

**<<Diseño de Metodología para Definir una Ruta Sostenible en la
Generación de Productos Mediante la Bioprospección.**

Elaborado por:

Stiven Huertas Cardenas

Jairo Alonso Flórez Thomas

Cindy Natalia Laiton Romero

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Postgrado

Bogotá

01/06/2025

Tabla de contenido

Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación	4
Resumen	5
Problema de Investigación	5
Pregunta de Investigación:	8
Objetivos	8
Objetivo general.	8
Objetivos específicos.	8
Justificación	9
Marco Teórico.....	11
Bioprospección.....	11
Contexto Colombiano.	13
Contexto internacional.	19
Bioeconomía.	20
Desarrollo Sostenible	21
Bioprospección Sostenible.....	23
Integración de la Sostenibilidad en la Innovación de Productos	23
Sostenibilidad y Gestión de Proyectos.....	25
Actores Clave en el Ecosistema de Bioprospección.....	28
Sectores Económicos y Nichos de Mercado	29
Metodología.	30
Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	30
Definición de Variables.	31
Población y Muestra.	33
Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	33
Método Kitchenham.	34
Encuesta Estructurada.	36
Encuesta por el Método Delphi	37
Técnicas de análisis de datos.....	39
Análisis de datos de la Matriz Kitchenham.	39
Análisis de Datos de Encuestas Estructuradas.....	41
Análisis de Datos de Encuestas por Método Delphi	41

Análisis y discusión de los resultados	42
Análisis Método Kitchenham	42
Análisis de Encuestas por Método Delphi.	45
Análisis Encuestas Estructuradas.	51
Diseño de una ruta para la caracterización de los principales productos con potencial biológico en Colombia	65
Diagrama de Flujo del Diseño Metodológico.....	82
Criterios De Éxito Para La Aplicación De La Metodología Estándar De Bioprospección.....	84
Propuesta de la Metodología a una Empresa del Sector Agroindustrial.....	87
Conclusiones.....	87
Referencias.....	90

Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación

Información General

Información del estudiante 1	Nombre: Stiven Huertas Cardenas
	Correo institucional: shuerta52029@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización en Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 2	Nombre: Cindy Natalia Laiton Romero
	Correo institucional: claiton24158@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 3	Nombre: Jairo Alonso Flórez Thomas
	Correo institucional: jflorez68602@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización Gerencia de Proyectos
Campo de investigación:	Ciencia, tecnología e innovación.
Grupo de investigación:	Gestión ambiental
Línea de investigación:	Metodologías e Instrumentos para la Gestión Ambiental
Título tentativo del proyecto:	Diseño de metodología para definir una ruta sostenible en la generación de productos mediante la bioprospección.

Resumen

La bioprospección es una disciplina interdisciplinaria que busca identificar y aprovechar recursos biológicos con valor económico, científico y social, integrando conocimientos tradicionales con avances tecnológicos para desarrollar productos innovadores en sectores como la farmacéutica, la agricultura y la biotecnología. Colombia, reconocida por su biodiversidad, enfrenta limitaciones en bioprospección debido a la falta de un marco metodológico estandarizado que integre avances científicos con necesidades empresariales, afectando su potencial económico y ambiental. Este estudio propone desarrollar una metodología que establezca una ruta sostenible para generar productos desde recursos biológicos, articulando conservación e innovación en agroindustria.

Palabras clave: bioprospección, desarrollo sostenible, biodiversidad, bioeconomía, agroindustria, innovación.

Problema de Investigación

Colombia es reconocida por tener una de las biodiversidades más ricas y variadas del mundo, lo que la convierte en un escenario ideal para la bioprospección. No obstante, el aprovechamiento de estos recursos biológicos ha sido limitado por la falta de un marco metodológico estandarizado y accesible que guíe tanto a los investigadores como a los empresarios en el proceso de bioprospección (García & Rodríguez, 2018). La causa u origen del problema radica en que, aunque existen diversas iniciativas, las metodologías utilizadas para llevar a cabo la bioprospección en Colombia son fragmentadas y no cuentan con una integración adecuada entre los

avances científicos y las necesidades del sector empresarial. La falta de un modelo coherente impide que se optimicen los recursos naturales del país y se logren avances significativos en la producción de productos derivados de la biodiversidad (Ocampo & Martínez, 2017). Este vacío metodológico no solo afecta la eficiencia de los proyectos de bioprospección, sino que también limita el acceso a los recursos y la generación de valor a partir de ellos.

A pesar de los esfuerzos por parte de universidades y centros de investigación, el aprovechamiento de la biodiversidad colombiana no ha alcanzado su máximo potencial. La bioprospección en Colombia ha estado mayormente orientada a fines académicos, sin que se haya logrado una conexión efectiva con el sector empresarial (Melgarejo et al., 2012). Esta desconexión ha resultado en una situación anómala, ya que impide la creación de alianzas estratégicas que permitan la comercialización de los productos derivados de la bioprospección, limitando el impacto económico y social que estos recursos biológicos podrían generar. Además, la falta de una metodología estandarizada ha originado inconsistencias en los resultados de los proyectos, dificultando su replicabilidad y afectando la calidad y confiabilidad de los productos generados. Por otra parte, la falta de normativas claras ha llevado a la subutilización de los recursos disponibles, y la ausencia de un marco de referencia unificado genera incertidumbre tanto para los investigadores como para los empresarios, lo que frena las inversiones y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Si la situación persiste, Colombia continuará perdiendo importantes oportunidades de explotación responsable de sus recursos biológicos. Las industrias

clave, como la farmacéutica, la biotecnología y la agroindustria, seguirán subutilizando la biodiversidad local, lo que limitará el crecimiento y la competitividad de estos sectores (Sánchez, 2021). El pronóstico de la situación es que, a largo plazo, la falta de un marco metodológico adecuado puede resultar en una explotación ineficaz de los recursos naturales, lo que no solo afectaría la economía del país, sino que también podría contribuir a la degradación de los ecosistemas. Las comunidades locales, que dependen directamente de estos recursos, seguirían sin beneficiarse equitativamente del aprovechamiento de la biodiversidad. De igual manera, el desarrollo de productos innovadores y sostenibles seguiría siendo un reto, ya que las bases metodológicas para gestionar de manera eficiente los recursos biológicos no estarían lo suficientemente desarrolladas.

La solución a este problema radica en el diseño e implementación de una metodología estándar para la bioprospección en Colombia. Esta metodología debe integrar las mejores prácticas científicas, económicas y ambientales, y ser accesible para todos los actores involucrados: investigadores, empresas y comunidades locales. Al contar con un marco unificado, los actores clave podrán seguir una ruta clara para la caracterización y aprovechamiento de los recursos biológicos, lo que permitirá a Colombia maximizar el uso responsable de su biodiversidad y promover productos innovadores que fortalezcan la economía nacional. La implementación de este modelo permitirá no solo la optimización de los recursos biológicos, sino también la mejora en la calidad de vida de las comunidades que dependen de ellos, creando un impacto social positivo (Granados Benítez, 2015). De esta manera, la creación de una

metodología estandarizada contribuirá al desarrollo sostenible de Colombia, posicionando al país como líder en bioprospección responsable y aprovechamiento de la biodiversidad.

Pregunta de Investigación:

¿Cómo puede la bioprospección orientar el desarrollo sostenible de Colombia e impulsar la innovación en el sector agroindustrial, promoviendo la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas?

Objetivos

Objetivo general.

Desarrollar una metodología estándar que establezca una ruta sostenible para la generación de productos, aprovechando los recursos biológicos mediante la bioprospección, con el fin de impulsar el desarrollo sostenible y el potencial económico de la biodiversidad en Colombia.

Objetivos específicos.

1. Identificar y caracterizar metodologías con las mejores prácticas científicas y sostenibles para el desarrollo de productos mediante la bioprospección, evaluando sus impactos ambientales y oportunidades económicas.
2. Diseñar una ruta para la caracterización de los principales productos con potencial biológico en Colombia, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, que permita su aprovechamiento sostenible mediante la bioprospección.

3. Establecer los criterios de éxito para la aplicación de la metodología estándar de bioprospección, definiendo indicadores clave que garanticen viabilidad y aplicabilidad en mercados estratégicos para la industria colombiana.
4. Proponer la metodología a una empresa del sector agroindustrial para evaluar su aplicabilidad y ajustar etapas críticas para una implementación efectiva y sostenible.

Justificación

Enmarcado en el campo de Gestión Ciencia, tecnología e innovación, grupo de gestión ambiental y la línea de Metodologías e Instrumentos para la Gestión Ambiental y de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, el presente proyecto de investigación busca desarrollar una metodología estándar de bioprospección en Colombia que responda a la riqueza biológica del país y a la necesidad de aprovecharla de forma responsable. Colombia es reconocida como uno de los países megadiversos del mundo, lo cual representa un potencial económico y científico significativo, pero aún subexplotado (Cotes, 2018)

La conveniencia de esta investigación radica en transformar esa biodiversidad en un motor de innovación y desarrollo sin comprometer los ecosistemas, articulando la conservación con el uso sostenible. Diversos estudios señalan que la falta de directrices claras y metodologías estandarizadas ha limitado el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos en Colombia, tanto a nivel científico como empresarial (Díaz & Acero, 2003; Ocampo & Martínez, 2017). Esto evidencia un vacío

que el proyecto pretende subsanar, ofreciendo una guía integral que integre las mejores prácticas científicas, económicas y ambientales en bioprospección.

La relevancia social del proyecto es alta, dado que promueve la participación y el beneficio equitativo de las comunidades locales en el uso de la biodiversidad.

Históricamente, dichas comunidades –guardianas de los recursos naturales– no siempre han recibido beneficios justos de las actividades de bioprospección. Una metodología estándar incluirá criterios de justicia y reparto de beneficios, fortaleciendo alianzas entre comunidades, academia y sector productivo (Rodríguez & García, 2021).

En términos de implicaciones prácticas, contar con un protocolo claro fortalecerá la confianza de empresas e inversionistas en la bioprospección responsable, facilitando la generación de nuevos bioproductos con valor agregado y competitividad en mercados nacionales e internacionales. De hecho, la iniciativa se alinea con las políticas nacionales de bioeconomía que buscan convertir la biodiversidad en un pilar de desarrollo sostenible y reindustrialización del país (Granados Benítez, 2015; Agrosavia, 2022). Esto significa oportunidades de crecimiento económico, generación de empleo verde e impulso al sector agroindustrial colombiano bajo estándares de sostenibilidad.

En cuanto al valor teórico, el proyecto contribuirá al cuerpo de conocimiento sobre gestión sostenible de la innovación, al articular conceptos de biodiversidad, desarrollo sostenible y gestión empresarial en un marco metodológico práctico. Esta integración académica responde al llamado de investigaciones previas que exigen

modelos holísticos para aprovechar la biodiversidad de manera ética y eficaz (Ocampo & Martínez, 2017; Melgarejo, 2013).

Finalmente, la utilidad metodológica de la investigación es clara: el resultado será una herramienta replicable para futuros proyectos de bioprospección. Una metodología estandarizada ofrecerá un marco sistemático que otras organizaciones y grupos de investigación podrán adoptar, optimizando la identificación de recursos bioactivos y garantizando prácticas sostenibles (Moreno & Ramírez, 2019). En suma, este proyecto no solo llenará un vacío operativo en Colombia, sino que servirá de modelo a seguir en la gestión estratégica de recursos naturales, demostrando cómo la innovación sostenible puede lograrse integrando ciencia, comunidad y empresa (García & Rodríguez, 2018;).

Marco Teórico.

Bioprospección.

La bioprospección es un campo interdisciplinario que se enfoca en la exploración sistemática de la biodiversidad para identificar y aprovechar recursos biológicos con potencial valor económico y social. Esta práctica, impulsada principalmente por la industria farmacéutica en la búsqueda de compuestos bioactivos, se extiende también a otros sectores como la agricultura, la biotecnología, la manufactura y la ingeniería, donde los recursos naturales son transformados en productos innovadores (Beattie et al., 2010). Esta práctica contribuye al desarrollo de nuevas cadenas de valor, a la economía basada en recursos biológicos y a la transición hacia un modelo de bioeconomía sostenible (Trigo et al., 2013).

La bioprospección, se encuentra arraigada a prácticas ancestrales de aprovechamiento de la biodiversidad. Desmarchelier (2024) señala que desde la revolución cognitiva ocurrida hace aproximadamente 70,000 años, la humanidad ha demostrado una capacidad extraordinaria para aprovechar los recursos biológicos: desarrollando nuevos alimentos, aislando compuestos, mejorando cultivos para resistir condiciones climáticas extremas, entre otras. En las últimas dos décadas la bioprospección ha experimentado un notable resurgimiento debido a los avances tecnológicos (Duarte Torres, 2011). Este creciente interés ha transformado la bioprospección en una disciplina científica altamente sofisticada, capaz de integrar conocimientos tradicionales con tecnologías de vanguardia y de igual manera, también ha generado desafíos éticos y legales.

Actualmente, la bioprospección debe concebirse como una inversión de largo plazo cuyos beneficios trascienden los resultados inmediatos, generando valor en tres dimensiones clave:

1. El cumplimiento de los objetivos específicos de cada programa.
2. La producción de conocimiento científico-tecnológico.
3. El fortalecimiento de capacidades en infraestructura y talento humano.

Los cuales se convierten en insumos críticos para ciclos posteriores de investigación e innovación (Arévalo et al., s.f.).

De acuerdo con Melgarejo (2002) la bioprospección se estructura en tres etapas interrelacionadas:

1. Investigación y conocimiento: implica la identificación y caracterización de recursos biológicos (especies agrícolas, animales o microorganismos) con potencial para generar productos de alto valor agregado.
2. Transformación en producto: Los procesos de valor agregado mediante agroindustria (como elaboración de pulpas, semillas, conservas, o procesamiento de lácteos y cárnicos) y bioindustria (desarrollo de organismos mejorados genéticamente, bioplaguicidas, biofertilizantes, probióticos, prebióticos, aceites esenciales y otros derivados biotecnológicos) (Arévalo et al., s.f.).
3. Comercialización: Engloba la inserción de los productos en mercados locales, nacionales e internacionales, considerando aspectos como demanda, competitividad y regulaciones. Esta fase es crucial para asegurar la sostenibilidad económica del proceso de bioprospección y su impacto en las cadenas productivas (Arévalo et al., s.f.).

Estas etapas no son lineales, sino que interactúan dinámicamente, requiriendo articulación entre investigación, desarrollo tecnológico y mercados para maximizar el potencial de la biodiversidad (Melgarejo et al., 2002b)

Contexto Colombiano.

Colombia se consolidó como pionero en la regulación ambiental en Latinoamérica mediante el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente), instrumento jurídico que estableció por primera vez un marco integral para la gestión de los recursos naturales

renovables y la protección ambiental, considerando sus implicaciones sociales. (Melgarejo, 2002). Este hito normativo sentó las bases para el posterior desarrollo de la institucionalidad ambiental del país, que se fortaleció significativamente con la Ley 99 de 1993, mediante la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente y se estructuró el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

En 1992 en el marco de la Cumbre Mundial de Río de Janeiro, se originó el llamado Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), reconoce que los recursos biológicos ya no serían considerados como "patrimonio común de la humanidad" con acceso libre, sino como bienes soberanos de los países de origen. (FAO), Colombia mediante la Ley 165 de 1994 implementa el CDB y sienta las bases para transformar su riqueza microbiana en oportunidades de desarrollo sostenible, particularmente en sectores como la agricultura, la medicina y la bioremediación (Carranza Hernández, 2020).

El tercer objetivo del CDB, establece los principios de participación justa y equitativa en los beneficios derivados de los recursos genéticos, mediante mecanismos de acceso regulado, transferencia tecnológica y financiación adecuada (CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA NACIONES UNIDAS 1992). Estos principios fueron implementados regionalmente mediante la Decisión Andina 391 de 1996 y este fue un instrumento pionero que regula el acceso a recursos genéticos en los países miembros de la Comunidad Andina.

En el contexto colombiano, la bioprospección adquirió relevancia política en 2011 al ser identificada como una de las "locomotoras" para el desarrollo del sector

agropecuario, en un rol comparable al que desempeñó el café durante el siglo XX. Este enfoque surge como respuesta a problemas estructurales del ámbito rural, donde la ausencia de alternativas económicas sólidas y sostenibles ha perpetuado dinámicas de desigualdad y conflicto durante las últimas cinco décadas. La apuesta por la bioprospección representa, en este sentido, una oportunidad para capitalizar la megadiversidad del país (Arévalo et al., s.f.).

Colombia cuenta con un potencial significativo para desarrollar procesos de bioprospección, sustentado en sus recursos biológicos y en las capacidades institucionales de su comunidad científica. La literatura especializada documenta experiencias relevantes en este campo, destacando la colaboración entre instituciones académicas y centros de investigación nacionales (Melgarejo et al., 2002). Estos estudios sugieren que las competencias científicas y tecnológicas del país en bioprospección se concentran principalmente en grupos de investigación adscritos a universidades y centros especializados, los cuales abordan esta disciplina desde un enfoque multidisciplinar que integra áreas como la biotecnología, la farmacología y la ecología (Duarte Torres, 2009).

Grupo de investigación	Proyecto
Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología (CIAB) - UNAD	Hongos micorrizicos arbusculares asociados a la rizosfera de Naidi (<i>Eutربة oleracea</i>) y su relación con absorción de fosforo en el pacífico colombiano” Herramientas biotecnológicas en el manejo ambiental de la rizosfera de plántulas de aguacate
Invemar	Estudio técnico ambiental en áreas de interés del caribe y pacífico colombiano como apoyo al crecimiento sostenible del sector de hidrocarburos costa afuera - Fase 2021 Acciones para la recuperación ambiental territorial de la zona costera del departamento de Córdoba Investigación científica hacia la generación de información y conocimiento de las zonas marinas y costeras de interés de la nación
Facultad de Ingeniería Química de la Universidad EAN	Bioprospección del cáñamo soportada en procesos verdes para la industria colombiana
Fondo de Investigaciones del Comité de Investigaciones y Postgrado Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes	Evaluación preliminar de las bacterias reductoras de mercurio mercúrico en un suelo contaminado con hidrocarburos Caracterización De Genes chrA y chrB y proteínas ChrA y ChrB En Bacterias Nativas Resistentes A Cromo Hexavalente.

TABLA 1 PRINCIPALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN FUENTE: TOMADO DE PATRICIA ET AL., 2021

El artículo “La bioprospección como alternativa para la disminución de la contaminación ambiental” de Cubides (2021), resalta que Colombia ha desarrollado modelos ejemplares de bioprospección integral, destacándose el caso del café liderado por Cenicafé con apoyo de universidades nacionales e internacionales, comunidades cafeteras y el gobierno, que ha logrado articular exitosamente todas las etapas del proceso - desde la caracterización de recursos genéticos hasta el desarrollo de productos comerciales y su posicionamiento en mercados internacionales. Un caso similar en el sector frutícola lo representa la uchuva (*Physalis peruviana*), que gracias a

procesos de bioprospección aplicada se ha convertido en la fruta de mayor exportación del país según ASOHOFRUCOL.

A pesar de los avances en bioprospección en Colombia, esta actividad carece de un enfoque estratégico dirigido hacia productos con potencial industrial o comercial (Pinzón, 2007). Según Rocha (2009), esta limitación surge principalmente de la ausencia de una institucionalidad clara que guíe los esfuerzos de investigación hacia la identificación sistemática de recursos biológicos con aplicaciones comerciales. El análisis del documento CONPES (2011) revela que los procesos de bioprospección en Colombia presentan una marcada discontinuidad, ya que generalmente se limitan a las fases iniciales de identificación y aislamiento de materiales biológicos, sin avanzar hacia el desarrollo de prototipos con potencial de escalamiento comercial, lo que reduce significativamente su impacto económico.

Por otro lado, el limitado desarrollo comercial de los hallazgos en bioprospección obedece en primer lugar a que la mayoría de los proyectos se conciben con fines exclusivamente académicos, careciendo desde su diseño de objetivos claros de comercialización. Por otro lado, la dualidad entre enfoques investigativos desvinculados del mercado y marcos regulatorios engorrosos crea un círculo vicioso que perpetúa la brecha entre el potencial biotecnológico del país y su materialización en productos competitivos (Melgarejo, 2012).

Melgarejo et al. (2002) en su Plan nacional en bioprospección continental y marina (propuesta técnica), identifica que Colombia han desarrollado bioprospección en cinco áreas temáticas principales:

1. Microbiología, con aplicaciones en bioinsumos agrícolas, biorremediación, diagnóstico en salud (animal, vegetal y humana).
2. Ecología microbiana y procesos industriales.
3. Plantas, enfocada en estudios taxonómicos, fitoquímicos, moleculares, bioquímicos, fisiológicos y ecológicos.
4. Organismos marinos, con avances en taxonomía, sistemática, manejo y rehabilitación de ecosistemas costeros.
5. Área animal, centrada en especies terrestres y acuáticas para alimentación, transporte y obtención de materias primas (ej.: cueros); y (v) ecología, abordando restauración ecológica, manejo sostenible y contaminación de ecosistemas acuáticos.

Esta clasificación evidencia la diversidad de enfoques en la bioprospección nacional, aunque persiste la necesidad de articular estos esfuerzos con modelos comerciales sostenibles y políticas públicas integradoras que potencien su impacto económico y ambiental.



ILUSTRACIÓN 1 EMPRESAS DE BIOPROSPECCIÓN. FUENTE: DOCUMENTO CONPES. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL REPÚBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN

Contexto internacional.

A nivel internacional, diversos países han implementado programas de bioprospección orientados a la generación de productos biológicos para sectores estratégicos como farmacia, cosmetología, nutracéutica y fitosanidad. Entre los casos destacados se encuentran: Brasil, Costa Rica, Chile, Sudáfrica, México, España, Estados Unidos, Perú, Panamá (Arévalo et al., s.f.). La bioprospección se ha centrado predominantemente en la exploración de metabolitos secundarios debido a su alto impacto económico en sectores como el farmacéutico, donde compuestos bioactivos derivados de plantas, hongos y organismos marinos han generado avances terapéuticos y rentabilidad comercial (Melgarejo, 2013).

El documento CORPOICA. (2012), indica que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), organismo que agrupa a 30 gobiernos —incluyendo potencias tecnológicas como Alemania, Japón y Estados Unidos, así como economías emergentes como México y Turquía—, las ciencias biológicas constituyen un motor esencial para impulsar modelos económicos innovadores y sostenibles mediante el desarrollo de nuevos productos y procesos basados en recursos biológicos. La OECD define este paradigma como bioeconomía, un sistema económico que integra el conocimiento biológico con tecnologías avanzadas para transformar recursos renovables en bienes y servicios de alto valor agregado, reduciendo la dependencia de insumos fósiles y promoviendo la sostenibilidad ambiental (OECD, 2009).

Bioeconomía.

La revista La bioeconomía: motor de desarrollo integral para Colombia, Henry et al., n.d (2017), refiere que la bioeconomía se consolida como un modelo socioeconómico innovador que busca reducir la dependencia de los recursos fósiles mediante la utilización intensiva del conocimiento científico-tecnológico sobre recursos, procesos y principios biológicos, con el objetivo de proveer bienes y servicios de forma sostenible en sectores clave como bioenergía, agricultura, bioinsumos, alimentos, fibras, productos para la salud, bioplásticos e industriales. Este enfoque redefine las interacciones entre el sector agropecuario, la biomasa y la industria, priorizando procesos circulares donde los residuos se reintegran como insumos, minimizando así su generación y maximizando la eficiencia productiva. La bioeconomía impulsa el

crecimiento económico equitativo mediante la creación de cadenas de valor limpias, la generación de empleos verdes y la democratización de oportunidades en territorios biodiversos, integrando de manera coherente la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la justicia social bajo una perspectiva territorial inclusiva (Henry,2017.).



ILUSTRACIÓN 2 HORIZONTE DE LA BIOECONOMÍA. FUENTE: TOMADO DE COLOMBIA, G. (2020). BIOECONOMÍA PARA UNA COLOMBIA POTENCIA VIVA Y DIVERSA: HACIA UNA SOCIEDAD IMPULSADA POR EL CONOCIMIENTO. BOGOTÁ DC, COLOMBIA.

Desarrollo Sostenible

El desarrollo sostenible fue definido en 1987 como la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades. (WCED,1987). En la década de los noventa, se entendía que la sostenibilidad se alcanzaba a través de la integración de tres dimensiones: económica, social y ambiental (*Vista de Economía*

Circular, 2025); sin embargo, Mebratu (1998) planteó que esta no se limita a su simple combinación, sino que la sostenibilidad económica depende de la social, y ambas dependen de la ambiental. Más recientemente, se ha propuesto una cuarta dimensión: el tiempo, dado que las acciones hacia la sostenibilidad generan impactos a corto, mediano y largo plazo (Prieto, 2017).

Hart y Milstein (2003) introducen el concepto de sostenibilidad empresarial para describir a aquellas organizaciones que generan valor mediante la implementación de estrategias y prácticas orientadas a contribuir con un futuro más sostenible. Desde una perspectiva complementaria, Gil y Barcellos (2011) plantean que el desempeño sostenible de una empresa puede interpretarse como un indicador de su eficiencia operativa, sugiriendo que adoptar acciones ambientales proactivas no solo beneficia al entorno, sino que también puede traducirse en ventajas económicas sostenibles a largo plazo (Castrillón, 2014).

El modelo de desarrollo sostenible es uno de los enfoques fundamentales en la bioprospección, ya que busca equilibrar el aprovechamiento de los recursos naturales con la conservación de la biodiversidad. Este modelo está basado en la idea de que el uso de los recursos biológicos debe ser compatible con la protección del medio ambiente y el bienestar de las comunidades que dependen de estos recursos para su subsistencia. El sostenimiento de los ecosistemas es un principio clave, ya que, si los ecosistemas se degradan, se pierde no solo el valor económico de los productos derivados de la biodiversidad, sino también la capacidad de los recursos naturales para regenerarse (Secretaría de la Convención sobre la Diversidad Biológica, 2010).

Este modelo ha sido utilizado en varios estudios, que proponen que la bioprospección sostenible no solo implica el uso responsable de los recursos naturales, sino también la participación de las comunidades locales en el proceso. El acceso equitativo y la distribución justa de los beneficios derivados de la bioprospección son esenciales para asegurar que las comunidades que custodian los recursos biológicos reciban una compensación adecuada por su participación (Melgarejo, 2012).

Bioprospección Sostenible

Melgarejo, (2002) en el Plan nacional en bioprospección continental y marina (propuesta técnica), sugiere que la bioprospección emerge como un componente clave en el contexto de la diversidad biológica, ya que forma parte del desarrollo sostenible. Frente a la actual sobreexplotación de los recursos biológicos con fines económicos de corto plazo, el verdadero reto consiste en encontrar formas de uso que permitan generar beneficios económicos sin comprometer su conservación, convirtiéndolos en una base sólida para el desarrollo sostenible. En este sentido, la bioprospección se conecta de manera bidireccional con el aprovechamiento sostenible, al impulsar la creación de metodologías que aseguren una producción y gestión continua y suficiente de estos recursos.

Integración de la Sostenibilidad en la Innovación de Productos

En los últimos ítems, se ha mencionado la sostenibilidad, el desarrollo sostenible y su apalancamiento con la teoría de la bioprospección, sin embargo, en aras de la construcción del panorama conceptual existente alrededor del problema de investigación planteado, es necesario presentar como estos términos se han convertido

en componentes cruciales en la innovación de productos. De acuerdo con lo presentado en el libro *Product development and management body of knowledge: A guidebook for training and certification* de (Anderson & Jurgens-Kowal, 2020), el desarrollo sostenible se define como "el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades", este principio enmarcado en el desarrollo y comercialización de nuevos productos se ha integrado en la gestión de proyectos para considerar los impactos económicos, sociales y ambientales a lo largo del ciclo de vida del proyecto, esto de acuerdo con (Toljaga-Nikolić et al., 2020) quienes coinciden que el contar con una metodología de gestión de proyectos, se facilita el desarrollo de resultados sostenibles en los proyectos.

Sin embargo, se carece de estudios de integración, comunicación, alcance o calidad de los proyectos y la relación con la sostenibilidad o el desarrollo sostenible, pero dentro de la literatura disponible se ha ampliado la investigación para abarcar las diferentes fases de la gestión de proyectos (definición, planificación, seguimiento, control y ejecución de proyectos), estudiando los factores de éxito y su medición dentro de la gestión de proyectos en términos de sostenibilidad, examinando un marco para gestionar y equilibrar los objetivos sostenibles con los objetivos tradicionales de gestión de proyectos (costo, tiempo, calidad) es fundamental.

Asimismo, se debe analizar las características, estilos de liderazgo y competencias de los directores de proyectos en el ámbito del desarrollo sostenible y la gestión de proyectos, como también, es importante proponer un marco para integrar la

sostenibilidad de manera más efectiva en los programas de educación y capacitación en gestión de proyectos, y medir su impacto en el desempeño del proyecto y el logro de objetivos sostenibles, minimizando los recursos utilizados para la ejecución de un proyecto desde su inicio hasta su cierre, y desarrollando, ejecutando y gestionando cambios organizados por el proyecto en políticas, procesos, recursos, activos u organizaciones, considerando los principios de sostenibilidad en el proyecto, sus resultados y efectos (Shokouhi & Senisel Bachari, 2025).

Sostenibilidad y Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos se refiere al conjunto de personas, herramientas, técnicas y procesos empleados para definir los objetivos del proyecto, planificar todo el trabajo necesario para alcanzarlos, liderar el proyecto y apoyar a los equipos, supervisar el progreso y asegurar que el proyecto se complete de manera satisfactoria. La definición de un proyecto incluye una fecha específica de inicio y finalización del trabajo, así como el logro de objetivos con un equipo temporal (Anderson & Jurgens-Kowal, 2020). Los estándares de gestión de proyectos más reconocidos, como el PMBOK del PMI o la ISO 21500, se basan en procesos. Este enfoque basado en procesos ha sido ampliamente utilizado en algunos estudios para introducir la sostenibilidad en la gestión de proyectos (Shokouhi & Senisel Bachari, 2025).

Además de lo anterior, la gestión del alcance del proyecto es esencial para asegurar la sostenibilidad en la gestión de proyectos, sin una gestión adecuada y una definición clara del alcance del proyecto, se corre el riesgo de utilizar los recursos de manera ineficiente y generar desperdicios (Toljaga-Nikolić et al., 2020). Asimismo, la

gestión de las partes interesadas requiere incorporar las perspectivas y expectativas de las comunidades locales, organizaciones no gubernamentales, sindicatos y grupos ambientalistas a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Gibbin et al., 2025).

a) Modelo Agile-Stage-Gate-Híbrido

El proceso Stage-Gate®, desarrollado por Cooper, ha evolucionado para adaptarse a diversos contextos de innovación de productos y requisitos organizacionales. Las nuevas iteraciones del proceso incluyen el procesamiento paralelo y el diseño circular, ambos centrados en la sostenibilidad. Estas mejoras permiten una mayor eficiencia y reducción de residuos, alineándose con los principios del desarrollo sostenible. (Anderson & Jurgens-Kowal, 2020).

El modelo Agile-Stage-Gate-Híbrido combina la estructura y control del enfoque Stage-Gate con la flexibilidad y rapidez del enfoque Agile, aunque Stage-Gate® no es un modelo de gestión de proyectos ni de microplanificación, sino un sistema integral y holístico desde la idea hasta el lanzamiento, Agile se diseñó originalmente para desarrollar rápidamente software funcional mediante sprints, pero de acuerdo con (Anderson & Jurgens-Kowal, 2020) explica que Agile y Stage-Gate® no se sustituyen entre sí, sino que Agile puede ser una herramienta útil de microplanificación dentro del proceso Stage-Gate® para acelerar ciertas etapas. Este modelo híbrido ofrece beneficios significativos, como una mayor capacidad para responder a los cambios del mercado y una mejor moral del equipo. Sin embargo, también presenta desafíos como el escepticismo de la gerencia y la gestión de definiciones de producto fluidas, que

pueden ser abordados mediante una gestión adecuada del alcance y una participación de las partes interesadas.

La metodología híbrida, según Cooper en el libro *Product development and management body of knowledge: A guidebook for training and certification* de (Anderson & Jurgens-Kowal, 2020) facilita la participación de las partes interesadas, lo cual es crucial para asegurar que todas las perspectivas sean consideradas y promover una mayor responsabilidad social y ambiental. Cooper (2019) destaca la importancia de la interacción constante con el cliente/usuario en un proceso Stage-Gate típico, lo que mejora la adaptabilidad y eficiencia del proceso de desarrollo de productos, permitiendo una mejor alineación con las necesidades del mercado. Además, factores clave de éxito incluyen apuntar a mercados atractivos y contar con recursos de innovación tanto en cantidad como en calidad.

b) Algoritmo de Toma de Decisiones para la Sostenibilidad

En línea con lo anterior y en aras de ejecutar decisiones que permitan evaluar la integración de la sostenibilidad en la gestión de proyectos, particularmente en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Gibbin et al. (2025) proponen la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos en el desarrollo de herramientas de evaluación de sostenibilidad, con el fin de proporcionar una base sólida para abordar problemas comunes en la gestión de proyectos, como la complejidad y la incertidumbre en la disponibilidad de datos, como se resume en la ilustración 3.

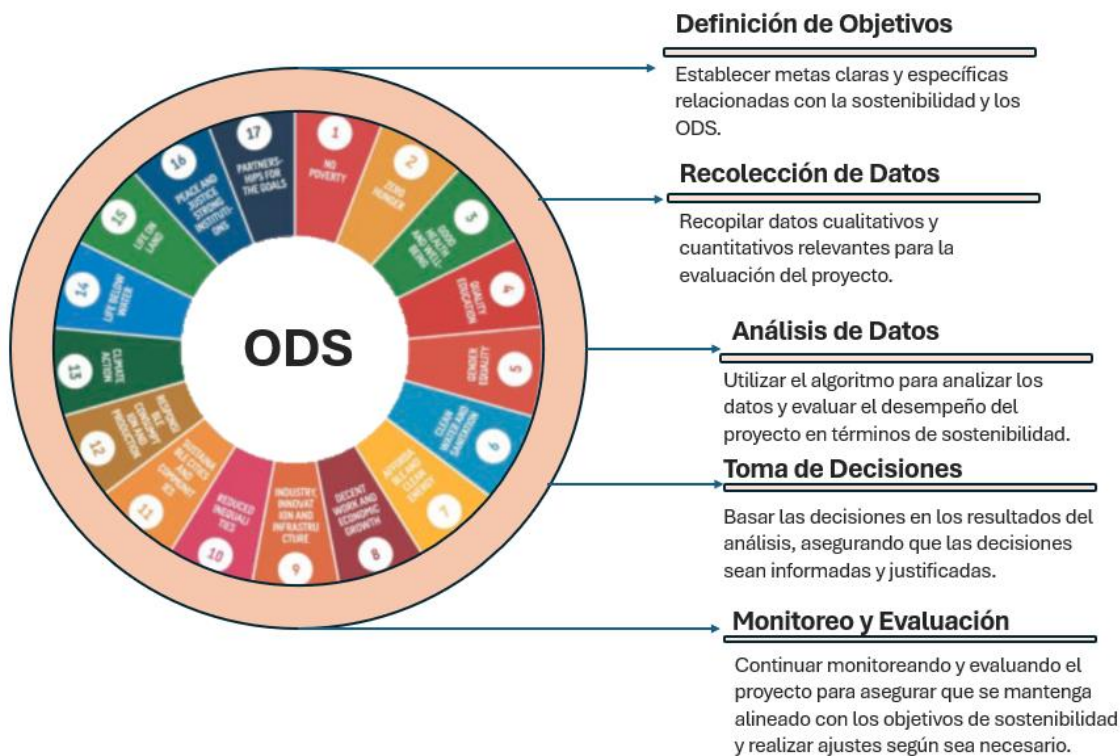


ILUSTRACIÓN 3 INCORPORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS. ADAPTADO DE: (GIBBIN ET AL., 2025)

Actores Clave en el Ecosistema de Bioprospección

La bioprospección en Colombia involucra diversos actores, tanto públicos como privados. Entre los principales actores gubernamentales, se destacan varios ministerios y agencias nacionales, como El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el encargado de la regulación sobre biodiversidad, mientras que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural juega un papel clave en la promoción de bioproductos agroindustriales. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, anteriormente conocido como Colciencias, es responsable de la investigación y el desarrollo científico relacionado con la bioprospección. Además, el Ministerio de Salud y Protección Social

regula las aplicaciones farmacéuticas y nutraceuticas derivadas de la bioprospección (Ocampo & Martínez, 2017).

A nivel de instituciones de investigación, destacan el Instituto Alexander von Humboldt y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), que realizan investigaciones sobre la biodiversidad terrestre y marina de Colombia, respectivamente. Estos centros son fundamentales para identificar especies con potencial biotecnológico y promover el desarrollo de productos innovadores. Además, existen universidades como la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de los Andes, que tienen grupos de investigación dedicados a la biotecnología y la exploración de recursos biológicos (García & Rodríguez, 2018).

En el sector privado, las empresas que participan en la bioprospección incluyen compañías biotecnológicas, empresas agroindustriales y laboratorios farmacéuticos que están invirtiendo en la explotación de los recursos biológicos del país. Colombia Bio, por ejemplo, es un programa nacional que promueve el desarrollo de la bioindustria, fortaleciendo la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas (Melgarejo, 2013). Esta iniciativa busca promover el uso sostenible de la biodiversidad y transformar el conocimiento científico en productos comerciales, como biocombustibles, productos farmacéuticos y cosméticos naturales.

Sectores Económicos y Nichos de Mercado

La bioprospección en Colombia se vincula principalmente con los sectores agroindustrial y biotecnológico. En términos de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), estos sectores comprenden actividades relacionadas con la

producción de materias primas biológicas y su transformación industrial para crear productos de alto valor agregado. Los nichos de mercado que surgen de la bioprospección en Colombia son amplios e incluyen desde productos cosméticos hasta biocombustibles y medicamentos (García & Rodríguez, 2018). Las industrias farmacéutica, agroalimentaria y cosmética se benefician de los productos derivados de la biodiversidad, como plantas medicinales, extractos naturales y bioinsumos agrícolas, los cuales tienen aplicaciones en la salud y la agricultura sostenible (Díaz et al., 2020).

Los productos biotecnológicos derivados de la bioprospección tienen aplicaciones en biomedicina, nutracéuticos y cosméticos, que se comercializan tanto en mercados nacionales como internacionales. Sin embargo, como lo indican Sánchez (2021) y Melgarejo (2013), a pesar de su alto potencial.

Metodología.

Enfoque, alcance y diseño de la investigación.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos garantizando mayor validez y confiabilidad; La elección de este enfoque se fundamenta en la complejidad del problema y la necesidad de integrar perspectivas científicas, empresariales y comunitarias; así como mediciones objetivas. El enfoque mixto permite abordar de manera holística la falta de integración entre investigación científica y aplicaciones empresariales.

Se definió el diseño de la investigación como no experimental, transversal, puesto que hay un solo momento de recolección de datos y se busca analizar y describir las metodologías existentes en bioprospección y su relación con el desarrollo sostenible, para así proponer una ruta metodológica viable.

Se adoptó un alcance aplicado por su enfoque práctico y resolutivo, orientado al desarrollo de una metodología estándar que permita aprovechar los recursos biológicos mediante la bioprospección e impulsar el desarrollo sostenible y potencial económico de Colombia. Este alcance busca generar conocimiento y garantizar su aplicación directa en la solución de los problemas planteados, involucrando actores claves que contribuyan a su validación y adopción; así como señala Lozada, (2025) el alcance aplicado se distingue por su capacidad para traducir el conocimiento en herramientas que respondan a las necesidades actuales de la sociedad o el sector productivo.

Definición de Variables.

Considerando los atributos que aborda esta investigación, se han establecido las variables principales junto con sus respectivas definiciones conceptuales y operacionales, en concordancia con los objetivos propuestos. Para facilitar su medición, en la Tabla 2 se presentan dichas definiciones.

Objetivos Específicos	Variable por estudiar (Solo aplica para objetivos con instrumentos)	Definición conceptual	Definición operacional Dimensiones/Unidades
1 Identificar y caracterizar metodologías con las mejores prácticas científicas y	Metodologías relacionadas con la gestión de proyectos	Es el conjunto de metodologías relacionadas con directrices en desarrollo de	Se recolectará y revisará bibliográficamente máximo 10 metodologías que den cuenta del uso de metodologías con prácticas científicas y

	sostenibles para el desarrollo de productos mediante la bioprospección, evaluando sus impactos ambientales y oportunidades económicas.	científicos y sostenibles	productos y que delimitan las posibilidades y restricciones a nivel de impactos ambientales y generación de valor.	sostenibles, bajo el método definido por Kitchenham, comprendido en tres fases (planificación, revisión y reporte-análisis)
				1.Pautas para el desarrollo de modelo de desarrollo de productos
				2.Definiciones básicas para la gestión de proyectos con prácticas científicas y sostenibles.
3	Establecer los criterios de éxito para la aplicación de la metodología estándar de bioprospección, definiendo indicadores clave que garanticen viabilidad y aplicabilidad en mercados estratégicos para la industria colombiana.	Criterios de éxito para la aplicación de la metodología de bioprospección	Nivel de cumplimiento de la metodología estándar de bioprospección frente a los requisitos técnicos, comerciales y normativos necesarios para su adopción efectiva en mercados clave del sector industrial colombiano.	Se revisará las 3 mejores metodologías del objetivo 1, recolectando los principales niveles de cumplimientos definidos y evaluados en escala tipo Likert(Escala 1 a 5)
				1.Sostenibilidad integrada
				2.Articulación ciencia-empresa-comunidad
				3.Enfoque en innovación responsable
				4.Replicabilidad de la metodología
4	Proponer la metodología a una empresa del sector agroindustrial para evaluar su aplicabilidad y ajustar etapas críticas para una implementación efectiva y sostenible.	Valoración técnica de la aplicabilidad proyectada de la metodología en el sector agroindustrial	Grado en que expertos agroindustriales consideran viable la implementación de la metodología, según su experiencia, y en función de su alineación con procesos productivos, sostenibilidad e innovación del rol actual que ejercen en la industria.	Valoración experta de la metodología propuesta, con base en sus conocimientos técnicos, experiencia en el sector agroindustrial y dominio de procesos de desarrollo de nuevos productos, mediante validación tipo encuesta.
				1.Sector laboral de la empresa
				2.Etapas críticas del proceso
				3.Propuestas de mejora basadas en la experiencia.

TABLA 2 DEFINICIÓN DE CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE VARIABLES. ELABORACIÓN PROPIA

Cada una de las variables relacionadas, surge a partir de la problemática central del estudio. En este sentido, La sostenibilidad está representando el objetivo final, el cual es asegurar que el proceso de generación de productos logre un equilibrio entre los beneficios económicos y la responsabilidad social y ambiental. Por otro lado, el

proceso clave que se investiga y optimiza en el presente estudio es la bioprospección, donde su definición operacional se basa en tres etapas fundamentales identificadas: investigar, transformar y comercializar (Melgarejo, 2002).

Población y Muestra.

La población de esta investigación para efectos del cuarto específico está centrada en expertos del sector de agroindustria con experiencia en formulación y ejecución de proyectos con impacto sostenible, la muestra está conformada por 15 expertos vinculados al sector agroindustrial que cumplen las características de la población, esta fue seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, basado en criterios de relevancia temática y calidad metodológica. Esto permitió integrar evidencia empírica actualizada con perspectivas prácticas de los expertos garantizando la construcción de una ruta metodológica sustentada tanto en literatura especializada como en necesidades reales del contexto colombiano. (Otzen & Manterola, 2017). Adicionalmente, para el primer y tercer objetivo específico la población y muestra estuvo centrada en artículos científicos encontrados en la base de datos Web of Science (WOS) a nivel global en inglés y español.

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Para el desarrollo de la ruta metodológica en bioprospección, se implementó un enfoque multimodal de recolección de datos que combinó instrumentos cuantitativos y cualitativos que permitieran medir de manera consistente las variables definidas en el estudio.

Método Kitchenham.

Como herramienta central, se utilizó el método de revisión sistemática de Kitchenham (2004) (Knowledge Integration for Comprehensive Environmental and Natural Heritage Assessment); adaptado a una matriz de análisis documental aplicado a los 15 artículos científicos para evaluar los componentes clave de la bioprospección sostenible y sistematizar mejores prácticas internacionales.

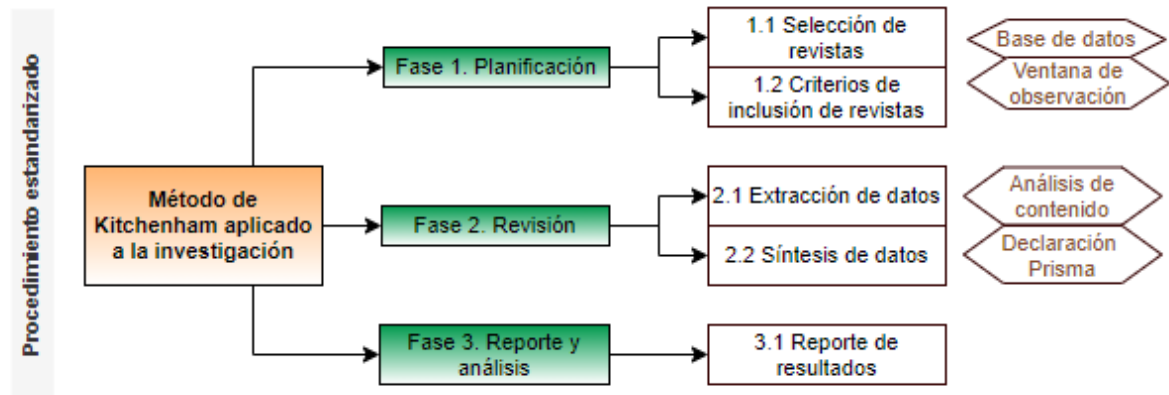


ILUSTRACIÓN 4 MÉTODO DE KITCHENHAM APLICADO A LA BIOPROSPECCIÓN, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ADAPTADO DE (CARRIZO & MOLLER, 2018)

Este método se eligió por su capacidad para integrar múltiples fuentes de evidencia científica, empírica y comunitaria; Priorizar criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica, mediante sus indicadores ponderados; Generar rutas adaptativas basadas en diagnósticos estructurados (Kitchenham, 2004), para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación, este método permitió integrar sistemáticamente:

- Datos técnicos de investigaciones previas.
- Percepciones de actores clave,

- Indicadores de sostenibilidad.

Fase 1. Planificación

- **Selección de la base de datos.**

Para conocer las metodologías que permitan conocer las pautas y definiciones básicas de proyectos con prácticas científicas y sostenibles, y como estos pueden aportar al desarrollo de la agroindustria colombiana, se realiza un mapeo bibliográfico por medio de la plataforma WOS(Web of Science), la cual compila diferentes bases de datos de alto impacto académico e investigativo, permitiendo el análisis y evaluación del rendimiento de la investigación que se lleva a cabo.

Criterios de inclusión.

Con base en el primer objetivo específico, se definieron los siguientes criterios de inclusión:

1. Publicados entre el 1 de enero de 2010 al 30 de abril de 2025.
2. Metodologías de proyecto que den cuenta pautas para el desarrollo de modelo de desarrollo de productos.
3. Artículos y libros que estén categorizados como “acceso abierto”.
4. Referencias bibliográficas enriquecidas con contenido explicativo.

Criterios de exclusión.

Asimismo, para delimitar aún más el estudio, se consideran excluyentes los siguientes:

1. Artículos y libros donde la metodología no presente características de sostenibilidad perceptibles.

Encuesta Estructurada.

El cuestionario será el segundo instrumento utilizado para la recolección de datos y su objetivo es recopilar de manera sistemática y estandarizada las percepciones, conocimientos, prácticas exitosas en proyectos similares e indicadores relacionados con la bioprospección sostenible. A continuación, se describen las características principales del cuestionario:

1. Contenido:

Se organizo en secciones que incluyan las principales variables relacionadas con la bioprospección sostenible:

- *Datos generales del proyecto/organización: Sector, región, tipo de recurso biológico utilizado.*
- *Sostenibilidad: ítems asociados a políticas o prácticas de sostenibilidad.
Ejemplo: ¿Incorpora su proyecto evaluaciones de impacto ambiental?*
- *Bioprospección en proceso: Preguntas sobre las etapas realizadas (investigación, desarrollo, comercialización) y sus resultados.*
- *Biodiversidad: ítems relacionados con la gestión del recurso, como por ejemplo el número de especies nativas aprovechadas y si el proyecto tiene acuerdos de acceso a recursos genéticos.*
- *Innovación y mercado: preguntas sobre resultados innovadores, tales como, patentes, nuevos productos y desempeño en el mercado (ventas, certificaciones obtenidas).*

- Criterios de éxito: valoración de la importancia de aspectos como la conservación, y la calidad del producto.

2. Tipo de ítems:

- Se utilizó preguntas cerradas con el fin de facilitar el análisis cuantitativo. Para esto, se usó escalas como: 1=Totalmente en desacuerdo a 5=Totalmente de acuerdo.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DEL CUESTIONARIO ESTRUCTURADO. CREACIÓN PROPIA

Encuesta por el Método Delphi

Se utilizó el método Delphi, una técnica que permite obtener un consenso informado entre expertos. De acuerdo con Linstone y Turoff (1975), este método facilita la reducción de diferencias de opinión y permite llegar a un consenso confiable en cuestiones complejas, particularmente cuando existe incertidumbre sobre los datos.

A través de rondas sucesivas de cuestionarios anónimos y de retroalimentación, los participantes pueden ajustar sus respuestas a medida que avanzan las rondas, permitiendo la reflexión y la construcción de consenso objetivo y documentado sobre la metodología en bioprospección. En la siguiente imagen se presenta el diagrama de proceso para la implementación del método Delphi.

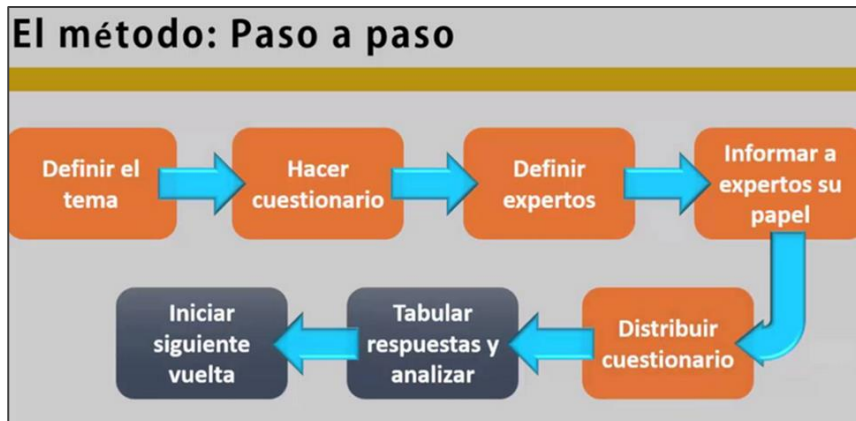


ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA DE PROCESO IMPLEMENTACIÓN MÉTODO DELPHI. FUENTE: YOUTUBE. (2023). TÍTULO DEL VIDEO [MÉTODO DELPHI PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA]. YOUTUBE. [HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=K69T-ANCS1Q](https://www.youtube.com/watch?v=k69t-ancs1q)

Los cuestionarios se estructuraron en dos rondas, cada una enfocada en obtener información más detallada, promoviendo el consenso entre los expertos. Alineado con esta premisa, las secciones del cuestionario incluyeron los siguientes ítems:

1. Datos Generales del Proyecto y/o Empresa: Se incluyó Información básica sobre el tipo de sector, región y los recursos biológicos utilizados.
2. Identificación de Etapas Críticas: Se incluyó preguntas abiertas para identificar las etapas más relevantes en el desarrollo de nuevos producto con impacto sostenible y sus desafíos.
3. Evaluación de Factores de Éxito: Se utilizó para valorar la importancia de diferentes factores que determinan el éxito del desarrollo de proyectos con valor sostenible.
4. Propuestas de Mejora: Se realizó preguntas abiertas para sugerir ajustes y mejoras en las metodologías actuales de bioprospección.

Se formularon preguntas cerradas con escala Likert por ejemplo (1=Totalmente en desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo), para obtener datos cuantitativos sobre las percepciones de los expertos. También, se realizaron preguntas abiertas al final del cuestionario para permitir una mayor flexibilidad y la identificación de barreras o recomendaciones adicionales.

La recolección de datos se llevó a cabo siguiendo el protocolo Delphi que permite un proceso de reflexión iterativo entre los participantes:

1. **Primera Ronda:** El cuestionario inicial se distribuyó a los expertos seleccionados, quienes proporcionaron sus respuestas de manera anónima.
2. **Segunda Ronda:** Tras recibir las respuestas, se preparó un resumen con las respuestas obtenidas y se envió un nuevo cuestionario con el objeto de obtener más detalles sobre aspectos clave de la bioprospección sostenible.

La recolección de datos se realizó mediante el uso de plataformas en línea, para facilitar la participación y la recopilación eficiente de información.

Técnicas de análisis de datos.

Análisis de datos de la Matriz Kitchenham.

Dando continuidad a las fases descritas anteriormente:

Fase 2. Revisión

- **Extracción de datos.**

Adicionalmente, se hará uso del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), a fin de representar los resultados obtenidos durante la revisión sistemática en la colección principal de la base de datos de Web Of Science, esto, ya que aborda aspectos clave respecto a la metodología y conducción de esta, y permite llegar a una extracción concreta metodologías relevantes para el estudio. Los resultados se presentarán en el diagrama de flujo Prisma en la Figura 5.

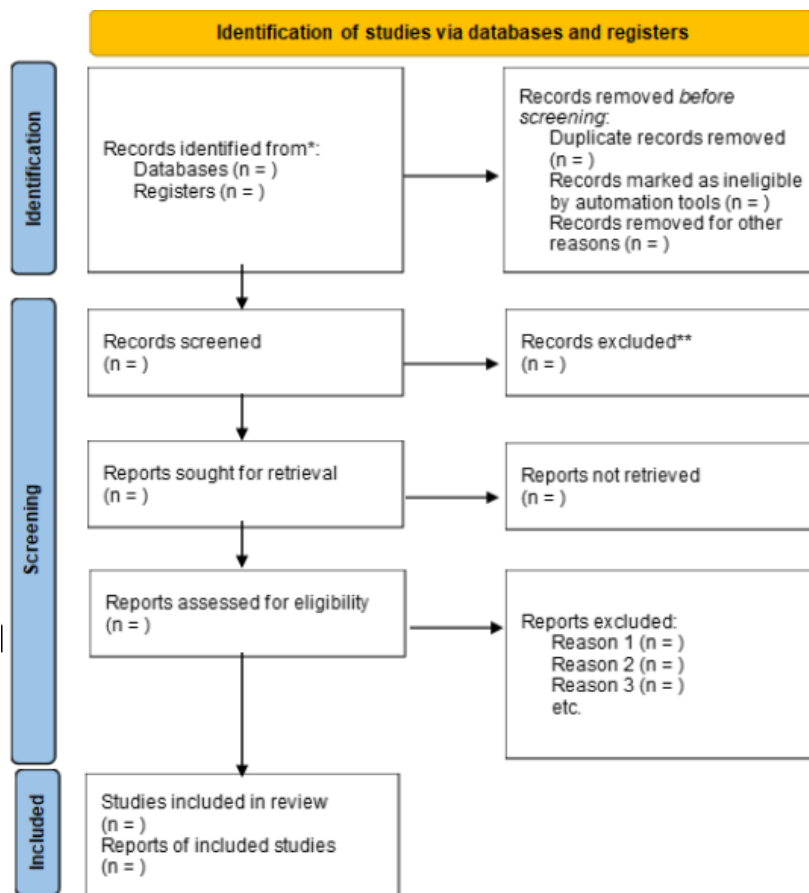


ILUSTRACIÓN 6. DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA, FUENTE [HTTPS://WWW.PRISMA-STATEMENT.ORG/](https://www.prisma-statement.org/)

- Síntesis de datos

Los artículos y libros identificados se sintetizaron en un instrumento que permite evaluar el autor, año, objetivo, metodología, población/intervención/resultados, calidad del estudio, identificación de patrones: Temáticas coincidentes, resultados contradictorios o consensuados.

Fase 3. Reporte y análisis

- **Reporte**

Finalizada la fase 2, se da paso a la evaluación y análisis de hallazgos de los artículos encontrados, basados en las experiencias de uso, en aras de fijar el aporte en el desarrollo de procesos verdes para la industria colombiana, teniendo en cuenta las pautas y definiciones básicas de la gestión de proyectos con prácticas científicas sostenibles validos por medio de WOS y PMI(Project Management Institute).

Análisis de Datos de Encuestas Estructuradas

Se realiza un análisis estadístico descriptivo, que incluyó el cálculo de frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar para caracterizar las tendencias centrales y la dispersión de las respuestas, utilizando Excel. Así mismo, se utilizaron representaciones gráficas como histogramas, barras, pastel, para obtener un panorama general de las respuestas y detectar patrones básicos.

Análisis de Datos de Encuestas por Método Delphi

Luego de la recolección de datos de las encuestas realizadas por el de método Delphi, se procedió con el análisis de las respuestas obtenidas, donde las respuestas abiertas se sometieron a un análisis de contenido para identificar los temas y

sugerencias relevantes proporcionadas por los expertos. (Jaimes, 2025), Los resultados se validaron mediante triangulación con hallazgos cualitativos de las entrevistas, asegurando consistencia en las interpretaciones

Se elaboró un informe técnico con los resultados obtenidos de las dos rondas del proceso Delphi, el cual incluyó las recomendaciones finales para la implementación de la metodología de bioprospección sostenible en el sector agroindustrial, considerando la viabilidad económica, los beneficios sociales y la protección de la biodiversidad.

Análisis y discusión de los resultados

De acuerdo con los métodos y técnicas definidas, a continuación, se presentan los análisis de resultados para cada objetivo planteado.

Para dar respuesta al primer objetivo: “Identificar y caracterizar metodologías con las mejores prácticas científicas y sostenibles para el desarrollo de productos mediante la bioprospección, evaluando sus impactos ambientales y oportunidades económicas”, se presenta el análisis del método de Kitchenham, el análisis de las encuestas por método Delphi y el análisis de la encuesta estructurada.

Análisis Método Kitchenham

De acuerdo con la definición de variables del objetivo 1, a continuación, se presenta los resultados obtenidos, para la construcción de estos se construyó una ecuación de búsqueda para la información y la selección de artículos aplicables (Prisma), para exponer las pautas para el desarrollo de modelo de desarrollo de

productos y definiciones básicas para la gestión de proyectos con prácticas científicas y sostenibles.

Con la ecuación de búsqueda, se describió con mayor exactitud información necesaria para el proyecto a través de palabras clave con conectores y operadores booleanos lógicos de unión e intersección (“”, &,?).

SECTOR DE INTERES	REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
Agroindustrial	Identificación de las metodologías con pautas y definiciones básicas de proyectos con prácticas científicas y sostenibles.	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologías de proyectos. • Sostenibilidad aplicada en la industria.
INFORMACIÓN PREVIA	PALABRAS CLAVE	
Estudios de bioprospección e impactos de estos en la industria.	Proyectos, gestión de proyectos, sostenibilidad, metodología.	

Identificación de artículos con posibles metodologías con prácticas sostenibles para el desarrollo de proyectos

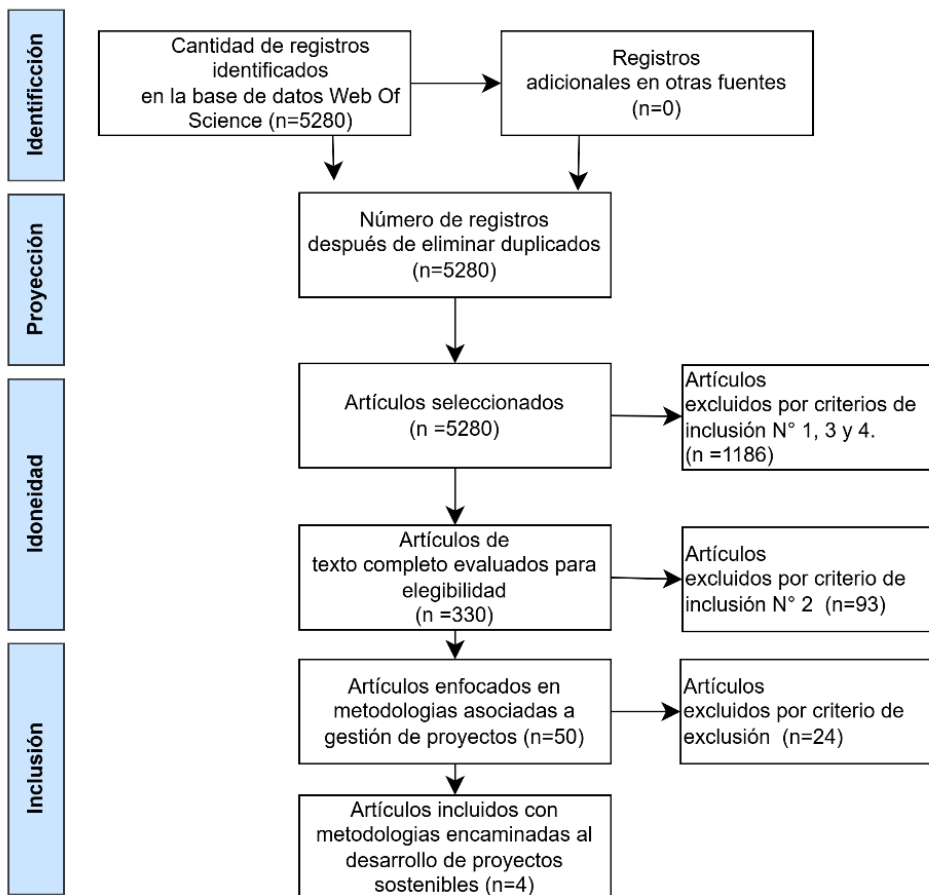


ILUSTRACIÓN 7. DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA

Asimismo, los artículos seleccionados fueron evaluados, en el instrumento de medición (Anexo I) donde se encontró, las metodologías de proyectos usadas, pautas básicas y definiciones para la gestión de proyectos sostenibles que se usaron para el desarrollo de la ruta metodológica propuesta.

Análisis de Encuestas por Método Delphi.

El desarrollo de esta investigación inicio mediante las encuestas por el método Delphi, a través de este se identificaron los siguientes temas más relevantes para la implementación de la metodología de bioprospección sostenible.

Integración de Metodologías Híbridas: La experiencia de los expertos en métodos predictivos (tradicionales) y ágiles sugiere que la metodología de bioprospección podría beneficiarse de un modelo híbrido. Por ejemplo: Fases estructuradas (como Stage-Gate) para etapas críticas (ej.: evaluación de impacto ambiental).

Sprints ágiles para prototipado rápido y ajustes basados en feedback. En el caso del cacao, una fase inicial predictiva identificaría los subproductos con potencial, mientras que sprints ágiles probarían su transformación en productos comerciales (ej.: biocosméticos).

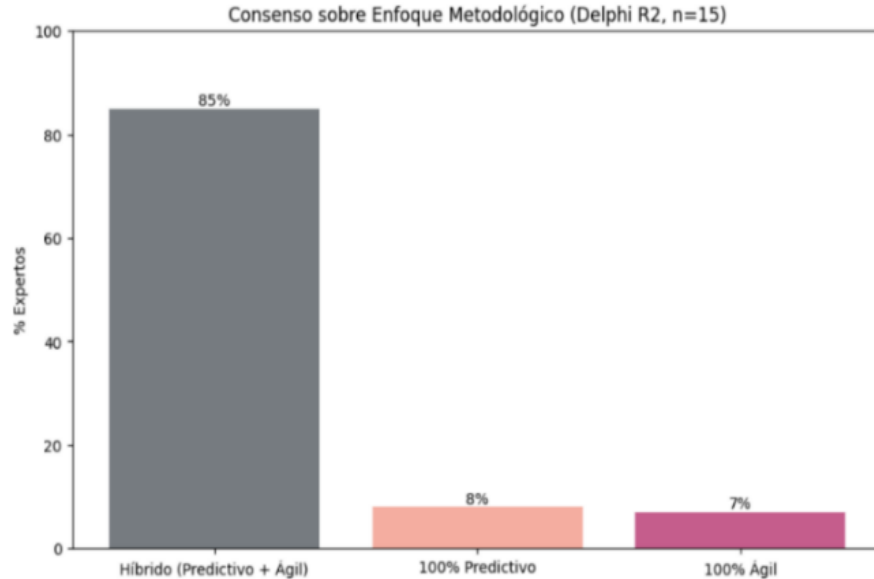


ILUSTRACIÓN 8 CONSENSO SOBRE EL ENFOQUE METODOLÓGICO, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Flexibilidad vs. Rigurosidad en Metodologías: Los expertos mencionan que metodologías como Scrum son flexibles en procesos, mientras que otras (como Stage-Gate) pueden ser percibidas como rígidas. Esto sugiere la necesidad de adaptar metodologías híbridas (Agile-Stage-Gate) para equilibrar estructura y adaptabilidad en proyectos de bioprospección. Sin embargo, las organizaciones pueden preferir metodologías tradicionales por temor a la incertidumbre.

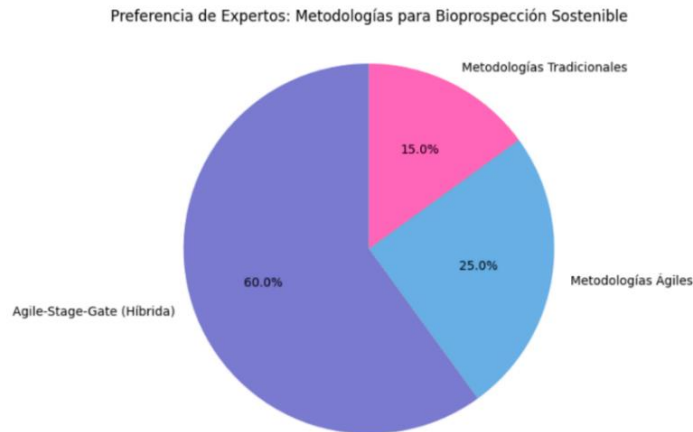


ILUSTRACIÓN 9 PREFERENCIA DE EXPERTOS PARA METODOLOGÍAS EN BIOPROSPECCIÓN, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Estructura de la metodología: En las sesiones se concluyó que la metodología propuesta podría estructurarse en fases piloto, por ejemplo, iniciar con identificación de recursos, prototipado y comercialización para validar su viabilidad en sectores como el cacao, donde hay subproductos desaprovechados. Así mismo, los expertos destacaron la importancia de entender las necesidades del mercado antes de desarrollar productos. La iteración con los clientes es crucial para asegurar que las soluciones propuestas sean viables y valiosas, igualmente, un enfoque iterativo mitiga el riesgo de invertir en metodologías rígidas que no se adapten a las dinámicas del sector.

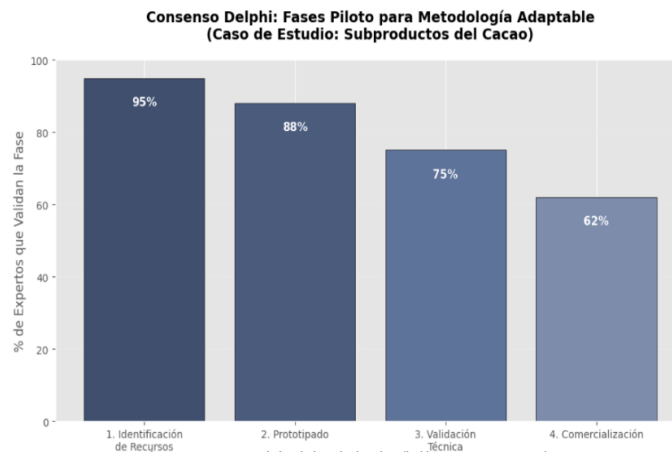


ILUSTRACIÓN 10 ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Pasos claves para una metodología simplificada: Los expertos coinciden en un enfoque incremental y concuerdan en que la metodología debe comenzar con un MVP (Producto Mínimo Viable). Recalcan la importancia de iniciar con una versión simplificada de la metodología con 3 o 4 pasos clave que permite probar su aplicabilidad en contextos reales e ir ajustándola según feedback y escalarla progresivamente. Esta perspectiva se alinea con principios ágiles y responde a la complejidad de integrar ciencia, sostenibilidad y mercados en la bioprospección. Igualmente, los expertos enfatizan la necesidad de avanzar en fases sin esperar validaciones completas, aludiendo a enfoques iterativos para acelerar el desarrollo de productos.

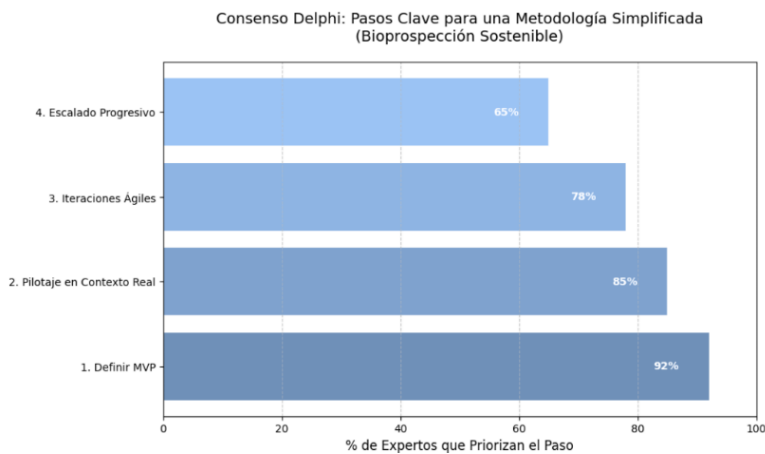


ILUSTRACIÓN 11 PASOS CLAVES PARA UNA METODOLOGÍA SIMPLIFICADA, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Validación Frecuente con Stakeholders: En las encuestas realizadas se destacó la importancia del chequeo constante con actores clave (clientes, comunidades, científicos) para garantizar que la metodología sea "sostenible y escalable". Esto refuerza la necesidad de incorporar mecanismos de participación temprana en el diseño, como: Talleres con comunidades locales para validar el acceso a recursos y distribución de beneficios; Retroalimentación empresarial en etapas tempranas de desarrollo, asegurando alineación.

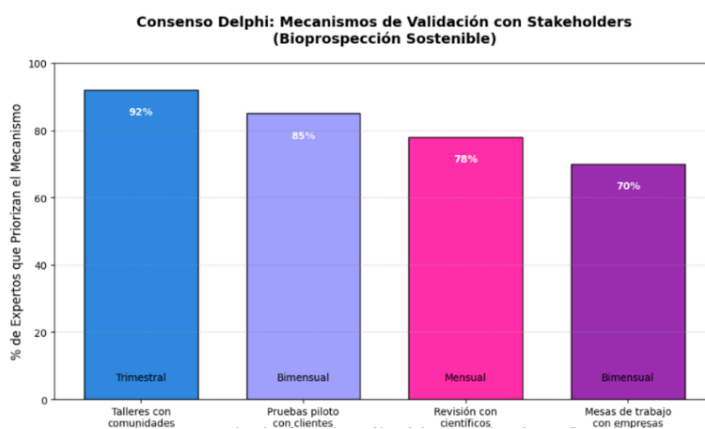


ILUSTRACIÓN 12 MECANISMOS DE VALIDACIÓN CON STAKEHOLDERS, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Barreras Económicas: Los expertos destacan que los productos sostenibles suelen ser más costosos debido a materias primas especializadas (ej. café de microlotes, alcohol orgánico), lo que limita su adopción en mercados masivos. Esto resalta la importancia de criterios de viabilidad económica en la metodología propuesta. Por otro lado, los expertos mencionan el valor de productos que benefician a comunidades locales (ej. caficultores), pero también los desafíos de escalabilidad. Esto refuerza la necesidad de integrar indicadores de sostenibilidad social en la metodología.

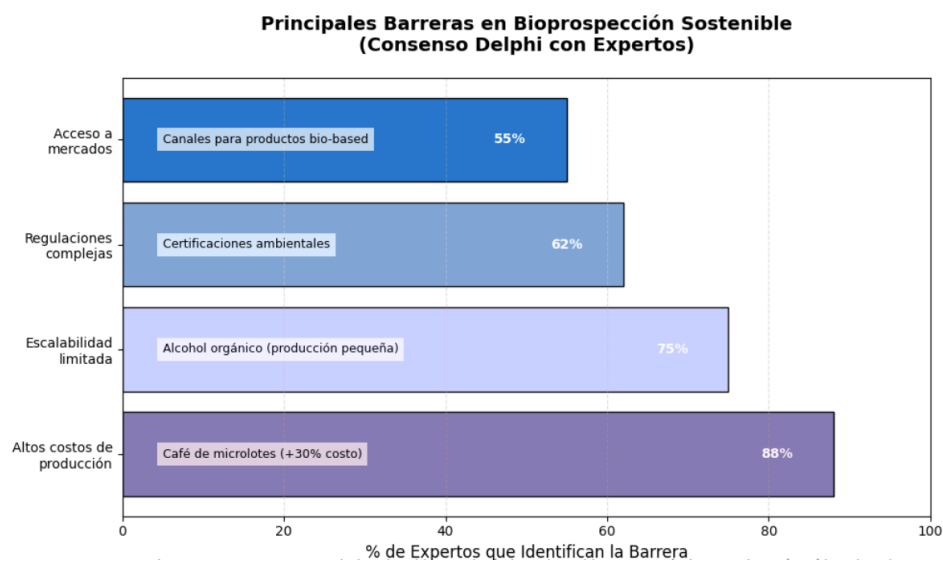


ILUSTRACIÓN 13 PRINCIPALES BARRERAS EN BIOPROSPECCIÓN, FUENTE: ENCUESTAS MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI CON EXPERTOS 2025

Análisis Encuestas Estructuradas.

Para mayor claridad, se continuo con las encuestas estructuradas, con los datos obtenidos se logró visualizar patrones clave, lo que facilitaron la interpretación de los hallazgos y la construcción de la ruta.

El análisis de los resultados de la encuesta revela una marcada predominancia de profesionales vinculados a la Gerencia de Proyectos, que representan el 56% del total de encuestados (9 de 16 expertos). Le sigue en importancia el sector Agroindustrial con un 31% de participación (5 expertos), lo que refleja su relevancia en aplicaciones prácticas de bioprospección, particularmente en el aprovechamiento de recursos biológicos.

1. Sector de experiencia (0 punto)

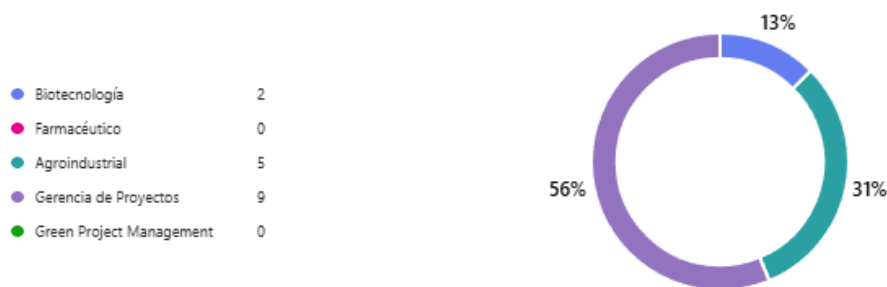


ILUSTRACIÓN 14 RESULTADO: SECTOR DE EXPERIENCIA, ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

La ausencia de otros sectores sugiere posibles brechas en la inclusión de perspectivas relacionadas el desarrollo de metodologías. Esta distribución desigual podría influir en los resultados, destacando la necesidad de ampliar la diversidad disciplinaria en futuros estudios para obtener una visión más integral de los desafíos y oportunidades en bioprospección sostenible.

La mitad de los participantes (50%) cuenta con entre 1 y 5 años de experiencia, lo que sugiere perspectivas recientes en el desarrollo de productos, principalmente alineadas con metodologías ágiles. Un segundo grupo importante (25%) posee entre 6 y 10 años de trayectoria, ofreciendo una visión que combina experiencia práctica con adaptabilidad a cambios.

2. Años de experiencia en desarrollo de productos (0 punto)

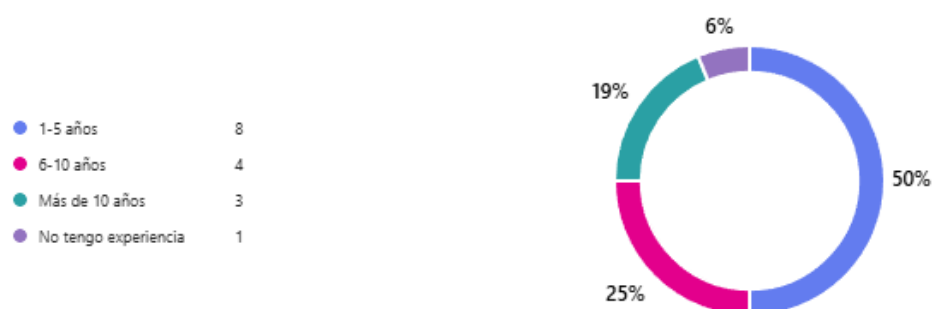


ILUSTRACIÓN 15 RESULTADO: AÑOS DE EXPERIENCIA EN DESARROLLO DE PRODUCTOS, ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

Se registra un caso (6%) sin experiencia específica, cuyo aporte, aunque minoritario, enriquece el análisis con perspectivas externas. La predominancia de perfiles con menos de una década de experiencia refuerza la necesidad de contrastar estos hallazgos con literatura especializada para validar su generalización.

En la pregunta sobre las etapas críticas en el desarrollo de un producto, se evidencio que la mayoría de los encuestados (38%) considera que la etapa más crítica es la "Investigación y caracterización de recursos". Esto sugiere que, la fase inicial de identificación y evaluación de los recursos necesarios es fundamental para el éxito del producto. Por otro lado, el 31% de los participantes señala la "Comercialización y

escalamiento" como la etapa más crítica, lo que evidencia la importancia de llevar el producto al mercado y expandir su alcance.

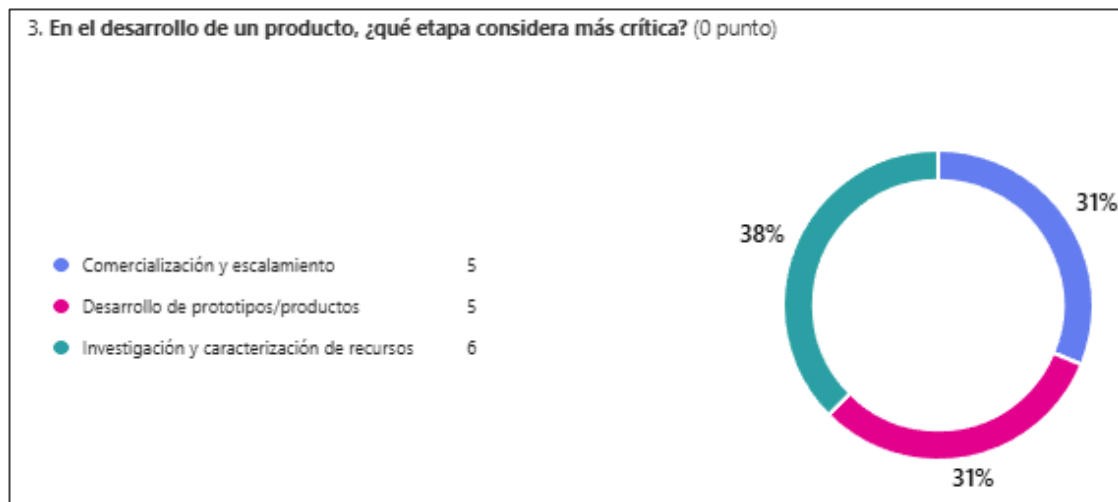


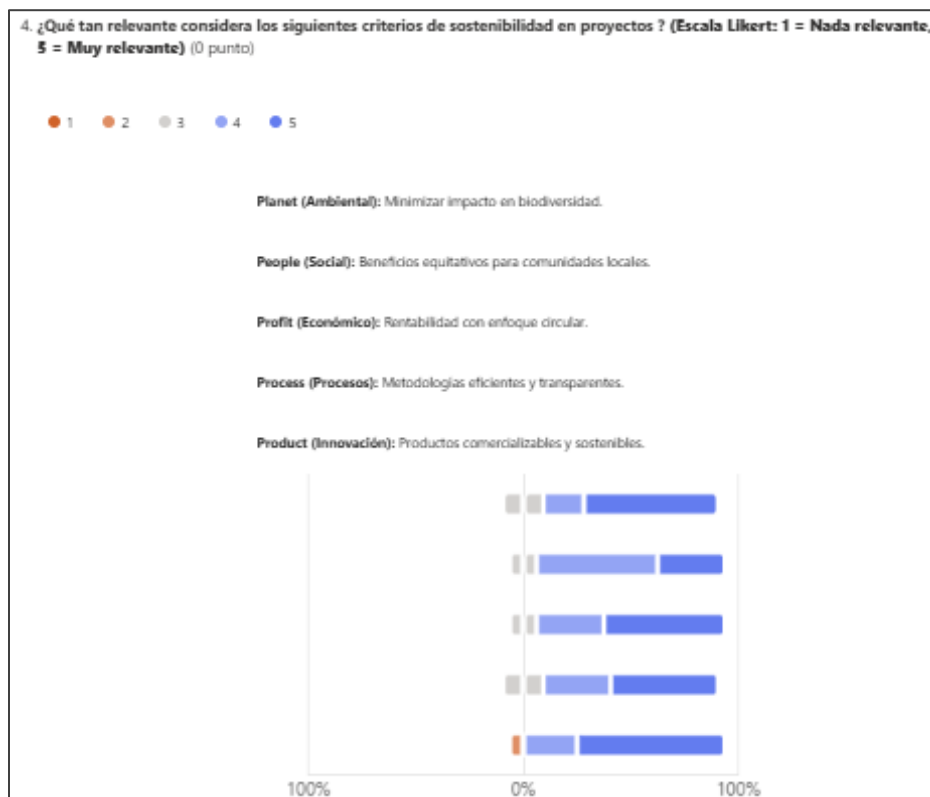
ILUSTRACIÓN 16 RESULTADO: ETAPAS CRÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO, ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

El desarrollo de prototipos/productos, también obtuvo un porcentaje de 31%, esto resalta la divergencia de opiniones entre los encuestados, lo que podría estar influenciado por factores como el tipo de producto, el mercado objetivo o las experiencias previas de los participantes en proyectos de desarrollo.

En cuanto a los criterios de sostenibilidad en proyectos, Los resultados revelan matices importantes en la percepción de los participantes. En el ámbito ambiental (*Planet*), el 62.5% calificó como muy relevante, lo que confirma que, aunque existe un fuerte consenso sobre la importancia de este criterio, hay un segmento minoritario que lo valora de manera menos categórica. En el criterio social (*People*), la mayoría, el

56.3% otorgó una alta relevancia, pese a su importancia, no todos los encuestados lo perciben como prioritario.

Para el criterio económico (*Profit*), el 56.3% consideró muy relevante la rentabilidad con enfoque circular, mientras que el 31.3% lo situó en un nivel alto. Esto nos lleva a contemplar la viabilidad financiera sostenible es un pilar clave, aunque no tan unánime como el ambiental. En cuanto a los procesos (*Process*), el 50% los consideró muy relevantes. Esto indica que las metodologías eficientes y transparentes son valoradas, pero con cierto grado de variabilidad según la percepción. Finalmente, en innovación (*Product*), el 68.8% calificó como muy relevante el desarrollo de productos comercializables y sostenibles, subrayando que este criterio es casi tan prioritario como el ambiental.



En relación con la valoración de los principios PRiSM en bioprospección se muestran tendencias claras. El cumplimiento normativo es el criterio más valorado, con un 56.3% de los encuestados calificándolo como muy valorado, por lo que el marco legal actúa como piso mínimo. El enfoque en el ciclo de vida del producto muestra una distribución diversa, mientras el 43.8% lo valora mucho, aunque es un principio central en sostenibilidad, parece percibirse más como una herramienta de gestión que como un imperativo crítico.

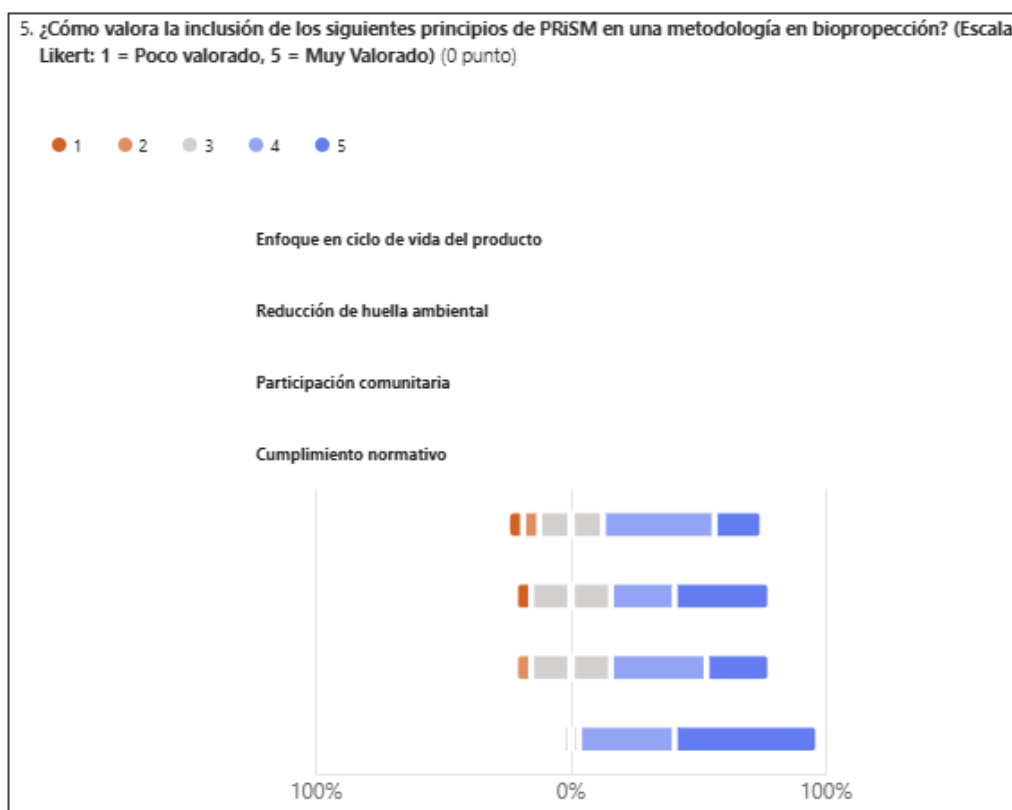


ILUSTRACIÓN 17 VALORACIÓN DE LOS PRINCIPIOS PRiSM, ILUSTRACIÓN ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

La participación comunitaria presenta el perfil más equilibrado: el 37.5% la valora alto y el 25% muy alto, pero con un 31.3% en un 3. Es llamativo que, pese a su

importancia ética y operativa, no se obtuvo unanimidad, lo que puede indicar que se percibe como un complemento deseable más que como un eje central, o quizá, en la práctica, la participación comunitaria enfrenta barreras que afectan la percepción de valor.

En relación con los resultados de la encuesta sobre los desafíos en la comercialización de productos derivados de la bioprospección se evidencia que la articulación ciencia-empresa-comunidad se muestra como el principal obstáculo, señalado por el 38% de los encuestados, lo cual concuerda con lo referenciado en diversos artículos de bioprospección en Colombia. El marco normativo obtuvo un 25%, un porcentaje llamativamente bajo considerando que, en preguntas anteriores, el cumplimiento normativo era altamente valorado. Esto muestra que los encuestados lo ven más como un requisito de base que como un desafío en la comercialización.

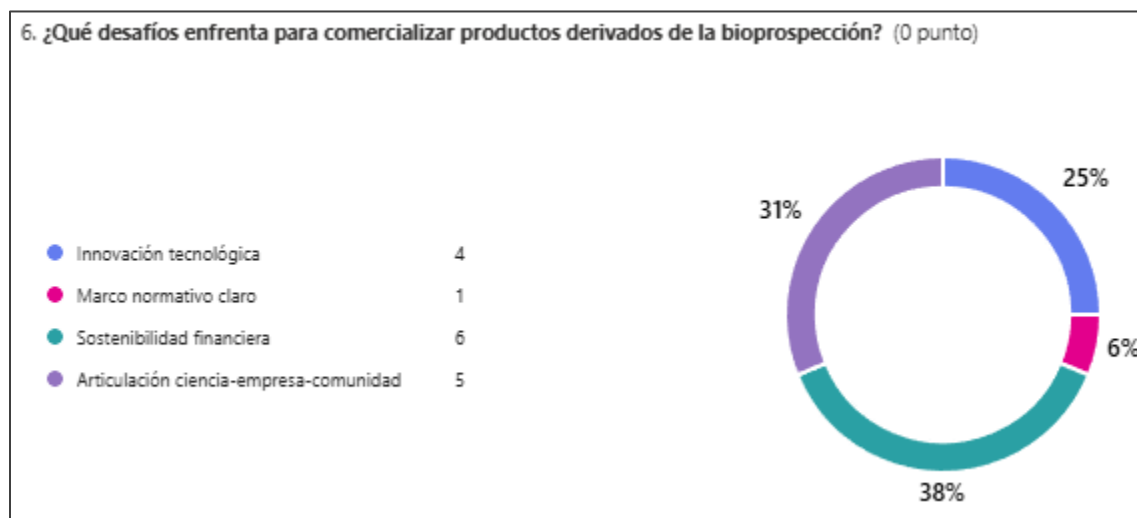


ILUSTRACIÓN 18: DESAFÍOS DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA BIOPROSPECCIÓN, ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

El 63% de los encuestados considera que una metodología en proyectos debe seguir un proceso científico reproducible, un 38% exige un enfoque más riguroso, con hipótesis y pruebas claras. La ausencia de respuestas a “No, es demasiado teórica” muestra la relevancia del método científico, incluso para quienes perciben limitaciones prácticas. Esta división puede deberse a que la flexibilidad choca con el rigor académico, o quizá una brecha entre cómo se concibe la ciencia pura y cómo se implementa en contextos de empresariales.

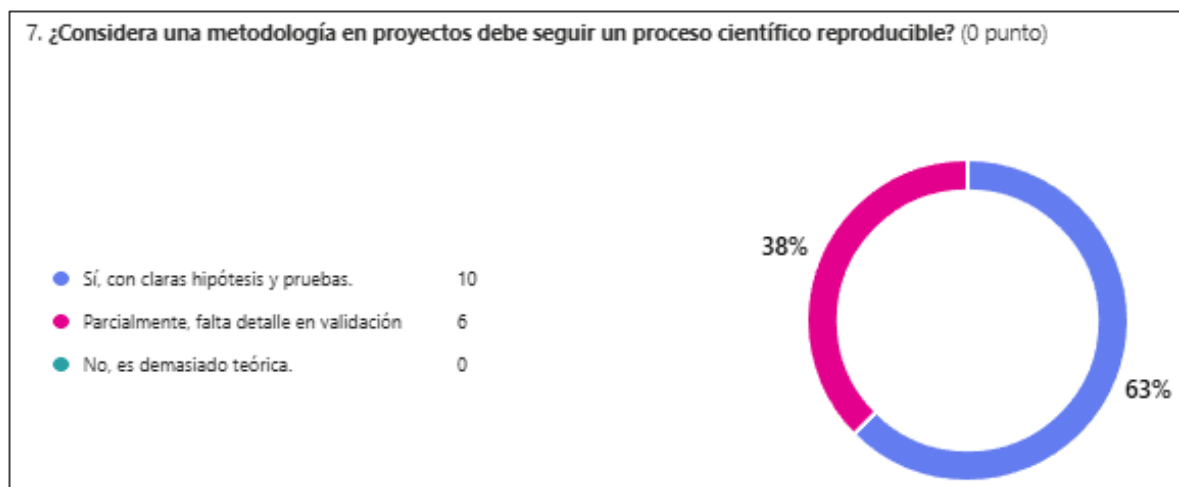


TABLA 4 ENCUESTA: LA METODOLOGIA DEBE SEGUIR UN MÉTODO CIENTÍFICO REPRODUCIBLE, FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

En la encuesta, en la pregunta sobre las fases críticas para la validación científica, el 50% de los encuestados identifica la experimentación en laboratorio/piloto como fase crítica, pasando a un segundo plano otras etapas como el análisis estadístico de datos, la revisión sistemática de literatura y la evaluación por pares externos, cada una con el 19%.

8. Fases críticas para validación científica (Seleccione max. 2): (0 punto)

● Revisión sistemática de literatura.	2
● Experimentación en laboratorio/piloto.	8
● Análisis estadístico de datos	3
● Evaluación por pares externos.	3

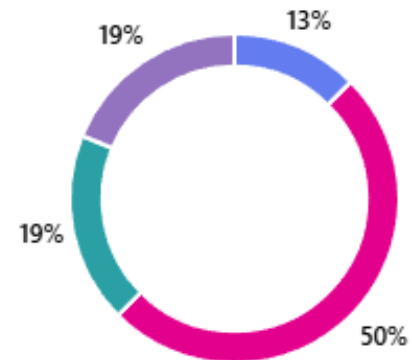


TABLA 5 RESULTADOS: FASES CRÍTICAS PARA LA VALIDACIÓN CIENTÍFICA; FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

Los anteriores resultados reflejan que los encuestados valoran lo experimental sobre lo teórico o analítico, así mismo, podría entenderse como una brecha entre la investigación académica tradicional y los entornos empresariales donde la inmediatez prima sobre el perfeccionismo.

La percepción de los encuestados con relación a los indicadores de sostenibilidad, la *reducción de residuos en procesos* se muestra como el criterio más crítico, con un 43.8% de los encuestados calificándolo como muy crítico, seguido de cerca por el *uso eficiente de recursos hídrico* y las *emisiones de CO₂ reducidas*, ambos con un 37.5% en la máxima puntuación.

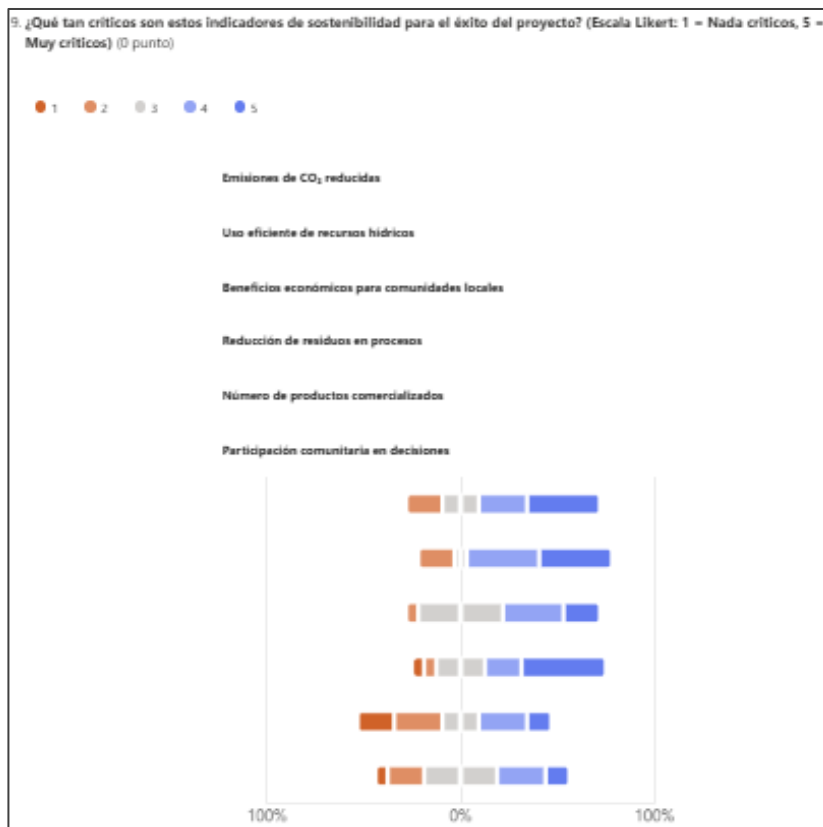


TABLA 6 ENCUESTA: INDICADORES DE ÉXITO DE SOSTENIBILIDAD PARA UN PROYECTO; FUENTE: ENCUESTA

ESTRUCTURADA 2025

Estos resultados, nos sugiere que se debe implementar un enfoque con menos residuos, menos agua, menos carbono. Esto nos indica que actualmente la sostenible aún se asocia más con métricas ambientales que con métricas sociales y económicas, reflejando una limitación en la comprensión de la sostenibilidad.

La resistencia al cambio en organizaciones es la barrera más señalada (44%), superando incluso a la clásica falta de financiamiento (31%), mientras que la desconexión academia-empresa (19%) confirma que, aunque relevante, no es

percibida como el principal obstáculo. El desafío radica en transformar culturas organizacionales: incluso con recursos y regulaciones ideales, la resistencia al cambio podría seguir frenando la bioprospección.

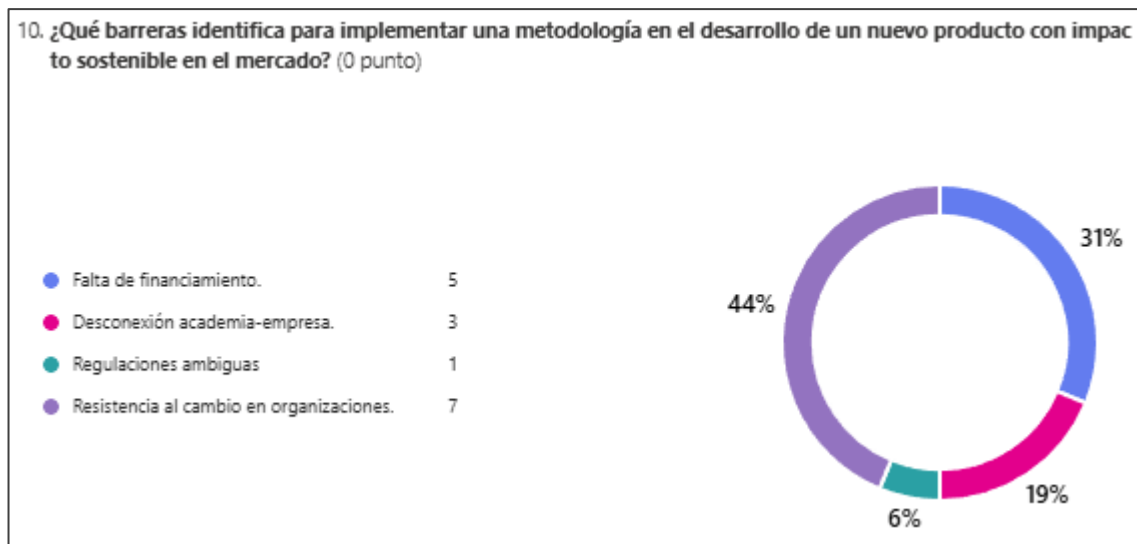


TABLA 7 ENCUESTA: BARRERAS IDENTIFICADAS PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGÍA; FUENTE: ENCUESTA

ESTRUCTURADA 2025

La fase de validación (Gate3) es considerada la más crítica (38%) para integrar sostenibilidad en el modelo Agile-Stage-Gate, superando incluso a etapas iniciales como ideación (Gate1) (19%) o fases posteriores como comercialización (Stage4) (19%). Esto sugiere que los encuestados perciben el momento de validar el producto, donde se confirma su viabilidad técnica, económica y ambiental, como el punto de inflexión decisivo para asegurar el éxito.

El desarrollo (Stage2), pese a ser donde se materializan las ideas, solo alcanzó un 25%, lo que podría indicar que actúa como un cuello de botella donde, finalmente, se separa lo viable de lo insostenible.

11. Definiendo el modelo Stage-Gate como un proceso estructurado que guía el desarrollo de productos desde la idea hasta el lanzamiento, combinando control y evaluación en etapas clave. Para integrar sostenibilidad, ¿qué fase de Agile-Stage-Gate, considera crítica? (0 punto)

● Ideación(Gate1)	6
● Desarrollo(Stage2)	3
● Validación(Gate3)	4
● Comercialización(Stage4)	3

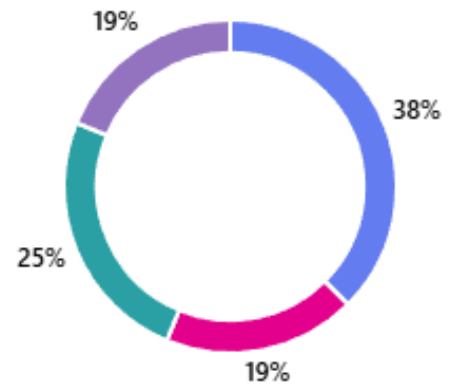


TABLA 8: ENCUESTA: FASES DEL MODELO STAGE-GATE PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS; FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

El 56% de los encuestados prioriza integrar la sostenibilidad desde la primer Gate 1, evaluando la viabilidad ambiental incluso antes de asignar recursos al proyecto, mientras que solo el 25% centraliza los esfuerzos en Stage 2 con prototipos circulares. Esta distribución refuerza el hallazgo anterior, donde se identificó que la fase inicial es crítica y sugiere que los participantes entienden la sostenibilidad como un requisito desde el origen.

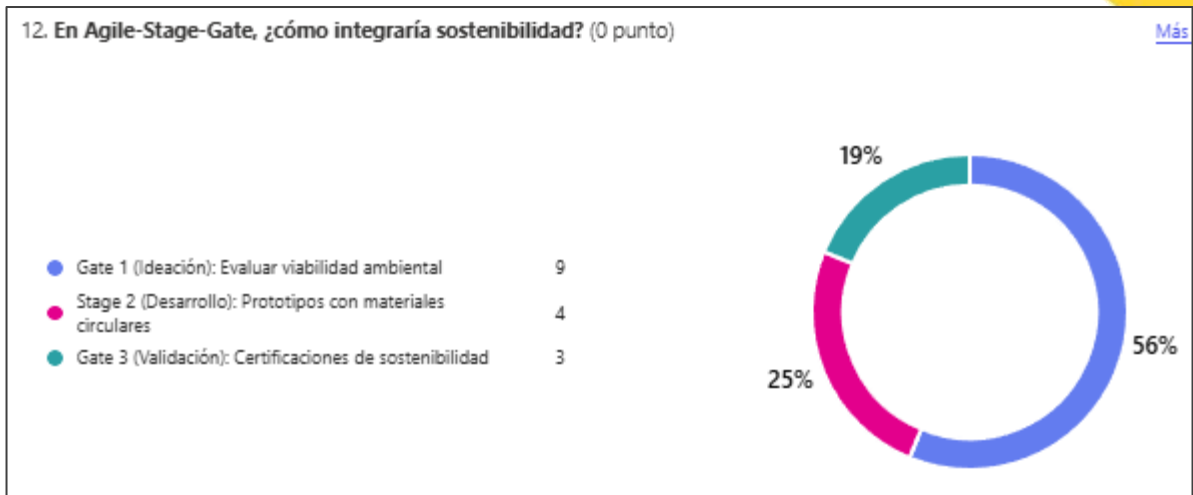


TABLA 9 ENCUESTA: INTEGRAR LA SOSTENIBILIDAD EN AGILE-STAGE-GATE; FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

En cuanto a la evaluación del modelo Stage-Gate en bioprospección, los resultados muestran que mientras el 50% califica como adecuado, su estructura para organizar las fases, y el 43.8% valora igualmente sus etapas para gestionar riesgos, el 12.5% cree totalmente que el híbrido Agile-Stage-Gate se adapta bien a cambios regulatorios. Se destaca el respaldo a integrar indicadores de sostenibilidad en cada gate, reforzando la idea de que lo ambiental y social debe ser transversal.

Por otro lado, la exigencia de revisión sistemática en la fase de investigación divide opiniones: aunque el 43.8% la apoya, un 25% la considera solo moderadamente relevante, revelando diferencias entre rigor académico y agilidad práctica.



TABLA 10 ENCUESTA: EVALUACIÓN DEL MODELO STAGE-GATE; FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

Stage-Gate se percibe como un marco útil pero imperfecto, donde su verdadero valor para la bioprospección sostenible dependería de adaptaciones específicas, lo que sugiere que ningún modelo estándar basta sin estar personalizado.

Los resultados revelan una triple barrera para implementar el modelo Stage-Gate en bioprospección, la falta de alineación con ciclos naturales de recursos biológicos y la complejidad en la documentación de gates con un 38% cada una, seguidas de la

resistencia a evaluaciones formales entre etapa con un 25%, por lo que adaptar Stage-Gate a la bioprospección requiere reinventar sus mecanismos.

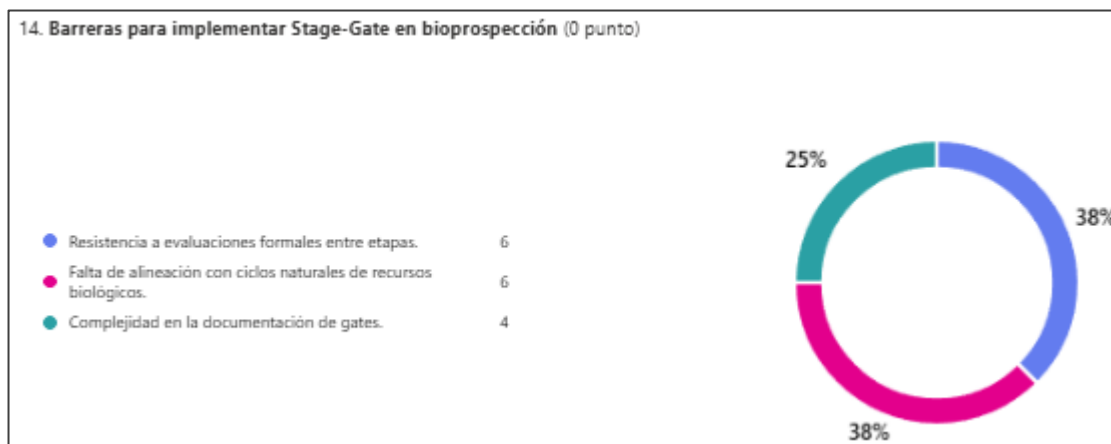


TABLA 11 ENCUESTA: BARRERAS PARA IMPLEMENTAR STAGE-GATE; FUENTE: ENTREVISTA ESTRUCTURADA 2025

Sobre las estrategias se pueden implementar para asegurar que las comunidades locales reciban una parte justa de los beneficios obtenidos, los resultados de la encuesta muestran una preferencia por las regalías por comercialización con un porcentaje del 56%, superando con creces otras estrategias como la capacitación y empleo local (19%) o los arreglos formales para el uso de componentes biológicos (25%). Esto revela que los encuestados priorizan modelos de reparto económico directo sobre enfoques de desarrollo de capacidades o marcos legales y actualmente se percibe como la forma más transparente y efectiva de retribución. Sin embargo, la baja preferencia por la capacitación plantea interrogantes como ¿Se esta subestimando el empoderamiento a largo plazo que genera el conocimiento local?, habrá que analizar si las regalías, sin otras estrategias complementarias, realmente transforman y contribuye al desarrollo económico de Colombia. En conclusión, en la mente de

muchos, la justicia para las comunidades se mide en porcentajes de ganancias, no en contratos bien intencionados o talleres esporádicos.

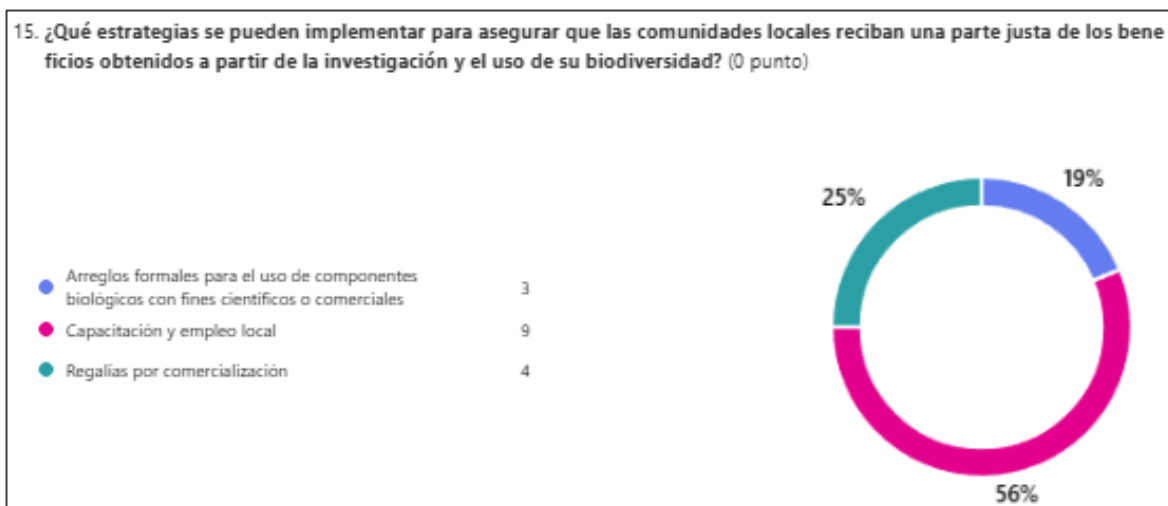


TABLA 12 ESTRATEGIAS PARA ASEGURAR QUE LAS COMUNIDADES LOCALES RECIBAN UNA PARTE JUSTA DE LOS BENEFICIOS; FUENTE: ENCUESTA ESTRUCTURADA 2025

Diseño de una ruta para la caracterización de los principales productos con potencial biológico en Colombia

Los resultados de la presente investigación revelan que la sostenibilidad y la innovación son prioridades clave para los actores involucrados en el desarrollo de productos derivados de la bioprospección. Los resultados obtenidos destacaron la importancia de contar con un proceso estructurado que contemple no solo los aspectos científicos, sino también la colaboración activa con las comunidades locales, el cumplimiento normativo, y la viabilidad comercial de los productos resultantes. De igual manera, se evidenció la necesidad de contar con métodos estandarizados de recolección, la integración de principios de sostenibilidad en todas las fases del proyecto y el monitoreo constante de los impactos ambientales y sociales.

Con esto en mente, se dará respuesta al segundo objetivo de la investigación: “Diseñar una ruta para la caracterización de los principales productos con potencial biológico en Colombia, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, que permita su aprovechamiento sostenible mediante la bioprospección”. A continuación, se presenta un diseño metodológico, el cual tiene como propósito proporcionar una hoja de ruta clara y práctica para los investigadores que desean realizar proyectos de bioprospección sostenible en Colombia.

La metodología está estructurada en fases secuenciales que integran actividades científicas, tecnológicas y comunitarias, garantizando que los recursos biológicos se aprovechen de manera responsable, innovadora y económicamente viable. A lo largo de estas fases, se consideran aspectos clave como la sostenibilidad ambiental, la viabilidad económica y la participación de las comunidades locales.

Fase 0: Planeación y Preparación del Proyecto

La planificación inicial del proyecto establece las bases para una bioprospección sostenible, asegurando que los recursos biológicos seleccionados sean adecuados tanto en términos científicos como comerciales.

- **Definición de la biodiversidad objetivo:** Se seleccionan los recursos biológicos a investigar (plantas, microorganismos, animales) según su potencial comercial y los beneficios ecosistémicos que puedan aportar. La selección de la biodiversidad objetivo es una de las primeras actividades críticas dentro de la fase de planeación. El equipo de trabajo debe seguir una serie de criterios científicos, ecológicos, económicos y sociales para elegir los recursos biológicos que serán objeto

de estudio y aprovechamiento. A continuación se detallan los criterios que deben guiar esta selección:

Criterio	Descripción	Consideraciones
Potencial Comercial	Evaluación del valor económico de los recursos biológicos en mercados nacionales e internacionales.	Los recursos seleccionados deben tener una demanda potencial en industrias, por ejemplo (farmacéutica, cosmética, biotecnología, etc.).
Beneficios Ecosistémicos	Impacto positivo de los recursos biológicos en el entorno natural.	Se seleccionan recursos que contribuyan al mantenimiento de la biodiversidad local o a la restauración ecológica.
Diversidad Genética	Disponibilidad de diversas variedades dentro de una especie, que aumenten su potencial de uso.	Asegurarse de que las especies seleccionadas tengan una amplia variedad genética que favorezca su adaptabilidad y desarrollo.
Facilidad de Recolección	Disponibilidad de los recursos en la región seleccionada y facilidad de acceso para recolección.	La recolección debe ser sostenible y sin causar impactos negativos en los ecosistemas locales.
Adaptabilidad al Cambio Climático	Evaluación de la capacidad del recurso para resistir condiciones climáticas cambiantes.	Seleccionar especies que sean resilientes y puedan soportar fluctuaciones climáticas o cambios en su hábitat.
Conocimiento Tradicional	Integración del conocimiento local sobre el	Incluir la participación de las comunidades locales para

	uso y los beneficios de los recursos biológicos.	asegurar el respeto a sus saberes tradicionales.
Potencial para Innovación	Evaluación de la posibilidad de desarrollar nuevos productos innovadores a partir del recurso.	Los recursos deben ofrecer oportunidades para la creación de productos novedosos en sectores como la biotecnología o la agroindustria.

TABLA 13, CRITERIOS PARA DEFINICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD OBJETIVO. FUENTE: CREACIÓN PROPIA, CON BASE A LOS

RESULTADOS OBTENIDOS

- **Formación del equipo de trabajo:** El equipo debe ser multidisciplinario e incluir los siguientes roles clave. como un modelo propuesto recomendado para garantizar un enfoque integral del proyecto se tiene la siguiente tabla:

Rol	Descripción	Función Principal
Investigador Principal (Líder del Proyecto)	Supervisión general del proyecto, responsable de la planificación estratégica y ejecución.	Coordinar todas las fases del proyecto y asegurar que se cumplan los objetivos de sostenibilidad, comercialización e innovación.
Biólogo o Ecológico	Encargado de estudiar los recursos biológicos y sus características.	Realizar el análisis y caracterización de los recursos biológicos, evaluando su potencial bioactivo y ecológico.
Químico o Bioquímico	Encargado de realizar los análisis bioquímicos de las muestras recolectadas.	Evaluar las propiedades bioactivas de los recursos biológicos, identificando compuestos útiles para la biotecnología y farmacología.

Ingeniero Agrónomo o Agroindustrial	Experto en procesos agrícolas o industriales, responsable de la transformación de los recursos biológicos en productos.	Desarrollar procesos de producción sostenible y escalable para los productos derivados de los recursos biológicos.
Economista o Analista Financiero	Encargado de evaluar la viabilidad económica del proyecto, analizando costos, ingresos y rentabilidad.	Realizar un análisis de costos y beneficios, evaluando la viabilidad comercial de los productos y su impacto en el mercado.
Especialista en Sostenibilidad Ambiental	Responsable de monitorear los impactos ambientales del proyecto y proponer medidas para minimizar la huella ecológica.	Evaluar los impactos ambientales de cada fase del proyecto y proponer medidas para minimizar la huella ecológica.
Gestor Social o Comunidades Locales	Encargado de gestionar la participación de las comunidades locales y asegurar acuerdos de Acceso y Beneficio Compartido	Facilitar la participación comunitaria y establecer acuerdos de beneficio compartido.
Especialista en Propiedad Intelectual (PI)	Encargado de gestionar la protección de los productos derivados de la bioprospección.	Gestionar las patentes, derechos de propiedad intelectual y acuerdos legales relacionados con los productos desarrollados.

TABLA 14. FORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO. FUENTE; CREACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS RESULTADOS

- **Establecimiento de metas claras:** Se definen metas específicas para cada recurso biológico, enfocándose en la aplicación comercial y los beneficios ambientales. Este paso proporciona una dirección definida, asegurando que los esfuerzos del equipo estén enfocados y alineados con los objetivos de sostenibilidad, innovación y comercialización

Fase 1: Investigación

Recolección de recursos biológicos

En esta etapa, el equipo debe asegurarse de que la recolección no afecte negativamente los ecosistemas ni las poblaciones locales de las especies seleccionadas y debe ser gestionada con un enfoque riguroso para preservar la biodiversidad mientras se obtienen muestras representativas de los recursos biológicos.

- **Métodos de recolección estandarizados:** Se deben emplear técnicas de muestreo estandarizadas que minimicen el impacto sobre el ecosistema. Las metodologías de recolección deben cumplir con las normativas ambientales locales e internacionales. Además, es importante documentar detalladamente cada muestra recolectada para facilitar su seguimiento durante las fases posteriores de investigación y desarrollo.
- **Colaboración con comunidades locales:** Las comunidades locales son actores esenciales en la recolección de recursos biológicos. Su conocimiento tradicional y su cercanía con los ecosistemas favorecen la sostenibilidad del proceso.

Es importante que se respeten sus derechos y se fomenten acuerdos claros de Acceso y Beneficio Compartido, garantizando que reciban beneficios directos de la bioprospección.

- **Preservación de muestras:** El equipo debe utilizar métodos apropiados de conservación (como refrigeración o secado, dependiendo de la naturaleza del recurso) para garantizar que las propiedades biológicas de las muestras se mantengan intactas.

- **Consideraciones Adicionales en la Recolección**

Cumplimiento Normativo: todos los procedimientos de recolección deben estar alineados con las normas y regulaciones ambientales nacionales e internacionales.

Sostenibilidad en la Recolección: El equipo debe ser consciente de las implicaciones a largo plazo de la recolección de recursos biológicos. Se debe asegurar que las especies seleccionadas no sean sobreexplotadas y que las actividades de recolección no alteren el equilibrio ecológico de las zonas de muestreo.

Cuidado con los Ecosistemas Locales: La recolección debe llevarse a cabo de manera que no afecte las poblaciones de especies locales, especialmente aquellas que están en peligro de extinción o tienen un rol ecológico crítico.

Caracterización de los recursos biológicos

En este punto se evalúan las propiedades bioactivas de los recursos biológicos y se analiza su viabilidad económica.

- **Evaluación Bioquímica y Biológica:** Esta evaluación tiene como objetivo determinar las propiedades bioactivas de las muestras, identificar compuestos valiosos, y analizar el potencial biotecnológico de los recursos seleccionados. La fase debe abordar tanto el análisis químico de los compuestos presentes en las muestras, como el análisis biológico de sus efectos sobre organismos, sistemas biológicos o procesos industriales. A continuación, se detallan los criterios y aspectos que deben considerarse durante la evaluación bioquímica y biológica de los recursos biológicos.

Criterio	Descripción
Identificación de Compuestos Bioactivos	Determinar los compuestos bioactivos presentes en las muestras, como por ejemplo alcaloides, flavonoides, terpenos, entre otros.
Propiedades Antioxidantes	Evaluar el potencial de las muestras para neutralizar los radicales libres y prevenir el daño celular.
Propiedades Antimicrobianas	Analizar la capacidad de las muestras para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos.
Toxicidad	Evaluar la toxicidad de las muestras a organismos modelo
Propiedades Anticancerígenas	Analizar la actividad citotóxica o anti proliferativa de las muestras en líneas celulares cancerígenas.
Efectos Inmunomoduladores	Evaluar si las muestras tienen efectos sobre el sistema inmunológico, ya sea estimulando o inhibiendo la respuesta inmune.
Evaluación de la Biodisponibilidad	Determinar la cantidad de los compuestos bioactivos que el organismo puede absorber y utilizar.

Evaluación del Potencial Biotecnológico	Estudiar las aplicaciones biotecnológicas potenciales de los recursos, como la producción de biofertilizantes, bioplaguicidas, y productos farmacéuticos.
---	---

TABLA 15. CRITERIOS PARA CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS: FUENTE CREACIÓN PROPIA A PARTIR DE

RESULTADO DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

- Evaluación de Sostenibilidad Ambiental:** Esta fase tiene como objetivo medir los impactos ecológicos de las actividades de recolección, procesamiento y utilización de los recursos biológicos, asegurando que estos no alteren negativamente los ecosistemas ni agoten los recursos naturales. El enfoque se basa en un análisis integral que considere tanto el ciclo de vida del producto como el balance ecológico de los recursos involucrados.

Criterio	Descripción	Consideraciones
Evaluación de Ciclo de Vida (LCA)	El análisis de ciclo de vida mide los impactos ambientales del recurso desde su recolección hasta su disposición final.	La LCA debe considerar aspectos como la emisión de gases de efecto invernadero, el uso de recursos naturales, la generación de residuos y el consumo energético en cada fase del proceso.
Consumo de Recursos Naturales	Mide la cantidad de recursos naturales (agua, energía, suelo, biodiversidad) consumidos durante el proyecto.	Evaluar si el consumo de recursos es eficiente y si existen alternativas menos invasivas o más sostenibles.

Emisiones de CO ₂ y Gases de Efecto Invernadero	Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante el proceso de bioprospección.	Determinar el impacto climático de cada fase del proyecto, con el objetivo de mitigar las emisiones a través de medidas correctivas y tecnologías limpias.
Impactos sobre la Biodiversidad Local	Evaluar cómo la recolección de recursos biológicos afecta la biodiversidad local y las especies de la zona.	Asegurar que la bioprospección no contribuya al agotamiento o alteración de especies locales, especialmente aquellas en peligro de extinción.
Impacto en Ecosistemas Locales	Determina si las actividades de recolección alteran los ecosistemas circundantes (suelo, agua, vegetación).	Asegurar que el proceso de recolección sea reversible o que las actividades no causen daños permanentes al ecosistema, utilizando prácticas de manejo sostenible.

TABLA 16. CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD. FUENTE: CREACIÓN PROPIA A PARTIR DE RESULTADOS

DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

- **Análisis Económico:** Se evalúa la viabilidad comercial de los productos derivados de los recursos biológicos, considerando los costos de producción, el mercado objetivo y el retorno de inversión.

Criterio	Descripción	Consideraciones
Demanda de Mercado	Análisis del potencial de mercado para los productos derivados de la bioprospección.	Estudiar la demanda en mercados nacionales e internacionales para identificar segmentos de clientes y sus necesidades.
Costo de Producción	Evaluación de los costos asociados a la producción de los productos derivados de los recursos biológicos.	Analizar los costos de recolección, procesamiento, transformación y distribución, y compararlos con el precio de venta potencial.
Escalabilidad	Capacidad de escalar la producción de los productos sin perder calidad ni sostenibilidad.	Evaluar la posibilidad de aumentar la producción sin que los costos y los impactos ambientales aumenten de manera proporcional.
Rentabilidad	Estimación del retorno de inversión (ROI) basado en los costos de producción, comercialización y los ingresos esperados.	Realizar un análisis financiero que incluya márgenes de beneficio, plazos de recuperación de inversión y retorno a largo plazo.

Regulación y Cumplimiento Normativo	Cumplimiento de las regulaciones locales e internacionales en términos de calidad y seguridad del producto.	Asegurar que los productos cumplan con las normativas de salud, seguridad, medio ambiente y etiquetado, entre otras.
Disponibilidad de Materias Primas	Evaluación de la disponibilidad y sostenibilidad de los recursos biológicos necesarios para la producción.	Asegurar que los recursos biológicos sean fácilmente accesibles y sostenibles a largo plazo para evitar la escasez.
Innovación y Diferenciación	Evaluación de la innovación del producto en comparación con los productos existentes en el mercado.	Considerar si el producto tiene características únicas que lo diferencien de la competencia, como propiedades bioactivas exclusivas.
Atractivo para Inversionistas	Potencial de captar inversiones para financiar el proyecto a gran escala.	Evaluar la capacidad de atraer inversores interesados en proyectos sostenibles y de alto impacto.
Estrategia de Comercialización	Definición de un plan estratégico para llevar el producto al mercado de manera efectiva.	Desarrollar estrategias de marketing, distribución y ventas para garantizar el éxito comercial del producto.

TABLA 17. CRITERIOS PARA ANÁLISIS ECONÓMICO.

Fase 2: Desarrollo de Productos y Procesos

En esta fase se concentra el esfuerzo en transformar los recursos biológicos recolectados en productos innovadores, aplicando principios de sostenibilidad en cada etapa del proceso. El objetivo es garantizar que los productos derivados no solo sean efectivos y comercializables, sino también que su producción sea respetuosa con el medio ambiente y socialmente responsable.

- **Desarrollo de prototipos:** En esta etapa se lleva a cabo la creación de prototipos de productos derivados de los recursos biológicos seleccionados, lo cual puede incluir por ejemplo bioplaguicidas, biofertilizantes, cosméticos naturales, entre otros. Cada prototipo se debe diseñar para garantizar que aproveche las propiedades bioactivas de los recursos mientras se mantiene alineado con los principios de sostenibilidad, innovando en áreas clave de la biotecnología y la agroindustria.
- **Pruebas piloto:** Los prototipos desarrollados deberán ser sometidos a pruebas piloto tanto en laboratorio como a pequeña escala, con el fin de validar su eficacia, seguridad y funcionalidad en condiciones controladas. Este proceso incluye la evaluación de los productos en términos de su rendimiento y cumplimiento de estándares (tales como seguridad para la salud, efectividad y calidad) antes de su comercialización. Las pruebas piloto permiten hacer ajustes en los prototipos para garantizar que los productos sean seguros y eficaces para su uso masivo.
- **Optimización de procesos:** Una vez validados los prototipos, se inicia el proceso de optimización para garantizar que los productos puedan ser producidos a gran escala de manera eficiente. En esta etapa, se establecen procesos de producción

sostenibles, maximizando la eficiencia operativa y minimizando los impactos ambientales. Esto incluye la optimización del uso de materias primas, energía y agua, así como la implementación de técnicas de producción limpia que reduzcan los residuos y las emisiones de gases contaminantes. Además, se busca asegurar que la producción sea escalable, permitiendo la expansión sin comprometer la sostenibilidad ni la calidad del producto final.

Fase 3: Validación

La fase de validación tiene como objetivo asegurar que el proyecto de bioprospección cumpla con los requisitos sociales, ambientales y normativos. Es necesario verificar que la comunidad local participe de manera activa en el proceso, que haya aceptación social por parte de la sociedad en general y que el proyecto esté alineado con las normativas legales correspondientes.

Validación comunitaria y participación local

En esta fase, se busca confirmar que las comunidades locales estén involucradas en el proyecto y que se respete su derecho sobre los recursos biológicos. Es esencial que los beneficios derivados de la bioprospección se distribuyan de manera justa y que las comunidades se beneficien directamente.

- **Acceso y beneficio compartido** Se debe verificar que los acuerdos de acceso y beneficio compartido sean claros, asegurando que las comunidades locales reciban una proporción de los beneficios derivados del uso de los recursos biológicos que proporcionan.

- Participación en la toma de decisiones: Se recomienda que las comunidades locales no solo sean consultadas, sino que tengan un rol activo en las decisiones que afectan la recolección y el uso de los recursos. Esto implica que sus intereses sean respetados durante todo el proceso.
- Fortalecimiento de capacidades locales: Además, se debe validar que el proyecto haya contribuido al desarrollo de la comunidad a través de capacitación o empleo. Las comunidades deben mejorar su capacidad para gestionar los recursos biológicos y participar en futuros proyectos de bioprospección.

Aceptación Social

Un proyecto que no sea bien recibido por la sociedad puede enfrentar dificultades, incluso si es viable desde el punto de vista científico y comercial. La aceptación social se logra a través de transparencia, justicia social y beneficios tangibles para las comunidades.

- Comunicación y transparencia: El proyecto de bioprospección debe mantener una comunicación continua y clara con todos los involucrados, incluidos los actores sociales y las comunidades locales. Esto asegura que las decisiones sean tomadas de forma abierta y que las expectativas sean gestionadas adecuadamente.
- Beneficios sociales y ambientales: El proyecto debe generar resultados que sean económicamente rentables, y que también traigan beneficios sociales y ambientales. Las comunidades deben sentir que el proyecto mejora su calidad de vida.

- **Percepción pública:** Es importante medir cómo el proyecto es percibido por la sociedad en general, lo cual se puede lograr mediante la implementación de encuestas de percepción o consultas comunitarias, para entender el nivel de aceptación y para identificar posibles áreas de mejora.

Fase 4: de Comercialización y Escalamiento

En esta fase, se busca llevar los productos desarrollados al mercado y asegurar que su producción sea escalable y sostenible.

- **Estrategias de comercialización:** Se debe definir estrategias de marketing que destaquen los beneficios ambientales y sociales de los productos. También se debe gestionar las certificaciones de sostenibilidad necesarias, como las certificaciones orgánicas o de comercio justo, que validan el compromiso con prácticas responsables y éticas.
- **Escalamiento de la producción:** Una vez que el producto ha sido validado, se implementa un plan para su producción a gran escala. El objetivo es asegurar que el proceso siga siendo sostenible y rentable, sin perder calidad ni aumentar los impactos negativos en el medio ambiente.
- **Monitoreo de impacto y sostenibilidad:** Este seguimiento asegura que el proceso de comercialización y producción sea rentable, y que los resultados sean sostenibles a largo plazo, tanto para las comunidades locales como para el medio ambiente.

Fase 5 Monitoreo y Seguimiento

Esta fase se dedica a evaluar los resultados obtenidos durante el proceso de bioprospección y realizar los ajustes necesarios para garantizar que la metodología siga siendo efectiva y sostenible a lo largo del tiempo.

Evaluación de Resultados:

En esta etapa, se realiza un análisis de los resultados obtenidos en términos de sostenibilidad, innovación y viabilidad económica. Se compara lo que se había planeado al inicio con lo alcanzado, identificando áreas de mejora. Si es necesario, se ajustan los procesos y objetivos para alinearlos con los criterios de éxito previamente establecidos.

Mejora Continua:

Con base en la retroalimentación de los actores clave del proyecto (investigadores, comunidades locales, empresas), se incorporan ajustes al diseño metodológico. Esto asegura que el proceso de bioprospección se mantenga eficiente, eficaz y alineado con los principios de sostenibilidad. La mejora continua permite optimizar los recursos y métodos para maximizar los resultados a largo plazo.

Actividad	Responsable(s)	Indicadores de Éxito
Evaluación de Resultados	Equipo de investigación y analistas	Comparación entre metas y resultados obtenidos; ajustes realizados.
Análisis de Sostenibilidad	Especialistas en sostenibilidad	Cumplimiento de los objetivos ambientales y sociales;

		reducción de impactos negativos.
Retroalimentación de Actores Clave	Investigadores, comunidades, empresas	Incorporación efectiva de la retroalimentación; satisfacción de los actores clave.
Ajustes en el Diseño Metodológico	Líder del proyecto, equipo multidisciplinario	Implementación de mejoras para optimizar procesos y resultados.

TABLA 18. ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO. FUENTE: CREACIÓN PROPIA BASADA EN RESULTADOS DE

ENCUESTAS Y ENTREVISTAS

Diagrama de Flujo del Diseño Metodológico

El diagrama a continuación ilustra visualmente las fases del proceso de bioprospección sostenible:

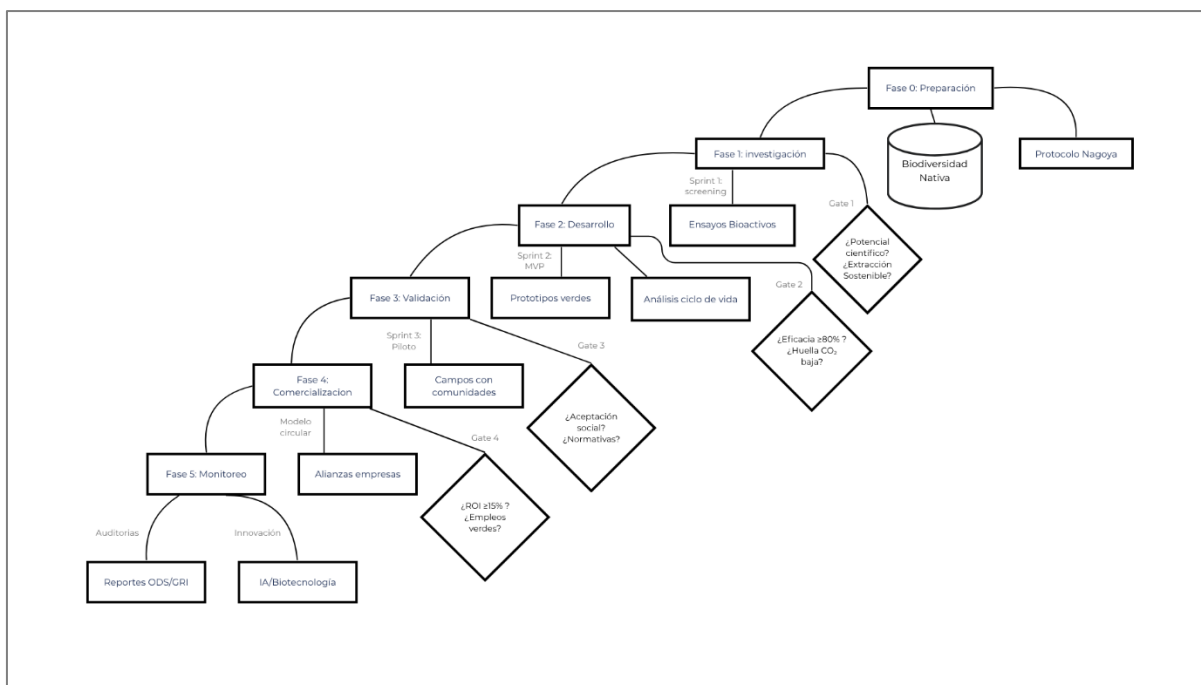


ILUSTRACIÓN 19. DIAGRAMA DE FLUJO DISEÑO METODOLÓGICO PARA LA BIOPROSPECCIÓN. FUENTE: CREACIÓN PROPIA

La tabla a continuación presenta a manera de resumen las actividades incluidas en cada una de las fases de la metodología.

Fase	Actividad	Responsables	Indicadores de Éxito
Fase 0: Preparación	Definir biodiversidad objetivo y metas del proyecto	Equipo multidisciplinario	Diversidad de recursos seleccionados, objetivos claros
Fase 1: Investigación	Evaluar propiedades bioactivas y potencial comercial	Biólogos, químicos, economistas	Identificación de propiedades útiles, viabilidad económica
Fase 2: Desarrollo	Crear prototipos y realizar pruebas piloto	Ingenieros, biólogos, empresas de prototipos	Eficacia de los prototipos, resultados de pruebas
Fase 3: Validación	Validar aceptación comunitaria, social y normativa	Investigadores, gestores sociales, comunidades locales	Aceptación comunitaria, cumplimiento de normativas, participación activa de las comunidades

Fase 4: Comercialización	Desarrollar estrategias de marketing y escalar producción	Equipos de marketing y producción	Certificaciones obtenidas, ventas, distribución
Fase 5: Monitoreo	Evaluar los resultados y ajustar el proceso	Investigadores, empresas, comunidades	Impacto social y ambiental, eficiencia del proceso

TABLA 19. RESUMEN DE FASES DISEÑO METODOLÓGICO PARA BIOPROSPECCIÓN EN COLOMBIA.
FUENTE: CREACIÓN PROPIA CON BASE EN ENTREVISTAS Y ENCUESTAS.

Asimismo, en el anexo II se presenta una lista de verificación que se sugiere como herramienta práctica para los equipos de investigación en bioprospección. Esta lista tiene como objetivo facilitar el seguimiento y cumplimiento de las actividades clave en cada fase del proyecto, asegurando que el proceso de bioprospección se lleve a cabo de manera eficiente, sostenible y alineada con los objetivos comerciales y ambientales establecidos.

Criterios De Éxito Para La Aplicación De La Metodología Estándar De Bioprospección

Se presenta a continuación, el desarrollo del tercer objetivo “Establecer los criterios de éxito para la aplicación de la metodología estándar de bioprospección, definiendo indicadores clave que garanticen viabilidad y aplicabilidad en mercados estratégicos para la industria colombiana”.

Criterio	Descripción	Indicadores Clave	Método para Evaluación
Viabilidad Comercial y Económica	Evaluación de la capacidad del proyecto para generar productos comercializables y rentables.	Demanda del mercado- Costos de producción vs. precio de venta, rentabilidad a largo plazo.	Investigación de mercado, análisis financiero y estimaciones de retorno de inversión (ROI).
Impacto Ambiental Positivo	Asegurar que el proceso de bioprospección no cause daños a los ecosistemas ni agote los recursos naturales.	Reducción de la huella ecológica, cumplimiento normativo ambiental.	Evaluación de ciclo de vida (LCA), análisis de impacto ambiental, monitoreo de ecosistemas.
Innovación y Valor Añadido	Capacidad de generar productos innovadores y con valor agregado, diferenciándose de la competencia.	Innovación tecnológica, Desarrollo de nuevos productos- Oportunidades en biotecnología.	Revisión de propiedades bioactivas y nuevos productos generados,

			análisis competitivo.
Sostenibilidad Social y Participación Comunitaria	Evaluación de los beneficios sociales para las comunidades locales involucradas en la bioprospección.	Generación de empleo local, participación activa de las comunidades, Estrategias de reparto de beneficios	Consultas con comunidades, análisis de participación en decisiones y distribución de beneficios.
Replicabilidad y Escalabilidad	Capacidad de replicar y escalar el proyecto sin perder calidad ni sostenibilidad.	Replicabilidad en diferentes regiones, Escalabilidad del proceso de producción.	Evaluación de procesos de producción y análisis de viabilidad para expansión.
Colaboración entre Actores	Capacidad de integrar a los diferentes actores del proyecto (ciencia, empresa, comunidad) para lograr los objetivos.	Colaboración interinstitucional, Sinergia en el desarrollo de proyectos.	Análisis de las alianzas estratégicas y la participación de los actores clave.

Cumplimiento Normativo y Legal	Asegurar que el proyecto cumpla con todas las normativas legales nacionales e internacionales.	Cumplimiento de leyes ambientales- Certificaciones de sostenibilidad (orgánica, comercio justo).	Revisión normativa, certificaciones ambientales y cumplimiento con las leyes locales.
--------------------------------	--	--	---

Propuesta de la Metodología a una Empresa del Sector Agroindustrial

Para cumplir con el cuarto objetivo específico del proyecto, se propuso implementar la metodología diseñada en una empresa del sector agroindustrial colombiana, la cual se encarga de la producción de productos derivados del cacao, con el fin de evaluar su aplicabilidad. Esta propuesta se presentó mediante la plataforma Teams, al grupo de expertos en metodologías ágiles y predictivas de la compañía.

Conclusiones

- La propuesta metodológica desarrollada para definir una ruta sostenible en la generación de productos mediante la bioprospección representa un avance significativo para el aprovechamiento responsable de la biodiversidad colombiana, integrando criterios científicos, económicos y ambientales en un marco unificado y replicable
- La aplicación de esta metodología en una empresa agroindustrial permitirá validar su utilidad práctica, ajustar sus fases críticas y demostrar cómo la

bioprospección puede convertirse en una herramienta clave para la innovación sostenible en Colombia. Los resultados de esta implementación servirán como caso de estudio para futuras adaptaciones en otros sectores, contribuyendo al posicionamiento del país como líder en el aprovechamiento responsable de su biodiversidad.

- Se reconoce que la implementación efectiva de la ruta propuesta requiere de un proceso continuo de ajuste y validación, considerando la dinámica de los mercados, la evolución de la regulación y las particularidades de cada territorio y sector productivo.
- Es fundamental continuar con investigaciones futuras que permitan evaluar los avances, impactos y retos de la metodología planteada, así como su adaptabilidad en diferentes contextos y escalas. Estas investigaciones deberán enfocarse en el seguimiento de indicadores de éxito, la integración de nuevas tecnologías y la participación de todos los actores involucrados
- La falta de un marco metodológico estandarizado para la bioprospección en Colombia limita la capacidad de aprovechar de manera eficiente y sostenible sus recursos biológicos, impidiendo maximizar su potencial económico y ambiental. La metodología propuesta busca llenar este vacío, ofreciendo una guía estructurada y accesible para investigadores, empresas y comunidades locales.
- La investigación resalta la importancia de integrar los avances científicos con las necesidades del sector empresarial, lo cual ha sido un desafío identificado por los expertos en las encuestas. La desconexión entre estos dos sectores limita la

creación de productos derivados de la biodiversidad que puedan ser comercializados y escalados eficientemente.

- Solo a través de la investigación continua y la retroalimentación sistemática será posible consolidar una ruta metodológica sostenible en bioprospección que contribuya al desarrollo sostenible, la innovación y la equidad en el uso de los recursos biológicos en Colombia
- Los resultados obtenidos subrayan la relevancia de la participación comunitaria en la bioprospección, donde la colaboración activa de las comunidades locales no solo facilita la recolección de recursos, sino que también asegura que los beneficios se distribuyan de manera justa. La aceptación social, confirmada por los encuestados, es un factor determinante para el éxito de los proyectos de bioprospección sostenible.
- La implementación de una metodología estandarizada y alineada con las mejores prácticas científicas, sostenibles y comerciales, como se propone en este estudio, es un aspecto calve para posicionar a Colombia como un líder en bioprospección responsable. Este modelo también puede llegar a ser replicado en otras regiones con alta biodiversidad, generando un impacto positivo tanto en la economía como en la conservación de los ecosistemas.

Referencias

Anderson, A. M., & Jurgens-Kowal, T. (Eds.). (2020). Product development and management body of knowledge: A guidebook for training and certification (2nd ed.). The Product Development and Management Association.

Awasthi, A. K., & Li, J. (2019). *Sustainable bioprospecting of electronic waste*. *Trends in Biotechnology*, 37(7), 677–680

Arévalo, H., Zuluaga, M. V., Betancur, C., Fargetton, X., & Cotes, A. M. ANÁLISIS DE PROCESOS DE BIOPROSPECCIÓN EN COLOMBIA.

CORPOICA. (2012). BIOPROSPECCIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR AGROPECUARIO DE COLOMBIA. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/287215006_BIOPROSPECCION_PARA_EL_DE_SARROLLO_DEL_SECTOR_AGROPECUARIO_DE_COLOMBIA

Carranza Hernández, X. La bioprospección de microorganismos en Colombia como uso sostenible de la biodiversidad.

Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26, 45-54.

CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA NACIONES UNIDAS 1992. (n.d.). <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Congreso de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. Se aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). pp. 1-42. Recuperado de:

<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1994-ley1651994.pdf>

Comunidad Andina. (1996). Decisión Andina 391. Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos. Caracas, Venezuela. pp. 1-19. Recuperado de:

http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=223520

Castrillón, M. A., & Mares, A. I. (2014). Revisión sobre la sostenibilidad empresarial. *Revista de estudios avanzados de liderazgo*, 1(3), 52-77.

Cooper, R. G. (2019). The drivers of success in new-product development. *Industrial Marketing Management*, 76, 36–47.

<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.07.005>

Cotes, A. A. (2018). *Bioprospección para el desarrollo del sector agropecuario de Colombia*. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/337772187_BIOPROSPECCION_PARA_EL_DESARROLLO_DEL_SECTOR_AGROPECUARIO_DE_COLOMBIA_PROYECTOS_TECNICOS_PARA_IMPLEMENTACION_DE_LA_PRIMERA_FASE_DEL_MEGAPROGRAMA_DE_BIOPROSPECCION

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL (2011). Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia. Conpes de Biotecnología 3697.

Cubides Guerra, C. P. La bioprospección como alternativa para la disminución de la contaminación ambiental producida por agroquímicos: aproximación del estado actual en Colombia.

Beattie, A., Hay, M., Magnusson, B., Nys, R., Smeathers, J., & Vincent, J. (2011, Mayo 01). Ecology and bioprospecting. *Austral ecology*, 36(3), 341-356.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1442-9993.2010.02170.x>

Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida*. Presidencia de la República de Colombia.

Desmarchelier, C. (2024). *Repensar la bioprospección en América Latina: propuestas para descubrir el valor de la biodiversidad*. Inter-American Development Bank

De Colombia, G. (2020). Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa: Hacia una sociedad impulsada por el conocimiento. *Bogotá DC, Colombia*.

Duarte Torres, O. (2011). *La bioprospección en Colombia*. EXPEDITIO, 7. Retrieved from <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/732/740>.

Duarte Torres, O. & V. (2009). *Capacidades científicas y tecnológicas de Colombia para 72 | adelantar prácticas de bioprospección*. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología Y Sociedad*, 4. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132009000100004&script=sci_arttext&tlng=en

García, C., & Rodríguez, M. (2018). *Bioprospección y biotecnología: Aplicaciones en la industria farmacéutica y agroindustrial*. *Journal of Biotechnology and Applied Biology*, 45(2), 123-135.

Lozada, J. (2025). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de La Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47–50.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163749.pdf>

Melgarejo, L. (2013). Bioprospecting as a possible development mechanism for Colombia. 18, 19–30.
<https://www.semanticscholar.org/paper/b1ca138a2771b68f69db06d11382d401e3513168>

Melgarejo, L. M., Sánchez, J., Reyes, C., Newmark, F., & Santos, M. (2002). Plan nacional en bioprospección continental y marina (propuesta técnica). Universidad Nacional de Colombia, Invemar. p. 6.

Melgarejo, L. M., Pérez-Martínez, L. V., Rodríguez-Figueroa, M. I., Romero-Torres, L. L., & Beltrán-Barrera, Y. J. (2012). *Análisis comparativo de las experiencias internacionales en bioprospección con las determinantes CESA (Científicas, Económicas y Socioambientales)* en Colombia. Universidad Nacional de Colombia

Melgarejo, L. M. (2013). *Bioprospecting as a possible development mechanism for Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://www.researchgate.net>

Moreno Moreno, A. V., & Ramírez, M. E. (2019). *Uso de metodologías en la gestión de proyectos en la industria colombiana*.

Ocampo, J., & Martínez, F. (2017). *Desarrollo sostenible y bioprospección en Colombia*. *Revista Colombiana de Biología*, 48(3), 30-45.

Pinzón R. (2007) Algunas consideraciones sobre bioprospección. Departamento Nacional de Planeación -2007.

Ruiz, P., & Pérez, L. (2019). *Impactos de la bioprospección en la biodiversidad y su sostenibilidad en Colombia*. *Environmental Science and Technology*, 53(4), 275-285.

Trigo, E. J., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel, C., ... & Rocha, P. (2013). Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean. *Bioeconomy Work Pap*, 15, 1-15.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación): *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, https://www.fao.org/biodiversity/CBD_es.asp
https://www.fao.org/biodiversity/CBD_es.asp

García, C., & Rodríguez, M. (2018). *Bioprospección y biotecnología: Aplicaciones en la industria farmacéutica y agroindustrial*. *Journal of Biotechnology and Applied Biology*, 45(2), 123-135.

Gibbin, R. V., Pinto, J. de S., Sigahi, T. F. A. C., Anholon, R., & Ordoñez, R. E. C. (2025). Decision-making algorithm proposal to assess project management adherence to the Sustainable Development Goals: A Paired Comparison and Grey

Systems-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 486(144598), 144598.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144598>

Granados Benítez, C. F. (2015). La Chanflanita en la bahía de Buenaventura. *Grafías, Disciplinarias de la UCPR*, 29, 13–20. Recuperado de <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/grafias/article/view/1286>

Ocampo, J., & Martínez, F. (2017). *Desarrollo sostenible y bioprospección en Colombia*. *Revista Colombiana de Biología*, 48(3), 30-45.

Jaimes, C. (2025). El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 38(1), 185–193. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502009000100013

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2009) “The bioeconomy to 2030 Designing a Policy agenda.” *Challenges for Agricultural Research*. [online]. [Referent Date: Agosto de 2012]. From: www.sourceoecd.org/generaleconomics/9789264038530.

Rocha, P. (2009). Propuesta para el Fortalecimiento de la Capacidad Nacional de Bioprospección con el uso de Herramientas Biotecnológicas, en áreas de interés para el desarrollo de Productos con Impacto Comercial. Departamento Nacional de Planeación-2009.

Shokouhi, M., & Senisel Bachari, M. (2025). An overview of the aspects of sustainability in project management. *Progress in Engineering Science*, 2(1), 100048. <https://doi.org/10.1016/j.pes.2024.100048>

Díaz, J. M., & Acero, P. (2003). *Marine biodiversity in Colombia: Achievements, status of knowledge and challenges*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/302950311_Marine_biodiversity_in_Colombia_Achievements_status_of_knowledge_and_challenges

Henry, G., Hodson, E., Aramendis, R., Trigo, E., & Rankin, S. (n.d.). *La bioeconomía: motor de desarrollo integral para Colombia SENDEROS PRODUCTIVOS DE LA BIOECONOMÍA*. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/021c1e1f-95e2-4067-87e5-9e055752a4bb/content>

Hart, S., y Milstein, M. (2003, May). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive* 17(2). 56-67. Recuperado de <http://amp.aom.org/content/17/2/56.full.pdf+html>

Secretaría de la Convención sobre la Diversidad Biológica. (2010). *Guía para la implementación del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación en los beneficios derivados de su utilización*. Recuperado de <https://www.cbd.int/abs/>

Toljaga-Nikolić, D., Todorović, M., Dobrota, M., Obradović, T., & Obradović, V. (2020). Project management and sustainability: Playing trick or treat with the planet. *Sustainability*, 12(20), 8619. <https://doi.org/10.3390/su12208619>

Mebratu, D., "Sustainability and sustainable development," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 18, no. 6, pp. 493–520, 1998

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Política de Bioeconomía de Colombia*. Recuperado de <https://www.minciencias.gov.co>

Gómez, P., & Rodríguez, R. (2021). *Participación comunitaria y bioprospección en la Amazonía colombiana*. *Revista de Biotecnología y Sociedad*, 33(3), 56-68. Recuperado de <https://www.researchgate.net>

Gil, A. M., y Barcellos P. (2011). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial en el siglo XXI. *Revista Galega de Economía*, 20(2). España: Universidad de Barcelona.

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en ingeniería*, (15).

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>

WCED, "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman's Foreword," Oxford; New York: Oxford University Press, 1987, Brundtland, 1987.

Samaniego, G. (2022, agosto 28). *Enfoque, tipo, diseño y método de investigación [Aclarando conceptos]*. Miasesor detesis.com. Recuperado de <https://miasesor detesis.com/enfoque-tipo-diseno-metodo-de-investigacion/#:~:text=Enfoque%20mixto>

Omawa. (2025, mayo 12). *Informe de Brundtland: desarrollo sostenible*. <https://omawa.es/informe-de-brundtland-desarrollo-sostenible/#:~:text=El%20Informe%20Brundtland%20acu%C3%B1%C3%B3%20el,justo%20y%20pr%C3%B3spero%20para%20todos>

Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>

Duarte, O., & Velho, L. (2010). La bioprospección como un mecanismo de cooperación internacional para fortalecimiento de capacidades en ciencia y tecnología en Colombia. *Ciência da Informação*, 38(3), 96–110. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277791653_La_bioprospeccion_como_un_mecanismo_de_cooperacion_internacional_para_fortalecimiento_de_capacidades_en_ciencia_y_tecnologia_en_Colombia#:~:text=,productos%2C%20dado%20que%20los%20mercados.

Justicia Ambiental Colombia. (2012, abril 12). *Bioprospección en Colombia*. Recuperado de <https://justiciaambientalcolombia.org/bioprospeccion-en-colombia/>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

[CONABIO]. (2022, julio 31). ¿Qué es la biodiversidad? . Recuperado de

https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es

Melgarejo, L. M., Sánchez, J., Reyes, C., Newmark, F., & Santos-Acevedo, M. (2002). *Plan Nacional en Bioprospección Continental y Marina (propuesta técnica)*.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) y Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de

<https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/3013Plan.pdf>

Cubides Guerra, C. P. (2021). *La bioprospección como alternativa para la disminución de la contaminación ambiental producida por agroquímicos: Aproximación del estado actual en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44442/cpcubidesg.pdf>

QuestionPro. (2016). ¿Qué es el muestreo por conveniencia? Recuperado de

<https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>

Martínez-Salgado, C. (2009). El muestreo en investigación cualitativa: principios básicos y algunas controversias. *Ciencia & Salud Colectiva*, 4(2), 161–180.

Recuperado de <https://www.scielo.br/j/csc/a/VgFnXGmqhGHNMBsv4h76tyg/?lang=es>

Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley Publishing Company. Recuperado de https://www.foresight.pl/assets/downloads/publications/Turoff_Linstone.pdf

YouTube. (2023). *Título del video* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=k69t-ancS1Q>

Anexos

- I. [Instrumento de validación de artículos científicos](#)
- II. [Check List Metodología Propuesta](#)
- III. [Ruta metodológica](#)
- IV. [Resultados encuesta estructurada.](#)