

## I1.1.2. DOCUMENTO CON EL DISEÑO Y LA ADAPTACIÓN DE LOS PAQUETES TECNOLÓGICOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA, A LOS RETOS DE LOS SUBSECTORES PRIORIZADOS.

**Elaborado por:**

German Corzo  
Claudia Medina  
Nicolás Corral-Gómez  
Gustavo Aristizabal  
Paola Isaacs  
Ronald Ayazo  
Carolina Alcazar  
Natalia Norden  
Mario Murcia  
Manuela Montoya  
Ana Belen Hurtado  
Sindy Martinez  
Klaudia Cardenas  
Mauricio Aguilar

**Revisado por:**

Wilsón Ramirez

Este documento es una revisión y reflexión del tema de Paquetes Tecnológicos, desde la mirada del quehacer del Instituto y sus objetivos con la Misión 2, con un ejercicio de evaluación y aproximación práctica desde el curso de la investigación con escarabajos coprófagos y su relación con el sistema productivo ganadero, así como la restauración en su desarrollo como paquete tecnológico.

Palabras clave:

Paquetes tecnológicos, Priorización de subsectores productivos, buenas prácticas productivas.

## INTRODUCCIÓN

En el marco del desarrollo del Plan Institucional Cuatrienal de Investigación Ambiental - PICIA 2019-2022, y en articulación con el objetivo estratégico de sostenibilidad, se establece la línea de “Impulsar las transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad y la resiliencia climática de las múltiples territorialidades del país en articulación con diferentes actores (entes reguladores, agentes transformadores, sociedad civil organizada)” (cita picia). Con la actualización del PICIA a la vigencia 2023-2026, el Instituto se propone la alineación de dichos objetivos estratégicos al desarrollo de los mismos desde el enfoque de investigación y gestión por misiones. Son seis las misiones propuestas, tres de ellas misiones con un alcance territorial y tres misiones habilitantes.

Particularmente, la misión 2 - Paisajes Productivos Biodiversos establece como objetivo “promover que los actores de los subsectores agropecuario, minero energético e infraestructura incorporen en su modelo de negocio y ciclo de vida, la gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en cinco millones de hectáreas”, para lo cual se fijaron 4 grandes hitos que buscan concretar acuerdos con los distintos sectores priorizados para la incorporación de la biodiversidad en sus modelos de negocios, oferta de portafolios de SbN así como implementación de pilotos para la gestión de la biodiversidad en paisajes productivos permitiendo establecer además la efectividad de las mismas.



Figura 1. Marco estratégico institucional. Tomado de Villa et al. 2023

En el marco del desarrollo del Plan Operativo Anual - POA para la vigencia de 2023, se comprometieron diversos productos que apuntan directa o tangencialmente al desarrollo de la misión. Entre estos se pueden identificar productos relacionados con la identificación de impactos y oportunidades desde los sectores productivos para la gestión de la biodiversidad, identificación de retos de los sectores productivos, etc. Específicamente, se evidencia reiteradamente la necesidad de priorizar los subsectores a los que la misión pretende apuntar (tabla 1). En ese sentido, se desarrolla este documento de avance, en el que más que la sola identificación de subsectores dentro de los sectores priorizados por las misiones (minero energético, agropecuario y de infraestructura), se desarrollan y evalúan una serie de criterios, que permitan su priorización a la luz de los compromisos internacionales, los marcos normativos y de política, su impacto en extensión e intensidad, así como del nivel de involucramiento del Instituto en procesos previos, actuales o futuros.

Tabla 1. Relación entre hitos y actividades de la Misión 2 Paisajes productivos biodiversos, y productos y actividades Plan operativo anual 2023.

Hitos Misión 2	Actividades MISIÓN	Producto/Entregables POA 2023	Actividad POA 2023
H1. Acuerdos para la gestión integral de la biodiversidad concertados con los subsectores seleccionados, a diferentes niveles de toma de decisión, en paisajes productivos diversos priorizados.	A1. Identificar fortalezas e impactos en la biodiversidad de los subsectores agropecuario, minero - energético e infraestructura.	Análisis de impactos sobre biodiversidad y oportunidades de sostenibilidad a partir de la priorización de subsectores y paisajes productivos diversos	Identificar los impactos sobre biodiversidad a partir de los subsectores y paisajes productivos biodiversos
			Identificar las oportunidades de sostenibilidad a partir de los subsectores y paisajes productivos biodiversos
	A2. Priorizar, basado en diversidad de criterios, los subsectores y los paisajes productivos diversos.	Documento de priorización de subsectores agropecuario, minero-energético e infraestructura y paisajes productivos biodiversos a partir de la línea base obtenida de información secundaria	Desarrollo de metodología para la priorización de subsectores agropecuario, minero-energético e infraestructura y paisajes productivos biodiversos a partir de la línea base obtenida de información secundaria
			Probar la metodología en un área piloto
			Identificar los subsectores productivos a priorizar
			Caracterizar los retos de los subsectores en la planificación del territorio
			Priorizar los subsectores para el diseño de los paquetes tecnológicos
			Diseñar los paquetes tecnológicos de soluciones basadas en la naturaleza
A3. Generar acuerdos generales con los subsectores productivos y elaborar de manera conjunta planes de trabajo con metas medibles e		?	

	indicadores de seguimiento.		
--	-----------------------------	--	--

## Priorización de los subsectores para el diseño de los paquetes tecnológicos

La matriz de evaluación que se presenta en este documento no pretende ser definitiva, en la medida que ha sido desarrollada al interior del grupo de trabajo y requiere de una amplia discusión tanto al interior del centro de soluciones basadas en naturaleza, como con los demás centros de pensamiento, así como con las demás direcciones del Instituto, de manera que las misiones logren la interactividad necesaria, como asuntos de orden superior que vinculen al Instituto en su totalidad, pero también como instrumentos de incidencia en la interfaz Ciencia – Política, mediante la puesta en práctica de la visión institucional, como órgano asesor en materia técnica y científica de la autoridad ambiental a partir de ciencia transformativa.

En concordancia con esta acepción, y relacionado con las demás actividades y productos para dar cumplimiento a la Misión 2, podríamos colegir que una vez priorizados los subsectores, se formulen acuerdos para el desarrollo de soluciones basadas en naturaleza (Hito 1, Misión 2, tabla 1), posteriormente se formulen portafolios de soluciones y alternativas productivas, se generen líneas bases y se establezcan diseños de paisaje (Hito 2, Misión 2, tabla 1), para hacer tanto implementaciones como escalamiento de tales actividades, mejores prácticas o soluciones biobasadas, (Hito 3, Misión 2, tabla 1), de manera que su posterior evaluación de la efectividad de tales soluciones, permitan identificar, cuales de estas soluciones y alternativas, puedan constituir paquetes tecnológicos propiamente dichos, en la medida que generen suficiente seguridad en su aplicación, escalamiento y evaluación de la efectividad de la medida hacia la sostenibilidad (Hito 4, Misión 2).

Así las cosas, el diseño de paquetes tecnológicos, suponen la fase final de la misión, en la que a partir de acuerdos iniciales con subsectores priorizados, la implementación de portafolios de SbN y su escalamiento, podamos determinar su efectividad, para prolijar actividades de diseño y adaptación de paquetes tecnológicos. De manera que la intención de este documento busca en

primer lugar plantear una primera aproximación para la priorización de subsectores, y en segundo lugar, discutir desde lo conceptual, el alcance que como instituto quisiéramos definir asociada a la definición de lo que pudiésemos constituir como paquete tecnológico.

Se entiende no obstante lo anterior, que la misión, no es solo una perspectiva al futuro (a partir de cero), sino también una recopilación de experiencias previas institucionales y en tal sentido, el reporte de la actividad de final de año, aunque no constituya una relación exhaustiva de paquetes tecnológicos, desarrollados y adaptados, proporcionará avances de las líneas de investigación, sobre tales paquetes tecnológicos previamente iniciados y en diversos niveles de avance.

### **Propuesta metodológica:**

Luego del proceso de priorización de los sectores productivos, que están en capacidad de cubrir los requerimientos de la misión 2 de paisajes productivos biodiversos, para la priorización de la siguiente escala de trabajo, es decir los subsectores, se construyó y evaluó una matriz con diversos criterios como: nivel de relacionamiento, impacto sobre el territorio, requerimientos normativos o de mercado, relación con la transición energética e impacto político. Dicho análisis Multicriterio (Godet, 2009, Godet et al, 2011, Gomez et al, 2006), fueron calificados de 1 a 5, de acuerdo con el mayor o menor grado de aporte al cumplimiento de cada criterio.

Posteriormente, en el desarrollo de una siguiente matriz, se estableció la posible relación entre los subsectores y los desarrollos de paquetes tecnológicos, que en la medida que aún no se han surtido los procesos de acuerdos, formulación, implementación, escalamiento y evaluación de efectividad, nos permitan evaluar a partir de análisis retrospectivos, cuales de los posibles paquetes tecnológicos preliminares desarrollados por el Instituto, podrían ser objeto de diseño, adaptación y maduración.

Es así como se plantea, en el eje vertical una serie de aproximaciones a paquetes tecnológicos, en diferente estado de maduración, de acuerdo a comunicaciones del Instituto al Ministerio sobre la materia en 2021. Mientras en el eje horizontal, se plantean los subsectores que han sido objeto de relacionamiento en la actividad anterior, sin priorización, en la medida que esto es aún un producto



en construcción. La relación entre los ejes se califica de 1 a 3, considerando 1 como que el paquete tecnológico que no tiene ninguna correspondencia con el subsector, 3 como que tiene todo que ver y 2 como que algo tiene que ver (ver tabla 2).

**Tabla 2. Matriz Multicriterio para la priorización de subsectores**

Sector/SubSector	Criterios de conocimiento			Criterios de Impacto			Criterio de Licenciamiento/mercados cualificados			Criterio de Transición energética (TE)			Criterio de Impacto político			Vinculado al POA 2023	Total priorización
	Experiencia Previa	Conocimiento del proceso	Relacionamiento Previo	Extensión territorial	Alto impacto Ecológico	Alto Impacto socioeconómico	Objeto de Licencia Ambiental	Objeto de Licencia social	Cualificación del mercado	Vital para TE	Complementario para TE	Objeto de mecanismo de adaptación o mitigación (NCD)	Vital en el PND	Conflicto social ambiental	Vital en PICIA/PENIA		
Minería - Carbón	4	4	4	2	5	5	5	5	3	3	1	3	4	5	2	1	56
Minería - Cobre	2	2	2	2	5	4	5	5	3	5	5	2	4	5	2	1	54
Energía - Hidroeléctrica	4	4	4	3	5	5	5	5	2	5	5	3	3	5	3	1	62
Energía - Hidrocarburos	5	5	5	3	3	5	5	5	4	3	3	4	3	5	3	1	62
Energía - No Convencionales/ fotovoltaica	2	2	2	4	3	2	5	4	3	5	3	2	5	3	4	1	50



Energía - No Convencionales/ Eólica	2	2	2	3	2	3	5	5	3	5	5	2	5	3	4	1	52
Agro - Palma	4	4	3	4	3	4	2	4	5	4	5	3	4	5	4	5	63
Agro - Caña	2	1	1	3	3	3	2	2	3	3	4	3	2	2	2	5	41
Agro - Café	2	3	2	3	3	4	2	2	4	2	3	2	2	2	2	1	39
Agro - Cacao	2	2	3	1	1	2	1	1	4	2	5	2	3	1	1	1	32
Agro - Forestal	3	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	40
Agro - No Forestal	3	3	2	1	1	2	2	2	2	2	4	2	4	2	3	4	39
Pecuario - Bovino/Leche	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	3	4	3	3	2	2	49
Pecuario - Bovino/Carne	4	4	4	4	4	4	2	3	3	2	3	4	3	3	2	2	51
Pecuario - Porcino/Carne	2	2	2	2	5	4	2	2	3	2	4	2	2	2	2	1	39
Pecuario - Avícola	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	1	31
Deforestación	4	3	3	3	3	3	1	3	1	5	3	5	5	5	5	4	56

Tabla 3. Matriz de asignación de Paquetes Tecnológicos a sectores/subsectores

	Minería - Carbón	Minería - Cobre	Energía - Hidroeléctrica	Energía - Hidrocarburos	Energía - No Convencionales/ fotovoltaica	Energía - No Convencionales/ Eólica	Agro - Palma	Agro - Caña	Agro - Café	Agro - Cacao	Agro - Forestal	Agro - Forestal No Maderable	Pecuario - Bovino /Leche	Pecuario - Bovino /Carne	Pecuario - Porcino/Carne	Pecuario - Avícola	Total de valoración por Paquete Tecnológico
Viverismo comunitario	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Biomodelos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Biotablero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Datos acústicos direccionales y de forma pasiva	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
eBird	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Colección de referencia de escarabajos coprófagos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	1	21
Levantamiento de línea base de biodiversidad para grupos priorizados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	44

Toma de datos para estudios de impacto ambiental	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	38
Identificación y manipulación de individuos decomisados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	17
Manejo productos forestales no maderables	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	18
Identificación de áreas de importancia para la conservación de especies	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	44
sellos de sostenibilidad (agroecología modelación, coprofagos)	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Identificación de Requerimientos del Territorio	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	40
Listas de Chequeo de conformidad de la restauración en	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	34

compensaciones ambientales																	
Arboles de decisión para priorización de acciones de compensación y mecanismo de consulta	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
Indice de Desempeño Ambiental Territorial	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48
Valoración de la No Pérdida Neta de Biodiversidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	42
SEMCA - Sistema de evaluación, seguimiento y monitoreo de la efectividad de las Compensaciones Ambientales	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	34
Evaluación multitemporal de acciones de conservación en ecosistemas particulares	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26

Protocolos de propagación de especies forestales nativas para la restauración	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Restauración de ambientes urbanos mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Ruta para la identificación y fortalecimiento de estrategias generales de conservación privada y empresarial basada en área	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	33
Evaluación de la conectividad ecológica entre áreas protegidas y conservadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	17
Metodología de evaluación de oportunidades de	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	44

restauración (ROAM)																	
Hojas de Ruta: guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia	1	2	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	2	1	28
Transición bosque - páramo: bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3	3	1	1	25
Conflictos socioambientales: aportes para su caracterización y transformación en el marco de las transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	46
Ruta conceptual y metodológica para analizar la sostenibilidad en paisajes basados en la	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	42

multifuncionalidad , productividad y bienestar																	
Ruta metodologica de TEEB Agrifood para paisajes agropecuarios	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	41
TOTAL de valoración por subsector	66	68	69	66	67	67	66	65	67	67	66	74	66	66	50	48	

De las casi 30 iniciativas que podrían constituir paquetes tecnológicos que han venido siendo desarrollados en el Instituto Humboldt, calificados desde la perspectiva de su oportunidad de uso por parte de sectores y subsectores productivos, uno de ellos (El Índice de Desempeño Ambiental), presenta la más alta calificación, dando a entender que es una herramienta que puede ser usada por cualquiera de los sectores/subsectores, con la misma probabilidad en razón a que tiene la intención de evaluar el avance (o retroceso), hacia la sostenibilidad de los territorios, sean estos amplios o reducidos, de alta intensidad de uso o naturales, etc.

Posteriormente hay un grupo de 7 grupos de pre paquetes tecnológicos (ver tabla 3), cuyo uso es o puede ser ampliamente extendido en los sectores/subsectores evaluados, con ciertas restricciones en apenas dos de ellas (la producción avícola de carne y huevos y la de carne porcina), estas restricciones causadas porque la extensión territorial de estos sistemas productivos, es usualmente concentrada y por tanto muy limitada para la extensión que requiere la Misión 2 (5 millones de ha)....

Al final de la tabla se encuentran paquetes tecnológicos, con restricciones al menos en dos terceras partes de los sectores/subsectores evaluados, esto en consideración a la especificidad de su uso, por tratarse de paquetes tecnológicos con alto contenido urbano (Restauración de ambientes urbanos mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza), o de uso prioritario por parte de la Autoridad Ambiental (Evaluación de la conectividad ecológica entre áreas protegidas y conservadas; Identificación y manipulación de individuos decomisados y manejo de productos forestales no maderables).

Siendo así como más de la mitad de los paquetes tecnológicos, se encuentran con valores intermedios (entre 20 y 44), sin embargo bajo el objetivo de priorizar sectores/subsectores, este tipo de lectura horizontal permite priorizar proto paquetes tecnológicos, más que sectores/subsectores, en el entendido que herramientas de amplio uso, como aquellas definidas para el monitoreo, la evaluación, el modelamiento e incluso el análisis de efectividad, deberían ser usados de manera reiterativa en todos los procesos de planeación e implementación de soluciones basadas en naturaleza.



Por su parte, en la lectura vertical, es de lejos en el sector/subsector Forestal de productos no maderables del bosque, en el que pueden ser usados la mayor parte de los proto paquetes tecnológicos, con apenas 2 de ellos, en los que no parece recomendable su uso en el contexto Institucional y 8 más en los que su uso no está claramente definido, pero puede tener opciones razonables.al menos de discusión.

En orden de importancia le siguen la generación hidroeléctrica y la minería de cobre y posteriormente la grán mayoría de subsectores, con valores entre 65 y 67, mientras que con muy bajos valores, están en el sector pecuario la avicultura y la porcicultura, que al desarrollarse en ambientes industriales y antropizados, limitan el uso de buena parte de los probables paquetes tecnológicos evaluados.

## **Diseño de paquetes tecnológicos de soluciones basadas en la naturaleza**

### Sobre el paquete tecnológico - generalidades y aproximación

La definición de un paquete tecnológico involucra el conjunto de conocimientos científicos, empíricos y comerciales procesados y sistematizados, con los que es posible implementar, operar, producir y/o distribuir un bien o servicio, nuevo o mejorado (CEGESTI, 2005).

En los últimos años desde Minciencias se hacen esfuerzos por integrar el conocimiento científico y tecnológico con la apropiación social de conocimiento, y así generar sinergias entre sectores académicos, productivos y sociedad civil, para la cual propicia la generación de paquetes tecnológicos como insumos para promover la cultura científica y la democratización del conocimiento. Minciencias dentro de la misión “Colombia hacia un nuevo modelo productivo sostenible y competitivo” para los proyectos de I+D+I, definió los niveles de madurez tecnológica o

Technology Readiness Level (TRL) para identificar el estado de desarrollo de las tecnologías, lo cual está directamente relacionado con la construcción de los paquetes tecnológicos, (adaptado del documento de TRL generado por la NASA<sup>1</sup> (Minciencias 2021).

La política pública internacional, con organizaciones como la OCDE, han trabajado por políticas que mejoran la vida de los conciudadanos y han coincidido con los intereses de los países en el impulso de la investigación y el desarrollo I+D. Posteriormente al I+D se le sumó la innovación; I+D+I, lo que se ha convertido en un indicador de los avances y la inversión en ciencia y tecnología de los países miembros de la OCDE, y en un marco para proyectos y convocatorias nacionales e internacionales (OCDE, 2015).

## Desarmar los paquetes tecnológicos

El Instituto ha generado conocimiento, pero en principio, no en función de un paquete tecnológico. Seguramente apostarle a una tecnología, requiere preguntas y aproximaciones distintas. Es fundamental evaluar qué nivel de conocimiento científico y básico se debe tener y se tiene sobre un tema en particular que ha sido de interés del instituto, para generar ofertas tecnológicas. Es pertinente examinar cómo desde el instituto, y su quehacer general de generación de conocimiento en biodiversidad, se puede proyectar el establecimiento de estas ofertas tecnológicas o soluciones innovadoras. Hasta el momento, quizás, los incipientes paquetes tecnológicos se han dado por sinergias y oportunidades, sin haber identificado desde el inicio la hoja de ruta. Sin embargo, es fundamental reflexionar al respecto: ¿cómo sería y cómo se haría esa investigación cuando se identifican las necesidades desde el inicio? y ¿cómo se proyectan y se articulan las soluciones y ofertas tecnológicas con los gremios y sectores? Sí se tuvieran estas preguntas como marco de referencia desde los inicios, seguramente las aproximaciones investigativas, los procesos y los desarrollos serían distintos.

---

<sup>1</sup> Technology Readiness Levels (TRL)  
[https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology\\_readiness\\_level](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level)

## **Estudio de caso, evaluación del estado de desarrollo tecnológico del proyecto “Escarabajos Bio-recicladores”, en el marco del análisis de las actividades de I+D+I y TRL**

Usando como ejemplo el desarrollo del proyecto de escarabajos coprófagos se hace la evaluación entre las etapas del I+D+I y TRL para este proyecto que se ha desarrollado en el instituto. (tabla 4)

### **Antecedentes**

*Investigación básica; los inicios del estudio del grupo en el Instituto Humboldt*

Los escarabajos coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae y Aphodiinae, fueron seleccionados como grupo focal de monitoreo desde los inicios de las actividades de inventarios de la biodiversidad desarrollados por el Gema. Junto con otros grupos de insectos; hormigas y mariposas, los escarabajos fueron ampliamente muestreados en las expediciones realizadas por el GEMA entre 1998 y 2008. Es así como este grupo de insectos fue estudiado en diversas zonas de los Andes, en los bosques secos del Magdalena medio, del Atlántico y en algunas zonas de la Orinoquia (Escobar 1997, Escobar 2000).

Después de la época del GEMA, desde el año 2009, los escarabajos y los otros grupos de insectos dejaron de ser grupos focales y objeto de monitoreos sistemáticos. Sin embargo, de acuerdo al intereses de los proyectos o por oportunidades coyunturales de investigación, el grupo de escarabajos coprófagos fue incluido en procesos de inventarios, cómo se dio en la línea de investigación de bosque seco y en la expedición río Bitá, entre otros (Medina y González-Alvarado, 2014, González-Alvarado y Medina 2015, González- Alvarado et al. 2015, Martínez-Revelo y Medina, 2017, Medina et al. 2018).

A partir del año 2012 se hace una depuración exhaustiva de las especies de escarabajos en la colección del Instituto Humboldt y se crea la Colección de referencia de escarabajos coprófagos de Colombia ECC. Después de la verificación taxonómica de las especies usando las herramientas taxonómicas disponibles; comparación con fotografías de Holotipos, comparación con las descripciones originales, y revisión de literatura, se reconoce el impedimento taxonómico. Cerca del 40% de las especies de escarabajos Scarabaeinae en la colección del IAVH, no pueden ser asignadas a una especie válida reconocida, por lo que hay la necesidad de crear el sistema de códigos únicos para las especies que no son posibles clasificar. Esto permite la unificación de especies a nivel nacional y la colección de referencia, se convierte en una herramienta fundamental en el proceso de identificación de especies de proyectos tanto internos como externos al Instituto.

A través del convenio con la fundación CIPAV, el instituto apoya el proceso de identificación taxonómica de las especies del proyecto “Ganadería Sostenible” que fue liderado por FEDEGAN, TNC y CIPAV. De este proyecto se logran las publicaciones de artículos de datos de los registros de especies de escarabajos de fincas ganaderas de algunas regiones de este gran proyecto nacional (Giraldo et al. 2018, Mendivil-Nieto et al. 2020).

El convenio aún vigente con la Universidad de Noruega (11-256) permite seguir con el inventario de especies y la articulación de este grupo de insectos en estudios relacionados a valoraciones de diversidad en contextos de perturbación.

### **Investigación Aplicada; los escarabajos y la producción ganadera**

Se inicia con la participación y apoyo a proyectos de investigación y trabajos de grado de diferentes universidades en fincas ganaderas de Boyacá y Cundinamarca, con el interés de evaluar la diversidad de escarabajos coprófagos en relación a la producción ganadera y cambio climático (Espitia-Reina, 2010, Escobar et al. 2020, Quintero 2022). También con la participación en proyectos internos del instituto que involucraron el sector productivo ganadero, como la expedición a Honda y

Mariquita y el acercamiento con la finca el Paujil., en los que se realizaron inventarios ecológicos, de la Biodiversidad incluyendo los escarabajos coprófagos.

### **Ciclo de vida, cría y reproducción de escarabajos en laboratorio**

A partir de la experiencia sobre reproducción de escarabajos adquirida en la Universidad de Alicante, España y en el Instituto de Ecología en Xalapa, México, se inicia en el año 2018 la fase de cría y reproducción de escarabajos. Se inició haciendo seguimiento al ciclo de vida de escarabajos rodadores del género *Canthon* y *Sylvicanthon*, teniendo éxito en completar el ciclo de tres especies de estos géneros (IAVH, 2019). Posteriormente a partir del año 2018, después de acondicionar un espacio como laboratorio para la reproducción de escarabajos, se comienza el seguimiento al ciclo de vida de especies cavadoras y más asociadas a paisajes ganaderos, de los géneros *Dichotomius*, *Ateuchus*, *Copris*, *Ontherus* y *Onthophagus*. La reproducción se hace en terrarios acondicionados en baldes plásticos de 12 y 15 litros, partidos a la mitad, lo que permite hacer seguimiento al proceso de nidificación bajo la tierra, de estas especies (Medina y García 2022).

Se logra hacer el seguimiento al ciclo completo de seis especies de estos grupos de cavadores, y se escala la cría de una de las especies de cavadores, *Dichotomius belus*, a un tanque de 1,000 lit. En el año 2020 se inicia el seguimiento y piloto de cría de la especie *Homocopris achamas* en las fincas de la ganadería Chuguaca en San Francisco, Cundinamarca. En asocio con los trabajadores de la finca, a esta especie se le puede completar el ciclo de forma experimental en un talud en la misma finca y en condiciones de laboratorio tanto en la finca como en el laboratorio en Villa de Leyva (Ver nota de prensa- IAVH 2021).

**Tabla 4. Resumen evaluación del desarrollo del proyecto.**

Actividad de I+D+I	TRL	Características	Productos Representativos
Investigación Básica	1. Observación de los principios básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los principios básicos de la idea han sido cualitativamente postulados y observados.</li> <li>La investigación científica inicial se ha completado y comienza la transición hacia la investigación aplicada</li> </ul>	Artículo de investigación
Investigación Básica	1. Observación de los principios básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventario de especies, listados por regiones o por ecosistemas, colección de referencia.</li> <li>Primeros ensayos de cría de especies, y aproximaciones con el gremio ganadero</li> <li>La investigación básica no se considera completada, se inicia la transición hacia la investigación aplicada con el conocimiento parcial adquirido</li> </ul>	Referencias
Investigación Aplicada	2. Formulación del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una vez que los principios básicos se observan, aplicaciones prácticas pueden llegar a una invención. Las aplicaciones son aún especulativas y puede aún no haber pruebas o análisis detallados que confirmen dichas suposiciones. Se tienen como evidencia publicaciones que describen una aplicación y que puedan proveer de un análisis para confirmar el concepto.</li> <li>Se ha formulado el concepto de la tecnología, su aplicación y puesta en práctica. Se perfila el plan de desarrollo. Estudios y pequeños experimentos proporcionan una “prueba de concepto” para los conceptos de la tecnología. Se han desarrollado herramientas analíticas para la simulación o análisis de la aplicación.</li> <li>Se comienzan a formular posibles usos o aplicaciones de la tecnología, se identifican potenciales impactos sociales y stakeholders relevantes.</li> <li>El tema de propiedad intelectual cobra interés sobre ventajas competitivas en el mercado y sobre el derecho de explotación y/o no infracción por uso de la tecnología.</li> </ul>	Artículo de investigación
Investigación Aplicada	2. Formulación del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollado parcialmente, se comienza a ver la aplicación del uso de escarabajos como una solución a la problemática generada por malos manejos en la ganadería.</li> <li>Se ha visualizado la tecnología y se ha iniciado la puesta en práctica con acciones experimentales. Se realiza el primer piloto experimental con éxito en fincas ganaderas de producción láctea de trópico alto (Piloto Ganadería Chuguaca, San Francisco Cundinamarca). No se ha perfilado la tecnología, ni se ha formulado un plan de desarrollo, ni las herramientas analíticas para la simulación, o análisis de aplicación.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se identifican claramente los impactos sociales y las posibles empresas, asociaciones y usuarios del desarrollo.</li> <li>● No se ha desarrollado el tema de propiedad intelectual.</li> </ul>	
Investigación Aplicada	3. Prueba experimental del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Las actividades que se llevan a cabo son fuertemente de investigación y desarrollo, que incluyen estudios analíticos y estudios a escala laboratorio para validar físicamente las predicciones de los elementos separados de la tecnología. Se incluyen pruebas de laboratorio para medir parámetros y comparación con predicciones analíticas de subsistemas críticos.</li> <li>● El trabajo ha evolucionado de un artículo científico a trabajo experimental que verifica que el concepto funciona como esperado. Los componentes de la tecnología son validados, pero aún no hay una intención de integrar componentes a un sistema completo.</li> <li>● Modelado y simulación pueden ser usados para complementar los experimentos físicos. Se han completado los primeros ensayos de laboratorio. El concepto y los procesos han sido demostrados a escala de laboratorio. Se ha identificado el potencial de los materiales y cuestiones de ampliación de escala.</li> <li>● Inicio de la validación de la idea de aplicación, del posible producto y/o mercado con stakeholders relevantes.</li> </ul>	<p>Artículos de investigación. Libros resultados de investigación. Capítulos en libros resultados de investigación. Productos tecnológicos patentados o en proceso de solicitud de patente</p>
Investigación Aplicada	3. Prueba experimental del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aunque se han hecho algunas aproximaciones a la investigación y desarrollo de la tecnología, no se han completado estudios analíticos ni de validación de la tecnología. Se ha realizado las primeras aproximaciones de escalamiento de la cría para una especie de amplia distribución, <i>Dichotomius belus</i>, desde terrarios de 12, 15, 100 y 200 litros y se tiene una aproximación de la predicción de posibilidades de reproducción, pero no se han hecho pruebas del escalamiento.</li> <li>● No se ha realizado el modelado ni la simulación y faltan completar los ensayos de laboratorio.</li> <li>● No se ha iniciado la validación de modo comercial.</li> </ul>	
Investigación Aplicada	4. Validación del desarrollo en entorno laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Validación de componentes o el sistema en un ambiente de laboratorio. Los componentes básicos están integrados, estableciendo que funcionarán en conjunto.</li> <li>● Los niveles del 4 al 6 representan el puente de la investigación científica a la ingeniería o al desarrollo tecnológico. Este nivel es el primero para determinar si los componentes individuales trabajarán juntos como un sistema.</li> <li>● Los componentes de la tecnología han sido identificados. Una unidad de desarrollo de prototipo ha sido construida en el laboratorio y en un entorno controlado. Las operaciones han proporcionado datos para identificar el potencial de ampliación y cuestiones operativas. Se contemplan los diseños preliminares de producto o proceso.</li> <li>● Las medidas validan las predicciones analíticas de los distintos elementos de la tecnología. Se ha validado la simulación de los</li> </ul>	<p>Artículos de investigación. Libros resultados de investigación. Capítulos en libros resultados de investigación. Productos tecnológicos patentados o en proceso de solicitud de patente</p>

		procesos. Se han desarrollado evaluaciones del ciclo de vida preliminares y modelos de evaluación económica y social.	
Investigación Aplicada	4. Validación del desarrollo en entorno laboratorio	Se ha realizado experimentación aislada en laboratorio, pero falta definir bien el modelo y la tecnología completamente	
Desarrollo tecnológico	5. Validación del desarrollo en entorno pertinente	Componentes tecnológicos integrados de manera que la configuración del sistema sea similar a su aplicación final en casi todas sus características. Su operatividad es aún a nivel laboratorio. Se dan pruebas a escala en laboratorio en un sistema operativo condicionado. La principal diferencia entre el nivel 4 y 5 es el incremento en la fidelidad del sistema y su ambiente hacia la aplicación final. <ul style="list-style-type: none"> <li>● La tecnología se ha validado a través de pruebas en el entorno previsto simulada o real.</li> <li>● El nuevo hardware está listo para comenzar su uso y se refina el modelado de los procesos (técnica y económicamente). Se han validado evaluaciones del ciclo de vida y modelos de evaluación económica. Cuando sea relevante para su posterior ampliación, se han identificado los siguientes conceptos; salud y seguridad, limitaciones ambientales, regulatorios y de disponibilidad de recursos. Desarrollo de prototipo comercial.</li> </ul>	Productos tecnológicos patentados o en proceso de solicitud de patente. Variedades vegetales. Productos de investigación- creación en artes, arquitectura y diseño. Productos tecnológicos certificados o validados: diseños industriales, esquemas de circuitos integrados, software, plantas piloto, prototipos industriales y signos distintivos.
Desarrollo Tecnológico	5. Validación del desarrollo en entorno pertinente	No se han desarrollado actividades de validación	
Desarrollo Tecnológico	6. Validación del desarrollo en entorno pertinente	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistema en validación en ambiente en condiciones relevantes a las reales operativas. Prototipo piloto con diseño detallado y con condiciones de escalamiento que le permitirán a la tecnología llegar a un sistema operativo. El prototipo debe ser capaz de desarrollar todas las funciones requeridas por un sistema operativo.</li> <li>● Los componentes y los procesos se han ampliado para demostrar el potencial industrial. El hardware se ha modificado y ampliado. La mayoría de los problemas identificados anteriormente se han resuelto. El prototipo se ha probado en condiciones muy cercanas a las que se espera vaya a funcionar.</li> <li>● Se ha identificado y modelado el sistema a escala comercial completa. Se ha perfeccionado la evaluación del ciclo de vida y la evaluación económica. Demostración de mercado (<i>early adopters</i>) o de adopción social en cooperación con <i>stakeholders</i> para obtener retroalimentación inicial de impactos.</li> </ul>	
Desarrollo Tecnológico	6. Demostración del desarrollo en entorno pertinente	No se han desarrollado actividades de validación del prototipo piloto. Se va a iniciar un nuevo piloto de experimentación con Alpina.	



Desarrollo Tecnológico	7. Demostración del desarrollo en el entorno real	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Prototipo completo con sistema operativo funcional demostrado en ambiente real. Primera corrida piloto y pruebas finales reales. Se ha demostrado que la tecnología funciona y opera a escala precomercial. Se han identificado las cuestiones de la fabricación y operaciones finales. Se han resuelto cuestiones tecnológicas menores.</li> <li>● Evaluación económica y de ciclo de vida perfeccionadas. Revalidación con <i>stakeholders</i>.</li> </ul>	
Innovación	8. Desarrollo completo y certificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistema final completo y evaluado a través de pruebas y demostraciones.</li> <li>● La tecnología ha sido probada en su forma final y bajo condiciones supuestas. En muchos casos significa el final del desarrollo del sistema.</li> <li>● Todas las cuestiones operativas y de fabricación han sido resueltas. Se han elaborado documentos para la utilización y mantenimiento del producto. Se ha demostrado que la tecnología funciona a nivel comercial a través de una aplicación a gran escala.</li> <li>● Las soluciones propuestas, así como un plan para adaptación social han sido terminados y validados. Difusión de resultados.</li> </ul>	Productos empresariales: secretos empresariales, empresas de base tecnológica ( <i>spin-off</i> o <i>start-up</i> ), empresas creativas y culturales, innovaciones generadas en la gestión empresarial e innovaciones en procesos y servicios. Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones
Innovación	9. Despliegue del desarrollo	Operación del sistema. <ul style="list-style-type: none"> <li>● La tecnología se encuentra en su forma final y operable en un sin número de condiciones operativas. Se habla de un producto completamente desarrollado y disponible para la sociedad.</li> <li>● Entrega de producto o tecnología para producción en serie y comercialización.</li> <li>● Transferencia y apropiación de resultados en comunidades objetivo. Difusión de resultados.</li> </ul>	

## **Estudio de caso, evaluación del estado de desarrollo tecnológico de la restauración ecológica, en el marco del análisis de las actividades de I+D+I, TRL, y los avances institucionales**

Como proceso inicial, se tomó como base el enfoque del Technology Readiness Level TRL (Minciencias 2021), que relaciona el estado de madurez de las diferentes ofertas tecnológicas que pueda ofrecer la restauración, en este caso en el marco del Instituto.

En el proceso de identificación de vacíos las tecnologías de restauración ecológica (TER) son medidas eficaces para mejorar el hábitat y la biodiversidad, que tienen la ventaja de recuperar los ecosistemas y la biodiversidad y promover la formación de ecosistemas sanos (Li, et. al., 2022).

Las TRL tienen 9 estados de madurez con 4 fases: 1. Investigación Básica, 2. Investigación Aplicada, 3. Desarrollo tecnológico y 4. Innovación. y en cada una de ellas se encuentran 9 tipos de TRL (Figura 2). El Paquete Tecnológico (PT) va siendo más completo y consistente a partir del nivel TRL 4 y 5, que es donde se entra al desarrollo tecnológico..( CEGESTI, 2005)

# Información del Paquete Tecnológico en relación a su TRL



Figura 2. Marco de las TRL analizadas en el Instituto Humboldt.

De acuerdo a este marco de la TRL, se analizó la trayectoria de los proyectos de restauración en el Instituto a través de la perspectiva de paquetes tecnológicos que se pueden ofrecer, como conjunto de conocimientos científicos, empíricos y comerciales, procesados y sistematizados, con los que es

posible implementar, operar, producir y/o distribuir un bien o servicio, nuevo o mejorado. En nuestro caso, podrían considerarse PT: Implementación en Colombia de la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM) en los departamentos de Antioquia y la Amazonia colombiana, Mojana, clima y vida. Fase I (2016 - 2018) Fase II (2019-2021), Generación de Mapa de Restauración de Colombia, 2022, Conformación de la Red de viveros de Colombia, 2021, Recomendaciones para la conservación y restauración de las coberturas terrestres en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Expedición Seaflower Plus 2021.

Para recopilar la información de los PT en las TRL, se construyó el siguiente tablero en Miro (Figura 2), dividido en fases de diagnóstico y análisis, implementación y evaluación y seguimiento, como fases que presentan los proyectos de restauración realizados y propuestos según los diferentes documentos publicados y en especial, los desarrollados por el Instituto Humboldt. En dicha tabla, se recopilaron los proyectos de restauración realizados hasta el año 2022 y como se mencionó, permitió reconocer sobre todo, los vacíos a los que se enfrenta el Centro de Soluciones Basadas en Naturaleza, en relación con este tema. Se puede consultar en [https://miro.com/app/board/o9J\\_lheXYZM=?share\\_link\\_id=303277997821](https://miro.com/app/board/o9J_lheXYZM=?share_link_id=303277997821)

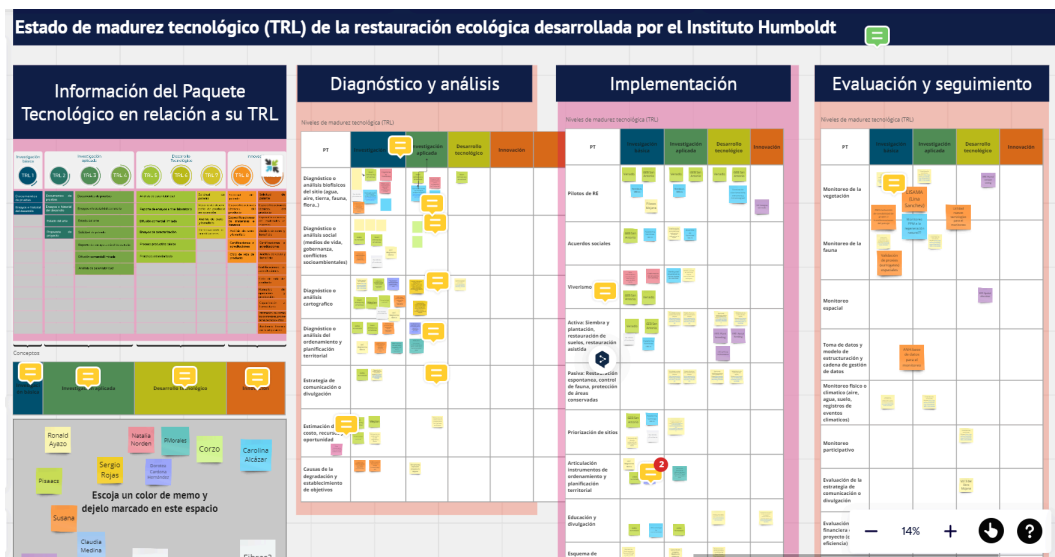


Figura 3.. Tablero de Miro con los Paquetes Tecnológicos identificados en el Instituto Humboldt y su inclusión en análisis de las TRL en restauración.

Para la fase de diagnóstico y análisis, se encontró que es en la que mayor desarrollo se tiene, especialmente en la investigación básica y aplicada. En el enlace se puede consultar las diferentes fuentes incluidas, para un total de 7 PT que se han trabajado en relación con la identificación y análisis desde biofísico, social, cartográfico, ordenamiento territorial, comunicaciones, bioeconomía y evaluación de la degradación, en el marco de la restauración (Figura 4).



Figura 34 Paquetes Tecnológicos incluidos en la fase de Diagnóstico y Análisis.

[https://miro.com/app/board/o9J\\_lheXYZM=?share\\_link\\_id=303277997821](https://miro.com/app/board/o9J_lheXYZM=?share_link_id=303277997821)

Posteriormente, la fase de implementación, contó con 11 PT identificados en los siguientes grupos: 1. pilotos de restauración, 2. implicaciones para la elaboración de acuerdos sociales para garantizar la implementación de la restauración planificada, 3. Temas de implementación y protocolos de acciones de restauración activa y pasiva y sus conceptos derivados, 4. priorización de lugares para la implementación, 5. articulación con los instrumentos de ordenamiento territorial, 6. educación y divulgación, 7. Esquemas de financiamiento y escalamiento de los proyectos, 8. protocolos para la eliminación de especies exóticas y 9. Estrategia de viverismo.

Los PT que más deben incrementar el desarrollo son los de articulación con instrumentos de ordenamiento territorial y las estrategias de educación, divulgación de proyectos y de protocolos en las implicaciones en la restauración. En el caso del Instituto, se debe incrementar el número de proyectos con implementación, para poder acotar desde la experiencia, los vacíos y retos que presenta cada uno. En especial, se ha venido profundizando en los esquemas de financiación y viabilidad de la restauración (Figura 4).

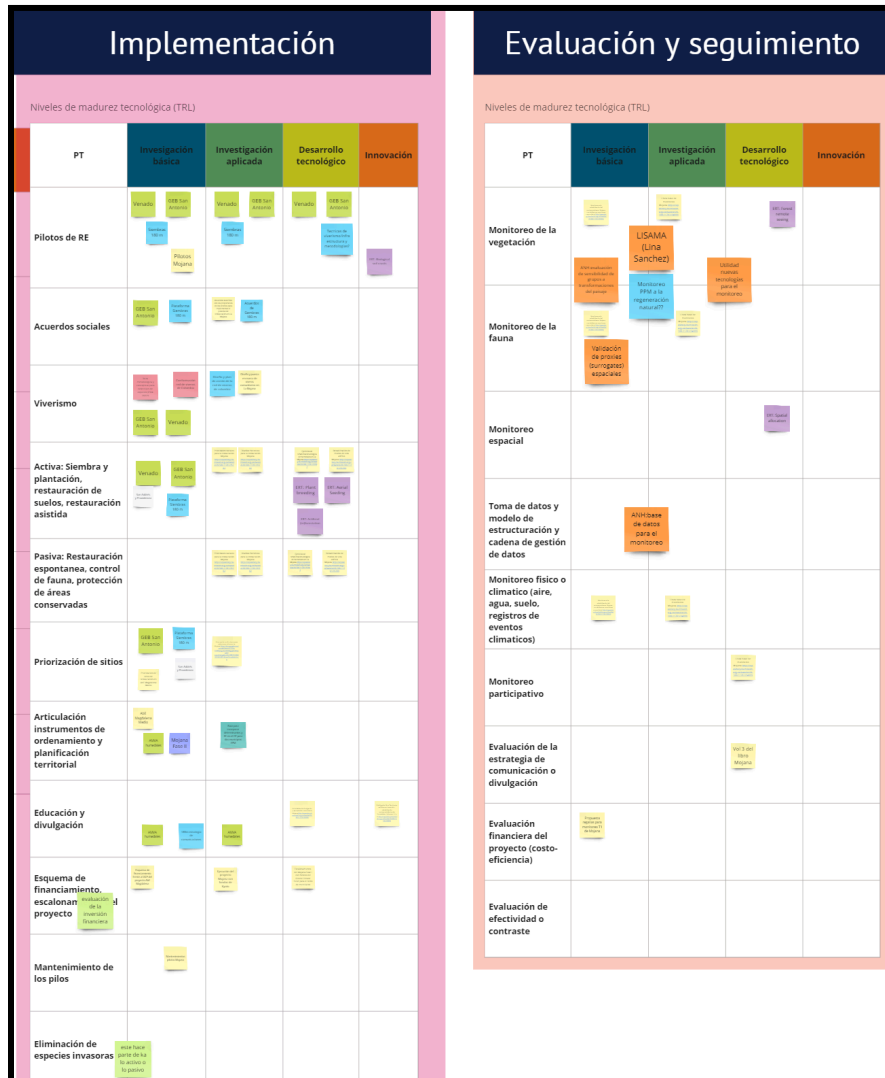


Figura 5. Paquetes Tecnológicos incluidos en la fase de Implementación y de Evaluación y Seguimiento. [https://miro.com/app/board/o9J\\_lheXYZM=?share\\_link\\_id=303277997821](https://miro.com/app/board/o9J_lheXYZM=?share_link_id=303277997821)

Si bien, todos estos PT mencionados hacen parte de un proyecto de restauración, se mencionaron por aparte al tener contribuciones para cada uno de ellos. Sin embargo, en lo ideal el ciclo de proyectos de restauración debe contemplar los siguientes componentes con las dimensiones de Biodiversidad, Espacial, Social, Económica, para definir oportunidades de restauración y que sea más viable su implementación y mantenimiento a largo plazo (Figura 5).



Figura 6. Componentes de un proyecto de restauración del paisaje, con las dimensiones de Biodiversidad, Espacial, Social, Económica, para definir oportunidades de restauración.

Por otro lado, otro PT que ha tenido especial desarrollo es el de las estrategias de viverismo, desde el año 2021 con base en otros trabajos, se ha constituido la red de viverismo de Colombia, incluyendo aquellos viveros certificados y no certificados que se han podido rastrear con base en los proyectos y talleres realizados para tal fin (Figura 7).



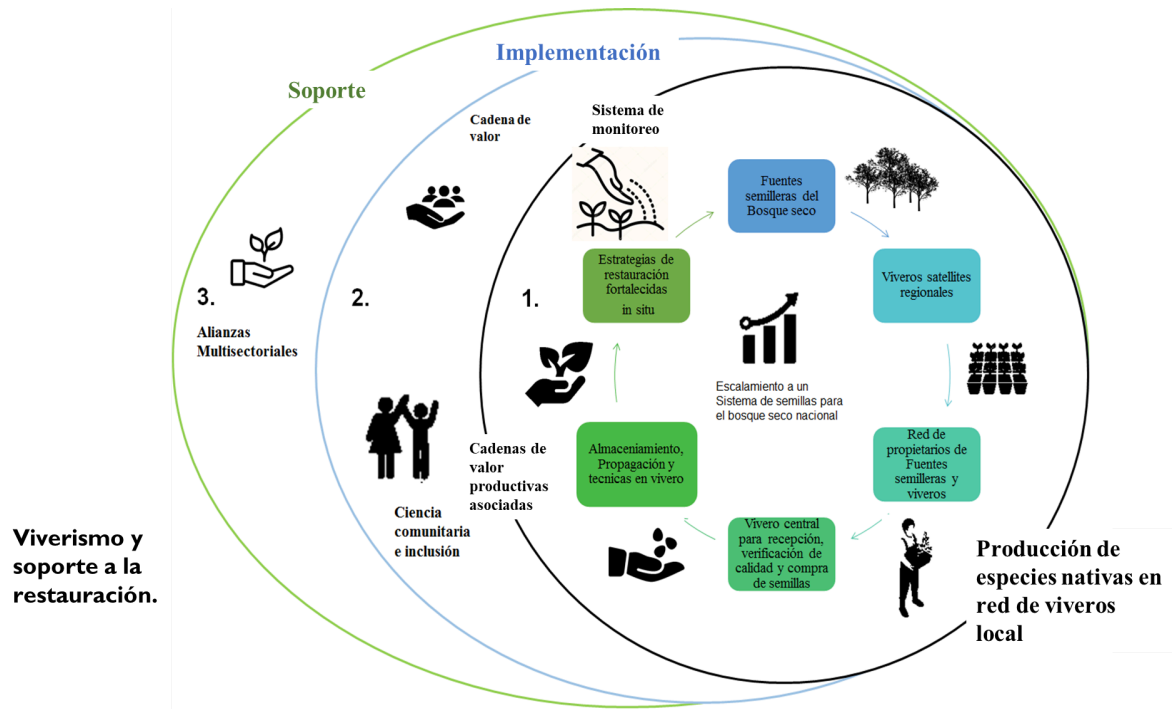


Figura 7. Ciclo de producción en la estrategia de viverismo.

Para la fase de evaluación y seguimiento, se tiene poco desarrollo de parte del Instituto, debido a la corta duración de los proyectos y la dificultad para su continuidad a lo largo del tiempo. En este sentido, se han planteado diferentes protocolos y planes de restauración muy robustos, que incluyen indicadores para el monitoreo para la vegetación, fauna, espacial, físico, climático y participativo en diferentes ecosistemas como páramos, humedales y bosque seco especialmente (Figura 8).

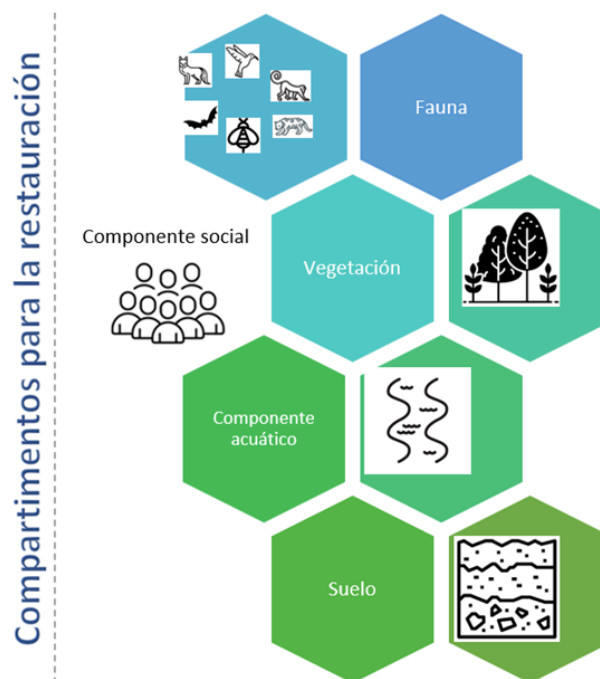


Figura 8. Compartimentos que se deben abordar en los proyectos de restauración.

Posteriormente al ejercicio en el Mirò, se tomó como insumo una matriz de evaluación de las TRL, para conocer el nivel en la que se encuentra (de 1 a 9), sin embargo conociendo que el desarrollo en su mayoría está en las fases 1 a 3. Para la restauración se tiene como reto a nivel nacional y mundial, que se deben restaurar grandes extensiones de tierra, hasta alcanzar un 30% de las áreas degradadas, esto en Colombia se ha traducido en metas de gobierno como el actual, con 750.000 ha, que no son el 30% aún y que en uso no necesariamente indican degradación ni priorización. Esto implica, priorizar lugares para implementar, solventar vacíos ya identificados como:

**Vacío 1.** Carencia de planificación y definición de objetivo claro de restauración. Se acude a la siembra de árboles por ser la más conocida, pero deja de lado la importancia de la evaluación de condiciones de compartimentos importantes como el suelo y el agua.

**Vacío 2.** Dificultades en la clarificación y certificación de tenencia de la tierra para la implementación de proyectos de restauración con inversión de recursos del estado.

**Vacío 3.** Dificultades en la obtención y trámite de permisos para la implementación, comercialización de plantas insumo, poca claridad en los requerimientos de los permisos por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales, y requerimientos del ICA.

**Vacío 4.** Escasez de protocolos de propagación de especies menos comunes y su vínculo con la dificultad de comercialización y obtención de permisos.

**Vacío 5.** Escaso monitoreo de los proyectos implementados, con la dificultad de la vigencia de los proyectos.

**Vacío 6.** Altos costos de implementación, que impiden la escalabilidad de la restauración para alcanzar las metas planteadas.

**Vacío 7.** Analfabetismo digital y brechas de conocimiento certificable, con las comunidades locales relacionadas directamente con la restauración y el poder de contratación de gente local que tiene el conocimiento para ejercicios desde el día a día.

Se dio una discusión entre asistentes de los centros que participaron en la construcción del Mirò, y se determinó como necesidad la elaboración de una matriz para la definición de oferta tecnológica de restauración. Para su evaluación, realizamos dos talleres para su diligenciamiento, en donde obtenemos como resultado, que más que tecnología vista como herramientas o productos conducentes a obtención de patentes, lo que ofrece el Instituto es paquetes de servicios vistos como metodologías y protocolos.

## Reflexión sobre el conocimiento investigativo alcanzado y la realidad en términos de desarrollo tecnológico

La incorporación a partir del conocimiento de insumos de la biodiversidad en el desarrollo de prácticas productivas hacia la sostenibilidad, es el principio orientador de la misión 2, la cual persigue que en los sectores agropecuario, minero energético y de infraestructura, la biodiversidad se incorpore en el modelo de negocio y ciclo de vida. Bajo el anterior enunciado, los desarrollos en torno al uso de escarabajos coprofagos, para el mejoramiento de los suelos y de las pasturas, es un aporte valioso, tanto a los territorios paisajes ganaderos, como hacia el desarrollo de lo que ha dado en llamarse ganadería regenerativa y prácticas agroecológicas.

Sin embargo, su desarrollo es incipiente y eventualmente está por ahora dirigido a lo que en la actualidad se reconoce como "Soluciones basadas en Naturaleza" y "buenas prácticas productivas". Pero qué tanto se puede entender como un paquete tecnológico propiamente dicho, no se conoce con exactitud y es el interés de los siguientes párrafos, hacer esta reflexión, desde la perspectiva del Instituto Alexander von Humboldt, incluso particularmente desde la gerencia de soluciones basadas en Naturaleza.

En la tabla 4 se evidencian los avances en la investigación básica y aplicada de este grupo de insectos y de su función en los sistemas productivos ganaderos. Incluso se plantean avances en la experimentación en laboratorio y en ambiente pertinente (fincas ganaderas). No obstante, antes de que sea un paquete tecnológico promovido y liderado por la investigadora del Instituto Humboldt, convendría discutir, cuál es el alcance y el enfoque que se pretende desarrollar en torno a esta investigación y su eventual maduración como un paquete tecnológico.

Entre la formulación de "soluciones basadas en naturaleza", "buenas prácticas productivas" y los paquetes tecnológicos, propiamente dichos, deben mediar preguntas de investigación tales como:

- a) Evaluación de la efectividad ambiental de la solución "escarabajos coprofagos" en diversos ambientes y bajo diversos sistemas productivos.

- b) Rentabilidad económica (costo - beneficio) de su implementación en diversos ambientes y bajo diversos sistemas productivos.
- c)Cuál es el óptimo de aplicación de la solución “escarabajos coprófagos” considerando las fortalezas y debilidades del Instituto Humboldt, como centro de investigaciones biológicas. es decir si la intención es el mejoramiento de las pasturas, la eliminación de los antibióticos en la población bovina, el incremento de la capacidad de carga de los potreros, todos estos dirigidos hacia el mejoramiento del sistema productivo, con eventuales y aun no definidos aportes a la biodiversidad al menos de los suelos.

Adicionalmente, y sin haber desarrollado a cabalidad el TRL 3, (Prueba experimental del concepto), ni la Validación del desarrollo en entorno de laboratorio (TRL4), ni un espectro amplio del TRL 5 (Validación del desarrollo en entorno pertinente), convendría preguntarse si conviene pasar a las fases subsiguientes, en la medida que el TRL 7 (Demostración del desarrollo en el entorno real), ya tiene implicaciones precomerciales y el TRL 8 (Desarrollo completo y certificado), supone tecnologías certificadas (eventualmente patentadas) en su operación y en su comercialización, así como en su adaptación social. Temas estos últimos que pueden corresponder a una empresa comercial, o a una entidad del sistema agrario y rural, para lo cual convendría fomentar vínculos con el respectivo gremio y sector.

Lo anterior, no quiere decir que el Instituto Humboldt, no esté en capacidad de desarrollar todas las fases de maduración del paquete tecnológico respectivo, sino que tiene que prever y prepararse para un proceso de investigación básica, aplicada, y de desarrollo tecnológico y comercial suficiente, que no es el caso, en tanto por ahora se trata de aproximaciones aisladas, desde la gestión de una investigadora, con los avances demostrados, principalmente en torno de investigación básica, aplicada e incidencia en el sector y algunas empresas interesadas. A futuro se requerirá un equipo humano integrado y entrenado, para que las diversas aplicaciones de la solución en ambiente pertinente, esté tomando en campo datos que puedan ser consolidados en indicadores robustos y consuetudinarios, para demostrar la valía de los desarrollos y su posterior aplicación industrial.

Como corolario de la sección, que puede ser extendido al desarrollo de otras “Soluciones basadas en Naturaleza”, que puedan tener interés en escalamiento e industrialización mediante la maduración y puesta a disposición de paquetes tecnológicos, convendría el desarrollo de un protocolo al interior de la Dirección de conocimiento, con participación de las Direcciones de relacionamiento y de Gestión Humana, del tipo de los comités de proyectos, para discutir y determinar el alcance de cada iniciativa, el enfoque que tendría el respectivo paquete tecnológico (comercial, industrial, de extensionismo, etc), así como la definición de la financiación de una fuerza de trabajo específica tanto desde la perspectiva biológica y ecológica, como social y económica, sus costos y sus beneficios.

En cualquier caso, de acordarse que la maduración de paquetes tecnológicos es una opción válida para el escalamiento de soluciones basadas en naturaleza, queda aún la pregunta de cómo “capturar” en términos de hectáreas, los avances en la sostenibilidad de los territorios en los que estos sean aplicados, bajo la consideración de que la venta del paquete tecnológico, nos exime y disculpa de hacer seguimiento y evaluación de su eventual éxito o fracaso. En tal sentido, podría haber una fase intermedia, al menos para la misión al 2030, en la que más que venta de paquetes tecnológicos desarrollados a cabalidad (que presuponemos autónomos y de éxito certificado), convendría una especie de extensionismo en prueba (como en el caso de farmacéutica experimental), en el que lo que se “venda” sea la expectativa, a cambio de datos e indicadores, que nos permita ya no solo comprobar la idoneidad de la solución, sino también su conveniencia en términos de sostenibilidad ambiental de territorios pecuarios con diversas formas de aplicación y su respectiva validación estadística (a bajo costo).

## Referencias

CEGESTI 2005. Guía para el desarrollo de un paquete tecnológico.

[https://vinculate.concytec.gob.pe/wp-content/files/Paquete\\_Tecnologico\\_VF\\_1.pdf](https://vinculate.concytec.gob.pe/wp-content/files/Paquete_Tecnologico_VF_1.pdf)

Davies, W.R., D.P. Edwards, C.A. Medina, J.S. Cardenas-Bautista, T. Hugaasen, J.J. Gilroy, & F.A. Edwards. 2021. Replacing low-intensity cattle pasture with oil palm conserves dung beetle functional diversity when paired with forest protection. *Journal of Environmental Management*. Vol. 283. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112009>

Escobar, F. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un fragmento de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*. 19 (3): 419-430.

Escobar, F. 2000. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zool. Mex.* (n.s). 79: 103-121.

Escobar, I., Navas, A., Corrales J., Medina C.A., Tenjo, A.I. y L.M Borrás. 2020. Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *Livestock Research for Rural Development*. 32(4). <http://www.lrrd.org/lrrd32/4/maria.es32058.html>

Espitia- Reina, D. 2010. Diversidad de escarabajos coprófagos y hormigas en sistemas ganaderos: comparación entre sistema tradicional y silvopastoril en los municipios de Belén y Paipa, Boyacá. Trabajo de Grado para optar al título de biólogo. Facultad De Ciencias Básicas, Escuela De Ciencias Biológicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, Tunja. 85 pp.

Giraldo-Echeverri, C., Mendivil-Nieto J.A, Medina, C.A., Calle, Z. & F. Escobar. 2018. Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) asociados a dos fincas ganaderas de Rio negro, Antioquia (Colombia). Versión 2.1. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria "CIPAV". Occurrence Dataset. <https://www.gbif.org/dataset/422d2a36-252e-4849-bf2e-cd69ca1a8f5d>

Godet, M. (2009). La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. Cuaderno de Lipsor. Serie de Investigación # 10. Abril de 2009. 1-49 pp.

Godet, M. y P. Durance, (2011). Strategic foresight for corporate and regional development. UNESCO - DONUD. Francia 180 pp.

González-Alvarado, A. & C.A. Medina. 2015. Listado de especies de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco de Colombia. Biota Colombiana 16 (1): 36-44.

González-Alvarado, A., Torres, E., Medina, C.A. 2015. Escarabajos coprófagos de bosque seco de la Colección Entomológica del Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Colombia, 11686 registros, en línea:  
[http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=bosqueseco\\_scarabeidae\\_iavh](http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=bosqueseco_scarabeidae_iavh)

Gomez, M. y J.I. Barredo, (2006). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del Territorio. 2da Ed. Alfa Omega Ra-Ma.279 pp.

IAVH (Instituto Alexander von Humboldt). 2019. Exitoso caso de reproducción en laboratorio para tres especies de escarabajos coprófagos. Nota de Prensa.  
<http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1415-exitoso-caso-de-reproduccion-en-laboratorio-para-tres-especies-de-escarabajos-coprofagos>

IAVH (Instituto Alexander von Humboldt). 2021. Escarabajos: una revolución hacia la ganadería sostenible <http://humboldt.org.co/escarabajos-revolucion-ganadera/>

Martínez-Revelo, D. & C.A. Medina. 2017. Escarabajos Coprófagos. Pp. 143-167. En Trujillo, F. & C. Lasso (Eds). IV. Biodiversidad del río Bitá, Vichada, Colombia. Serie Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C, Colombia. ISBN: 978-958-5418-21-9

Mendivil-Nieto, A. Giraldo-Echeverri, C., Quevedo-Vega, C.J., Medina, C.A. & J. Chara. 2020. Escarabajos estercoleros asociados a sistemas de ganadería sostenible en diferentes regiones de Colombia. (Artículo de Datos). Biota Colombiana. vol. 21(2):134-141.  
<https://doi.org/10.21068/c2020.v21n02a09>

Medina, C.A., Lopera-Toro, A. & R. Jiménez. 2019. Escarabajos y Sostenibilidad del paisaje ganadero. En: Moreno, L.A. & Andrade G.I. (Eds.). Biodiversidad 2019. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.  
<http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap4/403/#seccion1>



Medina, C.A. y A. González. 2014. Capítulo 6. Escarabajos Coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae, En: Pizano, C & H. García (Eds). El Bosque Seco Tropical en Colombia. I Edición, Pp 194 - 213; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.

Medina, C.A., F.A. González y J.C. Neita-Moreno. 2018. Caracterización preliminar de escarabajos coprófagos y fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae, Melolonthidae) del bosque seco de la serranía de la Macuira, Alta Guajira, Colombia. Cuadernos de Biodiversidad. 54: 28-40.

Medina, C.A. y F. García. 2022. García Proposal for a technological offer in sustainable high mountain livestock in Colombia, using bio-recycler dung beetles. Revista Agroecosistemas. 14 (2). <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v14i2.12837>

Minciencias 2021. Convocatoria para el apoyo a proyectos de I+D+i que contribuyan a resolver los desafíos establecidos en la misión "Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo" Anexo 9. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo\\_9\\_-\\_niveles\\_de\\_madurez\\_tecnologica\\_y\\_de\\_manufactura-\\_trl\\_y\\_mrl.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_9_-_niveles_de_madurez_tecnologica_y_de_manufactura-_trl_y_mrl.pdf)

OCDE, 2015, Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Publicado por acuerdo con la OCDE, París (Francia). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>.

Quintero, I. 2022. Estructura Agroecológica Principal, actividad funcional de escarabajos coprófagos y fertilidad de suelos en agroecosistemas ganaderos de los Andes de Colombia. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia. 266 pp.