabla 9: FONDECYT: Proyectos en biotecnología por tipo de convocatoria, periodo 2011-2014 ..	39
Tabla 10: FONDECYT: Proyectos en biotecnología por tipo de institución solicitante, periodo .....	39
Tabla 11: FONDECYT: Financiamiento en programas de postgrado en Biotecnología,.....	40
Tabla 12: Eventos en Biotecnología financiados en el 2014 .....	41
Tabla 13: Perú: Áreas temáticas en biotecnología con mayor actividad en el país .....	42
Tabla 14: Líneas de investigación del eje temático de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, periodo 2013-2021 .....	43
Tabla 15: Líneas de investigación del eje temático de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, periodo 2013-2021 .....	44
Tabla 16: Líneas de investigación del eje temático de gestión de calidad ambiental 2013-2021.....	44
Tabla 17: Líneas de acción de la Agenda de Investigación e Innovación para el Biocomercio, periodo 2012-2021 .....	45
Tabla 18: Aplicaciones Biotecnológicas con alta probabilidad de llegar al mercado al 2030.....	46
Tabla 18: Aplicaciones Biotecnológicas con alta probabilidad de llegar al mercado al 2030.....	47
Tabla 20: Datos generales del proyecto Fab Lab Amazonas .....	50
Tabla 21: Resumen del proceso de investigación .....	53
Tabla 22: Primera lista de líneas de investigación identificadas por desafío del Fab Lab Amazonas .....	55
Tabla 23: Lista de líneas de investigación y desarrollo en Biotecnologías seleccionadas.....	57
Tabla 24: Pesos específicos de cada subcriterio de capacidad evaluada .....	60
Tabla 25: Valores del criterio: “capacidad” para las líneas de I+D .....	60

Tabla 26: Perfil del encuestado .....	61
Tabla 27: Calificación para el nivel de importancia .....	62
Tabla 28: Criterios de capacidad tecnológica y de gestión .....	64
Tabla 29: Evaluación de las capacidades para el desarrollo de I+D en biotecnología .....	65
Tabla 30: Líneas de investigación ordenadas en función a su nivel de capacidad tecnológica .....	79
Tabla 31: Valores del criterio " Importancia" para cada línea de I+D .....	80
Tabla 32: Líneas de investigación ordenadas en función a su nivel de importancia .....	81
Tabla 33: Tabla de recomendaciones para el desarrollo del sector Biotecnología .....	85
Tabla 34: Propuesta de proyectos para las líneas de investigación .....	86
Tabla 35: Líneas de investigación propuestas por los especialistas .....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo del proceso de I+D+i .....	17
Figura 2: Modelo de Capacidad de Innovación .....	22
Figura 3: Mapa de la bioeconomía: 2008-2014 .....	30
Figura 4: FONDECYT: Proyectos financiados en Biotecnología, periodo 2011-2014.....	38
Figura 5: Proyectos financiados en Biotecnología por tipo de institución solicitante, periodo 2011-2014 .....	40
Figura 6: Intervención en la investigación acción .....	52
Figura 7: Matriz de priorización de líneas de I+D .....	62
Figura 8: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía.....	66
Figura 9: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Detección de venenos o toxinas de peligro humano.....	67
Figura 10: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía .....	67
Figura 11. Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica.....	68
Figura 12: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico .....	69
Figura 13: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía .....	70
Figura 14: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental .....	70
Figura 15: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Bionanotecnología en remediación del agua .	71
Figura 16: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía.....	72
Figura 17: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Mejoramiento genéticos y de bioprocesos de interés industrial .....	73
Figura 18: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial. ....	73

Figura 19: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Bioinformática en la detección de genes con interés económico .....	74
Figura 20: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios .....	75
Figura 21. Capacidades promedio por cada línea de I+D en Biotecnología .....	76
Figura 22: Clasificación de las instituciones a la que pertenecen los especialistas participantes en la encuesta.....	77
Figura 23: Áreas de especialización de los especialistas .....	78
Figura 24: Matriz de Capacidad Vs Importancia para las líneas de I+D en biotecnología.....	82
Figura 25: Líneas de investigación prioritarias.....	84

## ACRÓNIMOS

AHP	Análisis Hierarchical Process
AIT	Agenda de Innovación Tecnológica
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAF	Banco de desarrollo de América Latina
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CTI	Ciencia Tecnología e Innovación
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica
DINA	Directorio Nacional de Investigadores e Innovadores
FAO	Organización de las Naciones Unidas para alimentos y la agricultura
FAB LAB	Laboratorio de Fabricación Digital
FAB LAT	Red Latinoamericana de Laboratorios de fabricación digital
FIDECOM	Fondo de Investigación y Desarrollo para la Competitividad
FINCYT	Fondos para la Innovación, Ciencia y Tecnología
FONDECYT	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
I+D	Investigación y Desarrollo
IIAP	Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de La Competencia y de La Protección de La Propiedad Intelectual
MINAM	Ministerio Nacional del Medio Ambiente
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NTP	Norma Técnica Peruana
OGM	Organismo Genéticamente Modificado
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organismos No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OVTT	Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología
PNCTI	Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el comercio y el Desarrollo
UNE	Unión Europea

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de la presente investigación fue diagnosticar e identificar las prioridades de líneas de Investigación y Desarrollo (I+D) en biotecnología para el proyecto de innovación “Laboratorio de Fabricación Digital (Fab Lab) en el Amazonas”, de la Asociación Fab Lab del Perú, para lo cual se trabajó con un grupo de 19 investigadores, especialistas en biotecnología, de diversas instituciones que incluyeron universidades nacionales, tanto públicas como privadas, centros de investigación no universitaria, institutos públicos de investigación y empresas. Luego, mediante un proceso de evaluación cualitativa, a través de entrevistas y una encuesta de priorización, se definieron las prioridades de investigación, que servirán para la toma de decisiones y más adelante para la identificación de proyectos y estrategias específicas en las líneas de I+D elegidas.

La metodología utilizada tuvo un alcance exploratorio, y se basó en identificación, diagnóstico y priorización de las líneas de I+D identificadas a través de dos criterios: el criterio de capacidad para la innovación (que a su vez incluyó subcriterios de capacidad para el desarrollo tecnológico) y el criterio de importancia, enfocado en evaluar la importancia de cada una de las líneas para abordar los desafíos del proyecto que son: conservación de la biodiversidad, desarrollo de una industria sostenible y seguridad alimentaria. El enfoque metodológico es del tipo cualitativo y utiliza una estrategia de investigación- acción.

Como resultados finales de la tesis se desarrolló la identificación y el diagnóstico de las líneas de I+D a partir de las capacidades para el desarrollo tecnológico y se priorizaron las 5 líneas de acción inmediata: 1) secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía, 2) bioinformática en la detección de genes con interés económico, 3) mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial, 4) mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios y 5) desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía.

## INTRODUCCIÓN

Como menciona Pérez (2010), las futuras estrategias de desarrollo de los países de la región deberán contemplar cambios asociados con la aplicación masiva de biología de avanzada a la transformación sustentable de los recursos renovables. El último informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo (UNCTAD) de Examen de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación para el Perú también hace referencia a la importancia de la aplicación de la biotecnología y que esta tiene un impacto directo sobre muchas de las actividades centrales como la agricultura, ganadería, piscicultura, explotación forestal, minería, industria, etc. Además indica que, dada la magnitud de su impacto transformador, el desarrollo de la biotecnología “podría permitir al Perú potenciar su ventaja competitiva en abundancia y diversidad de recursos naturales mediante la integración de sus múltiples actividades primarias tradicionales a cadenas de valor más complejas” (ONU, 2011, p. 94)

Frente a este marco de recomendaciones, entre los últimos esfuerzos institucionales desde el sector público, se cuenta con la propuesta del Programa Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación en Biotecnología del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) próxima a ser presentada y que además es parte de la estrategia “Crear para Crecer”, lanzada en el año 2014. Este programa está orientado a la seguridad alimentaria y nutrición, la valorización de la biodiversidad y la salud humana. (CONCYTEC, 2013). Por otro lado, desde el Ministerio de la Producción, en el reciente Plan de Diversificación Productiva, también se hace referencia a la biotecnología, como “un tipo de negocio que requiere para su desarrollo de regulaciones específicas que faciliten el uso de determinados insumos o la aplicación de estándares de calidad” (PRODUCE, 2014, p. 99) y recomienda la implementación de acciones verticales para su desarrollo.

La importancia del desarrollo de la biotecnología y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, ha generado distintas iniciativas, entre ellas la del Fab Lab Amazonas, a través de un proyecto que busca desarrollar un laboratorio en la Amazonía que contará con una línea de investigación orientada a desarrollar proyectos de I+D en biotecnología y se presenta la pertinencia de identificar las líneas prioritarias desde la evaluación de los investigadores que permitan orientar los esfuerzos en investigación y desarrollo, optimizando recursos y dinamizando el ecosistema innovador vinculado a darle valor agregado y funcional a la gran biodiversidad que tiene el Perú.

Esta tesis aborda el problema central de ¿Cuáles son las prioridades que le dan los investigadores a las líneas de I+D en Biotecnología para el proyecto Fab Lab Amazonas? Para ello resuelve algunos problemas específicos como: ¿Cuáles son los criterios y subcriterios que se utilizarán para evaluar las líneas de I+D identificadas?, ¿Cuál es el contexto de la biotecnología a nivel nacional y en el periodo 2010-2015?, ¿Cuáles son las líneas de I+D identificadas que aportan a dar solución a los desafíos identificados por el Fab Lab Amazonas?, ¿Cuál es el estado actual de las líneas de I+D en biotecnología en cuanto a su capacidad para el desarrollo tecnológico ? y ¿Cuál es la metodología que permita realizar la priorización de las líneas de investigación?

El objetivo general entonces es diagnosticar e identificar las principales líneas de I+D en biotecnología para el Fab Lab Amazonas a desarrollarse en el periodo 2016-2030, propuesta por investigadores en el campo. Los objetivos específicos son: 1) la identificación de los criterios y subcriterios que sean adecuados para evaluar las líneas de I+D potenciales en biotecnología identificadas, 2) definir el contexto de la Biotecnología a nivel nacional en los últimos años (2010-2015) a través de indicadores de capital humano e inversión, 3) diagnosticar el estado actual de las líneas de I+D en biotecnología en cuanto a su capacidad para el desarrollo tecnológico y 4) elaborar una metodología que permita tomar la opinión de expertos durante el proceso de priorización de líneas de I+D.

De igual modo, se plantea la hipótesis general de la investigación que indica que las líneas de I+D a priorizarse son aquellas orientadas al desarrollo de biomateriales para reducción del impacto ambiental, desarrollo de biosensores con aplicaciones para conservación y finalmente el desarrollo de bioprocesos de bajo impacto ambiental.

La metodología descriptiva, exploratoria con enfoque cualitativo plantea una revisión bibliográfica para la identificación de componentes de la capacidad para la innovación, así como del contexto de la investigación en biotecnología a nivel nacional en el periodo 2010-2015. Para esto se revisaron documentos públicos de Agendas, además de tendencias en el campo. Así también se realizaron 10 entrevistas semiestructuradas a especialistas en Biotecnología para conocer su opinión en las distintas etapas del procesos y sus recomendaciones de líneas de I+D. Para las etapas de evaluación y establecimiento de prioridades se eligieron subcriterios relacionados con la capacidad para el desarrollo tecnológico y se elaboró una encuesta para expertos en biotecnología que permitiera recoger su opinión en cuanto a nivel de capacidad para desarrollar la I+D en cada una de

las líneas identificadas y el nivel de importancia para abordar los 3 desafíos planteados por el Fab Lab Amazonas.

La presente tesis se organiza en tres capítulos: en el capítulo 1, se describen los principales conceptos relacionados con la capacidad para la innovación, principalmente capacidades para el desarrollo tecnológico, así como la introducción de los conceptos de Biotecnología, Biodiversidad y Bioeconomía. En el capítulo 2, se desarrolla una revisión a modo de diagnóstico del contexto nacional de los últimos 5 años para identificar las líneas de investigación a diagnosticar y evaluar, además se incluye la información recopilada de algunas entrevistas no estructuradas a 8 especialistas. Finalmente en el capítulo 3, se aborda la información más relevante del Fab Lab Amazonas, así como la metodología utilizada y los resultados de la investigación.

# **CAPÍTULO 1: CAPACIDAD DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

En el presente capítulo se describen tres elementos importantes de la investigación. En primer lugar se hace referencia al proceso de gestión de la innovación y a la importancia del análisis y selección de ideas dentro del proceso, etapa importante para la identificación futura de Agendas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

En la segunda parte, se presentan conceptos generales sobre capacidades para la innovación, resaltando aquellas necesarias para generar el desarrollo tecnológico. Estas fueron seleccionadas a través de la discusión con algunos especialistas en el campo de la biotecnología, quienes indicaron que existen ciertas capacidades que resultan más pertinentes para el proceso de evaluación de las líneas de I+D y por otro lado, hay otras que son más complicadas de medir y sobretodo que aún no se encuentran muy desarrolladas en el país, como por ejemplo, las capacidades para el diseño de procesos de innovación, para la integración de clientes y proveedores en el proceso de concepción, para la gestión de la propiedad intelectual y para la gestión del conocimiento, entre otras.

Finalmente, en la tercera parte del capítulo se hace referencia a la gestión de la biotecnología y la biodiversidad, donde se incluye además el concepto de Bioeconomía, como introducción al análisis contextual de la Biotecnología en el Perú.

## **1. Gestión de la Innovación**

La Norma Técnica Peruana (NTP) de Gestión de la I+D+i, define a la gestión de la innovación como un “proceso orientado a organizar y dirigir los recursos disponibles, tanto humanos como técnicos y económicos, con el objetivo de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas que permitan obtener nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los existentes, y transferir esas mismas ideas a las fases de fabricación y comercialización” (INDECOPI, 2011). Por otro lado, la literatura cuenta con numerosos modelos de procesos que describen como las empresas u organizaciones deben desarrollar nuevos productos o servicios. Los estudios empíricos en el campo de la gestión de la innovación representan las actividades observadas en forma de modelos de procesos. (Verworn y Herstatt, 2002).

## 1.1. Proceso de Innovación

El Proceso de Innovación puede entenderse como “el conjunto de actividades inscritas en un determinado período de tiempo y lugar, que llevan a la introducción con éxito en el mercado, por primera vez, de una idea en forma de productos nuevos o mejorados, de procesos, servicios o técnicas de gestión y organización” (Ruiz y Pérez, 1989, p 17)

Como parte de este esfuerzo por proporcionar un modelo de proceso estándar, la Unión Europea (UNE) desarrolló un grupo de normas técnicas de la familia de la UNE 166000, en la cual se plantea un modelo de proceso de I+D+i que fue adoptado en la NTP 732.003.2011 tomando como base el modelo modificado de “enlaces en cadena” de Kline, (véase la Figura 1), e intenta representar lo complejo y la incertidumbre que implica llevar a cabo un proceso de I+D+i, y la relación entre innovación y desarrollo. Las actividades de I+D+i son difíciles de medir y se necesita una coordinación constante entre los conocimientos técnicos y las necesidades de mercado, para resolver simultáneamente las obligaciones económicas, tecnológicas y de todo tipo, que impone el proceso de I+D+i (INDECOPI, 2011)

**Figura 1: Modelo del proceso de I+D+i**



Fuente: INDECOPI (2011)

Se indica además, que los aportes del modelo:

Se resumen a partir de la consideración de que el camino central de la innovación responde a las necesidades del mercado, la existencia de diversos momentos de retroalimentación durante el proceso, que permite la creación de nuevos valores a lo largo del ciclo de innovación y como contribución de gran relevancia es la inclusión de la relación entre la ciencia y la tecnología en todas las partes del modelo. (Gil Ruiz, Varela y Gonzáles, 2008, p. 35)

El modelo de la UNE 166002, que toma este enfoque se divide en los siguientes pasos: primero define una Política de Innovación, a continuación identifica y analiza los problemas y oportunidades, luego selecciona las ideas de mayor interés y propone una cartera de posibles proyectos, finalmente ejecuta el proyecto en sus distintas fases de diseño básico, diseño detallado, prototipo, prueba piloto, rediseño y comercialización. En esa misma línea, el Gobierno de Navarra (España) en su guía para la gestión de la innovación, menciona cuatro grupos aspectos importantes en la gestión de la innovación: a. Dimensión estratégica, b. Identificación de ideas a desarrollar, c. Desarrollo de los proyectos, d. Explotación de los resultados (OVTT, 2015).

La revisión del proceso de la gestión de la innovación nos da el marco para entender la importancia del análisis y selección de ideas y que para esto se debe seguir justamente, un proceso ordenado para identificar y analizar problemas o desafíos a abordar. En el caso de la presente investigación, se buscó identificar desafíos sobre los cuáles era importante intervenir, y por otro lado identificar propuestas que permitieran dar solución a dichos desafíos, con ayuda de revisión secundaria y de consulta a especialistas. El proceso de priorización de líneas de investigación, se encuentra enmarcado en la fase estratégica del proceso de gestión y dará la base para la identificación de proyectos potenciales en biotecnología a desarrollarse en el Fab Lab Amazonas. Esta priorización constituye un primer insumo para el desarrollo de una estrategia organizacional apropiada, que dará lugar a futuras agendas de investigación, desarrollo e innovación en el campo.

## 1.2. Agendas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Las agendas I+D+i, han surgido como un mecanismo para definir requerimientos de inversión, desarrollo de tecnologías y diseño de estrategias, con el objetivo de mejorar la competitividad de las empresas, sectores, cadenas productivas agroindustriales, entre otros, hoy en día también son aplicables a cadenas del conocimiento. Organizaciones tanto públicas como privadas vienen desarrollándolas permitiendo canalizar recursos de manera estratégica. A nivel de Latinoamérica, por ejemplo, Colombia, Brasil y Argentina son referentes en cuanto a estudios de agendas I+D+i para diversos sectores y cadenas productivas y Colombia por ejemplo, en el año 2012, publicó una Agenda de conocimiento en Biotecnología por la Universidad Nacional de Colombia.

Como menciona Castellanos *et al* (2009) “El enfoque de una agenda de I+D+i se define por la forma en que se abordan las diferentes problemáticas de los sectores y también, según los requerimientos de distribución de los recursos para las investigaciones de carácter científico y tecnológico” (Castellanos, Torres y Domínguez, 2009, p.20)

En ese sentido, el Estado, a través del ministerio de la Producción, ha identificado la importancia de la elaboración de las agendas en el marco de la gestión de la innovación y ha diseñado un instrumento de concurso para la elaboración de “Agendas de Innovación Tecnológica” (AIT) aplicable por gremios, asociaciones y grupos de empresas con una demanda común. El concurso busca “apoyar el crecimiento de los sectores productivos en base al desarrollo de sus ventajas competitivas dinámicas, a través de inversiones públicas y privadas en nuevas áreas del conocimiento, la generación de innovaciones y la adopción de nuevas tecnologías” (PRODUCE, 2015). Estas Agendas buscan formular hojas de ruta, que permitan identificar las mejores soluciones innovadoras o tecnológicas orientadas al logro de objetivos de corto y mediano plazo y mejora de la competitividad de los sectores. Además, de la generación de consensos sobre problemas y necesidades así como sobre los requerimientos tecnológicos asociados, para identificar desarrollos tecnológicos o innovadores y para dar un marco de colaboración y coordinación para futuros desarrollos tecnológicos. (PRODUCE, 2015).

## **2. Capacidades de Innovación Tecnológica**

Una primera aproximación básica a este concepto se deriva de la propia definición de la innovación, para distinguir entre capacidades asociadas a este concepto y aquellas otras relacionadas a la producción. Es decir, las capacidades de producción estarían relacionadas con el uso y adaptación del conocimiento existente disponible, mientras que las capacidades de innovación lo estarían con la creación de nuevos conocimientos y su aplicación para usos productivos (Lema, Quadros, y Schmitz, 2015). Las capacidades de innovación se refieren en general a los aspectos que influyen en la habilidad de las empresas para la gestión de la innovación constituyéndose por ello en un elemento fundamental de la misma en la medida que se encuentran a medio camino entre los recursos (p.e , recursos financieros o humanos) y los objetivos de la innovación (p.e. nuevos productos, patentes) (Amit y Schoemaker, 1993) (Dutta, Narasimhan, y Rajiv, 2005)

Forsman (2011) ha señalado que la cuestión acerca de ¿cuáles son las capacidades de innovación que predicen su éxito? ha sido ampliamente estudiada en la literatura, dando lugar a una variedad de resultados que definen distintos conjuntos de ellas. Así por ejemplo, es posible encontrar revisiones sistemáticas de literatura acerca de capacidades de innovación por cada tipo de ella, por ejemplo de proceso, hasta estudios específicos en pequeñas y medianas empresas, en particular de baja intensidad tecnológica (Martínez et al, (2011) comparando sectores de servicios y manufactura (Forsman, 2011), o sobre aspectos intangibles de dichas capacidades (Saunila y Ukko, 2014).

Gálvez et al. (2013) propone un índice de Innovación Potencial (IIP) mediante el cual es factible evaluar el grado de involucramiento de las empresas con la innovación y tiene la ventaja de permitir comparaciones tanto a nivel sectorial, regional, e internacional, en la medida que los hacedores de política pueden contar con dicha herramienta para un evaluación metodológicamente objetiva de las capacidades de innovación de las firmas.

El IIP está conformado por seis principales prácticas de innovación subdivididas en 18 subprácticas, y proponer un análisis multicriterio para su evaluación (Boly, Morel, Guillaume, y Camargo, 2014). El segundo estudio, desarrolla una metodología más rigurosa aún que el estudio previo, al realizar una revisión de literatura más extensa así como considerar no sólo 15 prácticas de gestión de la innovación a evaluar sino también criterios de observación multicriterio para cada uno de ellos, 196 en total, a fin de validar su pertinencia. Por último, Hao-Chen (2011) Realiza una

investigación referencial a considerar, se trata de un estudio econométrico de datos de panel que se ocupa de medir el potencial de creación de capacidades de innovación tecnológica en el sector de biotecnología producido por la innovación abierta. Para ello propone medir las capacidades de innovación tecnológica por medio de la valoración de las siguientes tres proposiciones: i) los empleados del área de investigación y desarrollo siempre poseen excelentes posibilidades tecnológicas para el desarrollo de nuevos proyectos; (ii) los empleados del área de investigación y desarrollo siempre presentan nuevos proyectos para desarrollar; y (iii) los empleados del área de investigación y desarrollo siempre lanzan nuevos proyectos basados en la necesidad del cliente. La Tabla 1 a continuación resume las capacidades de innovación propuestas en los dos primeros estudios referenciales que acabamos de reseñar.

Con todo, según Zawislak *et al.* (2012), mientras que la literatura acerca de las capacidades tecnológicas ha permitido un mejor entendimiento y comprensión del proceso de cambio técnico en sí mismo, la academia no ha alcanzado todavía un consenso definitivo para definir el concepto de capacidades de innovación. En ese sentido, estos autores proponen un marco teórico para comprender este concepto mediante cuatro capacidades clave: desarrollo de tecnología, operaciones, gestión y operación, tal como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 1: Listado de capacidades de innovación según Gálvez (2013) y Boly (2014)**

Gálvez et al. (2013)	Boly et al. (2014)
Uso de herramientas para aumentar la creatividad	Diseño
Integración de clientes y proveedores en el proceso de concepción	Gestión de proyectos
Organización, recopilación y gestión de la información del exterior	Estrategia integrada
Uso de herramientas avanzadas para ayuda de diseño	Manejo de cartera de proyectos
Existencia de una metodología para el proceso de diseño	Organización adecuada
Equipamiento de hardware	Mejora del proceso de innovación
Gestión de competencias y habilidades de la sociedad	Gestión de competencias
Estimulo de la innovación	Soporte moral
Estrategia integrada a favor de la innovación	Gestión del conocimiento

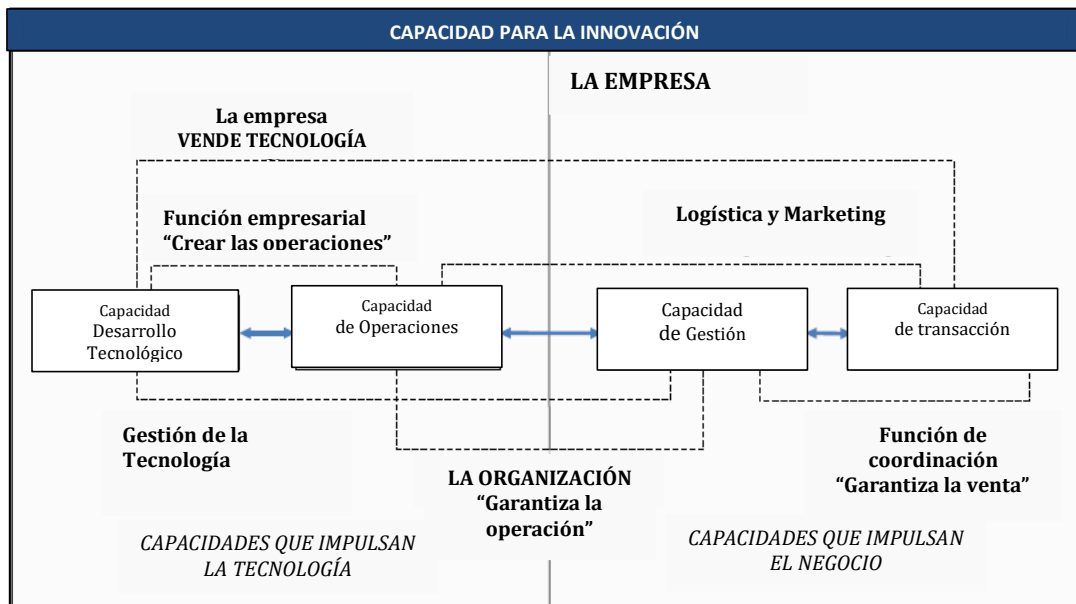
Adaptado de: Gálvez et al. (2013) y Boly et al (2014)

**Tabla 1: Listado de capacidades de innovación según Gálvez (2013) y Boly (2014)**

Financiamiento	Aprendizaje colectivo
Operación de la red	Inteligencia competitiva tecnológica
Importancia del cliente	Gestión de redes
Financiamiento	Aprendizaje colectivo
Gestión de proyectos	Investigación de ideas/Creatividad
Manejo de cartera de proyectos	Actividades de I+D
Organización de tareas vinculadas a la innovación	Gestión de las relaciones con el cliente
Mejora continua del proceso de innovación	
Política de gestión de la propiedad intelectual	
Capitalización de conocimientos	

Adaptado de: Gálvez et al. (2013) y Boly et al (2014)

**Figura 2: Modelo de Capacidad de Innovación**



Fuente: Zawislak et al. (2012).

Según Zawislak *et al* (2012), la capacidad de innovación es aquella que permite absorber, adaptar y transformar una determinada tecnología en rutinas específicas operacionales, gerenciales y transaccionales que pueden conducir una empresa a beneficios schumpeterianos, es decir, a la innovación. De este modo, la empresa es capaz de asegurar su sostenibilidad en el tiempo. El estudio en cuestión, señala que lo importante acerca de las cuatro capacidades que constituyen las capacidades de innovación es que cada firma revela algo único y de valor a sus mercados, es decir que para ser innovadora, al menos una de estas capacidades de innovación debe ser predominante al interior de la empresa u organización.

Luego de realizar la revisión de literatura sobre capacidad para la innovación, se identificó que aquella capacidad que actualmente se puede evaluar de manera prioritaria es la que permita el desarrollo tecnológico del sector que incluye además la capacidad de gestión de proyectos en biotecnología. Esta última, a pesar de no estar muy desarrollada en el sector, es estratégica y necesaria. Estas capacidades se encuentra incluidas en los criterios indicados por Zawislak *et al* (2012) tal como se puede apreciar en la Figura 2 y Tabla 2.

**Tabla 2: Capacidades para la innovación según Zawislak**

Capacidad	Definición
<b>Capacidad de Desarrollo Tecnológico</b>	Es la habilidad de una firma para interpretar el estado actual del arte, absorción y transformación de un bien tecnológico para crear o cambiar sus capacidades de operaciones y cualquier otra capacidad con el objetivo de alcanzar mayores niveles de eficiencia técnica-económica.
<b>Capacidades de Operación</b>	La habilidad de realizar la capacidad productiva dada a través del desarrollo de rutinas diarias que se incrustan en el conocimiento, las habilidades y los sistemas técnicos en un momento dado.
<b>Capacidades de Gestión</b>	La habilidad de transformar los resultados de desarrollo de tecnología en las operaciones coherentes y arreglos de transacción.
<b>Capacidades de Transacción</b>	La habilidad de reducir los costos de comercialización, la subcontratación, la negociación, la logística y los costos de la entrega; En otras palabras, los costos de transacción.

Fuente: Zawislak *et al.* (2012)

### **3. Capacidad para el desarrollo tecnológico**

Desde inicios de los años 80, las capacidades tecnológicas han sido definidas como la capacidad o habilidad para hacer uso efectivo del conocimiento tecnológico (Westphal, Kim, y Dahlman, 1985) y como las capacidades necesarias para generar y gestionar cambio técnico (Bell y Pavitt, 1995). Las capacidades tecnológicas no son inherentes al conocimiento que una empresa posee, sino en la forma en la que ésta la utiliza y del dominio de su uso en la producción, la inversión y la innovación.

La capacidad de desarrollo de la tecnología permite a la empresa elegir y utilizar la tecnología con fines estratégicos (May Gomel y Sbragia, 2011) para crear nuevos métodos, procesos y técnicas y, sobre todo, a ofrecer nuevos productos. El supuesto básico es que la capacidad de desarrollo de la tecnología es el resultado del proceso de aprendizaje a través del cual las empresas internalizan su conocimiento para producir el cambio tecnológico, en consecuencia, nuevos procesos y productos. Este proceso de aprendizaje puede implicar la adquisición, imitación, adaptación.

El investigador Guardarraya indica que “las capacidades tecnológicas se asocian con las habilidades para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico en la producción, la ingeniería y la innovación, con el fin de mantener la competitividad y la eficiencia” (Guardarrama, 2006, p 7), menciona también que estas permiten asimilar, emplear, adaptar y modificar las tecnologías existentes. (Kim, 1999) menciona que además estas capacidades permitirían crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y nuevos procesos de producción que respondan al cambiante entorno económico. En esa misma línea, Bell y Pavitt (1995) indican respecto a las capacidades tecnológicas que son los recursos necesarios para generar y administrar el cambio técnico e incluye tanto habilidades como conocimiento y experiencia, una estructura y vínculos institucionales.

Por otro lado, factores como la trayectoria tecnológica, la cual tiene vínculos directos con la historia de la empresa, tales como negocios previos, estrategia gerencial seguida, la evolución de la organización en I+D, las políticas gubernamentales y las relaciones con otras empresas e instituciones afectan el proceso de construcción y acumulación de capacidades tecnológicas. De la misma forma es afectada por factores relacionados con el presente, tales como las relaciones entre sistemas, componentes clave y tecnologías genéricas. Esto lleva a la idea de que las empresas aprenden a través del tiempo, acumulan conocimiento tecnológico y se comprometen progresivamente con nuevas actividades para adquirir nuevas capacidades (Dutrénit, 2000)

Para la identificación de indicadores de la capacidad de desarrollo tecnológico se revisaron entre otros, el trabajo de May Gomel y Sbragia (2011) que realiza una revisión de distintos conceptos y presenta un cuadro con indicadores que sirven para medir capacidad tecnológica. Se puede observar en la siguiente Tabla 3.

**Tabla 3: Conceptos de capacidad tecnológica evaluadas en investigaciones previas**

<b>Autor/ año</b>	Zhou e Rubenstein	Préfontaine, Sicotte e Gagnon	Furtado	Costa e Cunha	Hasenclever e Cassiolato	Figueiredo
<b>Indicador</b>	1986	1992	1994	1994 e 2001	1998	2004
<b>Infraestructura</b>	Conocimiento específico	Capacidades tecnológicas	Capacidades de producción	Intensidad automatización industrial, nivel de fuerza tecnológica competitiva	tecnología	Sistemas técnicos físicos
<b>Capacidad del personal involucrado con la I+D</b>	Variedad de habilidades técnicas individuales	Capacidades organizacionales	Capacidad del Recurso Humano	Número de funcionarios en I+D	Habilidades individuales	Conocimiento y calificación de las personas
<b>Procesos productivos</b>	Arreglos de habilidades	Capacidades tecnológicas	Capacidades de producción	Nivel jerárquico del sector de I+D	Capacidades organizacionales	Sistema organizacional de productos y servicios
<b>Inversión en I+D</b>	Ideas	Capacidades tecnológicas	Capacidades en I+D	% facturación asociado a la I+D, capacidad de generar tecnología	tecnología	Sistema organizacional

Fuente: May Gomel y Sbragia (2011).

**Tabla 3: Conceptos de capacidad tecnológica evaluadas en investigaciones previas**

Autor/ año	Zhou e Rubenstein	Préfontaine, Sicotte e Gagnon	Furtado	Costa e Cunha	Hasenclever e Cassiolato	Figueiredo
<b>Fuentes externas de Adquisición de tecnología</b>	---	Capacidades de interface	Capacidades del proyecto	Capacidad de absorber tecnología del ambiente	---	---
<b>Resultados alcanzados</b>	--	Capacidades tecnológicas	Capacidades en I+D	% de productos que utilizan tecnología desarrollada en la empresa	Capacidades organizacionales	Productos y servicios

Fuente: May Gomel y Sbragia (2011).

En este sentido, la identificación de variables que califican la capacidad tecnológica es crítica. A los efectos de este estudio, se consideraron los siguientes indicadores: la infraestructura disponible, la inversión en I + D realizado, los procesos establecidos, la capacitación de los recursos humanos, redes externas establecidas y los resultados obtenidos.

El investigador Torres hace referencia a Lall (1992) indicando que este “considera que las capacidades tecnológicas a nivel nacional en los países en desarrollo, no son simplemente la suma de las capacidades de las firmas desarrolladas de manera aislada, sino que importan los vínculos y las sinergias entre capacidades de firmas individuales” (Torres Vargas, 2006, p.16). Además hace referencia a tres elementos que interactúan entre sí: capacidades, incentivos e instituciones, donde las capacidades se refieren a la inversión física, capital humano, y el esfuerzo tecnológico y los incentivos pueden ser macroeconómicos, derivados de la competencia doméstica e internacional, y derivados de los mercados de factores (mercados de trabajo y de capital).

## **4. Gestión de la Biotecnología y Biodiversidad**

En esta sección se incluyen los conceptos de Biotecnología, Biodiversidad y Bioeconomía como tres elementos clave que interactúan para dar posibilidades de desarrollo económico al país, pues permitirían el aprovechamiento sostenible de sus recursos y conocimientos, pues si bien Perú es un país rico en biodiversidad, el verdadera valorización se da a través de la biotecnología, es decir de la aplicación del conocimiento para su aprovechamiento sostenible.

### **4.1. Definición de Biotecnología y sus aplicaciones**

El Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas define la biotecnología como "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (Naciones Unidas, 1992, p. 3). Sin embargo, en los últimos años se ha utilizado el término "biotecnología moderna" para referirse sólo al empleo de la tecnología del ADN recombinante ("ingeniería genética"). Según Gutiérrez (2007), este concepto utilizado en el Protocolo de Cartagena y en la Ley 27104, ley de prevención de riesgos derivados del uso de la Biotecnología, no es conveniente, pues es limitado y causa confusión cuando se pretende generar políticas de desarrollo productivo aplicables a todos los sectores de un país como el Perú cuyo principal problema es la falta de trabajo. Al ser una actividad transversal a distintas disciplinas tiene múltiples aplicaciones y es importante que un país se posicione respecto a una caracterización específica.

Como un modo práctico se presenta en la siguiente Tabla 4, la clasificación que utilizó el proyecto "Impulsa Biotecnología" de la República Dominicana, modificada de la clasificación de Da Silva (2004) que da una idea de las áreas de aplicación de las actividades biotecnológicas. Esta forma organización permite entender los campos de intervención de esta tecnología aplicada.

### **4.2. Valorización de la Biodiversidad a través de la Biotecnología**

El Perú es un país mega diverso con una extraordinaria variabilidad ecosistémica, específica y genética y además es el octavo país en el mundo en número de especies, "es además uno de los mayores centros mundiales de recursos genéticos, con unas 182 especies de plantas y 5 de animales domesticados, y es reconocido como uno de los centros de origen de la agricultura y de la ganadería" (CONCYTEC, 2015, p. 20). El informe de Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad

llevado a cabo por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) menciona que una de las principales oportunidades económicas se encuentra en los genes que posee nuestra biodiversidad y que “depende en gran medida de su adecuada valorización” (CAF, 2005, p. 13).

**Tabla 4: Clasificación de las actividades biotecnológicas por colores**

<b>COLOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>BLANCA</b>	Mejora de procesos industriales, bioindustriales, bioprocesos, bioplástico, bioenergía, cultivos celulares
<b>VERDE</b>	Mejora de los cultivos, clonación vegetal, Biofertilizantes, biopesticidas, plantas que producen nuevos compuestos (fármacos, vacunas
<b>GRIS</b>	Soluciones para el ambiente, limpieza de contaminantes, biofiltros, biorremediación, biolixiviación
<b>MARRÓN</b>	Fármacos veterinarios, vacunas, pruebas de diagnóstico, clonación, biofactorías.
<b>AZUL</b>	Nuevos productos de la biodiversidad marina como cosméticos, fármacos, alimentos
<b>VIOLETA O PÚRPURA</b>	Bioseguridad, propiedad intelectual, patentes
<b>ROJA</b>	Genómica, terapia génica, huellas de ADN, kits de diagnóstico, vacunas.
<b>DORADA</b>	Nanorobots, nanocapsulas, biosensores, metagenómica, bases de datos de ADN
<b>AMARILLA o de Alimentos</b>	Nuevos y mejores alimentos, técnicas para asegurar la calidad e inocuidad, alimentos funcionales.

Fuente: Proyecto “Impulsa Biotecnología” de la República Dominicana (2006).

Respecto a esto, se puede decir que una valorización sostenible de la biodiversidad debe ir de la mano de una capacidad negociadora, la cual en conjunto contribuye a convertir la ventaja comparativa y competitiva para el desarrollo sostenible. Para entender un poco el potencial económico de los genes, Gutiérrez (2007) realiza un cálculo a modo de ejemplo:

Se ha calculado la existencia de 283 millones de genes. Asumiendo que sólo el 1 por ciento de estos genes sea de utilidad y que éstos puedan ser considerados como “bonos genéticos” a un valor de US\$5 millones por gen (valor sólo para el ejemplo), representaría US\$14 billones. En un escenario de comercio internacional de genes y en depósitos a plazo fijo a una tasa de

interés anual de 5 por ciento, esto daría un rédito de ¡US\$700,000 millones/año de intereses!  
(Gutiérrez, 2007, p. 26)

Este ejercicio de valorización económica del potencial genético hace reflexionar sobre el hecho de que mucho del conocimiento no es aprovechado a través de la biotecnología y que es necesario que el conocimiento local de las comunidades se valide a través de ensayos, identificación de moléculas a través tecnologías químicas analíticas modernas (CAF, 2005).

### **4.3. Bioeconomía**

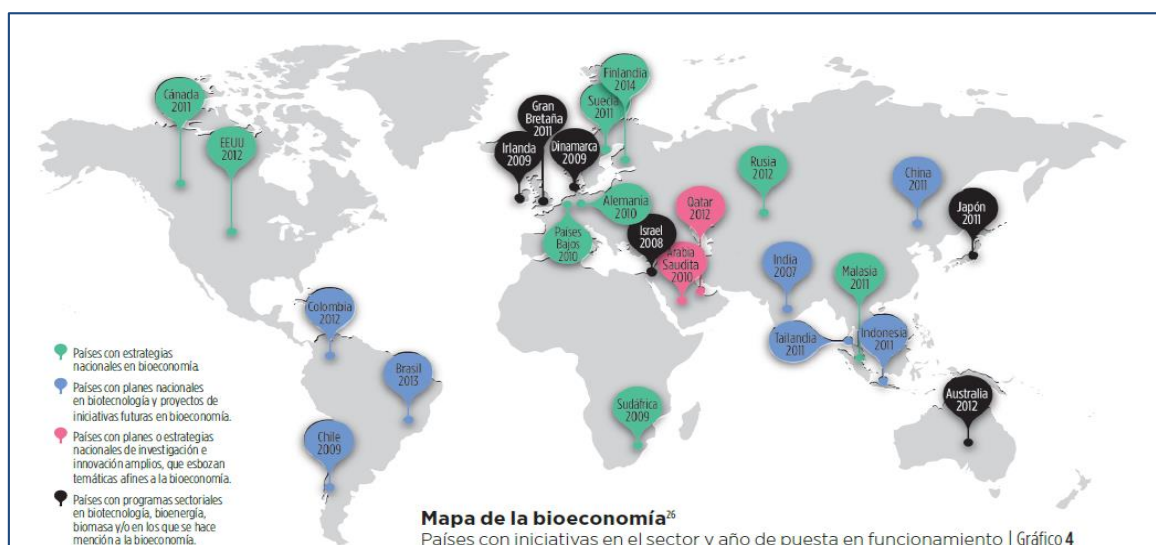
Fuchs & Anlló (2013), mencionan que no es difícil observar la relación directa que existe entre los países con una economía sólida basada en la gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y su respectivo componente biotecnológico, lo que lleva a entender que esta constituye un campo del conocimiento muy atractivo a ser desarrollado en el país. La adecuada incorporación de este sector en la economía nacional no sólo desencadena un abanico de oportunidades sino que además constituye uno de los pilares del nuevo desarrollo económico. En este contexto aparece el concepto de Bioeconomía, que es definido como “una economía basada en la biotecnología que usa materias primas renovables, particularmente la biomasa y sus genes, para producir productos y energía al menor costo ambiental, generando y trabajo” (Gutiérrez, 2012, pp. 26,27). Por otro lado Schmid et al (2012) relaciona el concepto con la conversión de la biomasa, para una gama de alimentos, salud, fibra otros productos industriales y energía.

La Bioeconomía es un sector en constante crecimiento y cuenta con un enorme potencial para abordar los mayores desafíos globales como la degradación ambiental y el cambio climático principalmente. Según la OCDE (2009), su emergencia probablemente incluye tres elementos: el uso de tecnologías avanzadas en el conocimiento de los genes y los procesos celulares complejos para desarrollar nuevos procesos y productos, el uso renovable y eficiente de biomasa en bioprocesos para apoyar la producción sostenible y por último, la integración de los conocimiento en biotecnología y sus aplicaciones en todos los sectores.

Para Latinoamérica y el Caribe, la bioeconomía representa una gran oportunidad de aprovechamiento de su biodiversidad de manera sostenible y podría posicionarnos en la economía mundial. Resulta prioritario que los gobiernos de la región tomen las medidas adecuadas para guiar

las acciones en la dirección correcta y de esta forma poder aprovechar todas las oportunidades que la bioeconomía puede ofrecer. Como se observa en la figura 3, existe un gran avance a nivel mundial en cuanto a las iniciativas en el sector. Los países con mayor avance en gestión y que cuentan con programas sectoriales determinados en los que se hace mención a la bioeconomía son: Irlanda, Gran Bretaña, Dinamarca, Israel y Australia. A nivel regional resaltan Colombia, Chile y Brasil quienes desde hace algunos años cuentan con planes nacionales en Biotecnología y algunos proyectos de iniciativas futuras. Perú aún no figura en el mapa pero tiene planificado para este 2016 la presentación de su Plan Nacional de Biotecnología en el marco de los Programas Transversales de CTI como un primer esfuerzo por plantear prioridades en el sector.

**Figura 3: Mapa de la bioeconomía: 2008-2014**



Fuente: Bisang & Anlló (2015)

A pesar de que los países de la región cuentan con una serie de precondiciones altamente favorables para el desarrollo de la bioeconomía (reservorio de biodiversidad y grandes plataformas mundiales de producción de biomasa: llanuras de las pampas, bosques amazónicos, aguas oceánicas y cuencas hídricas), el tema tiene escasa relevancia, pues no existen mayores documentos estratégicos nacionales, ni políticas abarcativas, más allá de la presencia de sistemas de promoción, regulación y control de una amplia gama de actividades que se encuadran dentro de esta temática como legislaciones de promoción a la biotecnología, los biocombustibles, la farmoquímica, entre otras, pero

sin estar articuladas desde una perspectiva que ubique a la bioeconomía como una estrategia de desarrollo que complemente y fortalezca la matriz productiva existente.

**Tabla 5: Latinoamérica: Empresas, sectores e ingresos por actividades en biotecnología**

	Brasil	México	Argentina	Chile	Colombia
<b>Empresas de biotecnología totales</b>	<b>237</b>	<b>375</b>	<b>178</b>	<b>201</b>	<b>153</b>
<b>PRINCIPALES SECTORES</b>					
Salud y diagnóstico humano	39.7%	36%	Segundo principal	27%	5%
Salud animal	14.3%				
Reactivos	13.1%				
Agricultura y agroindustria	9.7%	21%	Principal segmento	41%	38%
Medio ambiente y bioenergía	14.8%			32%	8%
Alimentos		14%			33%
Otros					16%

Fuentes: Brasil: BrBiotec, 2011; México: Bolívar Zapata, 2003 y “Situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo, 2010; Argentina: Bisang, 2014; Chile, 2012; Colombia: Buitrago Hurtado, 2012, Citado por Bisang & Anlló (2015).

En este capítulo se puede concluir que la etapa estratégica de los procesos de innovación permite identificar las prioridades de intervención para las organizaciones, de modo que los esfuerzos y recursos sean bien direccionados y logren el cumplimiento de los objetivos planteados. Las Agendas IDI son un instrumento que permiten establecer hojas de ruta a partir de las prioridades establecidas y facilitan la identificación de proyectos específicos.

Por otro lado, como uno de los criterios de evaluación para el proceso de priorización se consideró el criterio de capacidad para la innovación. Se resalta que al momento de revisar los criterios, factores o variables que utilizan distintos autores para evaluar la capacidad de la innovación se encontraron dos importantes enfoques, el primero que es orientado a la identificación de capacidades de innovación al interior de las firmas y el segundo orientado a la identificación de la capacidad de innovación a nivel de sistemas nacionales.

Finalmente los conceptos de biodiversidad y bioeconomía se integran para abrir el tema de la biotecnología como sector y dan el marco para indagar sobre el estado de la investigación en el tema a nivel nacional y de las perspectivas futuras y demandas mundiales. Estos puntos serán abordados en el capítulo 2.

## **CAPÍTULO 2: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ, PERIODO 2010-2015**

Luego de revisar el marco teórico y describir los principales conceptos sobre la capacidad de innovación, capacidad para el desarrollo tecnológico, biotecnología, biodiversidad y bioeconomía, en este capítulo se presenta el marco contextual de la investigación en biotecnología a nivel nacional. En este marco se hace referencia a los principales hallazgos relacionados con la producción científica, los proyectos de investigación, desarrollo e innovación desde los fondos públicos, a la identificación de las principales líneas de investigación desde las instituciones públicas y de las principales tendencias al 2030.

### **1. Análisis de Marco Nacional de la Biotecnología**

Para el análisis del Marco Nacional se realizará una revisión de los avances en normativa, del desarrollo del capital humano, que incluye el avance de patentes, de inversión y de establecimiento de alianzas estratégicas con instituciones de investigación y desarrollo a nivel internacional. En los últimos 5 años no se han realizado muchos estudios que evalúen cuantitativamente variables del sistema del sector biotecnología a nivel nacional. Sin embargo se pueden mencionar dos estudios regionales importantes que incluyeron al Perú: La Biotecnología Agropecuaria en América Latina, una visión cuantitativa, estudio desarrollado por el Instituto Internacional de Investigación sobre políticas alimentarias (IFPRI) en el año 2006 y el estudio desarrollado por la CAF sobre Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad en el año 2005.

#### **1.1. Avances en la normativa Nacional y Regional en materia de Biotecnología**

Uno de los principales desafíos para el tema normativo en biotecnología es trabajar el tema de la propiedad intelectual y determinar lo que es patentable o no. En la actualidad las capacidades de gestión en propiedad intelectual no se encuentran muy desarrolladas y hay una ausencia de políticas de propiedad intelectual en instituciones de investigación. Un desarrollo de la biotecnología

a nivel nacional exigirá un clarificación y amplia disseminación del alcance del marco legal, así como el desarrollo de capacidades de INDECOPI (ONU, 2011).

Otro aspecto sumamente clave es la bioseguridad. En Perú su regulación está dada a través de la Ley 27104 “Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología”, aprobada en octubre de 2002. Existe en este tema y en la utilización de organismos genéticamente modificados (OGM) una alta sensibilidad de la opinión pública que se formalizó con la Ley 29811, Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años. Por otro lado, se identifica además que a pesar de contar con una Política Nacional de Bioseguridad, aún los principales órganos supervisores no cuentan en la actualidad con la infraestructura específica ni con el personal suficiente que les permita realiza tales funciones, por esto es sumamente necesario fortalecer tales capacidades. (CAF, 2005)

A continuación se presenta un cuadro que permite resumir el avance normativo nacional en biotecnología y recursos genéticos.

**Tabla 6: Perú: Avance normativo en Biotecnología y recursos genéticos, 1993-2015**

Año	Documento
1993	Decisión 345.Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales. Comisión de la Comunidad Andina. Acuerdo de Cartagena.
1996	Decreto Supremo 008-96-ITINCI. Reglamento de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales.
	Decisión CAN – 391.Régimen Común sobre acceso a los recursos genéticos
1997	Ley 26839.Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica.
1999	Ley 27104. Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la Biotecnología.
2001	Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica del Perú –ENDB, mediante Decreto Supremo 102-2001-PCM.
2002	Decreto Supremo 108-2002-PCM. Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología.

Adaptado de: CONCYTEC (2012), INIA (2015), UNCTAD (2011), MINAM (2014)

**Tabla 6: Perú: Avance normativo en Biotecnología y recursos genéticos, 1993-2015**

Año	Documento
2002	Ley 27811. Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos, y sus modificaciones (Ley 28187 y Decreto Legislativo 1029).
2003	Decreto Supremo 012-2003-RE Ratificación del tratado Internacional sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura mediante.
2004	Ley 28245.Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
2005	Ley 28477.Ley que Declara a los Cultivos, Crianzas Nativas y Especies Silvestres usufructuadas patrimonio natural de la nación.
	Ley 28611.Ley General del Ambiente.
2008	Reglamento R.M.087-2008
2009	Reglamento de Acceso a Recursos Genéticos D.S. 009-2009-MINAM.
2011	Ley 29811. Ley de Moratoria al ingreso y producción de organismos y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional

Adaptado de: CONCYTEC (2012), INIA (2015), UNCTAD (2011), MINAM (2014)

## 1.2. Capacidades en Biotecnología

En esta sección se realiza una revisión de algunos indicadores que permiten conocer el estado actual del Perú en cuanto a capacidad de recursos humanos, infraestructura y financiamiento. Estas capacidades fueron complementadas con los resultados de evaluación cualitativa obtenida a través de la encuesta realizada a los especialistas en biotecnología.

### 1.2.1. Capacidad de Recursos Humanos

Una de las principales capacidades para el desarrollo de la biotecnología es el fortalecimiento del capital humano, su formación, producción científica y nivel de colaboración. Según la plataforma del Directorio Nacional de Investigadores e Innovadores (DINA), se registran a la fecha más de 1900 profesionales involucrados con la biotecnología agrícola, ambiental, industrial, en salud y bioinformática, tal como se observa en la Tabla 7. Las disciplinas de bioquímica y biología molecular y biotecnología agrícola son aquellas que registran mayor número de investigadores y las de menor

registro se encuentran relacionados a temas de bioética y biomateriales aplicado a la medicina así como Tecnología MG (Sembrados y ganado), clonamiento, selección asistida, diagnóstico.

Por otro lado, también se puede observar que algunos de los profesionales, si bien están inscritos en el registro nacional, no radican en el Perú. Sin embargo es interesante identificarlos pues de alguna forma están o estuvieron relacionados con alguna universidad, proyecto o empresa nacional.

Según el informe de CONCYTEC (2014) sobre los principales indicadores bibliométricos de la actividad científica del Perú 2006-2011, se muestra un alto nivel de colaboración internacional (72,2% en el período 2008-2011). No obstante, en los tres períodos comparados muestra un leve descenso. En cuanto a la colaboración en investigación, en la Tabla 7, se observa que Medicina es el campo científico que concentra la mayor parte del esfuerzo investigador nacional y cuenta con un patrón de colaboración internacional de 46%. Por otro lado Bioquímica, Genética y Biología Molecular, Agricultura y Ciencias Biológicas y Ciencia Ambiental, tienen un alto patrón de colaboración internacional son las áreas con mayor colaboración internacional y están cercanos a 80%. Estos números reflejan que si bien, hay un trabajo de investigación, el patrón de colaboración a su vez es bastante alto, lo que se debe a que muchas de estas investigaciones son dirigidas por organizaciones internacionales, donde el investigador peruano, realiza una etapa inicial o de envío de muestra.

**Tabla 6: Perú: Número de profesionales involucrados con la investigación en Biotecnología**

Área OCDE	Ciencias agrícolas			Ciencias médicas y de la salud					
Sub área OCDE	Biotecnología agrícola			Biotecnología en salud					
Disciplina OCDE	Biotecnología agrícola y de alimentos	Tecnología MG, clonamiento, selección asistida, diagnóstico	Ética relacionada a la Biotecnología Agrícola	Biotecnología relacionada con la salud	Tecnología para la manipulación de células, tejidos, órganos o el organismo	Tecnología para la identificación y funcionamiento del ADN, proteínas y enzimas	Biomateriales (relacionados con implantes, dispositivos, sensores)	Ética relacionada a la biomedicina	
Doctores <sup>1</sup>	137	18	4	96	26	88	26	8	
Magister	157	20	12	124	34	79	18	10	
Total	294	38	16	220	60	167	44	18	
Área OCDE	Ciencias Naturales			Ingeniería y Tecnología					
Sub área OCDE	Computación y ciencias de la información	Ciencias biológicas		Biotecnología ambiental			Biotecnología industrial		
Disciplina OCDE	Ciencias de la información y bioinformática	Bioquímica y biología molecular	Genética y herencia	Biotecnología ambiental	Biorremediación, Biotecnología para el diagnóstico (chips, ADN y biosensores) en manejo ambiental	Ética relacionada con Biotecnología ambiental	Biotecnología industrial	Tecnologías de bioprocesamiento, biocatálisis, fermentación	Bioproductos, biomateriales, bioplásticos, biocombustibles, materiales nuevos, bioderivados, químicos
Doctores	40	211	90	40	27	1	24	35	35
Magister	43	214	80	79	33	8	35	40	46
Total	83	425	170	119	60	9	59	75	81

Adaptado de: Base de datos del DINA (2015)

<sup>1</sup>. Cabe resaltar que el número, tanto de doctores como magísteres registrados, no son necesariamente en Biotecnología, por lo que la tabla sólo es referencial para identificar aquellas disciplinas de mayor concentración de investigadores relacionados con el tema.

**Tabla 7: Perú: Patrones de colaboración por áreas temáticas, periodo 2006-2011**

Área Temática	Internacional	Internacional y Nacional	Nacional	Sin colaboración
Medicina	46%	17%	10%	27%
Agricultura y Ciencias Biológicas	76%	10%	3%	11%
Inmunología y Microbiología	57%	31%	4%	7%
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	67%	15%	3%	15%
Ciencia Ambiental	80%	11%	2%	7%
Física y Astronomía	80%	3%	5%	12%
Ingeniería	73%	2%	2%	23%
Farmacología, Toxicología y Farmacia	64%	30%	1%	6%
Ciencia de los Materiales	79%	4%	3%	15%

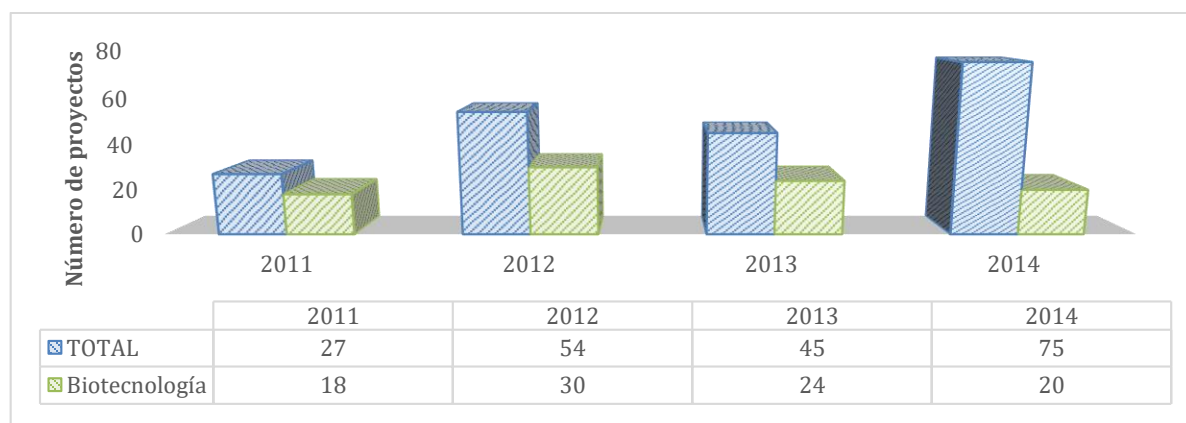
Fuente: Scimago Journal and Country Rank. Fuente de datos. Scopus. Citado por CONCYTEC (2015).

### ***1.2.2. Inversión en Investigación y Desarrollo***

La inversión en Biotecnología en el Perú viene dada principalmente por instrumentos públicos a través del FONDECYT, fondo administrado por el CONCYTEC y del FINCyT y FIDECOM, hoy parte del programa INNÓVATE PERÚ; también a través de fondos sectoriales y de la cooperación internacional. Estos últimos han ayudado principalmente en la implementación de laboratorios y en el financiamiento de proyectos de largo alcance. En el estudio del Flack *et al* (2009) por ejemplo, se identificaron las alianzas estratégicas con instituciones de avanzadas, donde se observa que Perú supera las 100 alianzas, con lo que llega a ser el cuarto país con más alianzas en la región. Cabe recalcar que la mayoría de estas alianzas estratégica se han dado con instituciones públicas, principalmente universidades extranjeras.

Desde el lado del financiamiento nacional, es de suma importancia conocer el número de proyectos desarrollados y financiados tanto por el sector público como privado. En la Figura 6, se observa que los proyectos en Biotecnología llegaron a ser 92 de un total de 201 financiados en el periodo 2011-2014 por el FONDECYT.

**Figura 4: FONDECYT: Proyectos financiados en Biotecnología, periodo 2011-2014**



Fuente: Base de datos (CONCYTEC, 2015)

Como se observa en el gráfico, si bien el total de proyectos financiados por este fondo ha venido en aumento (201 en total a la fecha), el número de proyectos en Biotecnología aún tiene un comportamiento no estable ni tendencial (92). Estos proyectos representan un 45% de los proyectos financiados por el fondo.

Por otro lado, el FINCYT a través de su financiamiento para proyectos de Investigación Aplicada e Investigación Básica, ha cofinanciado 33 proyectos de investigación aplicada y 39 proyectos en investigación básica entre los años 2013 y 2014. También se financiaron 2 proyectos de equipamiento de laboratorio. En ambos años, los proyectos de biotecnología financiados representan el 26.3 %, del total de proyectos financiados y que se encuentran directamente relacionadas con investigación. Para las convocatorias de innovación, el número de proyectos en temas de biotecnología es mínimo.

**Tabla 8: FINCYT: Proyectos cofinanciados para Biotecnología, periodo 2013-2014**

Año	Investigación Aplicada	Total de proyectos	Investigación Básica	Total de proyectos	Equipamiento de Laboratorio	Total de proyectos
2013	13	80	21	37	1	10
2014	20	121	18	27	1	6

Adaptado de: Base de datos FINCYT (2016).Elaboración propia.

Para el caso de los proyectos financiados por el FONDECYT, si analizamos por tipo de convocatoria, se puede observar que la mayoría de estos proyectos se financian a través de los fondos “Proyectos en Investigación en Ciencia y Tecnología”, “Proyectos de Investigación

Básica/Aplicada” y “Proyectos de Investigación Postdoctoral”, tal como se puede observar en la Tabla 10.

**Tabla 9: FONDECYT: Proyectos en biotecnología por tipo de convocatoria, periodo 2011-2014**

Tipo de Proyecto/ Subvención	2011	2012	2013	2014	Total
Proyectos en Áreas Prioritarias			7		7
Proyectos de Investigación Postdoctoral			14		14
Subvenciones Especiales		5	3	3	11
Ideas Audaces				1	1
Centros de Excelencia				1	1
Círculos de Investigación				4	4
Proyectos de Investigación Básica/Aplicada		6		11	17
Proyectos en Investigación en Ciencia y Tecnología (PROCYT)	18	19			37
<b>Total</b>	18	30	24	20	92

Fuente: Base de datos CONYTEC (2015)

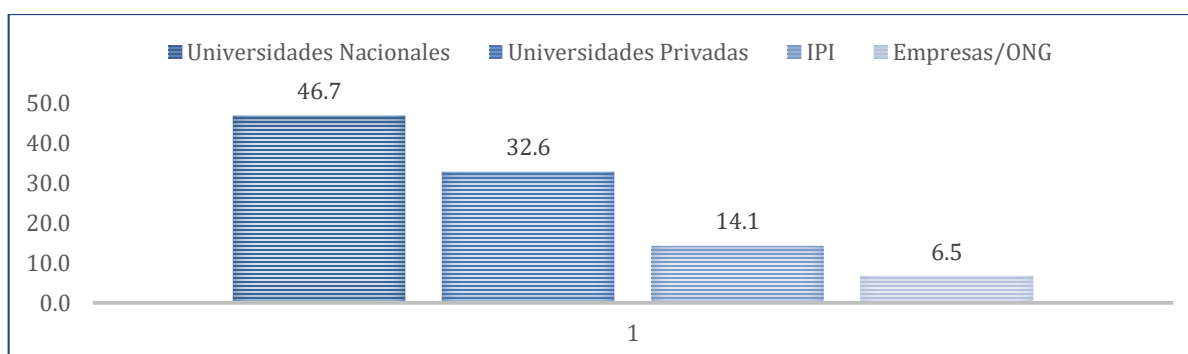
También es importante identificar ¿cuáles son las principales instituciones que lideras o solicitan los proyectos? En la siguiente tabla se observa el porcentaje de proyectos que son solicitados tanto por Universidades Nacionales, particulares, IPI y Empresas/ ONGs.

**Tabla 10: FONDECYT: Proyectos en biotecnología por tipo de institución solicitante, periodo 2011-2014**

Institución	Porcentaje de proyectos
Universidades Nacionales	46.7 %
Universidades Privadas	32.6%
IPI	14.1%
Empresas/ONG	6.5%

Fuente: Base de datos CONYTEC (2015)

**Figura 5: Proyectos financiados en Biotecnología por tipo de institución solicitante, periodo 2011-2014**



Fuente: Base de datos CONYTEC (2015)

El financiamiento asociado a los recursos humanos se viene dando a través de los programas de maestrías y doctorados. El año 2013 y 2015, CONCYTEC ha financiado 2 maestrías en universidades peruanas cada año, en la Universidad Nacional de Tumbes y en la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Por otro lado, como se observa en la Tabla 12, se han financiado entre el 2011 y 2015, 18 becas de doctorado y 19 de maestría en Biotecnología.

**Tabla 11: FONDECYT: Financiamiento en programas de postgrado en Biotecnología, Periodo 2011-2015**

Año	Doctorado	Maestría			Pablo Neruda
	Becas y programas de postgrado	Becas de postgrado en universidades peruanas	Becas asociadas a cátedras	Programas de Maestría en Universidades Peruanas	Programa Iberoamericano Pablo Neruda
2011	6	7	8		
2012	0		0		1
2013	0	2	0	2	1
2014	12		0		
2015		2	0	2	
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

Fuente: Base de datos CONCYTEC (2015). Elaboración propia.

Otras actividades que se financian desde el año 2014, a través del FONDECYT son las actividades de “Eventos y Publicaciones”. Con respecto a eventos de Biotecnología se han invertido más de cien millones soles a la fecha.

**Tabla 12: Eventos en Biotecnología financiados en el 2014**

Año de Aprobación de la subvención	subvención	Región de procedencia del subvencionado	Entidad ejecutora	Importe total aportado por FONDECYT según convenio
2014	Eventos	Arequipa	Universidad Católica De Santa María	7,000.00
2014	Eventos	Lima	Universidad Nacional Mayor De San Marcos	7,000.00
2014	Eventos	Lima	Universidad Nacional Agraria La Molina	16,000.00
2014	Eventos	Lima	Pontificia Universidad Católica Del Perú	45,000.00
2014	Eventos	Lima	Universidad Nacional Mayor De San Marcos	35,000.00

Fuente: Base de datos CONCYTEC (2015). Elaboración propia

## **2. Áreas temáticas y líneas de investigación relevantes para el desarrollo de la Amazonía**

A nivel nacional no se han realizado muchos ejercicios para identificar líneas prioritarias de investigación en biotecnología, por lo cual, para ampliar el número de las líneas potenciales de investigación se revisarán agendas relacionados a la conservación de la biodiversidad, seguridad alimentaria y desarrollo de una industria sostenible, dado que es un tema muy relevante para el desarrollo de la Amazonía.

### **A. Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) en Biotecnología para la seguridad alimentaria y nutrición, la valorización de la biodiversidad y la salud humana 2013 – 2016**

CONCYTEC, entiende a la biotecnología como una actividad multidisciplinaria, donde participan algunos aspectos de la biología, de la química, y de la ingeniería de sistemas y de procesos, ofreciendo soluciones económicas en todos los sectores, teniendo por tanto una importancia estratégica para el desarrollo nacional” (CONCYTEC, 2013, p.4 ). Su aplicación en nuestro país está relacionada con cinco de los siete sectores productivos prioritarios seleccionados en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006-2021 (Agropecuario, agroindustrial, Pesca y Acuicultura,

Minería y Metalurgia, Forestal, y Energía) y tres de los cuatro sectores sociales prioritarios (Salud, Educación, y Vivienda y Saneamiento).

Asimismo, han hecho un esfuerzo por identificar áreas prioritarias y líneas de investigación priorizadas a partir de las áreas de mayor actividad en el país como se observa en la Tabla 12.

**Tabla 13: Perú: Áreas temáticas en biotecnología con mayor actividad en el país**

1. Animal y vegetal	Mejoramiento	Marcadores para selección asistida
		Reproducción controlada
2. Microorganismos (Microbiota)	Animal y vegetal	Biofertilizantes y probióticos
		Control de plagas y enfermedades
	Salud Humana	Diagnóstico, pronosis, tratamiento, nutrición
		Remediación
Ambiental	Biocombustibles y suplementos alimenticios a partir de desechos orgánicos	
3. Moléculas	Nutraceuticos	
	Cosmeceuticos	
	Fertilizantes	
	Drogas y principios activos	
	Biomateriales	
4. Salud humana y animal	Antígenos	Vacunas
		Pruebas de diagnóstico
	Reconstrucción de tejidos	

Fuente: CONCYTEC. Presentación 18 de diciembre del 2015

Se plantearon como principales objetivos el desarrollo de biotecnología lo siguiente: a) el **mejoramiento animal y vegetal** para el desarrollo de nuevas variedades/genotipos en plantas y animales a través de la biotecnología; b) en **microorganismos** para el aprovechamiento biotecnológico de microbiota para aplicaciones diversas; c) **en moléculas** para la purificación y caracterización estructural y funcional de moléculas para usos diversos, a través de la biotecnología y d. en **salud animal y humana** para el desarrollo de insumos para servicios de salud a través de la biotecnología como vacunas, pruebas de diagnóstico y reconstrucción de tejidos.

## B. Agenda de Investigación Ambiental 2013 - 2021

La Agenda de Investigación Ambiental es el instrumento más importante del sector ambiente, su relevancia para la investigación actual se debe a que uno de sus dos ejes está relacionado a la conservación de la biodiversidad. El eje temático 1 tiene dieciocho líneas de investigación que se presentan en la siguiente Tabla 15:

**Tabla 14: Líneas de investigación del eje temático de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, periodo 2013-2021**

Componente	Áreas Temáticas	Líneas de Investigación
Diversidad biológica	Conservación de la diversidad biológica	Determinación, evaluación y categorización de especies de flora y fauna silvestre amenazadas y presionadas por actividades socioeconómicas
	Recursos genéticos	Desarrollo y evaluación de técnicas de conservación de semillas silvestres
Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales	Valoración económica del patrimonio natural	Estimación del valor económico de los ecosistemas por tipo y categoría de servicios ecosistémicos priorizados
		Valoración de los servicios ecosistémicos del corredor minero del país
	Valoración cultural del patrimonio natural	Evaluación de la percepción de las comunidades nativas y campesinas sobre el patrimonio natural y su aprovechamiento.
Minería y energía	Minería	Desarrollo y evaluación de tecnologías limpias en la actividad minera para minimizar los riesgos e impactos ambientales
	Energía	Desarrollo y evaluación de tecnologías para la eficiencia energética para zonas urbanas y rurales
Bosques	Reforestación y recuperación de áreas degradadas	Desarrollo de tecnologías de producción de semilla de especies amenazadas
Ecosistemas marino-costeros	Biodiversidad marino-costera	Impacto de las actividades económicas en el ecosistema marino
Recursos hídricos y suelos	Recursos hídricos	Evaluación de la disponibilidad, demanda y calidad de agua de cuencas del país
		Evaluación y monitoreo del uso de los recursos hídricos
	Suelos	Desarrollo de tecnologías que permitan la recuperación de suelos degradados

Fuente: MINAM (2013).

**Tabla 15: Líneas de investigación del eje temático de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, periodo 2013-2021**

Componente	Áreas Temáticas	Líneas de Investigación
Cambio Climático	Predicción del cambio climático	Desarrollo y validación de modelos atmosféricos de alta resolución y métodos empíricos para regionalización de escenarios climáticos a diversas escalas espaciales
	Mitigación de gases de efecto invernadero	Modelamiento y valoración de la dinámica de gases de efecto invernadero en ecosistemas con potencial de créditos de carbono y mercados de MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio)
	Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático	Evaluación del impacto sobre la disponibilidad y calidad de los sistemas hidrológicos por cuencas bajo diferentes escenarios de cambio climático
		Adaptación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la siembra y cosecha de agua
		Modelamiento del potencial impacto de diversos escenarios del cambio climático sobre la agro-biodiversidad y los sistemas productivos agropecuarios y forestales
		Desarrollo y transferencia de tecnologías de punta y rescate de tecnologías tradicionales para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos agrarios y forestales ante el cambio climático

Fuente: MINAM (2013).

El eje temático 2 tiene siete líneas de investigación que se presentan en la siguiente Tabla 16:

**Tabla 16: Líneas de investigación del eje temático de gestión de calidad ambiental 2013-2021**

Componente	Áreas Temáticas	Líneas de Investigación
Calidad del agua	Evaluación de la calidad del agua	Desarrollo de tecnologías de monitoreo automático de calidad del agua en zonas de mayor actividad, minera, pesquera, petrolera e industrial
		Evaluación del caudal ecológico
	Uso y tratamiento de agua	Evaluación de los sistemas de disposición final de aguas residuales en los cuerpos de agua (ríos, mares y lagos)
Calidad del aire	Evaluación de la calidad del aire	Evaluación de la calidad del aire en ciudades priorizadas
	Control de emisiones	Desarrollo de tecnologías para control de emisiones de vehículos e industrias
Residuos sólidos y peligrosos	Aprovechamiento de residuos sólidos	Evaluación de prácticas y sistemas de reciclaje de residuos sólidos
	Tratamiento de residuos sólidos y peligrosos	Desarrollo de tecnologías de tratamiento de residuos peligrosos

Fuente: MINAM (2013).

### C. Agenda de Investigación e Innovación para el Biocomercio, periodo 2012-2021

La Agenda de Investigación e Innovación para el Biocomercio 2012-2021 también tienen una relación muy cercana a la conservación de la biodiversidad, y plantea las siguientes líneas de acción presentadas en la Tabla 17, a tomar en cuenta.

**Tabla 17: Líneas de acción de la Agenda de Investigación e Innovación para el Biocomercio, periodo 2012-2021**

Componente	Áreas Temáticas	Líneas de acción
Desarrollar nuevos productos (bienes y servicios) con alto valor agregado a partir de los principales recursos posicionados del Biocomercio.	Nuevos productos	1.1. Mejoramiento integral de los procesos de transformación industrial.
		1.2. Innovación de productos con alto potencial y valor agregado.
		1.3. Repercusiones socioeconómicas del desarrollo de nuevos productos
Superar las barreras que genera la falta de conocimiento y validación de las propiedades de los principales recursos posicionados y emergentes del Biocomercio	Barreras de conocimiento y validación	2.1. Caracterización, identificación y aislamiento de los principios activos.
		2.2. Caracterización biológica, farmacológica y toxicológica.
		2.3. Validación, estandarización y dosificación de los efectos farmacológicos y toxicológicos.
		2.4. Validación de los saberes y los conocimientos tradicionales.
Desarrollar sistemas de aprovechamiento sostenible de cultivos y crías altamente productivos de los principales recursos posicionados y emergentes del Biocomercio que eviten su sobreexplotación y extinción en ambientes naturales.	Sistemas de cultivo y crianza	3.1. Propagación y reproducción masiva y estandarizada.
		3.2. Mejoramiento de las tecnologías de riego.
		3.3. Manejo agronómico y poscosecha.
		3.4. Manejo pecuario y zootecnia.
		3.5. Aprovechamiento sostenible de los ecosistemas.
Explorar potencialidades de nuevos recursos de la biodiversidad para el Biocomercio y validación de sus conocimientos tradicionales.	Nuevos recursos potenciales	4.1. Prospección de la biodiversidad (bioprospección).
		4.2. Inventario de saberes y conocimientos tradicionales.

Fuente: CONCYTEC (2012).

### 3. Tendencias en Biotecnología al 2030

Luego de revisar los informes: Bioeconomía al 2030: el diseño de una agenda política (OECD, 2009), Informe de Biología sintética de la OCDE (2009), La Biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias (OEI, 2010) y el informe de Bioeconomía del BID (2015) sobre tendencias en biotecnología, en su mayoría estudios al 2030, se identificaron algunas tendencias principales que se colocan en la Tabla 18.

Estas tendencias se incluyeron en la lista de propuestas de líneas de I+D que luego evaluaron los investigadores de modo que estas aporten una mirada global y de futuro, entendiendo que en el 2030, los mercados y prioridades de investigación pueden ser distintos a los actuales.

**Tabla 18: Aplicaciones Biotecnológicas con alta probabilidad de llegar al mercado al 2030**

N°	Aplicaciones
1	El desarrollo de terapias en base a células madres (que posteriormente se pueden reproducir para “regenerar” determinados órganos).
2	Desarrollo de aplicaciones de la nanotecnología en la medicina.
3	Investigación y desarrollo en el campo de la epigenética.
4	Incorporación de las técnicas ómicas en la medicina Clínica.
5	Aplicación de biotecnología para la producción de principios activos de diversas fuentes con fines industriales.
6	Biomasa como fuente de provisión de materia prima industrial.
7	Modificación genética de las variedades de los principales cultivos y árboles con el fin de obtener una mejor calidad de aceites, almidón y lignina.
8	Identificación genética de rasgos que permiten guiar el proceso de selección y entrecruzamiento natural, con fines de mejorar la producción de la industria pecuaria.
9	Aplicaciones biotecnológicas desde el uso y explotación del Big Data.
10	El desarrollo de la bioinformática para la identificación de genes de interés económico.
11	El desarrollo de la biología Sintética para la producción biocombustibles, vacunas y anticuerpos, plantas, enzimas industriales y productos químicos de base biológica.

**Tabla 19: Aplicaciones Biotecnológicas con alta probabilidad de llegar al mercado al 2030**

N°	Aplicaciones
12	Aplicación de la biotecnología para el tratamiento del cáncer y el desarrollo de la inmuno oncología.
13	Bioimpresión 3D de tejidos y órganos en base a la densidad celular.
14	Reproducción de órganos humanos.
15	Producción de biomateriales y nuevos tratamientos biomédicos a partir de la biología molecular.
16	Producción de productos para el tratamiento de enfermedades inmunológicas.
17	Control de bioprocesos para la glycosilación.
18	Fuentes de energía alternativa basadas en biotecnología.
19	Mejora de la seguridad y eficacia de tratamientos terapéuticos debido a la vinculación datos farmacogenéticos , la prescripción de los datos, y los resultados de salud a largo plazo
20	Identificación de factores de riesgo genético para enfermedades comunes tales como por ejemplo la artritis

En este capítulo se pudo conocer el contexto de la biotecnología a partir de la revisión de la normativa, el análisis de criterios de capital humano, así como el de financiamiento de proyectos en I+D a partir de inversión pública. A través de la revisión bibliográfica y consulta a expertos, se logró identificar una primera propuesta de líneas de I+D a desarrollar. En el siguiente capítulo, estas líneas serán sometidas a evaluación por parte de los investigadores especialistas para el establecimiento de las líneas prioritarias.

## **CAPÍTULO 3: ESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA PARA EL PERIODO 2016-2030**

El presente capítulo describirá la metodología utilizada para el proceso de identificación de las líneas de I+D en biotecnología y el establecimiento de las prioridades como propuesta para el proyecto Fab Lab Amazonas.

La metodología cualitativa pretende aportar en el proceso de investigación de trabajos similares que buscan la participación de especialistas en el campo de análisis en la priorización de líneas de investigación o proyectos específicos a partir de una evaluación de capacidades, dándoles la opción de evaluar el estado actual de dichas capacidades para el desarrollo de las líneas de I+D, así como su importancia o relevancia en función a los objetivos establecidos.

### **1. Laboratorios de Fabricación Digital**

Los Laboratorios de Fabricación Digital (Fab Lab's) es la red de laboratorios abiertos que buscan facilitar el acceso masivo a los medios modernos de invención y producción. Fue creada en el 2001 como un proyecto de extensión del Centro de Bits y Átomos (CBAMIT [cba.mit.edu](http://cba.mit.edu)) y en la actualidad su influencia se ha extendido por todo el mundo “con el fin de revolucionar el sistema industrial y dar el poder a las personas de fabricar casi cualquier cosa. Comenzaron” (Fab Foundation, 2016)

Las actividades de los Laboratorios de Fabricación Digital son muy diversas y van desde el empoderamiento tecnológico a través de la capacitación técnica para la solución de problemas locales y la incubación de pequeñas empresas de alta tecnología, hasta el desarrollo de proyectos como el desarrollo de turbinas de energía solar y eólica, redes inalámbricas de datos, instrumentación analítica para la agricultura y la salud, vivienda personalizada y prototipado rápido de máquinas; en última instancia, se busca crear ensambladores moleculares programables. (Asociación Fab Lab Perú, 2013, pp. 12-13)

Hoy, la red cuenta a con más de 200 laboratorios de innovación en más de 30 países alrededor del mundo, incluyendo Sudáfrica, cuyo primer laboratorio se implementó en el 2014 y hoy cuenta con 7 laboratorios implementados.

## **2. Proyecto Fab Lab Amazonas**

El Fab Lab Amazonas es un proyecto de laboratorio abierto que busca desarrollar investigación para la propuesta de nuevas tecnologías en respuesta a los siguientes desafíos de la Amazonía: 1) Conservación de la biodiversidad, 2) El desarrollo de una industria sostenible y 3) La seguridad alimentaria; a través de la integración de las tecnologías en fabricación digital, la biotecnología y la educación abierta.

En el 2013 la Asociación Fab Lab Perú planteó el concepto original de un Fab Lab Amazonas, es decir, un laboratorio que viajará por el río Amazonas desarrollando junto con las organizaciones de investigación y desarrollo social trabajos de investigación científica, desarrollo comunitario y programas educativos en la población. Un equipo de trabajo internacional, que comprende a Fab Lab Perú, FABLAT, las empresas Project A+, uAbureau, y otras personas interesadas sentaron las bases para la creación de un proyecto de investigación.

Actualmente el proyecto tiene como socios estratégicos a nivel nacional al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, y el respaldo institucional del Ministerio del Medio Ambiente del Perú, de la Fab Foundation, el Centro de Bits y átomos del MIT y de Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Fab Lab Amazonas está en la fase de diseño y se encuentra definiendo sus agendas de investigación en las distintas líneas de intervención para la FASE 1 a desarrollarse en Iquitos- Perú. Justamente la priorización de líneas de investigación y desarrollo para biotecnología busca responder a la necesidad de la institución de identificar aquellas líneas que sentarán las bases de una Agenda I+D+i que les permitirá canalizar los esfuerzos y la búsqueda de financiamiento, así como la articulación con los actores para la ejecución de los proyectos elegidos.

**Tabla 20: Datos generales del proyecto Fab Lab Amazonas**

	<b>Floating Fab Lab – Amazon</b>
Nombre del Proyecto:	Fab Lab Flotante Amazonas
	Abreviatura: FFL
Breve descripción:	Plataforma para el desarrollo sostenible y auto-sustentable de la cuenca Amazónica.
Palabras clave:	Innovación, cultura, patrimonio, tecnología, biotecnología, inclusión social, eco-construcción, auto-sustentabilidad, ecología, artesanía, desarrollo sostenible, Networking, coworking, flotabilidad.
Ejes de acción:	.EDU   EDUCACIÓN INCLUSIVA
	.ORG   CONSERVACIÓN PATRIMONIO CULTURAL+NATURAL
	.BIO   BIOTECNOLOGÍA+FABRICACIÓN DIGITAL
	.COM   PRODUCCIÓN SOSTENIBLE
Países de intervención directa	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Suriname, Guyanas
Área Río	7062 km
Área cuenca Amazónica:	7 050 000 km <sup>2</sup>
Lugar de intervención FASE 1	Cuenca amazónica Peruana.
Área de intervención FASE 1:	782.880,55 km <sup>2</sup>
Región	Loreto
Localidades	Iquitos

Fuente: Proyecto Fab Lab Flotante Amazonas (2015).

### 3. Diseño Metodológico

A continuación se describe el diseño metodológico que incluye el alcance, enfoque y estrategia de la investigación, así como el desarrollo del proceso seguido a través de dos ciclos de investigación-acción.

#### 3.1. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es de tipo exploratorio, descriptivo para el contexto analizado. Si bien se han realizado esfuerzos por conocer líneas de investigación en biotecnología para la Amazonía Peruana, no se conocen muchos estudios en los que se evalúan capacidades para el

desarrollo tecnológico para priorización de líneas de I+D en biotecnología. Es decir la investigación propone una metodología desde una perspectiva innovadora.

### **3.2. Enfoque de la investigación**

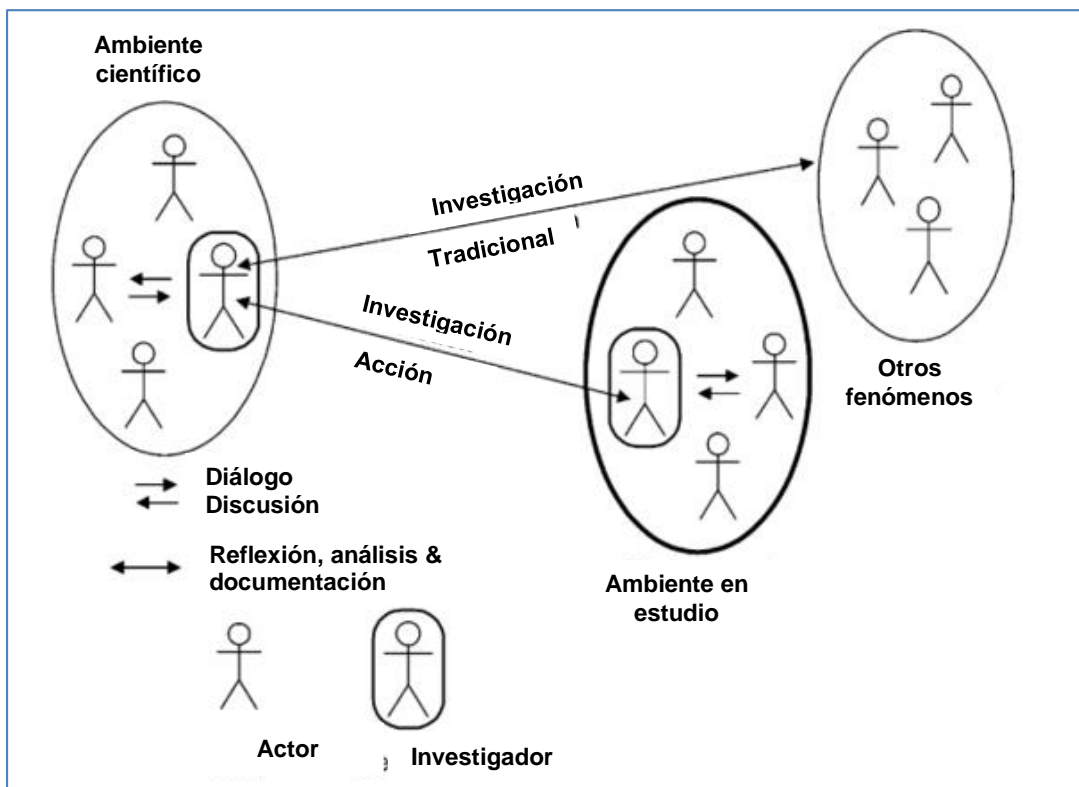
El enfoque de la investigación es del tipo cualitativo. “Este enfoque presenta una mayor flexibilidad en cuanto a la secuenciación del estudio, así enfatiza el trabajo con muestras más pequeñas, el uso de instrumentos de medición más abiertos e interactivos, una interpretación y comprensión profunda del fenómeno investigado”. (PUCP, 2015). Respecto a este tipo de enfoque Hernández et al (2006, p. 685) indica que “los diseños cualitativos son flexibles, abiertos, y su desarrollo debe adaptarse a las circunstancias del estudio “y que “... un estudio inductivo normalmente incluye elementos de más de un tipo de diseño cualitativo”. También es importante indicar que cada estudio cualitativo, se desarrolla a través de un diseño propio investigación.

### **3.3. Estrategia de investigación**

La estrategia utilizada en la investigación es la de la investigación-acción, pues en esta el investigador no se limita a conocer la gestión organizacional sino que trata también de transformarla y tiene como propósito fundamental aportar información que guíe la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales. Según Stringer (1999) las tres fases esenciales de los diseños de la investigación-acción son: Observar (Construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras), las cuales se dan de manera cíclica). Para el desarrollo de esta estrategia se suele empezar a través de un diagnóstico de un problema organizacional, luego se propone soluciones prácticas ante dicho problema y finalmente se evalúan los resultados alcanzados. (PUCP, 2015).

Por otro lado, respecto al tipo de participación del investigador y de los actores en el proceso en la figura 8, se puede apreciar el tipo de intervención que se realiza en una investigación- acción. Ottonson (2003) indica que una situación óptima de participación en investigación-acción se da cuando el investigador se encuentra adentro de la organización como un “objeto” actuando como un manager/ emprendedor o miembro del equipo y al mismo tiempo tienen acceso al ambiente científico. La investigación desarrollada cumple con esta figura de participación.

**Figura 6: Intervención en la investigación acción**



Fuente: Ottonson (2003)

### **3.4. Horizonte temporal de la investigación, selección de unidades de observación y tipo de muestreo**

En cuanto al horizonte temporal, se trata de un estudio transversal pues la recolección de la información se realiza en un sólo periodo de tiempo.

Por otro lado, los actores que serán los sujetos de estudio son los investigadores relacionados con el proyecto Fab Lab Amazonas e investigadores del sector de biotecnología relacionados con temas de seguridad alimentaria, desarrollo de industria sostenible y conservación de la biodiversidad, temas a ser abordados en el proyecto. Los investigadores consultados pertenecen a instituciones del sector público, empresa y academia

Respecto al tipo de muestreo, se trata de uno no probabilístico, pues no busca representar estadísticamente a la población sino permitir una aproximación a los investigadores especialistas en

el tema a evaluar. El tipo de muestreo es intencional o por conveniencia, este tipo de muestreo se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.

### 3.5. Proceso de la investigación

El proceso de investigación se desarrolló considerando las fases de la investigación acción: Diagnóstico, Propuesta y Evaluación y Retroalimentación. A continuación se muestra un cuadro resumen del proceso de investigación, así como los instrumentos utilizados para la recopilación de información, para luego pasar a destallar cada etapa. En la Tabla 20, se observa el resumen del proceso de investigación.

**Tabla 21: Resumen del proceso de investigación**

Ciclo	Etapas	Pregunta	Instrumento de recolección de información
Ciclo 1	<b>1A. Diagnóstico</b> del contexto de la biotecnología en el Perú	¿Cuál es el contexto de la Biotecnología a nivel nacional en el periodo 2010-2015?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de fuentes secundarias</li> <li>Entrevistas semiestructuradas</li> </ul>
	<b>2A. Diagnóstico</b> para la identificación de las principales líneas de I+D en biotecnología que responden a los desafíos del proyecto.	¿Cuáles son las líneas de I+D identificadas que aportan a dar solución a los desafíos identificados por el Fab Lab Amazonas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de fuentes secundarias: Agendas, Tendencias, Programa transversal de Biotecnología</li> <li>Entrevistas semiestructurada</li> </ul>
	<b>3A. Propuesta</b> de líneas de I+D en biotecnología	¿Cuál es la propuesta de líneas de investigación iniciales a ser evaluada por los investigadores?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas personales semiestructuradas</li> </ul>
	<b>4A. Evaluación y retroalimentación</b> de las líneas de I+D	¿Qué opinan los investigadores de las líneas de I+D seleccionadas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas personales semiestructuradas</li> </ul>

Adaptado de: Hernández *et al* (2010), Durán (2011).

**Tabla 21: Resumen del proceso de investigación**

Ciclo	Etapas	Pregunta	Instrumento de recolección de información
Ciclo 2	<b>1B. Diagnóstico</b> de las capacidades para el desarrollo tecnológico para cada línea de I+D en biotecnología	¿Cuál es el estado actual de las líneas de I+D en biotecnología en cuanto a su capacidad para el desarrollo tecnológico?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuesta de priorización, parte 1 (17 investigadores)</li> </ul>
	<b>2B.Evaluación</b> de las líneas diagnosticadas	¿Cuáles es el proceso de evaluación establecido?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuesta de priorización, parte 1 y 2 (17 investigadores)</li> </ul>
	<b>3B. Propuesta</b> final de las líneas de I+D en biotecnología	¿Cuáles son las líneas de I+D priorizadas por los especialistas en biotecnología consultados?	
	<b>4B.Acciones finales:</b> recomendaciones para implementación y proyectos	¿Qué acciones podrían desarrollarse para poder implementar dichas líneas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuesta de priorización y entrevistas (17 investigadores)</li> </ul>

Adaptado de: Hernández *et al* (2010), Durán (2011).

#### A. CICLO 1:

##### 1A. Diagnóstico del contexto de la biotecnología en el Perú, 2011-2015

Como parte del diagnóstico se realizó la revisión de fuentes secundarias de los avances en normativa en el Perú y de dos principales capacidades necesarias para el desarrollo del sector biotecnología: capacidad de recursos humanos y la inversión en investigación y desarrollo. Por otro lado se realizó una entrevista a los responsables del programa transversal en CTI en Biotecnología del CONCYTEC.

## 2A. Diagnóstico para la identificación de las principales líneas de investigación y desarrollo en biotecnología.

Se buscó identificar aquellas líneas que responden a los desafíos del Fab Lab Amazonas en la actualidad que son: a) Conservación de la biodiversidad, b) Seguridad Alimentaria y c) Desarrollo de una industria sostenible. Para esto se realizó la revisión de los documentos del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) en Biotecnología para la seguridad alimentaria y nutrición, la valorización de la biodiversidad y la salud humana 2013 – 2016, la Agenda de Investigación Ambiental 2013 – 2021 y la Agenda de Investigación e Innovación para el Biocomercio 2012-2021.

Por otro lado, se realizó una revisión complementaria de tendencias al 2030 en el campo para identificar aquellas líneas de I+D en biotecnología que podrían tener mayor impacto en el futuro. En la Tabla 21 se presenta un primer acercamiento a la identificación de las líneas de investigación a partir de la revisión de la literatura.

## 3A. Propuesta de líneas de I+D en biotecnología

Como producto de la revisión de literatura se elaboró una primera propuesta de líneas de investigación que sería evaluada por los especialistas. En la Tabla 21, se puede observar la lista, clasificada en los tres desafíos planteados por el proyecto Fab Lab Amazonas.

**Tabla 22: Primera lista de líneas de investigación identificadas por desafío del Fab Lab Amazonas**

Desafío	Líneas de Investigación
<b>Desafío 1: Conservación de la biodiversidad</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Estudio de los genomas de la especies de la biodiversidad</li><li>2. Identificación de los recursos de la biodiversidad mediante la técnica del código de barras de ADN.</li><li>3. Evaluación del impacto sobre la disponibilidad y calidad de los sistemas hidrológicos por cuencas bajo diferentes escenarios de cambio climático</li><li>4. Desarrollo y transferencia de tecnologías de punta y rescate de tecnologías tradicionales para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos Conservación de la biodiversidad agrarios y forestales ante el cambio climático</li></ol>

**Tabla 22: Primera lista de líneas de investigación identificadas por desafío del Fab Lab Amazonas**

Desafío	Líneas de Investigación
<p><b>Desafío 2: Desarrollo sostenible de la industria</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Biotecnología para el mejoramiento genético de especies de la agrobiodiversidad para la industria y la exportación.</li> <li>6. Caracterización molecular masiva de especies nativas y naturalizadas para lograr mayor información genética utilizable en procesos productivos.</li> <li>7. Desarrollo de bioprocesos.</li> <li>8. Desarrollo de vacunas clásicas, recombinantes, y aptámeros.</li> <li>9. Desarrollo de tecnologías de producción de semilla de especies amenazadas</li> <li>10. Evaluación y monitoreo del uso de los recursos hídricos</li> <li>11. Desarrollo de tecnologías de monitoreo automático de calidad del agua en zonas de mayor actividad , minera, pesquera, petrolera e industrial</li> <li>12. Caracterización, identificación y aislamiento de los principios activos.</li> <li>13. Validación, estandarización y dosificación de los efectos farmacológicos y toxicológicos.</li> <li>14. Biomasa como fuente de provisión de materia prima industrial.</li> <li>15. Aplicaciones biotecnológicas desde el uso y explotación del Big Data</li> <li>16. El desarrollo de la biología Sintética para la producción biocombustibles, vacunas y anticuerpos, plantas, enzimas industriales y productos químicos de base biológica.</li> </ol>
<p><b>Desafío 3: Seguridad Alimentaria</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Generación de variedades para mitigar los efectos del cambio climático mediante la ingeniería genética y otras técnicas biotecnológicas (resistencia a heladas, a enfermedades y plagas).</li> <li>18. Mejoramiento de la funcionalidad de cultivos andinos mediante ingeniería metabólica (para disminuir su toxicidad y aumentar su aceptabilidad; así como, para incrementar su contenido de vitaminas y minerales).</li> <li>19. Investigación y evaluación de los riesgos y beneficios del uso de Organismos Vivos Modificados destinados a la alimentación humana y animal.</li> <li>20. Modificación Genética de las variedades de los principales cultivos y árboles con el fin de obtener una mejor calidad de aceites, almidón y lignina.</li> </ol>

#### 4A. Evaluación y retroalimentación de las líneas de I+D en biotecnología

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a 5 especialistas del sector quienes orientaron la definición y selección de líneas de investigación. Esta etapa fue de suma importancia la retroalimentación con los especialistas, ya que, por ejemplo en el análisis de tendencias se identificaron muchas aquellas que no son aplicables a nuestra realidad nacional; por otro lado, hay algunas líneas propuestas en documentos de agenda nacional que no necesariamente responden a cambios a largo plazo. Por otro lado, uno de los aportes más importantes de uno de los investigadores fue la clasificación de las líneas de investigación a través de campos de intervención a partir de cada objetivo establecido, tal como se observa en la Tabla 22, esto ayudó a ordenar y reducir (ya que muchas líneas estaban contenidas en otras más amplias) las líneas de I+D.

**Tabla 23: Lista de líneas de investigación y desarrollo en Biotecnologías seleccionadas**

Problema/ Objetivo		Campos		Líneas de Investigación	
1	Conservación de la Biodiversidad	1	Protección de especies de la Amazonía	1	Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía
		2	Detección de especies peligrosas	2	Detección de venenos o toxinas de peligro humano
2	Industria Sostenible	3	Biomedicina	3	Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía
				4	Desarrollo en nuevos biomateriales con aplicación biomédica
				5	Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico
				6	Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía
		4	Medio Ambiente	7	Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental
				8	Bionanotecnología en remediación del agua
				9	Biomasa o plantas como producto de fuentes de energía
5	Alimentaria	10	Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial		
3	Seguridad Alimentaria	6	Mejoramiento genético	11	Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial
				12	Bioinformática en la detección de genes con interés económico
		7	Resistencia de cultivos a plagas	13	Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios

## **B. CICLO 2:**

Para el ciclo 2 se trabajó con la ayuda de la encuesta de evaluación y priorización de líneas de I+D en biotecnología que fue aplicada a 17 investigadores en el campo. Con la encuesta se logró realizar el diagnóstico, desde la opinión de los investigadores de las líneas de I+D en biotecnología con respecto a sus capacidades para el desarrollo tecnológico.

Y por otro lado evaluar las líneas de I+D para identificar las prioritarias.

El proceso de elaboración de la encuesta tuvo dos etapas:

- a. Elaboración de la encuesta
- b. Validación de la encuesta

Para la elaboración, se revisó encuestas relacionadas con la consulta a expertos para el ámbito de la Biotecnología como lo son, las encuestas de la Agenda de Biotecnología de la Universidad de Colombia como parte del Plan Global de Desarrollo 2010-2012 (Universidad Nacional de Colombia, 2012) y el Informe final de Biotecnología en el Sistema Agroalimentaria del Programa de Prospectiva Tecnológica Uruguay 2015 (ONUDI, 2002). Además del trabajo de análisis de capacidades locales y mercados potenciales en Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad elaborado por la CAF y el CEPAL (CAF, 2005).

La estructura de la encuesta contó con 5 partes: 1) Introducción a la encuesta, 2) Datos del especialista, 3) Evaluación de los factores de capacidad tecnológica y de gestión, 4) Evaluación de las capacidades tecnológicas y de gestión por cada línea de investigación y 5) Importancia de las líneas de investigación. Estas incluyeron preguntas cerradas (para establecer jerarquía, calificar capacidades y evaluar importancia) y preguntas abiertas (para proponer acciones y líneas de I+D adicionales).

Para validar la encuesta se revisó con dos especialistas en el campo, quienes sugirieron algunos cambios para la mejora en cuanto a la forma y comprensión de la encuesta. Se adjunta la encuesta en el Anexo 3.

## **1B. Diagnóstico de las capacidades actuales para el desarrollo tecnológico para cada línea de I+D en biotecnología**

En esta etapa se desarrolló el diagnóstico de las capacidades para el desarrollo tecnológicos actuales para cada línea de investigación. Para esto, como primer paso se determinaron los pesos específicos de cada capacidad. Esto se realizó a través del cálculo del promedio de la puntuación dada por cada investigador, quienes ordenaron las capacidades de más a menos importante, donde 1, correspondía a la capacidad más importante y 6, a la menos importante. Con estos valores, se aplicó el método multicriterio APH y se procedió en primer lugar a elaborar una matriz de comparación de los subcriterios de capacidad. Esta matriz, ayudó a identificar los pesos específicos de cada uno de los subcriterios, de este modo se pudo calcular el puntaje ponderado para cada línea de I+D en biotecnología para el criterio de capacidad. El detalle de las etapas para la determinación de los pesos ponderado para cada subcriterios de capacidad se encuentra detallado en el Anexo 4.

En la Tabla 23, se observan los pesos específicos por cada capacidad evaluada, con estos se determinó el valor ponderado del criterio “capacidad” para cada una de las líneas de investigación. La capacidad con mayor peso es la de “preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D”, que obtuvo un 27 % de prioridad, es decir para la mayoría de los investigadores consultados, esta es la principal capacidad que aporta al desarrollo del sector Biotecnología. La siguiente capacidad más importante es la de “infraestructura y equipamiento disponible para la I+D” con un 21.4 %. Según la mayoría de los especialistas ambas capacidades son claves para potenciar las otras capacidades y por lo tanto se encuentran como necesaria y prioritarias. Por otro lado, la capacidad para “obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D” resultó como la capacidad menos importante. Según la opinión de los especialistas, esta es una capacidad que requiere del desarrollo de las otras, es decir se da como resultado de la adecuada gestión de las anteriores. Por ello la calificación que obtuvo fue muy baja. Es importante indicar que de los investigadores consultados, un grupo de ellos se dedicaba exclusivamente a la investigación y el otro tenía o había tenido contacto con la empresa. Para este segundo grupo, la “capacidad inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos” y de “administración de proyectos de I+D en biotecnología” resultaron como las más importantes.

**Tabla 24: Pesos específicos de cada subcriterio de capacidad evaluada**

Subcriterio de capacidad evaluada	Peso específico
A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D	21.4%
B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D	27%
C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas para la I+D	16.7%
D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D	10.3%
E. Administración de proyectos de I+D	11.1%
F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos	13.5%

Fuente: Elaboración propia

Con los pesos específicos se obtuvieron los valores finales del criterio “Capacidad” para cada una de las líneas de I+D, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 27. El detalle de la obtención de los valores de la capacidad, se encuentra en el Anexo 4.

**Tabla 25: Valores del criterio: “capacidad” para las líneas de I+D**

Línea de I+D	Valor de Capacidad ponderada
1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía	2.47
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano	2.69
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía	2.37
4. Desarrollo en nuevos biomateriales con aplicación biomédica	1.84
5. Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico	2.18
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía	2.13
7. Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental	1.90
8. Bionanotecnología en remediación del agua	1.97
9. Biomasa o plantas como producto de fuentes de energía	2.39
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial	2.35
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	2.26
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico	2.31
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	2.47

## 2B. Evaluación de las líneas de I+D en biotecnología diagnosticadas

Para la evaluación de las líneas de investigación a través de la aplicación de la encuesta se seleccionó en primer lugar a un grupo de investigadores, especialistas en el campo que debía cumplir ciertas características. Estas se detallan en la siguiente Tabla 25:

**Tabla 26: Perfil del encuestado**

Perfil del encuestado	
<b>1) Formación</b>	Especialista en Biotecnología, de preferencia Molecular orientada a los campos de: Alimentos, Medio Ambiente, Salud, biodiversidad y Conservación
<b>2) Grado Académico</b>	De preferencia grado Académico de Doctor.
<b>3) Tiempo de experiencia</b>	10 años de experiencia en el tema de sus especialidad en promedio
<b>4) Campo de Acción</b>	Empresa, Universidad, Centro de Investigación, Institución Pública, Laboratorio

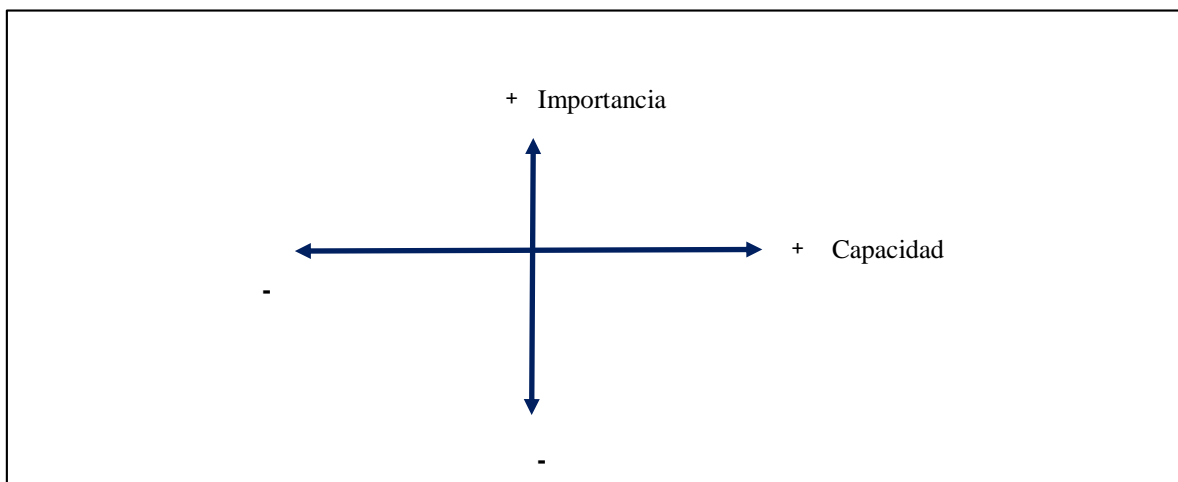
La encuesta se realizó en una plataforma online de modo que estuviera disponible en cualquier momento, sin embargo, el trabajo de campo incluyó el acompañamiento al investigador durante el llenado de la encuesta para evitar confusiones al momento de interpretar cada parte de la misma. Se presentaron además casos en los que se guio el llenado vía telefónica o por correo electrónico.

## 3B. Propuesta final de las líneas de I+D prioritarias en biotecnología

Para elaborar la propuesta de las líneas prioritarias de I+D en biotecnología a partir de la opinión de especialistas, se procedió a clasificar las líneas de I+D en 4 cuadrantes, como se muestra en la figura 7., de modo que clasificaran a las líneas de investigación de acuerdo al criterio de “capacidad”, antes mencionado y el de “importancia”. Para determinar el valor del criterio de “Capacidad”, se aplicó el método multicriterio AHP, para determinar el nivel de “capacidad

promedio”. Para esto fue necesario definir los pesos específicos por cada subcriterios y de esta manera obtener un promedio ponderado.

**Figura 7: Matriz de priorización de líneas de I+D**



Para determinar el valor de importancia se trabajó un promedio de las ponderaciones obtenidas para cada línea de investigación por cada especialista encuestado, aplicando la siguiente tabla de conversión.

**Tabla 27: Calificación para el nivel de importancia**

Valor	Nivel de importancia
0	Nada importante
1	Poco importante
2	Importante
3	Muy importante

#### **4B. Acciones Finales**

A partir de los resultados de la encuesta se recogió la opinión de los especialistas en cuanto a proyectos específicos, acciones estratégicas para el desarrollo del sector biotecnología y de las líneas prioritarias resultado de la presente investigación. También se incluyó propuestas de líneas adicionales de investigación a ser consideradas en un siguiente proceso de evaluación.

#### **4. Resultados de investigación**

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a través del análisis de las encuestas, así como de las entrevistas realizadas a los especialistas. La aplicación de ambos instrumentos de recojo de información permitieron identificar las líneas de investigación prioritarias a desarrollarse en Biotecnología para el proyecto Fab Lab Amazonas como una propuesta desde la opinión de los especialistas en el campo, considerando los objetivos de intervención en la Amazonía. Los resultados de la investigación son:

- A. Los subcriterios de capacidad para el desarrollo tecnológico, que servirían para realizar el diagnóstico de las líneas de I+D en biotecnología y la evaluación del criterio de “capacidad” como parte del proceso de priorización.
- B. El diagnóstico de “capacidades” para cada línea de I+D en Biotecnología.
- C. Los resultados de la evaluación de las líneas de I+D en Biotecnología a partir de los 2 criterios: “Capacidad” e “Importancia”.
- D. Propuesta de las líneas de I+D en Biotecnología

##### **4.1. Subcriterios de capacidad para la evaluación de las líneas de I+D**

La identificación de los subcriterios de capacidad se realizaron a través de una revisión de literatura sobre las distintas variables que sirven para medir la capacidad tecnológica y sus contextos de análisis, tomando como base el estudio de May Gomel & Sbragia (2011) y del capítulo dirigido por Roca del estudio “Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad. Capacidades locales y mercados potenciales” (CAF, 2005). Luego de tener una lista preliminar de variables se hizo la consulta a un grupo de 4 especialistas en los campos de la biotecnología y de la gestión de la innovación a través de entrevistas individuales y se pidió su opinión sobre los subcriterios de capacidad identificadas. La revisión y la consulta a especialistas llevaron a priorizar 6 subcriterios de capacidades tecnológicas.

**Tabla 28: Criterios de capacidad tecnológica y de gestión**

Capacidades a evaluar
A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en la línea de investigación
B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en la línea de Investigación
C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas para la I+D en la línea de investigación
D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en la línea de investigación
E. Administración de proyectos de I+D en la línea de investigación
F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos en la líneas de investigación

Estos subcriterios fueron llevados a consulta con los especialistas y a partir de las entrevistas se pudo identificar que la principal capacidad, necesaria para el desarrollo del sector de Biotecnología, es el desarrollo del capital humano. Muchos de los investigadores indicaron que este factor es aquel que dará sostenibilidad a cualquier estrategia que busque el desarrollo del sector, por lo que debe construirse una oferta altamente capacitada tanto para la investigación como para la gestión de proyectos biotecnológicos.

Otra capacidad priorizada por algunos investigadores era la capacidad empresarial para asumir proyectos de biotecnología. Actualmente en el Perú no hay mucha inversión privada en este sector debido, principalmente, a la normativa poco clara respecto a algunas prácticas biotecnológicas y el tema de bioseguridad y además la alta inversión necesaria para llevar a cabo estos proyectos.

Por otro lado, a través de la encuesta aplicada a los investigadores, se identificó también que la “preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en biotecnología” es la principal capacidad necesaria para el desarrollo del sector biotecnología, pero se pudo identificar otras capacidades que deberían potenciarse como son la “obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en biotecnología”, la “administración de proyectos de I+D en biotecnología” y “la capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos”, que fueron las que obtuvieron menores calificaciones por parte de los especialistas.

En la Tabla 26, se puede observar las capacidades evaluadas y su posición establecida a través de la calificación de los especialistas.

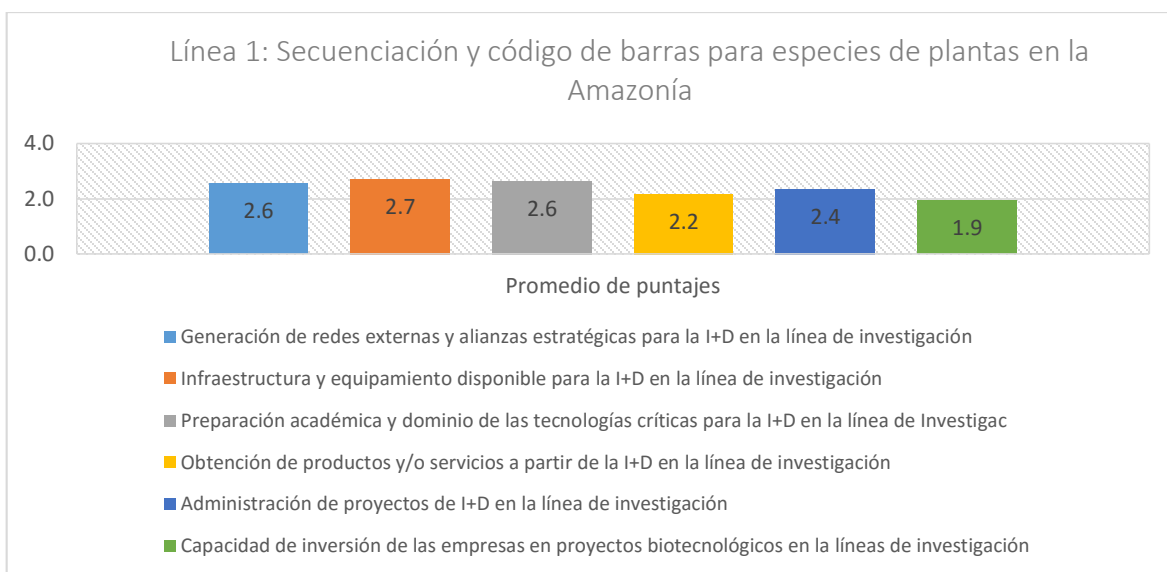
**Tabla 29: Evaluación de las capacidades para el desarrollo de I+D en biotecnología**

Capacidad	1	2	3	4	5	6	Puntuación	Posición
A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en Biotecnología	11,76%	47,06%	23,53%	17,65%	0,00%	0,00%	2,47	2°
	2	8	4	3	0	0		
B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en Biotecnología	70,59%	23,53%	5,88%	0,00%	0,00%	0,00%	1,4	1°
	12	4	1	0	0	0		
C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas establecidas para la I+D en Biotecnología	5,88%	5,88%	41,18%	23,53%	17,65%	5,88%	3,6	3°
	1	1	7	4	3	1		
D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en Biotecnología	0,00%	5,88%	11,76%	23,53%	17,65%	41,18%	4,8	6°
	0	1	2	4	3	7		
E. Administración de proyectos de I+D en Biotecnología	0,00%	11,76%	5,88%	17,65%	29,41%	35,29%	4,7	5°
	0	2	1	3	5	6		
F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos Biotecnológicos	11,76%	5,88%	11,76%	17,65%	35,29%	17,65%	4,1	4°
	2	1	2	3	6	3		

#### **4.2. Diagnóstico de capacidad para el desarrollo tecnológico de las líneas de investigación**

A continuación se presenta el diagnóstico de las capacidades de cada una de las líneas de I+D en función a su capacidad para el desarrollo tecnológico. La calificación presentada para cada criterio es el valor promedio de los puntajes que otorgaron los 17 investigadores encuestados. Donde 1 equivale al valor de menor capacidad desarrollada y 5 equivale a que dicha capacidad se encuentra muy desarrollada para la línea evaluada.

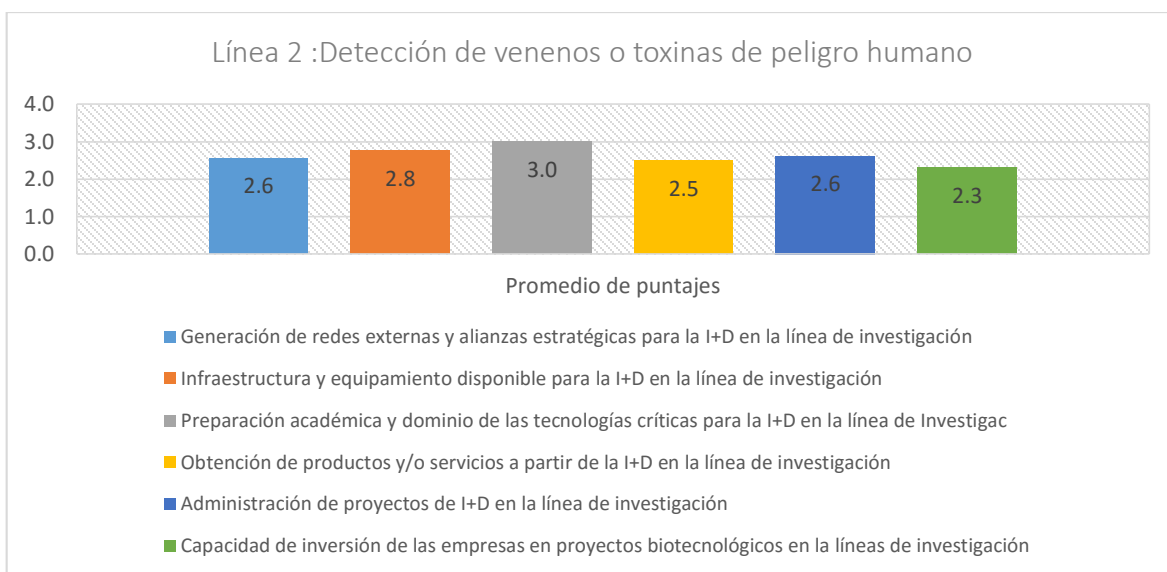
**Figura 8: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía**



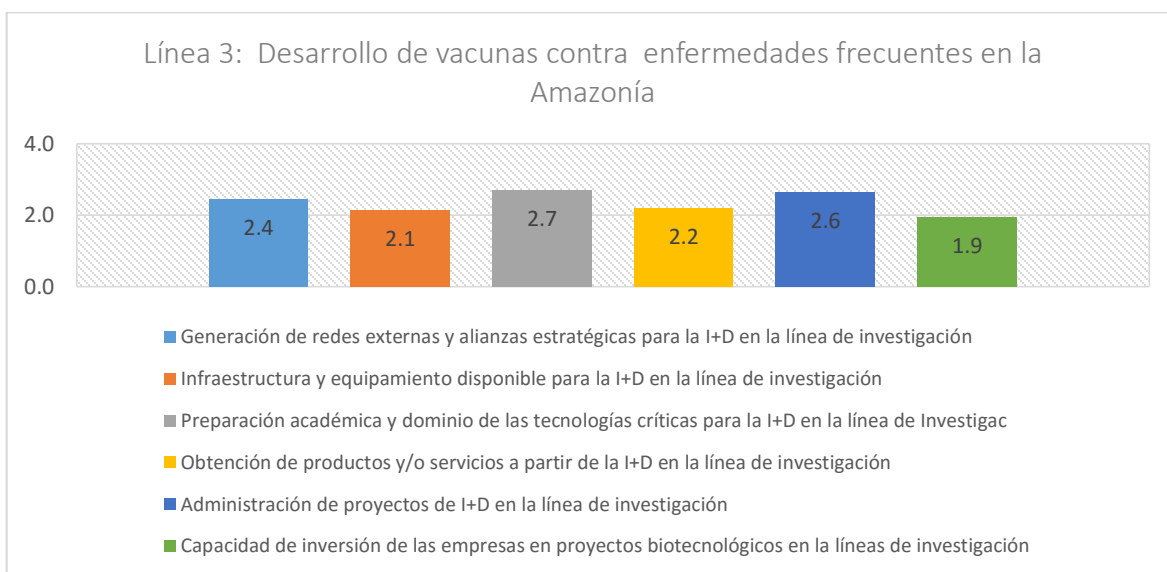
La línea 1, secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía, presenta valores altos para las tres primeras capacidades relacionadas a infraestructura, generación de redes y preparación académica. Sin embargo los valores de calificación son en promedio 2.5, que es equivale a un 50% de desarrollo de las capacidades para dicha línea.

Por otro lado, la línea 2, *detección de venenos o toxinas de peligro humano*, presenta la mayor calificación de capacidad promedio: 2.69.

**Figura 9: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Detección de venenos o toxinas de peligro humano.**

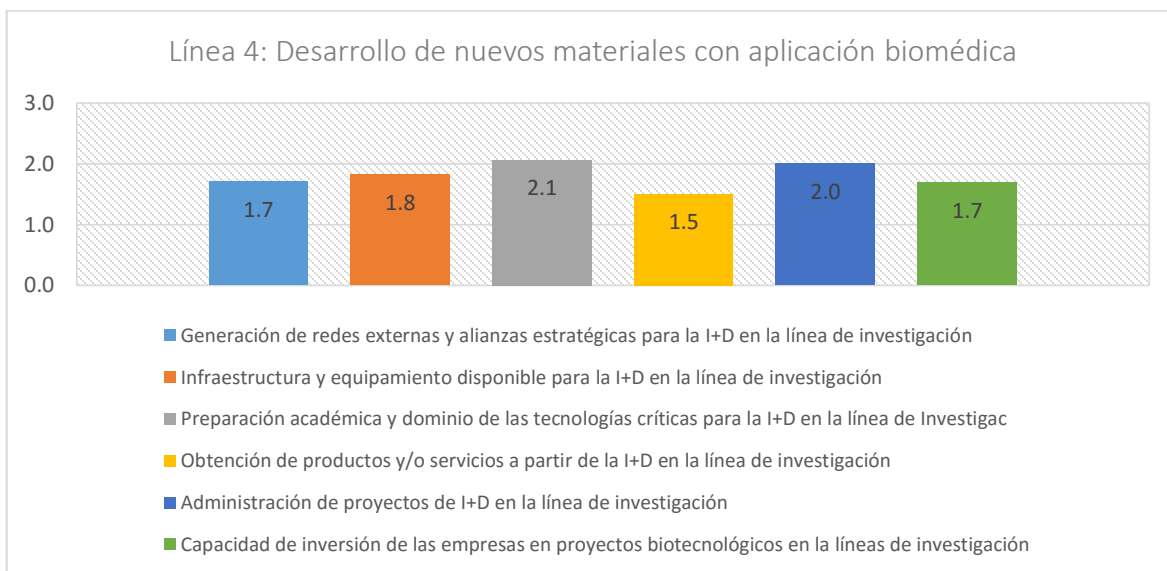


**Figura 10: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía**

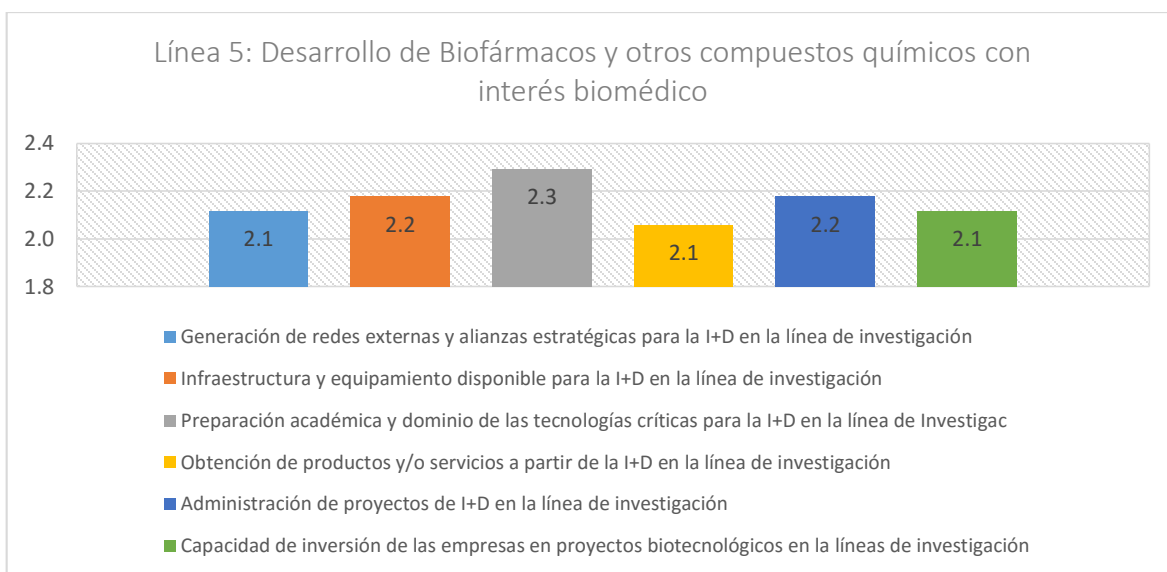


Para la línea 3, desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía, se observa que su capacidad promedio es 2.37, pero para la línea 4, desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica, es tan sólo 1.8, mucho menor al del resto de las líneas evaluadas, aquí los investigadores indicaron que la capacidad de preparación académica es de 2.1. Es importante indicar que 2 investigadores no calificaron esta línea pues indicaron que no la conocían a profundidad.

**Figura 11. Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica**

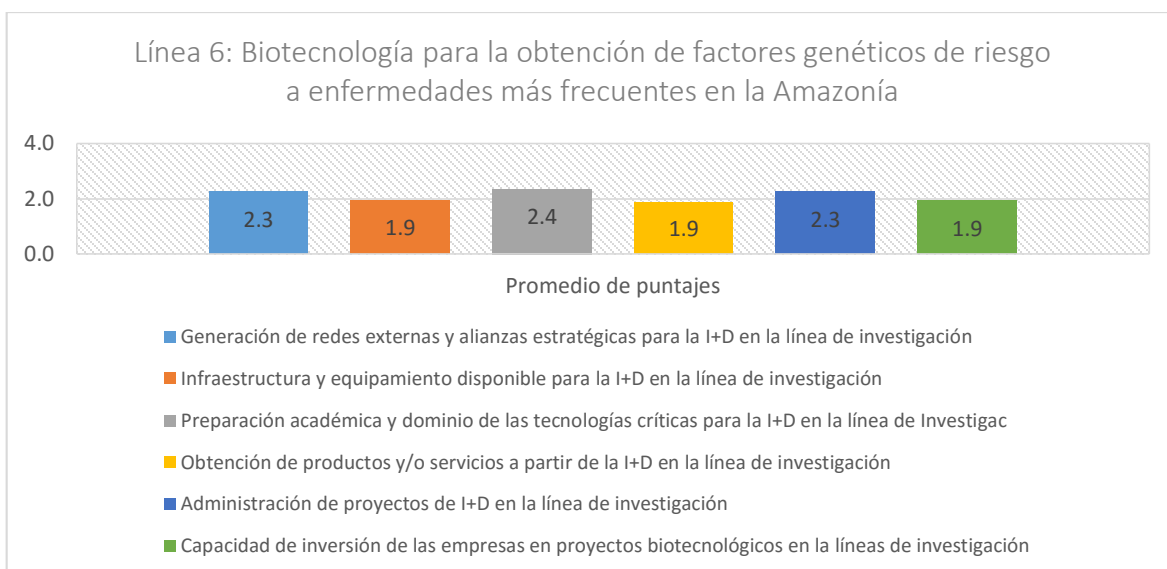


**Figura 12: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico**

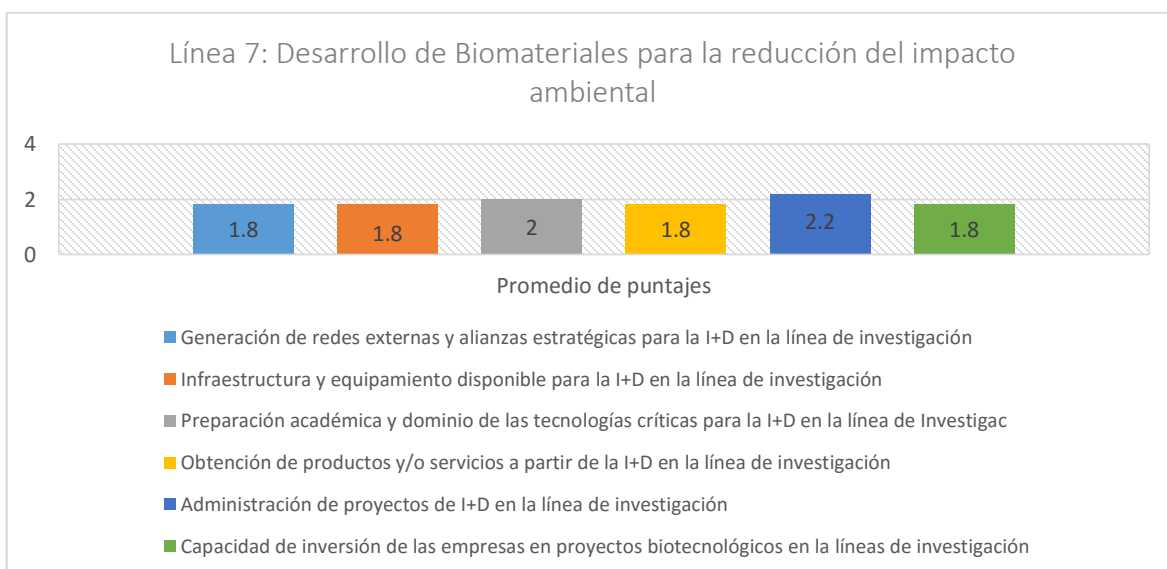


La línea 5, desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica, tuvo un promedio ponderado de 2.18 y la línea 6 de 2.13. Para la línea 5, los valores promedio de todas sus capacidades son similares, mientras que para la línea 6, desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica presenta sus menores valores para los criterios de Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica: infraestructura, obtención de productos y/o servicios y capacidad de inversión empresarial.

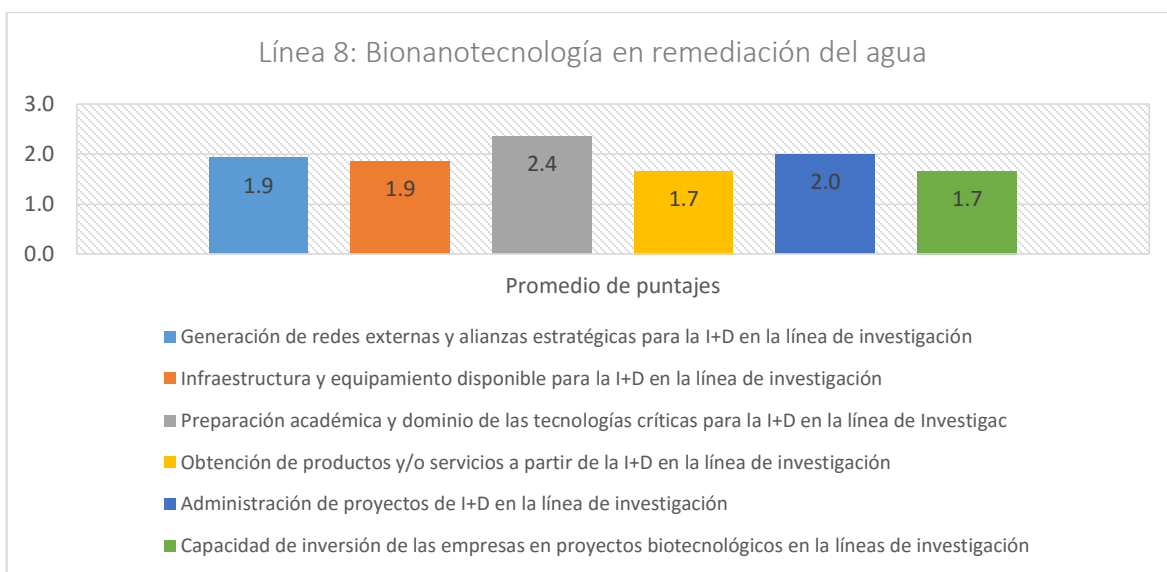
**Figura 13: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía**



**Figura 14: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental**

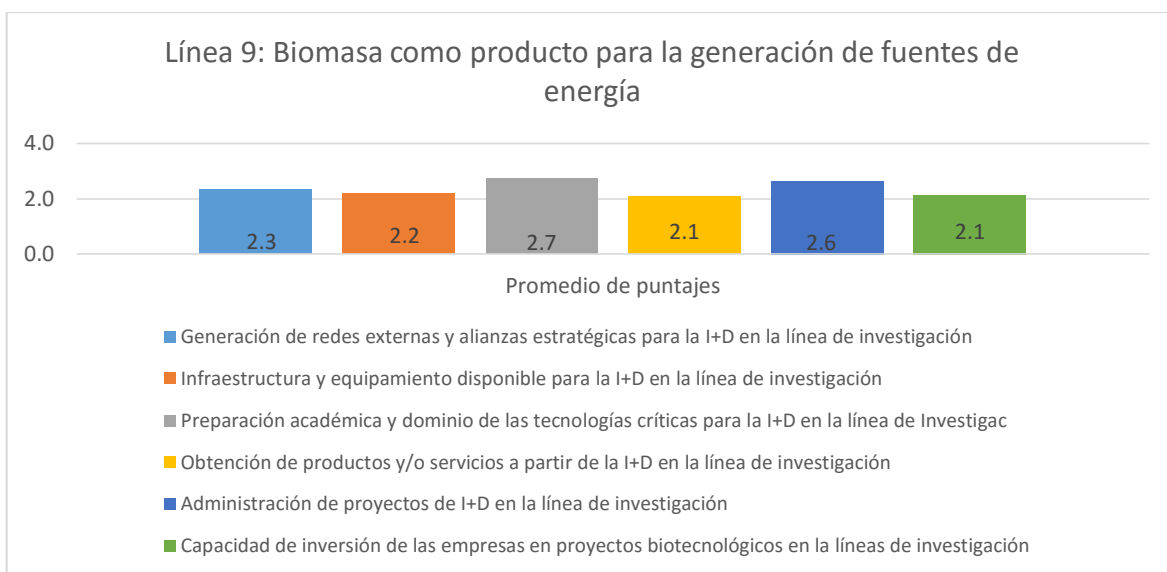


**Figura 15: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Bionanotecnología en remediación del agua**



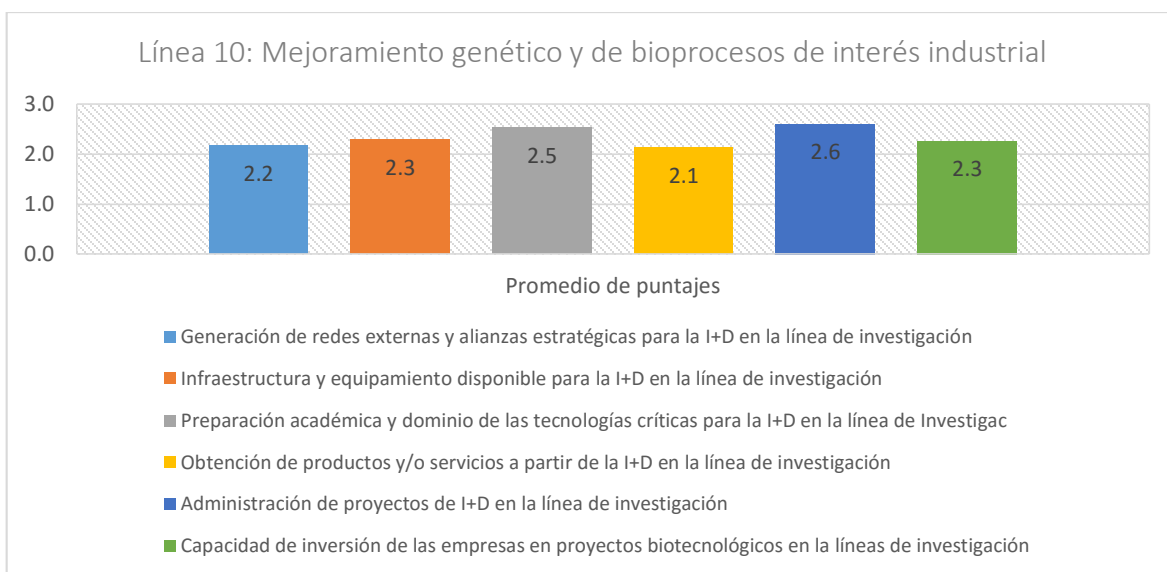
Las líneas de desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental y de Bionanotecnología en remediación del agua tienen un comportamiento similar en cuanto a los promedios de sus capacidades que son 1.9 y 2 respectivamente y además en cuanto al puntaje obtenido por cada capacidad de manera individual.

**Figura 16: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía**

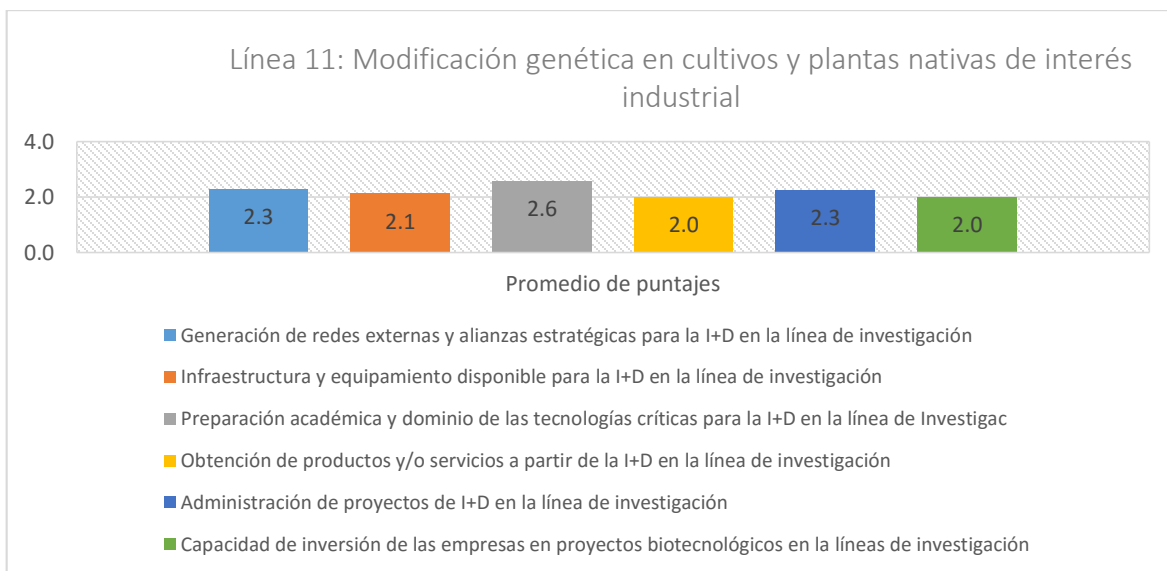


La línea 9: biomasa como producto para la generación de fuentes de energía tiene un promedio ponderado de 2.39, y la capacidades más desarrolladas que presenta son la preparación académica y la administración de proyectos. La línea 10: Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial, presenta un promedio similar: 2.35, y sus capacidades más desarrolladas son las mismas que la línea 9.

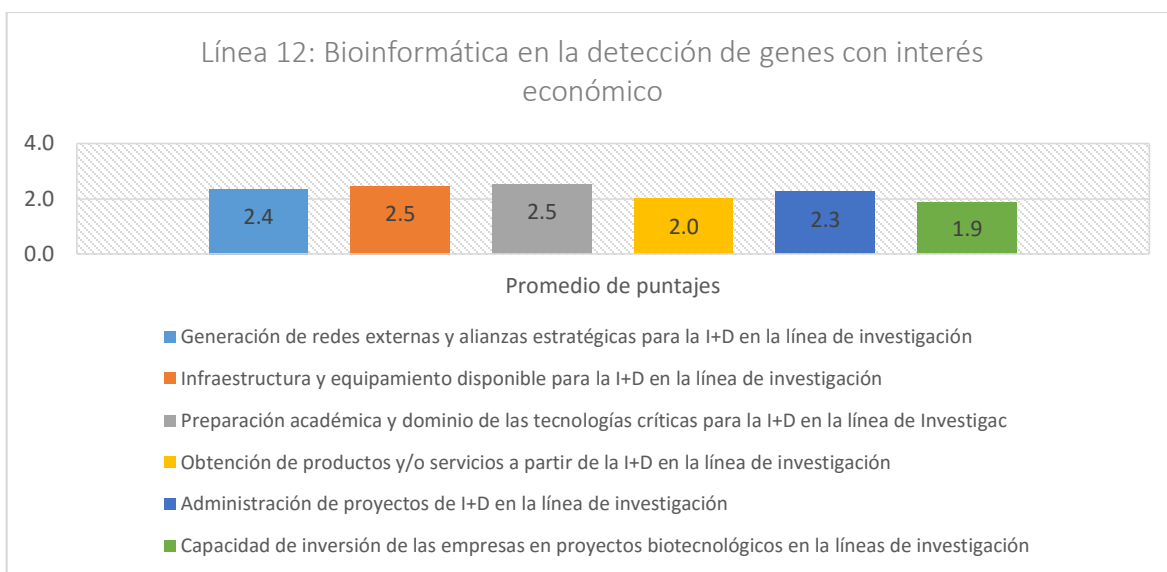
**Figura 17: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Mejoramiento genéticos y de bioprocesos de interés industrial**



**Figura 18: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial.**

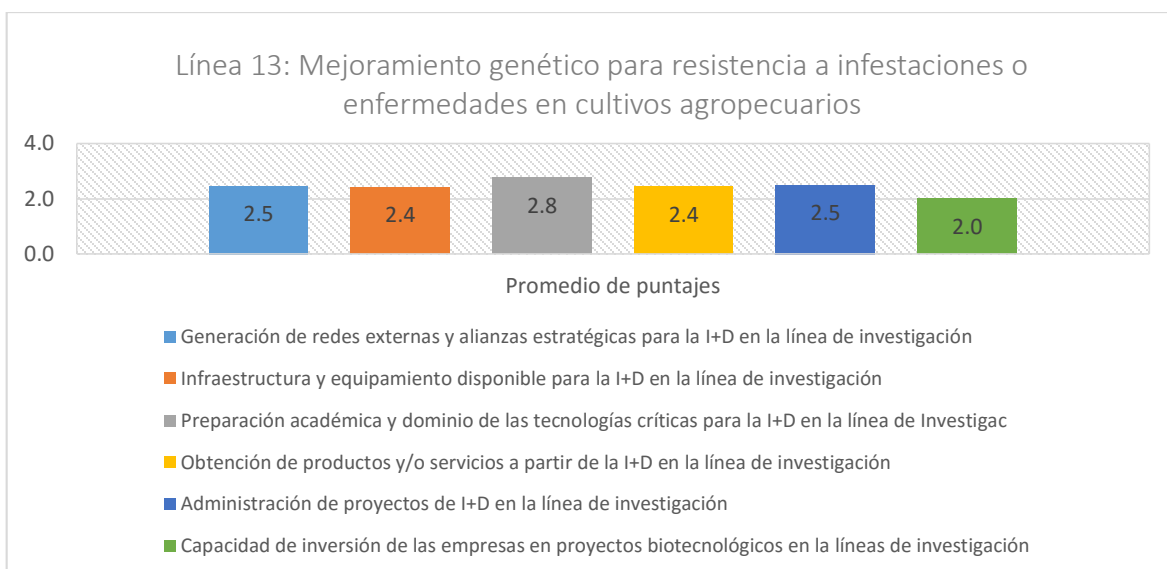


**Figura 19: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Bioinformática en la detección de genes con interés económico**



Las líneas 11, 12 y 13, tienen como promedios ponderados 2.26, 2.31 y 2.47 respectivamente. Para las 3 líneas mencionadas, las capacidades de menor calificación son: la capacidad de inversión de las empresas y la capacidad de obtención de productos y/o servicios. Por otro lado, la línea 13: Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios, se encuentra entre las tres líneas con mayores capacidades tecnológicas para su desarrollo.

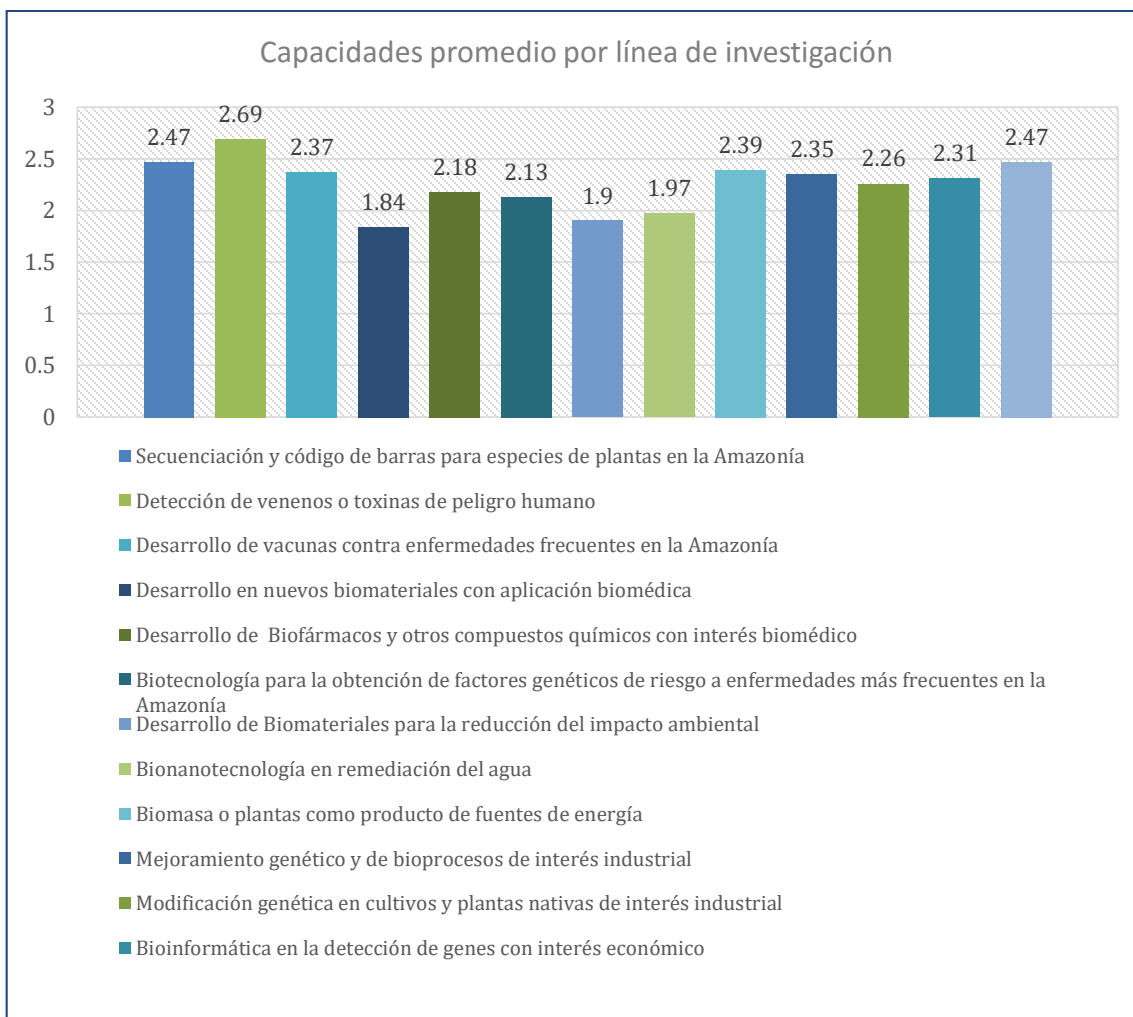
**Figura 20: Capacidades evaluadas para la línea I+D: Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios**



Se observa que para todas las líneas de I+D las capacidades que se encuentran menos desarrolladas son: La capacidad de obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D y la capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos, mientras que la capacidad más desarrollada es la de “Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en Biotecnología.

En la figura 8, se observa los valores promedios ponderados del criterio de “capacidad” para cada una de las líneas de investigación.

**Figura 21. Capacidades promedio por cada línea de I+D en Biotecnología**



### 4.3. Evaluación y líneas de I+D priorizadas

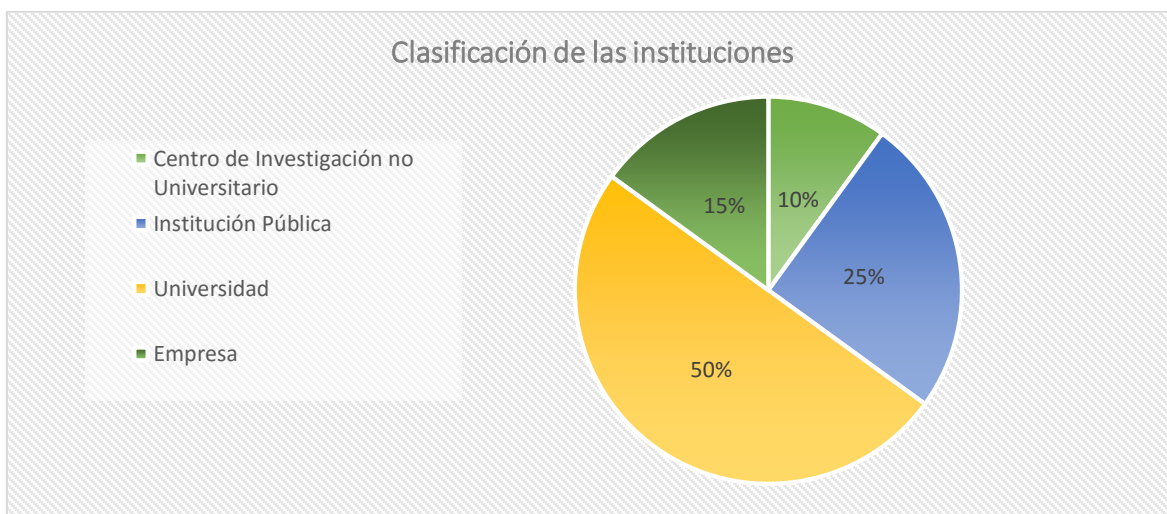
Las entrevistas permitieron identificar en una primera etapa aquellas líneas de investigación que se consideraba debían ser prioritarias en la Amazonía para aportar a los desafíos planteados, entre ellas se indicaron: a. Secuenciación y código de barras de especies de la Amazonía de alto impacto comercial, b. Síntesis de compuestos a partir de plantas con biología sintética, c. Caracterización de moléculas de interés tecnológico y d. Bioprospección en especies nativas de interés comercial y de la comunidad.

Por otro lado, a partir de las encuestas realizadas a 17 especialistas en el campo de la Biotecnología, se realizó la evaluación de las líneas de I+D a partir de los dos criterios propuestos:

- a. **Capacidad:** Para el desarrollo tecnológico de la línea de investigación evaluada. Se encuentra compuesta por 6 subcriterios de capacidad tecnológica.
- b. **Importancia:** En relación al aporte de la línea de I+D evaluada para abordar los 3 desafíos planteados por el proyecto Fab Lab Amazonas.

En cuanto a la participación en el proceso de evaluación a través de la encuesta, se contó con un porcentaje de mayor participación de investigadores procedentes de la universidad e instituciones públicas, representando entre ambas un porcentaje de 75% de participación.

**Figura 22: Clasificación de las instituciones a la que pertenecen los especialistas participantes en la encuesta**



También se registró el área o áreas de especialización de los investigadores encuestados y entrevistados. En la figura 9 se muestra dicha información.

**Figura 23: Áreas de especialización de los especialistas**

Biofísica molecular (Bioquímica)	Biotechnology, Genomic, Bioinformatics, Synthetic Biology	Ciencias biomédicas	Genética y biología molecular
Productos naturales	Genética, mejoramiento genético/Ing. genética	Biología vegetal y botánica	Biología y recursos genéticos
Biología aplicada a la acuicultura en peces	Salud animal	Biología aplicada a enfermedades infecciosas y métodos de control biológico en medicina veterinarias	Bioquímica, principios activos naturales Y biología molecular
Biodiversidad; gestión Y conservación, con énfasis en manejo de fauna silvestre Amazónica	Microbiología ambiental	Biología industrial, ingeniería genómica (Genómica estructural y funcional)	Biología sintética, (edición genómica), ingeniería biológica

Al realizar únicamente el análisis de capacidad se observa en la Tabla 29 que las 5 principales líneas identificadas son: Detección de venenos o toxinas de peligro humano, Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios, Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía, Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía y Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía

Para el análisis de importancia, se desarrolló la encuesta donde se preguntó calificar la importancia para abordar a los tres principales desafíos identificados: a. Conservación de la Biodiversidad, b. Seguridad Alimentaria y c. Desarrollo de una Industria Sostenible. En la tabla 30, se observa el promedio obtenido de las calificaciones de los especialistas.

**Tabla 30: Líneas de investigación ordenadas en función a su nivel de capacidad tecnológica**

Posición	Nº	Línea de investigación
1	2	Detección de venenos o toxinas de peligro humano
2	13	Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios
3	1	Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía
4	9	Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía
5	3	Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía
6	10	Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial
7	12	Bioinformática en la detección de genes con interés económico
8	11	Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial
9	5	Desarrollo de biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico
10	6	Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía
11	8	Bionanotecnología en remediación del agua
12	7	Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental
13	4	Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica

**Tabla 31: Valores del criterio " Importancia" para cada línea de I+D**

Línea de I+D	Importancia
1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía	2.6
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano	2.3
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía	2.7
4. Desarrollo en nuevos biomateriales con aplicación biomédica	2
5. Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico	2.6
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía	2.1
7. Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental	2.3
8. Bionanotecnología en remediación del agua	2.5
9. Biomasa o plantas como producto de fuentes de energía	2.2
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial	2.4
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	2.1
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico	2.5
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	2.6

Al realizar el análisis de importancia, las líneas que resultaron prioritarias fueron las siguientes:

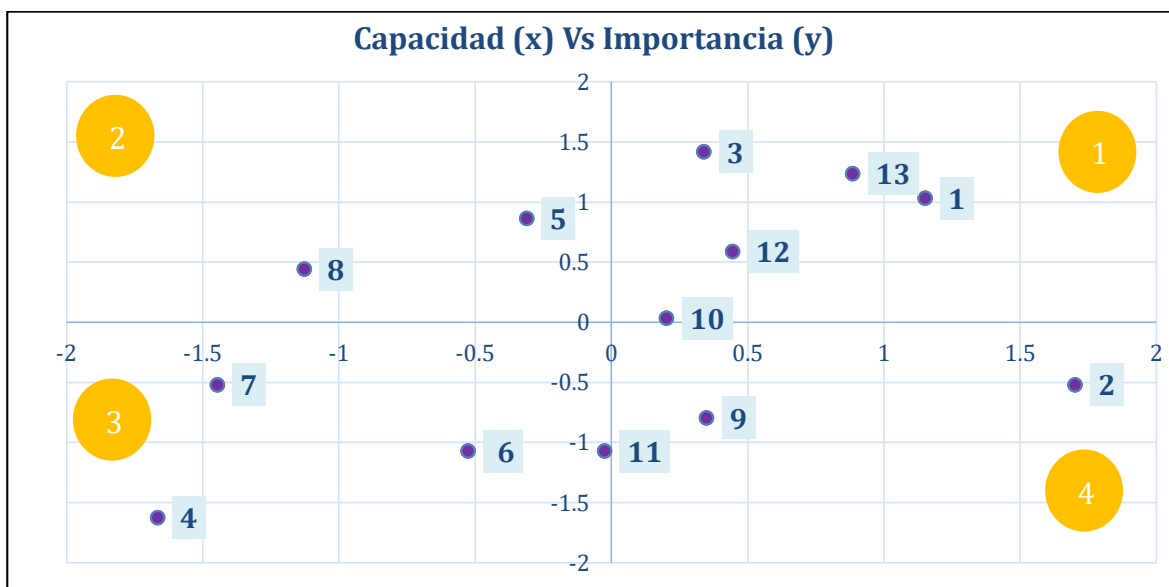
**Tabla 32: Líneas de investigación ordenadas en función a su nivel de importancia**

posición	Nº	Línea de investigación
1	3	Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía
2	13	Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios
3	1	Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía
4	5	Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico
5	12	Bioinformática en la detección de genes con interés económico
6	8	Bionanotecnología en remediación del agua
7	10	Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial
8	2	Detección de venenos o toxinas de peligro humano
8	7	Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental
9	9	Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía
10	11	Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial
10	6	Biotechnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía
11	4	Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica

Para el análisis de importancia, se observa que las 5 principales líneas identificadas son: a. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía, b. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios, c. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía, d. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios y e. Bioinformática en la detección de genes con interés económico.

Finalmente, tomando en cuenta los valores obtenidos a través del análisis de los criterios de capacidad e importancia, se planteó una matriz con cuatro cuadrantes que permitiera ubicar dichas líneas analizadas para caracterizar dichas líneas.

Figura 24: Matriz de Capacidad Vs Importancia para las líneas de I+D en biotecnología



El gráfico 9 nos permite realizar un análisis en función a las líneas identificadas en cada cuadrante de la matriz:

En el **Cuadrante 1** se ubican las líneas de investigación de mayor importancia y para las que, según la opinión de los especialistas, se cuenta con capacidades más fortalecidas para su desarrollo. En este cuadrante se ubican las siguientes líneas de investigación: **a)** Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía (línea 1); **b)** Bioinformática en la detección de genes con interés económico (línea 12); **c)** Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial (10), **d)** Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios (13) y **e)** Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía (3) Estas líneas son aquellas en las que se debe tomar **acción inmediata** y por lo tanto serían las líneas prioritarias

En el **Cuadrante 2** se ubican aquellas líneas para las que se cuenta con baja capacidad, pero a la vez se identifican como de suma importancia. Estas líneas de I+D son: **a)** Desarrollo de

Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico (línea 5) y **b**) Bionanotecnología en remediación del agua (línea 8); Si bien no se pueden llevar a cabo en la actualidad, representan un reto para desarrollarse en el futuro siempre y cuando se potencien las capacidades necesarias para su ejecución.

En el **Cuadrante 3** se ubican aquellas líneas que, según la opinión de los especialistas, son de baja importancia y de bajo nivel de capacidad. Estas son: **a**) Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica (4), **b**) Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía (6), **c**) Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental (7), **d**) Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial (11).

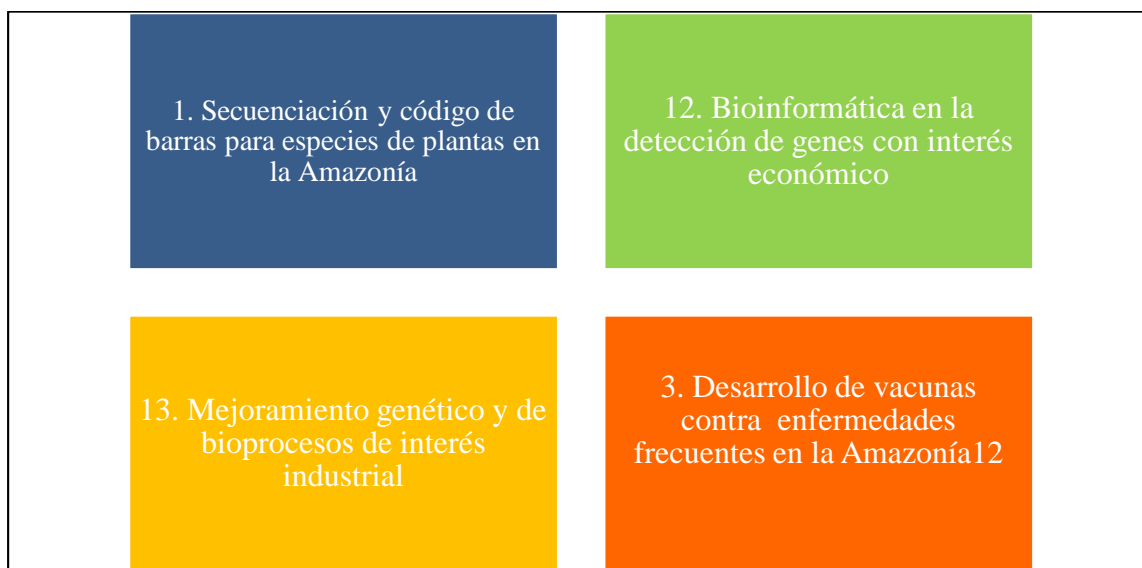
Dos de las líneas incluidas en este cuadrante: Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica y Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental son líneas no muy conocidas por algunos especialistas, por lo que es probable que esto haya generado un bajo puntaje o una no calificación de la línea, sin embargo en reuniones de trabajo con el equipo de desarrollo del proyecto se vio como líneas importantes a desarrollar en el futuro.

Finalmente, en el **Cuadrante 4**, se incluyen aquellas líneas de investigación, que, si bien son aquellas en las que se tiene capacidad alta, son al mismo tiempo de baja importancia para abordar los desafíos planteados en la Amazonía. En ese sentido son líneas menos urgentes a desarrollar son: **a**) Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía (9) y **b**) Detección de venenos o toxinas de peligro humano (2)

#### 4.4. Propuesta final y recomendaciones sobre la priorización de las líneas de investigación

Finalmente la lista final de las líneas de investigación fueron las líneas que se identificaron en el cuadrante 1, es decir aquellas que deberían realizarse de manera inmediata.

**Figura 25: Líneas de investigación prioritarias**



A partir de las entrevistas, se recopilaron algunas recomendaciones de acciones para el desarrollo del sector de Biotecnología a tomar en cuenta al momento de implementar las líneas del I+D por el proyecto Fab Lab Amazonas Dichas recomendaciones se colocan en la Tabla 32.

**Tabla 33: Tabla de recomendaciones para el desarrollo del sector Biotecnología**

Campo	Recomendaciones
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforzar la estructura educativa en universidades en carreras relacionadas a la Biotecnología.</li> <li>• Mejorar el entorno de la investigación, en términos de calidad y volumen de investigaciones en biotecnología.</li> <li>• Incrementar la masa crítica de investigadores altamente calificados en biotecnología a través de programas integrales de repatriación de científicos, doctorados y maestrías en el extranjero, etc.</li> <li>• Divulgación científica de calidad para promover la importancia de la biotecnología en el Perú.</li> </ul>
Legal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamentar la concesión de licencias de una patente de propiedad intelectual en las instituciones públicas.</li> <li>• Desarrollo de una legislación que promueva la inversión privada el sector biotecnológico.</li> <li>• Desarrollo de la Ley de promoción de la Biotecnología Moderna (Que contemple los tiempos de maduración del sector).</li> <li>• Definir un marco legal integral regulatorio para el investigador.</li> <li>• Crear un marco integral de repatriación de investigadores en el exterior que brinde las condiciones adecuadas y sostenibles para llevar a cabo proyectos de largo alcance.</li> <li>• Nombrar una entidad encargada de articular las diferentes disciplinas en torno al desarrollo de la biotecnología, como lo son los biofísicos, los informáticos y matemáticos.</li> </ul>
Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de capital de riesgo en el sector biotecnológico.</li> <li>• Incentivar la innovación en productos y/o procesos específicamente desde el campo de la biotecnología</li> <li>• Crear un mecanismo que permita a las entidades nacionales aprovechar el uso de tecnologías desarrolladas a través de los fondos de ciencia y tecnología.</li> <li>• Implementar un fondo para Starts ups exclusivo para emprendimientos biotecnológicos.</li> </ul>
Desarrollo de aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicionarnos en aplicaciones biotecnológicas que use la riqueza genética de la biodiversidad nacional. Fortalecer la divulgación de las bondades de la biodiversidad en términos de uso científico</li> <li>• Promover investigaciones en productos y/o procesos con potencial de comercialización.</li> <li>• Articular las investigaciones realizadas con las necesidades empresariales.</li> </ul>

También, a través de la encuesta se identificaron proyectos o ideas de proyectos específicos recomendados por los especialistas:

**Tabla 34: Propuesta de proyectos para las líneas de investigación**

Línea de investigación	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía	en frutales, madereros de exportación	preservación vitro y caracterización molecular de plantas medicinales de la Amazonía	Montaje de laboratorio mínimo para extracción de muestras de DNA.	secuenciación masiva en plantas en vía de extinción	secuenciación en plantas medicinales	identificación de especies de cacao con alto valor productivo
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano	Estudio de la interacción de las toxinas con blancos en proteínas humanas por métodos de bioinformática	Proteómica de veneno de serpientes	Evaluación de vías de señalización con fines terapéuticos	Desarrollo de antídotos	Detección de venenos o toxinas en arañas, escorpiones, sapos, serpientes y plantas	
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía	Desarrollo de vacunas contra Malaria vivax	Desarrollo de vacuna contra enfermedades transmitidas por <i>Aedes sp.</i>	Generación de vacunas recombinantes para el tratamiento del Dengue	Producción y selección de anticuerpos monoclonales para el desarrollo de vacunas contra enfermedades amazónicas	tecnologías para extracción y caracterización de toxinas	Vacuna contra la Malaria
4. Desarrollo de nuevos materiales con aplicación Biomédica	Detección de los genes de resistencia para elaboración de vacunas	Desarrollo de biosensores de diagnóstico				
5. Desarrollo de biofármacos y otros compuestos químicos de interés biomédico	Desarrollo de antiparasitarios	Desarrollo de Fito medicamentos utilizando plantas nativas de la Amazonía para el tratamiento de la hipertensión	Búsqueda y caracterización de blancos mediante tamizado químico y funcional	Proteómica en plantas con propiedades sugeridas por nativos	Desarrollo de cicatrizantes, anticoagulantes,	Transferencia de genes de la síntesis de sustancias bioactivas de plantas a microorganismos industriales
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía	cáncer en general	Estudio farmacogenéticos de los fármacos usados en las enfermedades más frecuentes de la Amazonía	Secuenciación de poblaciones nativas	Evaluación de mutaciones en enfermedades genéticas	Marcadores genéticos	Estudio de la genómica humana en pobladores de la Amazonía
7. Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental	catalizadores para escapes (chimeneas)	Desarrollo de nano partículas para descontaminación de suelos	Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto en árboles locales			

Línea de investigación	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
8. Bionanotecnología en remediación del agua	Identificación de nano partículas para remoción de metales pesados de aguas contaminadas	Filtros bacterianos para depuración de agua.				
9. Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía	Microorganismos extremófilos diversos en generación de gases	Búsqueda y selección de algas con potencial productor de hidrógeno para generación de energía eléctrica	Plantas semejantes al Panicum virgatum			
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial	Mejoramiento de especies productoras de biocombustibles	Uso de organismos cisgénicos	Énfasis en especies con principios activos buscados por mercados (antioxidantes, nutraceúticos, alimentos funcionales, etc.)	Construcción de factorías celulares productoras de sustancias bioactivas y desarrollo de procesos productivos	Aplicación en hongos nativos	Mejoramiento de capas de hongos productores colorantes y aromas
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	Hacer OGM con plantas nativas implicaría no llevar a campos donde se puede transferir los genes a las plantas no modificadas	Mejora en la producción de moléculas de interés	selección asistida por genes	No recomiendo iniciar líneas de transgénicos en plantas nativas	Aplicación para resistencia de las plantas a sequías	
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico	Identificación de genes con potencial biotecnológico	genes del sistema inmune de animales de interés comercial	Rápida caracterización usando microarrays de blancos para tamizado bioinformática	Mapeo informático	Identificación de genes y promotores inducibles	genes para la síntesis de fármacos, antibióticos
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	enfermedades de la papa	Detección de genes de resistencia para elaborar planes de mejora	Mejoramiento genético con enfoque de adaptación a la variabilidad climática	Genes de resistencia al friaje, a la sequedad		

Finalmente se propusieron algunas líneas de investigación y proyectos a considerar y poner a evaluación en el proyecto. Estas líneas se clasificaron en las áreas de: Salud, Alimentación y nutrición, producción y conservación.

**Tabla 35: Líneas de investigación propuestas por los especialistas**

Campo	Propuestas de los especialistas											
Salud	Caracterización de cepas microbiológicas virales que causan enfermedades	Estudio genético de poblaciones nativas para ver propensión a enfermedades.	Atención preventiva a problemas de salud de enfermedades crónicas	Desarrollo de bioortopedicos	Medina Ortomolecular	Desarrollo de pruebas de diagnóstico (animal, plantas y humanos)	Genómica de plantas de interés biomédico y agroindustrial	Desarrollo de plataformas alternativas para la producción de proteínas recombinantes para uso biomédico y veterinario	Bio vacunas a partir del estudio de plantas	Compuestos naturales antídotos contra el veneno de serpiente	desarrollo de vectores basados en virus	búsqueda de Biofármacos en especies vegetales exóticas de la amazonia
Alimentación y nutrición	Elaboración de tablas de concentración de antioxidantes en plantas	Secuenciación de animales que contienen Omega 3	estudios para establecer importancia de plantas nativas en la nutrición									
Producción	estudio in vitro de especies vegetales para producción industrial	Búsqueda e Identificación de sustancias bioactivas	Biofertilizantes	Estudios de variabilidad genética de especies nativas promisorias o con demanda de mercados		Principios activos de especies nativas	estudio de la transcriptómica, proteómica y metabólica de especies vegetales	mejoramiento genético de especies maderables de interés industrial				
Conservación de la biodiversidad / Ambiental	Biorremediación de ambientes contaminados con hidrocarburos	Biorremediación de ambientes contaminados con mercurio	Recuperación de Técnicas nativas para darles un valor biotecnológico en temas de preservación de la naturaleza	Estudio de meta genomas de suelo, agua y sedimentos	Estudio de microbiomas de insectos	Estudio de endófitos de plantas nativas	Identificación y mejora de microorganismos con fines de biorremediación	Secuenciación de genomas de plantas, hongos, bacterias	Estudio de microbiomas y endófitos en plantas	Caracterización de viromas de plantas	búsqueda de genes útiles en hongos y otros organismos	Biofertilizantes

## CONCLUSIONES

Este trabajo concluye que las prioridades establecidas por los investigadores que participaron en el proceso de evaluación de las líneas de I+D son distintas a aquellas planteada por los responsables del proyecto. Esto se debe a que los investigadores participantes cuentan con un conocimiento del contexto nacional y del nivel de desarrollo de las capacidades evaluadas para las líneas planteadas.

En la hipótesis se identificaron las líneas orientadas al desarrollo de biomateriales para reducción del impacto ambiental, desarrollo de biosensores con aplicaciones para conservación y finalmente el desarrollo de bioprocesos de bajo impacto ambiental. Si bien las líneas de I+D que resultaron prioritarias en la investigación no son las mismas propuestas en la hipótesis, si son necesarias para el desarrollo de las propuestas. Por ejemplo, la secuenciación del código genético es una línea importante que permitirá abrir nuevas líneas de I+D como la biosíntesis de compuestos a través de la biología sintética y el desarrollo de nuevos materiales, por ejemplo.

Por otro lado, las líneas de I+D en biomateriales (desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental y de nuevos materiales con aplicación biomédica), resultaron con los valores promedios más bajos para el criterio de “capacidad de preparación académica y dominio de las tecnologías críticas”. Esto confirma lo identificado al revisar la base de datos del DINA, donde las áreas de investigación en Biomateriales (relacionados con implantes, dispositivos, sensores) y de Bioproductos (relacionados con producción industrial); cuentan con 44 y 81 profesionales asociados a dichas áreas respectivamente, representando sólo el 6.4 % del total de profesionales registrados. Si bien, según el diagnóstico se encuentra que es difícil desarrollar estas líneas, en el análisis de tendencias, se identificó que al 2030, tendrán un mercado sumamente desarrollado. Es probable que estas líneas puedan desarrollarse haciendo uso de la red internacional de científicos a la que pertenece la Red Fab Lab o fortaleciendo capacidades locales en el tema.

Una capacidad sumamente importante para la gestión de la innovación es la capacidad para el desarrollo tecnológico, la que a su vez cuenta con indicadores que son aplicables para la evaluación de las líneas de I+D en Biotecnología. Las variables están orientadas al desarrollo de infraestructura, la capacitación de los recursos humanos involucrados en I + D, a los procesos de producción, la inversión en I + D, las alianzas estratégicas que se desarrollen y la obtención de

resultados. A estas se incorpora la capacidad para gestionar proyectos de I+D en biotecnología, que surge a partir de una serie de entrevistas con especialistas en el campo, quienes aseguraron la importancia de considerar este criterio, además de los ya elegidos, pues es uno de los elementos que hace falta para desarrollar el sector.

Respecto a las capacidades actuales, las capacidades de gestión en propiedad intelectual no se encuentran muy desarrolladas y hay una ausencia de políticas en el tema en instituciones estatales de investigación. Otro tema pendiente es el de políticas efectivas de bioseguridad y se identifica que hay necesidad de mejora de infraestructura específica y personal suficiente para realizar las funciones de bioseguridad en las instituciones públicas. En cuanto al desarrollo en capital humano, se observa que la mayoría de profesionales registrados se encuentran involucrados con el área de biotecnología en salud con un total de 26.3 % y un 18 % con el área agrícola. Estas son las dos áreas de mayor actividad de investigación en biotecnología en el país. Asimismo, la mayor producción científica, también se da en el campo biomédico, sin embargo, se identifica que hay un alto porcentaje de colaboración internacional (entre 60 y 80%) para la investigación y elaboración de los artículos científicos. Según el análisis realizado por el Programa Nacional de Biotecnología, en muchos de estos trabajos de colaboración el investigador principal es extranjero.

A partir de la revisión de las Agendas de Biocomercio, Ambiental y del Programa Nacional de Biotecnología; así como de las tendencias relacionadas con el tema, se identificaron 13 líneas de investigación a evaluar, que fueron agrupadas en 7 campos: a. Protección de especies de la Amazonía, b. Detección de especies peligrosas, c. Biomedicina, d. Medio Ambiente, e. Industria Alimentaria, f. Mejoramiento genético y g. Resistencia de cultivos a plagas. Si bien las líneas de I+D se recogieron de la literatura, se afinó su alcance y organización con ayuda de especialistas en el campo y que además estaban relacionados al proyecto Fab Lab Amazonas. El incluir tendencias al 2030, en la discusión para la identificación de líneas de I+D, permitió a los científicos pensar en nuevas posibilidades para el país e identificar potencialidades en nuestros recursos genéticos, así como hacer un balance para proponer líneas que respondan tanto a las necesidades mundiales como locales.

En cuanto a la metodología, esta permite hacer una identificación y evaluación de líneas de I+D a partir de la opinión de especialistas en el campo. En cada etapa se buscó validar los elementos

identificados, tanto para la selección de las capacidades de innovación que servirían como criterios de evaluación, como también para la identificación de las líneas de I+D que se someterían a evaluación en la encuesta. Si bien se contó con un análisis global de la opinión de los expertos, fue de suma importancia acompañar esta información con un análisis individual o de grupos, pues las opiniones de un investigador y de un gestor son muy distintas. Estos últimos consideran como principales capacidades a aquellas relacionadas con la administración de proyectos en biotecnología y la capacidad de inversión de las empresas, mientras que para los científicos estas recibían los últimos puntajes. A pesar de esa diferencia, casi todos los encuestados coinciden en que la principal capacidad es la de formación de recursos humanos.

La elaboración de la matriz de “Capacidad” vs “Importancia” permite tener una idea de la opinión global de los especialistas y además clasifica a las líneas en cuatro cuadrantes: a. Las líneas de I+D urgentes: de alta importancia y con mayor capacidad, b. Las líneas de I+D potenciales: de alta importancia y baja capacidad, c. Las líneas de I+D en las que no se toma acción: No importantes y no se cuenta con capacidad, d. Las líneas de I+D no urgentes: Aquellas que son las que tienen capacidad, pero no son importantes. La aplicación de una matriz, para clasificar elementos es muy usada en procesos de priorización de variables estratégicas o de priorización de acciones en la planificación estratégica.

## RECOMENDACIONES

En base al presente estudio se recomienda tomar como referencia las líneas identificadas como prioritarias, de modo que sirvan de base para la identificación de proyectos a desarrollar así como para la elaboración de una hoja de ruta que permita al Fab Lab Amazonas lograr los desafíos planteados. Se recomienda además realizar un estudio complementario de las capacidades a nivel mundial, tomando en cuenta la Red internacional a la que pertenece el Fab Lab, ya que se busca contar con colaboración de otros científicos a través de su red, por lo que analizar e identificar estas otras capacidades, podría ayudar a potenciar las locales actuales.

La metodología propone identificar y evaluar líneas de investigación a través de dos criterios: “Capacidad” e “Importancia”, sin embargo es posible utilizar otros criterios como pertinencia, gobernabilidad, importancia mundial, mercado potencial etc., dependiendo de los objetivos del estudio.

La propuesta de investigación pretende tener un análisis general para priorizar líneas de I+D a través de la consulta a investigadores especialistas, pero se recomienda trabajar una segunda ronda de evaluación y así confirmar o tener la opción de cambiar sus repuestas luego de conocer los primeros resultados. Esto se puede dar a través de una encuesta Delphi.

Otra recomendación sobre la metodología es buscar un número igual o cercano de especialistas en cada campo evaluado, así como en los sectores (empresa, academia, gobierno). Se recomienda además profundizar, a través de entrevistas estructuradas, el análisis de las capacidades identificadas, así como de la jerarquización realizada por parte de los especialistas encuestados sobre la importancia de dichas capacidades para el desarrollo de proyectos en I+D en biotecnología. Las entrevistas ayudarían a conocer la justificación de la jerarquización realizada, así como algunas propuestas para el desarrollo de dichas capacidades. Es de suma importancia incluir las recomendaciones de líneas de investigación sugeridas por los especialistas, previa evaluación de las mismas, y realizar con ellas una priorización de las líneas de investigación definitivas para el proyecto.

Si bien las líneas responden a identificación desde la opinión de investigadores locales, se recomienda realizar un análisis final con los integrantes de la red mundial del Fab Lab que participarían en el proyecto, para identificar líneas adicionales que ellos consideran potenciales para la Amazonia. De esta forma se puede complementar el análisis.

Finalmente, es importante recalcar la potencialidad que tiene la bioeconomía para América Latina y el Caribe, es importante empezar a pensar el desarrollo del sector a nivel nacional y esto empieza trabajando documentos de planificación a largo plazo. Resulta prioritario que el país tome las medidas adecuadas para guiar dichas acciones y de esta forma aprovechar todas las oportunidades que la bioeconomía puede ofrecer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. (2014). *UNE 166002:2014.Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i*. Madrid: AENOR.
- Amit, R., & Schoemaker, P. (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 1(14), 33-46.
- Andrews, K. R. (1980). *The concept of corporate strategy*. Homewood: .
- Anthony, R. N. (1965). *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*. Cambridge: Harvard University.
- Asociación Fab Lab Perú. (Abril de 2013). La Tecnología de impresión 3D y su posible impacto en los escenarios actuales y futuros de la manufactura. Lima, Perú.
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). *The development of technological capabilities: Trade, Technology and International Competitiveness*. Economic Development Institute of World Bank.
- Bisang, R., & Anlló, G. (2015). Bioeconomía. Una ventana al desarrollo de América Latina. *Integración & Comercio*, 154-162.
- Boly, V., Morel, L., Guillaume, N., & Camargo, M. (2014). Evaluating innovative processes in french firms: Methodological proposition for firm innovation capacity evaluation. *Research Policy*(43), 608-622.
- CAF. (2005). *Bioteología para el uso sostenible de la biodiversidad. Capacidades locales y mercados potenciales*. Caracas: CAF.
- Castellanos Domínguez, O. F., Torres Piñeros, L. M., & Domínguez Marínez, K. P. (2009). *Manual Metodológico para la Definición de Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico en cadenas productivas Agroindustriales*. (M. d. Rural, Ed.) Bogotá, Colombia: Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad - BioGestión .
- Chandler, A. D. (1962). *Strategy and Structure. Chapters in the History of Industrial Enterprise*. Cambridge, Estados Unidos: The M.I.T Press.

- CONCYTEC. (2012). *Agenda de investigación e innovación para el Biocomercio 2012-2021*. Lima.
- CONCYTEC. (Junio de 2013). *Programa Nacional de CTI en Biotecnología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, la valorización de la Biodiversidad y la Salud Humana*. Obtenido de [http://portal.concytec.gob.pe/images/stories/images2013/agosto/programa\\_cti\\_biotecnologia.pdf](http://portal.concytec.gob.pe/images/stories/images2013/agosto/programa_cti_biotecnologia.pdf)
- CONCYTEC. (Junio de 2013). Programa Nacional de CTI en Biotecnología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición, la valorización de la Biodiversidad y la Salud Humana. Líneas de acción prioritarias 2013-2016. Perú.
- CONCYTEC. (2014). *Principales indicadores bibliométricos de la actividad científica peruana 2006-2011*. Lima.
- CONCYTEC. (Octubre de 2015). Base de datos de proyectos financiados por FONDECYT. Lima.
- CONCYTEC. (2015). *Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de valorización de la Biodiversidad 2015-2021*. Lima.
- Da Silva, E. (2004). The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind. 7.
- de Mello, A. M., De Lima, W. D., Villas Boas, E., Sbragia, R., & Marx, R. (2008). Innovation Capability and Competitive Advantage: A Case Study of Two Brazilian Firms. *Management of Engineering & Technology*.
- Durán-García, M., & Durán- Aponte, E. (2011). Criterios Organizacionales y de Gestión en la Transferencia de Tecnología Química. *Economía, Gestión y Desarrollo*, 25-38.
- Dutrénit, G. (2000). *Learning and Knowledge Management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capabilities*. Edward Elgar.
- Dutta, S., Narasimhan, O., & Rajiv, S. (2005). Conceptualizing and measuring capabilities: methodology and empirical application. *Strategic Management Journal*, 3(26), 277–285.

- Escorsa Castells, P., & Maspons Bosch, R. (2002). *La Vigilancia Tecnológica, un requisito indispensable*. Barcelona, España.
- Fab Foundation. (20 de 01 de 2016). *What is a Fab Lab?* Obtenido de <http://www.fabfoundation.org/>
- Falck Zepeda, José; Falconi, César; Sampaio Amstalden, Maria José; Solleiro Rebolledo, José Luis; Trigo, Eduardo; Verástegui, Javier;. (2009). *La Biotecnología Agropecuaria en América Latina. Una Visión Cuantitativa*. International Food Policy Research Institute.
- FINCYT. (10 de Enero de 2016). Base de datos de proyectos ganadores FINCYT.
- Forsman, H. (2011). Innovation capacity and innovation development in small enterprises. A comparison between the manufacturing and service sectors. *Research Policy*(40), 739–750.
- Fuchs, M., & Anlló, G. (2013). Bioeconomía y los desafíos futuros. La biotecnología como ventana de oportunidad para Iberoamérica. *En el estado de la ciencia.*, 45-68.
- Galvez, D., Camargo, M., Rodriguez, J., & Morel, L. (2013). PII- Potential Innovation Index: a Tool to Benchmark Innovation Capabilities in International Context. *Journal of Technology Management & Innovation*, 4(8), 49-63.
- Gil Ruíz, A. M., Varela Azkue, G., & González Díez, A. (2008). *Guía práctica para abordar la innovación y su gestión en las empresas del sector de la edificación residencial*. Gobierno Vasco.
- Gil Ruiz, A., Varela Azkue, G., & Gonzáles Díez, A. (2008). *Guía para abordar la innovación y su gestión en las empresas del sector de la edificación residencial*. España.
- Gomel, M. M., & Sbragia, R. (s.f.). A capacitacao tecnológica e o desempenho exportador da indústria brasileira de software: o papel dos investimentos em P&D. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1, 60-73.
- Gomes de Castro, A. M., Valle Lima, S., & Pedroso Neves, C. (2002). Cadena productiva: Marco conceptual para apoyar la prospección tecnológica. (R. Valdivieso, Ed.) *Revista Espacios Digital*, 23(2).

- Guardarrama, V. H. (Junio de 2006). Vinculación y acumulación de capacidades tecnológicas en una empresa farmacéutica. El caso Probiomed. *I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I*. España: OEI.
- Guitérrez Correa, M. G. (2007). Biotecnología, biodiversidad y bioeconomía. *Perú Económico*, 26-27.
- Gutierrez Correa, M. (2012). El camino de la biotecnología en la Universidad Nacional Agraria de La Molina, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 359-367.
- Hao-Chen, H. (2011). Technological innovation capability creation potential of open innovation: a cross-level analysis in the biotechnology industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, 23(1), 49-63.
- Hernández Sampieri, R., Carlos, F., & Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Hurtado, B. (2012). Tres décadas de biotecnología en Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5-6.
- Igarza, R. (2008). Método Delphi. Apuntes para una implementación Exitosa. 2-6.
- IIAP. (24 de Octubre de 2015). *Sitio institucional del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana*. Obtenido de [www.iiap.org.pe/](http://www.iiap.org.pe/)
- INDECOPI. (31 de Agosto de 2011). NTP 732.003. GESTIÓN DE LA I+D+i. Requisitos del sistema de gestión de la I+D+i. Lima, Perú.
- INIA. (26 de Noviembre de 2015). *Página institucional de Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Obtenido de [www.inia.gob.pe/](http://www.inia.gob.pe/)
- INIA. (Set de 2015). *Página Institucional del Instituto Nacional de Innovación Agraria*.
- Kahn, H. (1967). *The year 200, a framework for speculation on the next thirty-three years*. . Washington.
- Kim, L. (1999). Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience. *Industrial and Corporate Change*, 8(1), 111-136.

- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 165-186.
- Lazonick, W. (1991). *Business Organization and Myth of the Market Economy*. New York: Cambridge University Press, New York.
- Lema, R., Quadros, R., & Schmitz, H. (2015). Reorganising global value chains and building innovation capabilities in Brazil and India. *Research Policy*, 7(44), 1376–1386.
- Luciano Torres, M., & Ortíz Martínez, E. (Mayo de 2008). El Benchmarking en las empresas internacionales de tecnología y sus productos. Puerto Rico: Universidad Interamericana de Puerto Rico Recinto Ponce.
- Martínez-Román, J., Gamero, J., & Tamayo, J. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation*(31), 459–475.
- Martínez-Román, J., Gamero, J., & Tamayo, J. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation*(31), 459–475.
- May Gomel, M., & Sbragia, R. (2011). A competitividade da indústria brasileira de software e a influencia da capacitacao tecnológica no desempenho exportador. *Revista de Administracao e Inovacao*, 8, 169-195.
- Medina Vásquez, J., & Ortegón, E. (2006). *Manual de Prospectiva y decisión estratégica. Bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- MINAM. (2013). *Agenda de Investigación Ambiental 2013-2021*. Lima.
- MINAM. (2014). *Quinto Informe Nacional sobre la Aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Perú 2010-2013*. Lima: MINAM.
- Ministerio de la Producción. (2014). Plan Nacional de Diversificación Productiva. *Publicaciones PRODUCE*, 115.

- Minna, S., & Juhani, U. (2014). Intangible aspects of innovation capability in SMEs: Impacts of size and industry. *Journal of Engineering and Technology Management*(33), 32-46.
- Naciones Unidas. (1992). Convenio sobre la diversidad biológica.
- NU. CEPAL. ILPES . (Julio de 2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile.
- Observatorio Virtual de Transferencia Tecnológica. (2015). *OVTT*. Recuperado el 27 de Setiembre de 2015, de OVTT: <http://www.ovtt.org>
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3era ed.).
- OECD. (2009). *The Bioeconomy to 2030. Designing a Policy Agenda*. OECD.
- ONU. (2011). *Examen de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Perú. Nueva York y Ginebra: United Nations.
- ONUDI. (2002). *Bioteología en el Sistema Agroalimentario. Programa de Prospectiva Tecnológica Uruguay 2015*.
- Ottinson, S. (2003). Participation action research- A key to improved knowlege of managment. *Technovation*(23), 87-94.
- OVTT. (29 de Diciembre de 2015). *Sitio Oficial del Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología*. Obtenido de <http://www.ovtt.org/>
- Pérez, C. (2010). *Thecnological dynamism and social inclusion in Latin American: a resource-based production development strategy"*. CEPAL.
- Polívka, L., & Ůrgeová , E. (2007). Bioeconomy and white biotechnology as a basic pillar of lisbon strategy. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 69-76.
- PRODUCE. (Mayo de 2014). Plan Nacional de Diversificación Productiva. Documento sujeto a consulta pública. Lima, Perú: PRODUCE.
- PRODUCE. (09 de Enero de 2015). *Innovate Perú*. Obtenido de <http://www.innovateperu.gob.pe/>
- PUCP. (2015). *Guía de Investigación. Gestión*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Ruiz González, M., & Mandado Pérez, E. (1989). *La innovación tecnológica y su gestión*. Barcelona: Marcobo, S.A.
- SAATY, T. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy*. U. S. A: RWS Publication. Universidad de Pittsburgh.
- Saunila, M., & Ukko, J. (2014). Intangible aspects of innovation capability in SMEs: Impacts of size and industry. *Journal of Engineering and Technology Management*, 33, 32-46.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Scmid, O., Padel, S., & Levidow, L. (2012). The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective. *Bio Based and Applied Economics*, 1(1), 47-63.
- Serrano Moya, E. (21 de Abril de 2014). Desarrollo tecnológico y Brecha tecnológica entre países de América Latina. *Ánfora*(ISSN 0121-6538), 53-60.
- Stringer, E. T. (1999). *Action Research: A handbook for practitioners* (2a ed. ed.). Newbury Park:Sage.
- Torres Vargas, A. (Noviembre de 2006). Aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1, 12-24.
- Universidad Nacional de Colombia. (Setiembre de 2012). *Agenda : Biotecnología*. Bogotá D.C., Colombia.
- Vergara Schmalbach, J. C., Fontalvo Herrera, T. J., & Maza Ávila, F. (2010). La planeación por escenarios: . *Revisión de conceptos y propuestas metodológicas*, 21-29.
- Verworn, B., & Herstatt, C. (2002). *The innovation process: an introduction to process models*. Hamburg: Department for Technology and Innovation Management. Technical University of Hamburg.
- Westphal, L. E., Kim, L., & Dahlman, C. J. (1985). *Reflections on the Republic of Korea's acquisition of technological capability*. In: Rosenberg, N., Frischtak,

*C. International technology transfer: concepts, measures, and comparison.* New York.

Willems Delanoy, A. (2014). Crear para crecer: estrategia nacional para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación. *Publicaciones Concytec*, 12-35.

Zawislak, P., Cherubini, A., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D., & Maciel, F. (2012). Innovation Capability: From Technology Development to Transaction Capability. *Journal of Technology Management & Innovation*, 2(7), 14-26.

# ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuáles son las prioridades que les dan los investigadores a las líneas de I+D en Biotecnología para el proyecto Fab Lab Flotante, periodo 2016-2030?</p>	<p>Diagnosticar e identificar las prioridades de línea de I+D en biotecnología para el Fab Lab FLOTANTE propuesta por investigadores, periodo 2016-2030?</p>	<p>Las prioridades establecidas por los investigadores se encuentran orientadas a aquellas líneas de I+D en el desarrollo de biomateriales para su aplicación médica ,desarrollo de biosensores con aplicaciones para conservación y cuidado del medio ambiente y finalmente el desarrollo de bioprocesos de bajo impacto ambiental</p>	<p>Revisión bibliográfica en temas de gestión de la innovación, capacidad de innovación tecnológica.</p> <p>Revisión de documentos del contexto nacional del sector de Biotecnología a nivel Nacional y en la Amazonía Peruana en el periodo 2010-2015, documentos de Agendas y planes estratégicos sectoriales y nacionales.</p> <p>Entrevistas semiestructuradas a personas relacionadas con el proyecto especializados en biotecnología y representativas de los diferentes grupos de interés involucrados: 1 persona de la dirección del Fab Lab Amazonas, 2 personas del programa Nacional de CTI en Biotecnología, 4 investigadores reconocidos en el tema de Biotecnología, 1 investigador del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 1 investigador experto en Biodiversidad y Biotecnología.</p> <p>01 Encuesta de opinión a 20 especialistas para la identificación de principales líneas de investigación en Biotecnología a partir de la evaluación de las capacidades tecnológicas para el desarrollo de las mismas y de su importancia para abordar los desafíos planteados en el proyecto.</p>	<p>a. Componentes de la capacidad para la innovación (capacidades tecnológicas y de gestión) para realizar el diagnóstico de las líneas de I+D.</p> <p>b. Principales líneas de I+D identificadas .</p> <p>c. Diagnóstico de la situación de la investigación en Biotecnología en el Perú.</p> <p>d. Líneas de investigación de interés nacional para el futuro.</p> <p>e. Propuesta de Prioridades de investigación establecidas por los especialistas</p> <p>f. Evaluación de la propuesta</p> <p>g. Recomendaciones</p>	<p>CAPITULO I: CAPACIDAD DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA</p> <p>CAPÍTULO II: CONTEXTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ, PERIODO 2011-2015</p> <p>CAPÍTULO III: RIORIZACIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AL 2030</p>	<p>Este trabajo concluye que las prioridades establecidas por los investigadores que participaron en la investigación son distintas a aquella planteada por los responsables del proyecto. Esto se debe a que los investigadores cuentan con un conocimiento del contexto nacional y del nivel de desarrollo de las capacidades evaluadas.</p> <p>Las líneas de I+D que resultaron prioritarias fueron:</p> <p>a. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía</p> <p>b. Bioinformática en la detección de genes con interés económico</p> <p>c. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial</p> <p>d. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios</p> <p>e. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía.</p> <p>En la hipótesis se identificaron las líneas orientadas al desarrollo de biomateriales para reducción del impacto ambiental, desarrollo de biosensores con aplicaciones para conservación y finalmente el desarrollo de bioprocesos de bajo impacto ambiental. Si bien las líneas que resultaron prioritarias en la investigación no son exactamente las mismas propuestas en la hipótesis si son necesarias para el desarrollo de las propuestas, por ejemplo la secuenciación del código genético es una línea importante que permitirá abrir nuevas líneas de I+D como la biosíntesis de compuestos a través de la biología sintética y el desarrollo de nuevos materiales.</p>	<p>En base al presente estudio se recomienda tomar como referencia las líneas identificadas como prioritarias, de modo que sirvan como base para la identificación de proyectos a desarrollar así como elaborar una hoja de ruta. Se recomienda además realizar un estudio complementario de las capacidades de la red Fab Lab a nivel global, ya que el proyecto piensa contar con colaboración internacional, por lo que analizar e identificar capacidades adicionales podría ayudar a potenciar las actuales.</p>

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<b>CAPÍTULO 1. CAPACIDAD DE GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA</b>							
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO:</b> ¿Cuáles son los subcriterios de capacidad de innovación que se utilizarán para realizar el las líneas de I+D potenciales en Biotecnología?</p>	<p>Identificar criterios y subcriterios que sean adecuados para evaluar las líneas de I+D potenciales en biotecnología identificadas</p>	<p>Existen variables de capacidad que sirven para evaluar las líneas de investigación en Biotecnología relacionadas con la preparación del capital humano, el nivel de desarrollo en infraestructura y la inversión en proyectos I+D en biotecnología.</p>	<p>Recoger los aportes de la literatura, así como la opinión de los especialistas, sobre las principales variables de capacidad para la innovación tecnológica y elegir aquellos que sean más apropiados para las evaluación de las líneas de investigación en Biotecnología</p> <p>Capacidad de innovación tecnológica: Zawislak, P., Cherubini, A., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D., y Maciel, F. (2012), May Gomel &amp; Sbragia (2011), Forsman, H. (2011); Boly, V., Morel, L., Guillaume, N., y Camargo, M. (2014); Hao-Chen, H. (2011); Gálvez, D., Camargo, M., Rodriguez, J., y Morel, L. (2013).</p>	<p>Los subcriterios de capacidad de innovación elegidos para la evaluación de líneas potenciales de I+D en biotecnología.</p>	<p>1.1. Gestión de la Innovación 1.2. Capacidades de Innovación Tecnológica 1.3. Capacidad para el desarrollo tecnológico</p> <p>3.3. Capacidades identificadas para evaluar las líneas de I+D en biotecnología</p>	<p>A través de la revisión de literatura se identificó que una capacidad sumamente importante es la capacidad de desarrollo tecnológico, la que a su vez cuenta con indicadores que pueden ser aplicables para la evaluación de las líneas de I+D en Biotecnología. Las variables están orientadas al desarrollo de infraestructura, la capacitación de los recursos humanos involucrados en I + D, a los procesos de producción, la inversión en I + D, las alianzas estratégicas que se desarrollen y la obtención de resultados. Sin embargo se incluyó la capacidad para gestionar proyectos de I+D en biotecnología, que surgió a partir de una serie de entrevistas con especialistas en el campo, quienes aseguraron la importancia de considerar este criterio, además de los ya elegidos, pues es uno de los elementos que hace falta para desarrollar el sector.</p>	<p>Se recomienda profundizar a través de entrevistas estructuradas del análisis de las capacidades identificadas, así como de la jerarquización realizada por parte de los especialistas encuestados sobre la importancia de dichas capacidades para el desarrollo de proyectos en I+D en biotecnología. Las entrevistas ayudarían a conocer la justificación de la jerarquización realizada, así como algunas propuestas para el desarrollo de dichas capacidades desde la perspectiva de los especialistas.</p>

CAPÍTULO 2. CONTEXTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ, PERIODO 2011-2015							
2) ¿Cuál es el contexto la investigación y, desarrollo en Biotecnología a nivel nacional en el periodo 2010-2015?	Definir el contexto de la Biotecnología a nivel nacional en los últimos a través de indicadores de recursos humanos, e Inversión	Es posible conocer el contexto de la Biotecnología en el Perú en el periodo 2010-2015 a partir de la revisión de la normativa, del desarrollo del capital humano, de la infraestructura y del financiamiento de proyectos en I+D en el campo.	Referencias bibliográficas del tema: Examen de política para la CTI (UNCTAD, 2011) Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad (CAF, 2005) Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de Valorización de la Biodiversidad 2015-2021 Base de datos FONDECYT (2015)	Detalle de indicadores de capital humano, y financiamiento.	2.1. Análisis del Marco Nacional de la Biotecnología. 2.2. Investigación en la Amazonía Peruana 3.3. Resultados de la investigación	A partir de la revisión de literatura se identificó que en la actualidad las capacidades de gestión en propiedad intelectual no se encuentran muy desarrolladas y hay una ausencia de políticas de propiedad intelectual en instituciones de investigación. Otro tema pendiente a desarrollar efectivamente es el de bioseguridad. En cuanto a capital humano y producción científica se identifica que hay un alto porcentaje de colaboración internacional. Lamentablemente un alto porcentaje de los artículos y papers elaborados son liderados por un científico externo. En cuanto a infraestructura se identifica que hay laboratorios muy equipados en Lima (UNALM, UPCH) en Arequipa, Tumbes y en la Amazonía.	Para tener un mejor conocimiento del marco nacional se recomienda incorporar otros indicadores relacionados al avance normativo como infraestructura e inversión privada.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<b>CAPÍTULO 2. CONTEXTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ, PERIODO 2011-2015</b>							
3) ¿Cuáles son las líneas de I+D identificadas que aportan a dar solución a los desafíos identificados por el Fab Lab Amazonas?	Identificar líneas de I+D en Biotecnología para el Fab Lab Amazonas, periodo 2016-2030	A través de la revisión bibliográfica y consulta a expertos, se logra identificar las principales líneas de investigación potenciales para e en el campo de la biotecnología	Identificación inicial de líneas: Revisión de información secundaria: Agenda de investigación ambiental (MINAM, 2013), Agenda de investigación e innovación para el Biocomercio (CONCYTEC, 2012); Programa Nacional CTI en Biotecnología del CONCYTEC (2013) , Plan Estratégico para la Amazonía; Bases de datos de FONDECYT, FINCYT, INIA, IIAP 2) Tendencias en Biotecnología 1. Frost & Sullivan (2014) 2. The Bioecnomy to 2030, BID (2014) 3. El Genoma Latinoamericano. BID (2015) 4. Examen de Políticas de Ciencia Tecnología e Innovación, Perú, UNCTAD (2011) 5. La biotecnología en Iberoamérica, Situación Actual y Tendencias. OEI 6. Biología Sintética, Informe de Vigilancia Sintética. Genoma Tendencia España (2006)	Líneas de investigación para la Amazonía identificadas	2.3. Áreas Temáticas y líneas de investigación relevantes para el desarrollo de la Amazonía	A partir del análisis de los distintos documentos de agendas y de tendencias relacionadas con el tema, se identificaron 13 líneas de investigación a evaluar, que fueron agrupadas en 7 campos: a. Protección de especies de la Amazonía, b. Detección de especies peligrosas, c. Biomedicina, d. Medio Ambiente, e. Industria Alimentaria, f. Mejoramiento genético y g. Resistencia de cultivos a plagas. Si bien estas líneas se recogieron de la literatura, se afinó su alcance y organización con ayuda de especialistas en el campo y que además estaban relacionados al proyecto Fab Lab Amazonas.	Realizar un análisis más detallado de tendencias en función a los desafíos planteados por el proyecto
			Propuesta de líneas para evaluación y retroalimentación Entrevistas personales semiestructuradas a 4 investigadores	Líneas de investigación revisadas por los investigadores	3.2.2. Proceso de investigación 2A. Identificación las principales líneas de investigación y desarrollo en biotecnología 3A. Propuesta de Líneas de investigación 4A. Evaluación y retroalimentación de las líneas de investigación	Luego de la revisión con los especialistas se identificaron 13 líneas de investigación a evaluar, que fueron agrupadas en 7 campos: a. Protección de especies de la Amazonía b. Detección de especies peligrosas c. Biomedicina d. Medio Ambiente e. Industria Alimentaria f. Mejoramiento genético g. Resistencia de cultivos a plagas Si bien estas líneas se recogieron de la literatura, se afinó su alcance y organización con ayuda de un especialistas en el campo que además es parte del Fab Lab Amazonas.	Se recomienda incluir las recomendaciones de líneas de investigación sugeridas por los especialistas previa evaluación y realizar con ellas una priorización de las líneas de investigación definitivas para el proyecto.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<b>CAPÍTULO 3. PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA</b>							
4) ¿Cuál es el estado actual de las líneas de I+D en biotecnología en cuanto a su capacidad para el desarrollo tecnológico?	Diagnosticar el estado actual de las líneas de I+D en biotecnología en cuanto a su capacidad para el desarrollo tecnológico	Es posible conocer el estado sus capacidades para el desarrollo tecnológico de las líneas de I+D en biotecnología	Encuesta N° 1 (parte 4 )aplicada a 17 especialistas en biotecnología	Valor promedio de capacidades por cada línea de investigación	4A. Evaluación y retroalimentación de las líneas de investigación 1B , 2B	Las líneas de investigación	

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<b>CAPÍTULO 3. PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA</b>							
5) ¿Cuál es la metodología que permita realizar la evaluación de las líneas de investigación identificadas para el Proyecto?	Elaborar una metodología que permita tomar la opinión de expertos durante el proceso de priorización de líneas de I+D	Existe una metodología apropiada para priorizar las líneas de investigación a partir de un análisis de las capacidades para la gestión de la innovación y de la importancia para dar solución a los desafíos planteados por el proyecto. Mediante de la encuesta a especialistas en Biotecnología es posible identificar las principales líneas de investigación para el Fab Lab Amazonas	Agenda de Biotecnología de la Universidad de Colombia como parte del Plan Global de Desarrollo 2010-2012 (Universidad Nacional de Colombia, 2012) y el Informe final de Biotecnología en el Sistema Agroalimentaria del Programa de Prospectiva Tecnológica Uruguay 2015 (ONUDI, 2002); Manual Metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (CEPAL, 2008)	Metodología de evaluación y procesamiento para priorizar las líneas de investigación de biotecnología al 2030.	3.2. Metodología de la investigación	En cuanto a la metodología, esta permite hacer una identificación y evaluación de líneas de I+D a partir de la opinión de especialistas en el campo, tanto a través de entrevistas como de encuestas desarrolladas. En cada etapa se buscó validar los elementos identificados tanto para la selección de las capacidades de innovación que servirían como criterios de evaluación como también para la identificación de las líneas de I+D que se someterían a evaluación en la encuesta. Si bien se contó con un análisis global de la opinión de los expertos, fue de suma importancia acompañar esta información con un análisis individual o de grupos, pues las opiniones de un investigador y de un gestor son muy distintas, estos últimos consideran como principales capacidades aquellas relacionadas con la administración de proyectos en biotecnología y la capacidad de inversión de las empresas, mientras que los investigadores no la consideran de mayor importancia. A pesar de esa diferencia, casi todos los encuestados coinciden en la principal importancia de la capacidad de formación de recursos humanos	La metodología propone identificar y evaluar líneas de investigación a través de dos criterios: Capacidad Tecnológica e Importancia, sin embargo es posible utilizar otros criterios como pertinencia, gobernabilidad, importancia global, etc. La propuesta pretende tener un análisis general de parte de los especialistas, pero se recomienda trabajar una segunda ronda que pida a los especialistas evaluar nuevamente y así confirmar o tener la opción de cambiar sus repuestas luego de conocer los primeros resultados. Otra recomendación a la metodología es buscar un número igual o cercano de especialistas en cada campo evaluado, así como en los sectores (empresa, academia, gobierno)

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGÍA	INDICADOR	SECCION DEL DOCUMENTO	CONCLUSIÓN GENERAL	RECOMENDACIÓN GENERAL
<b>CAPÍTULO 3. ESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS PRIORARIAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA PARA EL PERIODO 2016-2030</b>							
6) ¿Cuáles son las líneas de I+D priorizadas por los especialistas en biotecnología consultados?	Recoger la opinión de los especialistas en el campo para la priorización de las líneas de I+D en biotecnología	Se logró priorizar líneas de I+D gracias al recojo de la opinión de los especialistas en el campo, quienes evaluaron las líneas de I+D individualmente en cuanto a capacidad y en general en cuanto a nivel de importancia.	Entrevistas semiestructuradas a personas relacionadas con el proyecto especializados en biotecnología y representativas de los diferentes grupos de interés involucrados: 1 persona de la dirección del Fab Lab Amazonas, 2 personas del programa Nacional de CTI en Biotecnología, 4 investigadores reconocidos en el tema de Biotecnología, 1 investigador del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 1 investigador experto en Biodiversidad y Biotecnología.  01 Encuesta de opinión a 20 especialistas para la identificación de principales líneas de investigación en Biotecnología a partir de la evaluación de las capacidades tecnológicas para el desarrollo de las mismas y de su importancia para abordar los desafíos planteados en el proyecto.	Nivel de capacidad y de importancia de cada línea de investigación Matriz de capacidad Vs Importancia de las líneas de I+D en biotecnología evaluadas	3.3. Resultados	La elaboración de la matriz de capacidad vs importancia permite tener una idea de la opinión global de los especialistas y además clasifica a las líneas en cuatro cuadrantes: a. Las urgentes: Importantes y con mayor capacidad b. Las potenciales: Importantes y baja capacidad c. Aquella en las que no se toma acción: No importantes y no se cuenta con capacidad d. No urgentes: Aquellas que son las que tienen capacidad, pero no son importantes	Si bien las líneas responden a identificación desde la opinión de expertos locales, se recomienda realizar un análisis con los integrantes de la red global del Fab Lab que participarían en el proyecto para identificar aquellas líneas que ellos consideran potenciales para la amazonia. De esta forma se puede complementar el análisis y tomar en cuenta alguna línea que no se haya identificado como prioritaria.

Anexo 2. Directorio de Especialistas entrevistados

<b>N°</b>	<b>Nombre y Apellido</b>	<b>Institución a la que pertenece</b>	<b>Cargo Actual</b>
1	Beno Juárez Vélez	Asociación FAB LAB Perú	Director
2	William Roca Pizzini	Científico Emérito CIAT , Cali, Colombia Consultor Externo , CIP, Lima, Perú	Científico, Consultor
3	Julio Valdivia Silva	NASA Ames Research Center Universidad de Ingeniería y Tecnología UTECH	Investigador Asociado
4	Jorge Alberto Tenorio Mora	CONCYTEC	Responsable del Programa Nacional de Biotecnología
5	Daniel Clark Leza	CONCYTEC	Responsable del Programa Nacional de Biotecnología
6	Marcel Gutiérrez Correa	Laboratorio de Micología y Biotecnología Universidad Nacional Agraria La Molina	Directora General de recursos Genéticos y Biotecnología
7	Rosa Angélica Sánchez Díaz	Instituto Nacional de Innovación Agraria	Directora General
8	Luis Julio César De Stefano Beltrán	Instituto Nacional de Innovación Agraria Universidad Peruana Cayetano Heredia	Director General de la Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario

Anexo 3. Directorio de especialistas encuestados

Nº	Nombre y Apellido	Institución a la que pertenece	Cargo Actual	Área de especialización
1	Juan Carlos castro Gómez	Universidad nacional de la Amazonía peruana	Docente	Biotecnología
2	Mirko Zimic	Universidad Peruana Cayetano Heredia	Profesor principal	Bioquímica y biología molecular
3	María Luisa Guevara Gil	Centro de Genética y Biología Molecular- Instituto de Investigación- Facultad de Medicina Humana- Univ. de San Martín de Porres	Docente investigador	Biomédicas
4	Iván Karlos Best Cuba	Hersil S.A. Laboratorios Industriales Farmacéuticos	Jefe de Investigaciones Clínicas	Genética y Biología Molecular
5	Jorge Luis Marapara Del Águila	Universidad Nacional De La Amazonia Peruana	Coordinador de la Unidad Especializada de Biotecnología- CIRNA UNAP	Genética, Mejoramiento Genético/Ing. Genética/Biotecnología
6	William Roca Pizzini	Científico Emérito CIAT , Cali, Colombia ; Consultor Externo , CIP, Lima, Perú	Científico, Consultor	Biotecnología Vegetal y Molecular
7	Julio Valdivia Silva	NASA Ames Research Center Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC	Investigador Asociado	Biotecnología y Recursos Genéticos
8	Mario David Cueva Távora	Biotecoop e IncaBiotec SAC	Responsable del área de Biotecnología acuícola	Biotecnología y Medicina
9	Ignacio Antonio Ramírez Vallejos	Universidad Alas Peruanas Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Director de Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Universidad Alas Peruanas	Biotecnología aplicada a la acuicultura en peces
10	Jorge Alberto Tenorio Mora	CONCYTEC	Responsable del Programa Nacional de Biotecnología	Salud Animal; Biotecnología aplicada a enfermedades infecciosas y métodos

<b>N°</b>	<b>Nombre y Apellido</b>	<b>Institución a la que pertenece</b>	<b>Cargo Actual</b>	<b>Área de especialización</b>
				de control biológico en medicina veterinarias
<b>11</b>	Mirtha Marieta Yarleque Chocas	Universidad Nacional Federico Villarreal	Director General	Biotecnología
<b>12</b>	José Álvarez Alonso	Dirección General de Diversidad Biológica del Ministerio del Ambiente	Profesor Principal. Jefe de la Unidad de Botinería y Medio Ambiente	Biodiversidad; gestión y conservación, con énfasis en manejo de fauna silvestre amazónica
<b>13</b>	Débora Elizabeth Alvarado Iparraguirre	Universidad Nacional Mayor De San Marcos	Director	Microbiología ambiental
<b>14</b>	Marcel Gutiérrez Correa	Laboratorio de Micología y Biotecnología Universidad Nacional Agraria La Molina	Director	Bioquímica, principios activos naturales y biología molecular
<b>15</b>	Rosa Angélica Sánchez Díaz	Instituto Nacional de Innovación Agraria	Directora General	Biotecnología Industrial, Ingeniería Genómica (Genómica estructural y funcional, Biología Sintética, Edición genómica), Ingeniería Biológica
<b>16</b>	Luis Julio César De Stefano Beltrán	Instituto Nacional de Innovación Agraria Universidad Peruana Cayetano Heredia	Director General de la Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario	Recursos Genéticos y Biotecnología
<b>17</b>	Daniel Guerra Giráldez	Universidad Peruana Cayetano Heredia	Profesor investigador	Biofísica molecular (bioquímica)

## Anexo 4. Encuesta de priorización

### 1. Introducción a la encuesta

#### **Objetivo**

La siguiente encuesta tiene como objetivo priorizar las líneas de Investigación y desarrollo (I+D) en Biotecnología para el proyecto FAB LAB Amazonas que contribuyan a la generación de soluciones para los siguientes desafíos:

- a. Conservación de la Biodiversidad
- b. Desarrollo sostenible de la industria y
- c. Seguridad Alimentaria.

#### **Estructura de la encuesta**

La encuesta cuenta con 5 partes que incluyen preguntas cerradas (para establecer jerarquía, calificar capacidades y evaluar importancia) y preguntas abiertas (para proponer acciones y líneas de I+D adicionales).

- 1. Introducción a la encuesta
- 2. Datos del especialista
- 3. Evaluación de los factores de capacidad tecnológica y de gestión
- 4. Evaluación de las capacidades tecnológicas y de gestión por cada línea de investigación
- 5. Importancia de las líneas de investigación

## 2. Datos del especialista

En esta sección se solicita sus datos personales y de contacto

\* 1. Nombres y Apellidos

2. Institución a la que pertenece

\* 3. Clasificación de su organización según las siguientes categorías

4. Cargo actual

\* 5. Área(s) de especialización

6. Correo electrónico

7. Teléfono de contacto

### 3. Evaluación de los factores de capacidad tecnológica y de gestión

A continuación se presentan los siguientes factores de capacidad tecnológica y de gestión a ser jerarquizados (ordenados) en función de su nivel de importancia para el desarrollo de la Biotecnología.

- \* 1. Jerarquizar de mayor a menor importancia, donde 1 representa la capacidad más importante y 6 es la menos importante.

<input type="text"/>	A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en Biotecnología
<input type="text"/>	B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en Biotecnología
<input type="text"/>	C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas establecidas para la I+D en Biotecnología
<input type="text"/>	D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en Biotecnología
<input type="text"/>	E. Administración de proyectos de I+D en Biotecnología
<input type="text"/>	F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos Biotecnológicos

### 4. Evaluación de las capacidades tecnológicas y de gestión por cada línea de investigación

A continuación se presentan los campos y líneas de I+D identificadas y que serán sujetas a evaluación.

En las preguntas 1 y 2 de esta sección se le pedirá que califique las capacidades por cada línea de I+D en Biotecnología. Para esto se utilizará la siguiente escala:

En blanco= No conozco la línea de I+D

1= No desarrollada

2=Muy poco desarrollada

3=Poco desarrollada

4=Desarrollo Medio

5= Muy desarrollada

En la pregunta 3 se le pedirá proponga proyectos de alto impacto por cada línea de I+D

1. ¿Cuán desarrolladas considera que se encuentran las siguientes capacidades tecnológicas para llevar a cabo la línea de I+D de la fila evaluada?

	A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en la línea de investigación	B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en la línea de Investigac	C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas para la I+D en la línea de investigación
1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Bionanotecnología en remediación del agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en la línea de investigación	E. Administración de proyectos de I+D en la línea de investigación	F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos en la líneas de investigación
1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Desarrollo de nuevos materiales con aplicación biomédica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Desarrollo de Biomateriales para la reducción del impacto ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Bionanotecnología en remediación del agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. ¿Podría identificar qué proyecto(s) de alto impacto deberían llevarse a cabo para el desarrollo de línea de I+D señalada?

1. Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonía
2. Detección de venenos o toxinas de peligro humano
3. Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonía
4. Desarrollo de nuevos materiales con aplicación Biomédica
5. Desarrollo de biofármacos y otros compuestos químicos de interés biomédico
6. Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonía
7. Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental
8. Bionanotecnología en remediación del agua
9. Biomasa como producto para la generación de fuentes de energía
10. Mejoramiento genético y de bioprocesos de interés industrial
11. Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial
12. Bioinformática en la detección de genes con interés económico
13. Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios

## 5. Evaluación de la importancia de las líneas de investigación

A continuación se le solicitará evaluar la importancia de las líneas de I+D para contribuir a generar soluciones a los desafíos planteados: conservación de la biodiversidad, desarrollo sostenible de la industria y seguridad alimentaria.

\* 1. ¿Cuál es la importancia de las siguientes líneas de I+D en Biotecnología?

	No conozco la línea de I+D	Nada importante	Poco importante	De regular importancia	Muy importante
Secuenciación y código de barras para especies de plantas en la Amazonia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Detección de venenos o toxinas de peligro humano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo de vacunas contra enfermedades frecuentes en la Amazonia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo de nuevos biomateriales con aplicación biomédica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo de Biofármacos y otros compuestos químicos con interés biomédico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biotecnología para la obtención de factores genéticos de riesgo a enfermedades más frecuentes en la Amazonia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo de biomateriales para la reducción del impacto ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bionanotecnología en remediación del agua	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Modificación genética en cultivos y plantas nativas de interés industrial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bioinformática en la detección de genes con interés económico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mejoramiento genético para resistencia a infestaciones o enfermedades en cultivos agropecuarios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Considera alguna otra(s) línea(s) de I+D que contribuye(n) a la generación de soluciones para los desafíos planteados. Le agradeceremos la(s) propongá(n) en orden de importancia..

1.	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>
4.	<input type="text"/>
5.	<input type="text"/>

Anexo 5. Procesamiento estadístico para la ponderación de subcriterios de capacidad para el desarrollo tecnológico y la priorización de líneas de investigación.

4.1. Se obtuvo el valor de jerarquía promedio de los encuestados, donde 6 es el más importante y 1 el menos importante. La matriz completa con las valoraciones otorgadas por los especialistas se encuentra

Tabla 4.1. Calificación de los subcriterios de capacidad para el desarrollo tecnológico

# Investigador	Valor asignado a cada subcriterios (1 más importante, 6= menos importante)					
	A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en Biotecnología	B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en Biotecnología	C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas establecidas para la I+D en Biotecnología	D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en Biotecnología	E. Administración de proyectos de I+D en Biotecnología	F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos Biotecnológicos
1	2	1	3	5	6	4
2	4	2	1	5	6	3
3	2	3	5	6	4	2
4	2	1	5	4	3	6
5	4	1	5	6	2	3
6	3	1	2	4	5	6
7	2	1	3	6	4	5
8	2	1	3	6	5	4
9	2	1	3	4	6	5
10	4	1	3	2	6	5
11	3	1	4	5	6	2
12	3	1	4	6	2	5
13	1	2	6	3	4	5
14	2	1	4	3	5	6
15	1	2	3	6	5	4
16	3	2	4	6	5	1
17	2	1	3	4	6	5
Promedio	2.5	1.4	3.6	4.8	4.7	4.2
Promedio creciente (7-Valor promedio)	4.53	5.65	3.41	2.24	2.29	2.82

**4.2.** Con los promedios obtenidos se elabora una matriz de doble entrada comparando la escala SATTY dos a dos. Se obtiene la matriz siguiente. Se puede observar la matriz inicial en la Tabla siguiente:

Tabla 4.2. Matriz de comparación de subcriterios de capacidad

		A	B	C	D	E	F
		4.50	5.67	3.50	2.17	2.33	2.83
A	4.50	1.00	0.79	1.29	2.08	1.93	1.59
B	5.67	1.26	1.00	1.62	2.62	2.43	2.00
C	3.50	0.78	0.62	1.00	1.62	1.50	1.24
D	2.17	0.48	0.38	0.62	1.00	0.93	0.76
E	2.33	0.52	0.41	0.67	1.08	1.00	0.82
F	2.83	0.63	0.50	0.81	1.31	1.21	1.00

Fuente: Elaboración propia

**4.3.** Como tercer paso, se debe introducir la matriz inicial para el cálculo de la matriz cuadrada como se muestra a continuación. Para esto se utiliza el software R.

	A	B	C	D	E	F
[1,]	1	0.79	1.29	2.08	1.93	1.59
[2,]	1.26	1	1.62	2.62	2.43	2
[3,]	0.78	0.62	1	1.62	1.5	1.24
[4,]	0.48	0.38	0.62	1	0.93	0.76
[5,]	0.52	0.41	0.67	1.08	1	0.82
[6,]	0.63	0.5	0.81	1.31	1.21	1

	A	B	C	D	E	F
[1,]	6.0053	4.7565	7.7304	12.4869	11.573	9.523
[2,]	7.5648	5.9917	9.7379	15.7296	14.5784	11.996
[3,]	4.68	3.7068	6.0244	9.7312	9.019	7.4214
[4,]	2.8848	2.2849	3.7135	5.9984	5.5594	4.5746
[5,]	3.1142	2.4666	4.0088	6.4754	6.0015	4.9384
[6,]	3.7798	2.9938	4.8656	7.8594	7.2842	5.9939

	A	B	C	D	E	F
[1,]	216.3	171.3	278.4	449.7	416.8	343.0
[2,]	272.4	215.8	350.7	566.5	525.0	432.0
[3,]	168.6	133.5	217.0	350.5	324.8	267.3
[4,]	103.9	82.3	133.7	216.0	200.2	164.8

[5,]	112.2	88.8	144.4	233.2	216.1	177.9
[6,]	136.1	107.8	175.2	283.1	262.3	215.9

4.4. Se realiza la sumatoria por fila para obtener el porcentaje que equivale al peso específico.

$\Sigma [1,]$	= 1875.5	21.425%
$\Sigma [2,]$	= 2362.5	26.989%
$\Sigma [3,]$	= 1461.6	16.697%
$\Sigma [4,]$	= 900.9	10.292%
$\Sigma [5,]$	= 972.6	11.111%
$\Sigma [6,]$	= 1180.5	13.485%
Total	= 8753.6	100%

Con esto, se puede determinar los pesos específicos por cada capacidad evaluada como se observa en la Tabla 25.

Tabla 4.3. Pesos específicos de cada capacidad evaluada

A. Infraestructura y equipamiento disponible para la I+D en la línea de investigación	21.43%
B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas para la I+D en la línea de Investigación	26.99%
C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas para la I+D en la línea de investigación	16.70%
D. Obtención de productos y/o servicios a partir de la I+D en la línea de investigación	10.29%
E. Administración de proyectos de I+D en la línea de investigación	11.11%
F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos en la líneas de investigación	13.49%

Fuente: Elaboración propia

4.5. Por último al comprobar que los valores ya convergieron, se los multiplica a los puntajes finales de cada una de las líneas.

<b>Capacidad tecnológica y de Gestión / Línea de Investigación</b>	<b>Línea 1</b>	<b>Línea 2</b>	<b>Línea 3</b>	<b>Línea 4</b>	<b>Línea 5</b>	<b>Línea 6</b>	<b>Línea 7</b>	<b>Línea 8</b>	<b>Línea 9</b>	<b>Línea 10</b>	<b>Línea 11</b>	<b>Línea 12</b>	<b>Línea 13</b>	<b>Ponderador</b>
<i>A. Infraestructura y equipamiento</i>	2.705882	2.765	2.125	1.824	2.176	1.941	1.813	1.857	2.2	2.294	2.118	2.471	2.412	0.214
<i>B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas</i>	2.647059	3	2.688	2.063	2.294	2.353	2	2.357	2.733	2.529	2.588	2.529	2.765	0.270
<i>C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas</i>	2.5625	2.563	2.438	1.706	2.118	2.25	1.813	1.929	2.333	2.176	2.294	2.353	2.471	0.167
<i>D. Obtención de productos y/o servicios</i>	2.176471	2.5	2.188	1.5	2.059	1.875	1.8	1.667	2.071	2.133	2	2	2.438	0.103
<i>E. Administración de proyectos</i>	2.352941	2.625	2.625	2	2.176	2.25	2.2	2	2.643	2.6	2.25	2.25	2.5	0.111
<i>F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos</i>	1.941176	2.313	1.938	1.688	2.118	1.938	1.8	1.667	2.143	2.267	2	1.875	2	0.135
	2.397672	2.627	2.333	1.797	2.157	2.101	1.904	1.913	2.354	2.333	2.208	2.246	2.431	

	<i>Línea 1</i>	<i>Línea a 2</i>	<i>Línea a 3</i>	<i>Línea a 4</i>	<i>Línea a 5</i>	<i>Línea a 6</i>	<i>Línea a 7</i>	<i>Línea a 8</i>	<i>Línea a 9</i>	<i>Línea a 10</i>	<i>Línea a 11</i>	<i>Línea a 12</i>	<i>Línea a 13</i>
<i>A. Infraestructura y equipamiento</i>	0.57974												
	5	0.592	0.455	0.391	0.466	0.416	0.388	0.398	0.471	0.492	0.454	0.529	0.517
<i>B. Preparación académica y dominio de las tecnologías críticas</i>	0.71442												
	2	0.81	0.725	0.557	0.619	0.635	0.54	0.636	0.738	0.683	0.699	0.683	0.746
<i>C. Generación de redes externas y alianzas estratégicas</i>	0.42786												
	2	0.428	0.407	0.285	0.354	0.376	0.303	0.322	0.39	0.363	0.383	0.393	0.413
<i>D. Obtención de productos y/o servicios</i>	0.22400												
	7	0.257	0.225	0.154	0.212	0.193	0.185	0.172	0.213	0.22	0.206	0.206	0.251
<i>E. Administración de proyectos</i>	0.26142												
	8	0.292	0.292	0.222	0.242	0.25	0.244	0.222	0.294	0.289	0.25	0.25	0.278
<i>F. Capacidad de inversión de las empresas en proyectos biotecnológicos</i>	0.26177												
	5	0.312	0.261	0.228	0.286	0.261	0.243	0.225	0.289	0.306	0.27	0.253	0.27
<b><i>Puntaje ponderado para la capacidad</i></b>	2.46924	2.691	2.366	1.836	2.178	2.131	1.903	1.975	2.394	2.352	2.261	2.314	2.474