



Innovando para un futuro sostenible en Colombia: validación y propuesta de mejora de una hoja de ruta de bioeconomía para MiPymes de economía circular

Sergio Felipe Amarillo Forero

Diego Romero Moreno

Oscar Fernando Bastidas

Universidad Ean

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas.

Maestría en Administración de Empresas

Bogotá, Colombia

Julio de 2026

Innovando para un futuro sostenible en Colombia: validación y propuesta de mejora de una hoja de ruta de bioeconomía para MiPymes de economía circular

Sergio Felipe Amarillo Forero

Diego Romero Moreno

Oscar Fernando Bastidas

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Administración de Empresas

Director:

José Alejandro Sepúlveda Martínez

Modalidad:

Consultoría Profesional – Misión académica Internacional

Universidad Ean

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas.

Maestría en Administración de Empresas

Bogotá, Colombia

Julio de 2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C., Julio de 2026

A nuestras familias, a nuestros padres y madres, hermanos, parejas e hijos, por ser el origen de nuestra motivación y el apoyo constante en cada paso de este camino.

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a nuestras familias, a nuestros padres, madres, hermanos, parejas e hijos, por su apoyo constante e incondicional a lo largo de este proceso de formación. Su acompañamiento, paciencia y aliento fueron el soporte que hizo posible la culminación de este trabajo de grado. Agradecemos igualmente a la Universidad Ean y a nuestros docentes por su acompañamiento académico, y de manera especial a TecnoCampus, en Mataró, España, por su cálido recibimiento durante la misión académica internacional y por el conocimiento compartido en economía circular y bioeconomía, que enriqueció de forma significativa este trabajo.

Resumen

Este trabajo de grado, en modalidad de consultoría profesional, validó una hoja de ruta de bioeconomía orientada a las MiPymes de economía circular en Colombia, formulada previamente para la empresa Pânavayu SAS BIC. La validación adoptó una perspectiva multidisciplinar, que integró la ingeniería, la contaduría y los estudios de comunicación, con una triangulación de tres fuentes: dos validaciones teóricas, que contrastaron la hoja de ruta con la literatura especializada y con la Misión Nacional de Bioeconomía, y una consulta a quince actores del sector. Los resultados muestran que la hoja de ruta cumple con la mitad de los criterios académicos, se alinea con tres de las cinco áreas estratégicas de la política nacional y recibe el respaldo del 93,3 % de los actores del sector consultados en cuanto a la pertinencia de sus principios. Las oportunidades de mejora se concentran en la huella de carbono, el ciclo de vida, el financiamiento verde y la replicabilidad. A partir de estos hallazgos, la consultoría propone una versión mejorada, la Hoja de Ruta 2.0, que incorpora dichos ajustes y los aprendizajes de la misión académica en Mataró, España, con los recursos y condiciones para su implementación.

Palabras clave: Bioeconomía, economía circular, MiPymes, validación, hoja de ruta, servitización, sostenibilidad.

Abstract

This consultancy thesis aimed to validate a bioeconomy roadmap for Colombian micro, small and medium-sized enterprises (MSMEs) in the circular economy, previously formulated for the company Pânavayu SAS BIC. The validation was approached from a multidisciplinary perspective, integrating the views of engineering, accounting and modern languages communication studies, and was carried out through a triangulation of three sources: two theoretical validations, which contrasted the roadmap against specialized literature and the National Bioeconomy Policy, and a survey of fifteen sustainability experts. The results show that the roadmap meets half of the academic criteria, aligns with three of the five strategic areas of the national policy, and obtains the endorsement of 93.3% of the consulted sector stakeholders regarding the relevance of its underlying principles. The main opportunities for improvement concentrate on carbon footprint measurement, life cycle assessment, green financing and replicability. Based on these findings, the consultancy proposes an improved version, Roadmap 2.0, which incorporates these adjustments and the learnings from the academic mission in Mataró, Spain, along with the resources and conditions required for its implementation.

Keywords: Bioeconomy, circular economy, SMEs, validation, roadmap, servitization, sustainability.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	12
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Justificación.....	17
Marco institucional	21
Marco contextual y conceptual.....	23
Marco conceptual.....	23
Marco contextual.....	29
Diseño metodológico de la consultoría	34
Enfoque metodológico.....	34
Tipo y diseño de investigación	35
Población y muestra.....	36
Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	37
Procedimiento metodológico	38
Análisis de la información.....	39
Consideraciones éticas	40

La misión académica internacional como fuente de aprendizajes	41
Resultados y análisis de resultados.....	43
Validación teórica 1: Contraste con literatura académica y técnica	43
Validación teórica 2: Alineación con la Misión Nacional de Bioeconomía	48
Validación con actores del sector: Pertinencia de los principios de la hoja de ruta	50
Solución planteada	58
Propuesta de hoja de ruta validada (Hoja de Ruta 2.0)	59
Plan operativo de la Hoja de Ruta 2.0	61
Recursos para la implementación de la Hoja de Ruta 2.0	64
Limitaciones y aplicabilidad de la Hoja de Ruta 2.0	65
Discusión de los resultados.....	66
Limitaciones del estudio	67
Conclusiones y Recomendaciones	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones	71
Referencias	72
Anexos.....	76
Anexo 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	76
Anexo 1.1: Encuesta de validación a expertos	76

Anexo 2. Hoja de ruta inicial de Pânavayu (documento base del análisis)	81
Anexo 3. Soportes del proceso de validación con actores del sector	84
Anexo 4. Soporte de la misión académica internacional.....	87

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Proceso de triangulación metodológica para la validación de la hoja de ruta	
.....	40

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Criterios de validación teórica de la hoja de ruta, por bloque disciplinar</i>	44
Tabla 2 <i>Alineación de la hoja de ruta con las áreas estratégicas de la Misión Nacional de Bioeconomía</i>	48
Tabla 3 <i>Alineación de la hoja de ruta con las metas cuantitativas nacionales de bioeconomía al 2030</i>	49
Tabla 4 <i>Resultados del bloque técnico (n = 15)</i>	52
Tabla 5 <i>Resultados del bloque económico-financiero (n = 15)</i>	53
Tabla 6 <i>Resultados del bloque comunicativo (n = 15)</i>	54
Tabla 7 <i>Resultados del bloque estratégico (n = 15)</i>	55
Tabla 8 <i>Comparación entre la hoja de ruta original y la Hoja de Ruta 2.0 propuesta</i> ..	59
Tabla 9 <i>Cronograma de implementación de la Hoja de Ruta 2.0 con hitos y responsables</i>	61
Tabla 10 <i>Tablero de indicadores de la Hoja de Ruta 2.0 con línea base y meta</i>	62
Tabla 11 <i>Costo incremental de la Hoja de Ruta 2.0 frente a la hoja de ruta original</i> ...	63
Tabla 12 <i>Recursos requeridos para la implementación de la Hoja de Ruta 2.0</i>	64

Introducción

La sostenibilidad ha dejado de ser una iniciativa voluntaria para convertirse en un requisito estratégico de competitividad y sostenibilidad empresarial. En Colombia, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes) representan más del 90 % del tejido productivo (Confecámaras, 2022) y concentran un alto potencial para incorporar principios de economía circular y bioeconomía. Sin embargo, pocas cuentan con instrumentos validados que verifiquen la efectividad real de sus estrategias de sostenibilidad. Este trabajo de grado, realizado bajo la modalidad de consultoría profesional, aborda esta necesidad de verificación, mediante la validación de una hoja de ruta de bioeconomía diseñada para la empresa Pânavayu SAS BIC. El resultado da continuidad al trabajo de consultoría que la formuló (Gamba et al., 2025).

La temática del presente trabajo se ubica en el campo de la gestión sostenible y la innovación empresarial, en la intersección de la economía circular, la bioeconomía y la sostenibilidad. Como particularidad sobre este proceso de consultoría, queremos señalar que para su realización se optó por un abordaje multidisciplinar: el equipo consultor integra las perspectivas de la ingeniería, la contaduría y los estudios del lenguaje, lo que permite evaluar la hoja de ruta de forma simultánea e integral en sus dimensiones técnica, económico-financiera y comunicativa.

El problema que motiva este estudio es la brecha entre el diseño teórico de los instrumentos de sostenibilidad y su validación empírica. Programas como ECOS 2.0 (MinCIT & iNNpulsa, 2024) han mostrado un avance en la formulación de herramientas

para la transición bioeconómica. No obstante, han identificado limitaciones en su validación práctica, así como en la medición y obtención de resultados comprobables y medibles. En esta dirección, la hoja de ruta de Pânavayu, formulada en una consultoría previa, no había sido sometida a un proceso de validación que verificara su pertinencia, coherencia y aplicabilidad frente a la literatura especializada en materia de bioeconomía, la política pública nacional y el criterio y la verificación por parte de los actores del sector.

Conviene dimensionar esta brecha. En Colombia han proliferado guías, manuales y hojas de ruta de sostenibilidad para el sector empresarial, impulsados por entidades como el MinCIT, iNNpulsa, MinAmbiente y la CEPAL. Buena parte de estos instrumentos se queda en la etapa de formulación y no llega a una fase de validación que contraste su contenido con la literatura especializada, con la política pública y con la experiencia de quienes trabajan en el sector. En el caso de las MiPymes, el vacío es mayor, pues suelen carecer de las capacidades técnicas y financieras para someter sus instrumentos a esa verificación. El objeto de diagnóstico de esta consultoría es, por tanto, un instrumento concreto y ya formulado, la hoja de ruta de bioeconomía de Pânavayu, sobre el cual se examina en qué grado sus principios y componentes resisten un escrutinio técnico, económico, comunicativo y estratégico. Delimitar así el objeto evita evaluar la sostenibilidad de la empresa en abstracto y centra el análisis en la validez del instrumento como herramienta replicable.

De lo expresado anteriormente se deriva la pregunta de investigación: ¿en qué medida la hoja de ruta de bioeconomía formulada para Pânavayu resulta pertinente, coherente y aplicable como instrumento para orientar a las MiPymes colombianas de economía circular y bioeconomía hacia prácticas sostenibles?

En el presente documento indagaremos más a fondo y daremos respuesta a esta pregunta. Con este propósito, exponemos en este documento el proceso de la siguiente manera: posterior a esta introducción se presentan los objetivos, la justificación y el marco institucional de la empresa; paso seguido, se procederá con el marco contextual y conceptual, el cual fundamenta teóricamente la validación e incorpora los aprendizajes de la misión académica en Mataró, España, a la cual los integrantes de este equipo consultor asistieron, con el fin de adquirir el aprendizaje oportuno para aplicar a esta investigación; luego, el apartado metodológico describe el enfoque mixto del proceso de validación y la triangulación empleada; posteriormente, el diagnóstico organizacional presenta las dos validaciones teóricas, los resultados de la consulta a actores del sector en materia de sostenibilidad y la síntesis de la triangulación; finalmente, se exponen los resultados de la solución, que incluyen la propuesta de una versión mejorada del instrumento, la Hoja de Ruta 2.0, junto con las conclusiones y las recomendaciones que surgen de todo el proceso.

Objetivos

Objetivo general

Validar una hoja de ruta de bioeconomía orientada a las MiPymes de economía circular en Colombia y proponer una versión mejorada a partir de los hallazgos, que evidencie su pertinencia, aplicabilidad potencial y contribución a la gestión sostenible en el marco de los programas nacionales de innovación y sostenibilidad.

Objetivos específicos

- ✓ Revisar el marco conceptual, normativo y contextual relacionado con la economía circular, la bioeconomía y la sostenibilidad que fundamenta la hoja de ruta, y que incorpore las buenas prácticas internacionales observadas en la misión académica realizada en Mataró, España.
- ✓ Contrastar la hoja de ruta de Pânavayu con la literatura académica especializada y con la Misión Nacional de Bioeconomía, mediante dos validaciones teóricas que permitan determinar su nivel de cumplimiento técnico, económico-financiero y comunicativo.
- ✓ Evaluar la pertinencia de los componentes que sustentan la hoja de ruta, mediante una consulta a quince actores del sector con conocimiento de bioeconomía, economía circular y sostenibilidad.
- ✓ Analizar los resultados del proceso de triangulación, identificando oportunidades de mejora, replicabilidad y adaptación de la hoja de ruta.
- ✓ Proponer una versión mejorada de la hoja de ruta (Hoja de Ruta 2.0) que integre los hallazgos de la validación y los conocimientos adquiridos en la

misión académica en Mataró, España, junto con los recursos y las condiciones
necesarias para su implementación.

Justificación

Debido a que la sostenibilidad en entornos empresariales se presenta como un imperativo, es indispensable trazar una ruta de validación que le permita operar de forma estratégica e integral para la competitividad. En Colombia, múltiples MiPymes vinculadas a la economía circular han adoptado modelos de aprovechamiento, reciclaje y eficiencia energética. Sin embargo, pocas cuentan con evidencia validada sobre la efectividad real de sus estrategias de bioeconomía y economía circular. De igual manera, no cuentan con una hoja de ruta modelo que les permita orientarse y saber cómo enfocar sus esfuerzos en lograr esa sostenibilidad a nivel estratégico, para ser más competentes como empresa. Esta situación refleja una brecha entre el diseño teórico de los instrumentos de sostenibilidad (lo que esperan ser) y su aplicación práctica en los contextos empresariales reales (lo que terminan siendo), situación que limita su replicabilidad y escalabilidad.

Programas como ECOS 2.0 (MinCIT & iNNpulsa, 2024) han demostrado avances en el diseño de herramientas para la transición hacia la bioeconomía. Sin embargo, también han identificado limitaciones en la validación práctica y en la medición de resultados. En este contexto, validar una hoja de ruta para la sostenibilidad en MiPymes representa una necesidad crucial para asegurar que las estrategias planteadas no se queden en el plano conceptual, sino que sean aplicables, medibles y replicables, especialmente en un país como Colombia, el cual se ha visto rezagado en cuestiones de aprovechamiento de

energía y materia residuales, en comparación con algunas empresas a nivel internacional, como las que se pudieron conocer de primera mano en Mataró, España.

El sector de la bioeconomía en Colombia se mueve en un mercado donde cada vez más compradores institucionales y consumidores finales exigen evidencia de sostenibilidad antes de cerrar negocios o alianzas. Las MiPymes que no cuentan con un instrumento validado quedan en desventaja frente a competidores que sí pueden demostrar el impacto ambiental y social de sus procesos, lo que limita su acceso a mercados exigentes y a líneas de financiamiento verde. Para una empresa como Pânavayu, contar con una hoja de ruta validada representa una oportunidad de diferenciación frente a otras MiPymes del sector, y sienta las bases para que sus procesos evolucionen de forma ordenada, con metas claras y verificables en lugar de ajustes improvisados.

En el plano institucional, este trabajo se inscribe en la agenda de investigación de la Universidad Ean. Se ubica en el campo de Ciencia, Tecnología e Innovación, dentro del grupo de investigación en Gestión Ambiental y la línea de Desarrollo Sostenible. Esa línea aborda, entre otros temas, la gestión de residuos sólidos y las cadenas de suministro sostenibles, que son justamente los ejes sobre los que se apoya la hoja de ruta de bioeconomía analizada. Validar y mejorar esa hoja de ruta aporta a los objetivos de la línea, pues convierte principios de economía circular en un instrumento aplicable para las MiPymes, y conecta la formación en el marco del programa ECOS 2.0 con una necesidad concreta del tejido empresarial colombiano.

Según la Ellen MacArthur Foundation (2019), los modelos de economía circular requieren mecanismos de seguimiento y retroalimentación continua que permitan ajustar

los procesos a las condiciones reales del mercado y la tecnología. De igual forma, el UNEP (2017) señala que la validación empírica de instrumentos de sostenibilidad incrementa la confianza de inversionistas y mejora el acceso al financiamiento verde, lo que a su vez representa una ventaja competitiva significativa frente a empresas que no cuentan con dichos instrumentos.

Desde el enfoque de la bioeconomía, validar una hoja de ruta implica asegurar que la integración de procesos biotecnológicos, de aprovechamiento de residuos y de innovación circular realmente genere valor sostenible (FAO, 2021). Esta validación no solo fortalece la gestión ambiental, sino que también aumenta la competitividad y resiliencia de las MiPymes frente a los desafíos del cambio climático (IPCC, 2021). En esa dirección, la validación de instrumentos relacionados directamente con la gestión ambiental, así como las hojas de ruta de bioeconomía, representan un paso clave para garantizar su efectividad y aplicabilidad en el contexto real de las empresas, fortaleciendo su contribución a los compromisos de mitigación y adaptación climática definidos por el país (Rodrigues et al., 2019).

Desde el punto de vista teórico, este trabajo aporta evidencia sobre cómo dialogan, en un caso real, los principios de la economía circular y la bioeconomía con la práctica empresarial de una MiPyme colombiana, un vacío que la literatura revisada en el marco conceptual señala de forma reiterada. En el plano social, la validación de esta hoja de ruta contribuye a que un modelo de negocio con comunidades productoras del Amazonas gane solidez y pueda sostenerse en el tiempo, lo que impacta directamente el ingreso de esas comunidades. En términos prácticos, los hallazgos y la Hoja de Ruta 2.0 no solo

benefician a Pânavayu, sino que ofrecen un instrumento de referencia que otras MiPymes de bioeconomía pueden adaptar a su propio contexto.

Es importante precisar el alcance de esta consultoría frente a la viabilidad del proyecto. El equipo no tuvo intervención directa dentro de la operación de Pânavayu, dado que el objeto de este trabajo fue validar la hoja de ruta ya formulada por un equipo anterior, mediante el contraste con la literatura especializada, la política pública y la consulta a actores del sector con conocimiento en bioeconomía y economía circular. Por esa razón, el estudio no incluye un diagnóstico de recursos internos ni de acceso al contexto organizacional de la empresa, y su resultado se plantea como una propuesta de mejora de aplicación general para MiPymes de bioeconomía, no como un plan de implementación específico dentro de Pânavayu. Esta delimitación se sostiene, además, en el enfoque metodológico del estudio, que se apoyó en fuentes externas de validación y no en trabajo de campo dentro de la empresa.

Marco institucional

El proceso de validación de la hoja de ruta de bioeconomía se enmarca institucionalmente en el ecosistema nacional de sostenibilidad y bioeconomía, liderado por tres actores clave: el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), iNNpulsa Colombia y Colombia Productiva. Estas entidades conforman el marco que promueve, acompaña y evalúa las estrategias de transición empresarial hacia la economía circular y la bioeconomía sostenible en el país, constituyendo la base técnica y política que sustenta este proyecto de consultoría profesional.

A través de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) (Gobierno de Colombia, 2019) y del programa ECOS 2.0 (MinCIT & iNNpulsa, 2024), El MinCIT ha establecido directrices para que las empresas, especialmente las MiPymes, implementen acciones de sostenibilidad medibles y verificables. El Ministerio actúa directamente como ente rector en la definición de políticas y estándares los cuales propenden la validación de modelos sostenibles, generando instrumentos de diagnóstico, seguimiento y fortalecimiento empresarial.

Por su parte, iNNpulsa Colombia estimula la innovación y la transferencia tecnológica en MiPymes mediante convocatorias abiertas y proyectos piloto de validación empresarial, los cuales buscan demostrar la aplicabilidad real de aquellas herramientas diseñadas para la transición verde. Bajo este contexto, la hoja de ruta existente se alinea con lo estructurado por iNNpulsa en temas de innovación abierta, bioeconomía y sostenibilidad productiva, aportando un mecanismo validado que puede integrarse a futuras estrategias nacionales.

Finalmente, Colombia Productiva ha desempeñado un papel fundamental en la articulación entre el sector público y privado, facilitando procesos de certificación, validación y escalamiento de prácticas sostenibles, con experiencia en el acompañamiento de empresas hacia estándares de producción más limpia y políticas de carbono neutro. Cabe señalar que, en cumplimiento del Artículo 305 del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, los patrimonios autónomos iNNpulsa Colombia y Colombia Productiva se unificaron en un solo patrimonio autónomo que conserva el nombre de iNNpulsa Colombia, cuyo contrato de unificación se formalizó en 2025, por lo que las capacidades de ambas entidades convergen hoy en un mismo actor institucional.

Dentro de este marco institucional, el proceso de validación de la hoja de ruta se desarrolla mediante la consulta a actores del sector y a personas vinculadas con actividades productivas relacionadas con la bioeconomía y la economía circular. Dicha consulta se complementa con dos validaciones teóricas frente a la literatura especializada y la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020).

En conjunto, este enfoque se alinea con las directrices, los instrumentos de diagnóstico y los estándares de validación de modelos sostenibles promovidos por el MinCIT y por iNNpulsa Colombia, sin que ello implique una supervisión formal por parte de dichas entidades. La rigurosidad metodológica del proceso se garantiza mediante la triangulación de fuentes y el acompañamiento académico de la Universidad Ean, entidad aliada del programa ECOS 2.0.

Marco contextual y conceptual

Este marco conceptual desarrolla las bases teóricas y normativas que sustentan la validación de una hoja de ruta de bioeconomía y de economía circular para las MiPymes en Colombia. Se estructura en cinco dimensiones interrelacionadas: la política pública para la sostenibilidad, la economía circular como modelo de transición, la servitización como estrategia de negocio dentro de ese modelo, la bioeconomía y la validación de modelos sostenibles, y la innovación y gestión ambiental empresarial. Dichas dimensiones permiten contextualizar la pertinencia y el alcance del proceso de validación dentro del marco institucional y productivo del país, apoyadas también por los aprendizajes internacionales que fortalecen el rigor del análisis.

Marco conceptual

La economía circular se configura como un modelo alternativo al esquema lineal de “extraer, producir, consumir y desechar”. De acuerdo con la Ellen MacArthur Foundation (2019), este paradigma busca mantener los productos, componentes y materiales en su mayor utilidad y valor en todo momento, reduciendo así la presión sobre los recursos naturales y disminuyendo la generación, tanto de materia prima residual como de energía residual. Durante la misión académica realizada en Mataró, España, se evidenció cómo este enfoque puede materializarse a través de estrategias avanzadas como la servitización, el aprovechamiento de energía residual y la transformación de residuos en recursos económicamente valorizables. Dichos elementos, refuerzan la pertinencia de la validación de la hoja de ruta que aquí se propone. La servitización, entendida por Baines et al. (2009) como la innovación de las capacidades y procesos de una organización para

pasar de vender productos a ofrecer un sistema integrado de productos y servicios que genera valor en uso, ofrece un marco conceptual directamente aplicable a estrategias como el sistema de envases retornables con incentivo previsto en la hoja de ruta de Pânavayu. Más allá del valor ambiental, es válido afirmar que este enfoque fideliza a los clientes y genera ingresos recurrentes, lo que fortalece la sostenibilidad económica de la empresa.

La servitización constituye uno de los aprendizajes más transferibles de la misión académica en Mataró y merece un desarrollo específico por su capacidad de fortalecer la hoja de ruta de Pânavayu. Baines et al. (2009) distinguen tres niveles de servitización: los servicios de base, centrados en la provisión del producto; los servicios intermedios, orientados al mantenimiento y la recuperación de la condición del producto; y los servicios avanzados, en los que el proveedor garantiza un resultado o desempeño y no solo se centra en la entrega de un bien o en una transacción única. Esta clasificación ofrece un lenguaje preciso, el cual apoya a situar las estrategias de la hoja de ruta y para proyectar su evolución futura.

De esta manera, aplicada a Pânavayu, la servitización refuerza la hoja de ruta en al menos tres frentes. En primer lugar, el sistema de envases retornables con incentivo, que la hoja de ruta plantea como una acción de reciclaje, puede reconceptualizarse como un servicio intermedio de recuperación de envases. Es decir, en lugar de vender un empaque que se desecha, la empresa ofrece el producto bajo un esquema de recarga recurrente, que conserva la relación con el cliente y reduce el consumo de materiales vírgenes. En segundo lugar, este enfoque transforma una transacción puntual en un vínculo con el cliente generando en su lugar una transacción de largo plazo, lo que

incrementa la fidelización y genera ingresos recurrentes, atendiendo directamente la barrera de la baja rentabilidad percibida a corto plazo, identificada como crítica, por los actores del sector consultados. En tercer lugar, la servitización habilita la captura de datos de uso y devolución, insumo valioso para alimentar los indicadores de impacto de la hoja de ruta, en particular el porcentaje de clientes que reutilizan envases y la reducción de desperdicio de dichos envases.

De este modo, la servitización se integra a la hoja de ruta, como un marco que la dota de mayor solidez conceptual y económica. Su incorporación explícita permitiría a Pânavayu transitar progresivamente desde servicios de base, hacia servicios intermedios y, eventualmente en un futuro, avanzados, alineando la circularidad con la viabilidad financiera. De igual manera, esta lógica resulta pertinente porque la literatura reconoce que la dimensión económica suele ser determinante para que las MiPymes adopten instrumentos de sostenibilidad, sobre todo en contextos donde la mayoría de estas empresas se esfuerza por subsistir económicamente. Este planteamiento se retoma más adelante, en el análisis de los resultados de la validación.

Política pública para la sostenibilidad y la bioeconomía

La sostenibilidad empresarial en Colombia se encuentra guiada por un marco robusto de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad. La Ley 1931 de 2018 establece los lineamientos para la gestión del cambio climático y la adaptación productiva, mientras que la Estrategia Nacional de Economía Circular (Gobierno de Colombia, 2019) promueve la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de residuos en los procesos productivos de las industrias.

A su vez, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), junto con iNNpulsa Colombia y Colombia Productiva, lideran la implementación del programa ECOS 2.0 (2024), el cual busca validar metodologías y modelos empresariales sostenibles a través de proyectos piloto. Este marco institucional sustenta la necesidad de validar la hoja de ruta formulada, asegurando coherencia con las políticas nacionales y los compromisos internacionales, como el Acuerdo de París (2015) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12 y 13).

De esta manera, la política pública colombiana no solo fomenta la mitigación y adaptación al cambio climático, sino que también promueve e impulsa la innovación empresarial orientada hacia la bioeconomía y la economía circular, generando un entorno propicio para la validación de herramientas que faciliten su implementación.

Economía circular como modelo de transición

La economía circular representa un cambio estructural respecto al modelo lineal de producción y consumo. Según la Ellen MacArthur Foundation (2019), su propósito es mantener los materiales y productos en uso durante el mayor tiempo posible, sobre todo teniendo en cuenta que nos encontramos en un mundo con necesidades infinitas, pero con recursos finitos, generando eficiencia y reduciendo la presión sobre los ecosistemas. Geissdoerfer et al. (2017), en una revisión sistemática publicada en *Journal of Cleaner Production*, señalan que la economía circular constituye un sistema regenerativo, orientado a minimizar el uso de recursos y la fuga de residuos mediante el cierre, la ralentización y el estrechamiento de los ciclos de materiales y energía. Esta distinción conceptual resulta clave para validar instrumentos como la hoja de ruta de Pânavayu.

En este contexto, las MiPymes desempeñan un rol primordial, ya que constituyen más del 90 % del tejido empresarial colombiano (Confecámaras, 2022) y poseen un alto potencial para adoptar prácticas circulares. Sin embargo, la literatura evidencia que muchas de estas empresas implementan acciones aisladas, planificadas en ideales y a nivel únicamente teórico, por lo cual no cuentan con mecanismos sistemáticos de medición o validación. En esta dirección, la hoja de ruta de bioeconomía propuesta busca cerrar esta brecha, mediante un proceso de validación que permita verificar la efectividad de las estrategias circulares, tanto en sus impactos ambientales como en su desempeño económico y operativo.

En consecuencia, la validación se convierte en una herramienta esencial para fortalecer la implementación de la economía circular en el ámbito productivo, aportando información empírica que oriente a las empresas y a sus directivos a tomar decisiones sostenibles. Tal como se ha comprobado resultan como una gran ventaja competitiva frente a sus posibles competidores, además de que aportan una sostenibilidad tripartita; es decir, sosteniblemente en los ámbitos sociales, económicos y ambientales.

Bioeconomía y validación de modelos sostenibles

La bioeconomía se define como la producción y utilización de recursos biológicos, procesos y principios para el desarrollo económico sostenible (FAO, 2021). Constituye un eje central en la transición hacia modelos de baja emisión de carbono y está estrechamente relacionada con la economía circular, a través del aprovechamiento de materia prima natural, residuos y biotecnologías que reducen la huella ambiental. D'Amato et al. (2017), en un análisis comparativo publicado en *Journal of Cleaner*

Production, demuestran que la economía circular y la bioeconomía constituyen narrativas de sostenibilidad complementarias que comparten el ideal de conciliar objetivos económicos, ambientales y sociales, aunque con estrategias operativas distintas. Esta distinción resulta pertinente para una hoja de ruta que, como la de Pânavayu, articula simultáneamente principios circulares y bioeconómicos.

No obstante, la aplicación de estrategias bioeconómicas en las MiPymes colombianas requieren de validación técnica y empírica que permita adaptar los modelos internacionales a las condiciones locales de infraestructura, financiamiento y tecnología. En este sentido, la validación de una hoja de ruta no solo permitirá verificar su pertinencia y efectividad, sino también identificar oportunidades de mejora, replicabilidad y escalamiento para otros sectores productivos vinculados con la bioeconomía.

De acuerdo con Rodrigues et al. (2019), la bioeconomía representa una oportunidad estratégica para impulsar la innovación sostenible, diversificar la producción nacional y fortalecer la resiliencia económica frente al cambio climático.

Innovación y gestión ambiental empresarial

Los Sistemas de Gestión Ambiental (International Organization for Standardization [ISO], 2015) y la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (MinAmbiente, 2010) constituyen herramientas clave para la validación de procesos sostenibles, ya que permiten integrar la gestión ambiental en la planificación estratégica de las organizaciones. Desde la perspectiva de la innovación abierta (Chesbrough & Bogers, 2014) y la resiliencia organizacional (Lengnick-Hall & Beck, 2009), las empresas que evalúan y ajustan continuamente sus estrategias de sostenibilidad logran ventajas

competitivas sostenibles. Esta lógica se complementa con el enfoque de valor compartido de Porter y Kramer (2011), según el cual las organizaciones generan valor económico, al tiempo que abordan necesidades y desafíos sociales. Este principio subyace a las estrategias de inclusión de comunidades amazónicas y de distribución en tiendas de barrio de la hoja de ruta validada.

En este marco, la validación de la hoja de ruta se concibe como un proceso de innovación aplicada, que traduce el conocimiento teórico en resultados verificables. Este enfoque permite la mejora continua de los instrumentos de sostenibilidad, así como el fortalecimiento de la bioeconomía y la competitividad empresarial, alineando los resultados con las políticas públicas y los estándares internacionales de sostenibilidad.

Marco contextual

Contexto general:

Colombia avanza hacia una transición productiva sostenible, impulsada por políticas públicas que promueven la economía circular, la bioeconomía y la sostenibilidad empresarial. En este proceso, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes) desempeñan un papel estratégico, ya que representan más del 90 % del tejido empresarial nacional (Confecámaras, 2022).

Durante la misión académica en Mataró se observó cómo ciudades intermedias han logrado acelerar su transición, mediante ecosistemas de innovación en los que se articula el gobierno, las empresas y la academia, particularmente a través de la valorización de residuos, la eficiencia energética territorial y modelos colaborativos. Más allá de constatar esa articulación, la misión académica realizada permitió identificar un *modus operandi*

específico, dentro del cual la academia desarrolla el prototipado de soluciones, el cual, es respaldado por el gobierno y una vez validadas por las empresas, se convierten en modelos replicables para otras organizaciones del sector y para la comunidad. Ese es, precisamente, el propósito que persigue este trabajo de grado, seguir las buenas prácticas conocidas durante la misión académica. La Estrategia de Bioeconomía de Cataluña 2030 (Generalitat de Catalunya, 2021) ilustra este enfoque al priorizar la valorización de residuos agroalimentarios y la producción descentralizada de bioproductos. En conjunto, estas experiencias constituyen referentes aplicables al contexto colombiano, especialmente para los procesos de validación de instrumentos de sostenibilidad.

Contexto económico:

El entorno económico colombiano demanda una transformación hacia modelos productivos bajos en carbono y eficientes en el uso de recursos. Si bien, como se constató durante la misión a España, a pesar de que Colombia no ha tenido la responsabilidad histórica en el deterioro ambiental del planeta, en la misma medida en el que sí lo han tenido las grandes potencias europeas, no significa que no esté exenta ello de actuar. Por el contrario, resulta igualmente necesario y pertinente adoptar medidas que aprovechen la energía residual derivada de los procesos productivos. Además, en este sentido, la validación de una hoja de ruta de bioeconomía representa una oportunidad para fortalecer la competitividad de las MiPymes. En Mataró se identificaron soluciones económicamente viables basadas en la servitización y en la monetización de subproductos, lo que demuestra que la circularidad puede ser un motor económico,

especialmente para las empresas pequeñas. Estos aprendizajes aportan evidencia sobre la importancia de validar herramientas que aseguren la viabilidad financiera de las acciones de sostenibilidad.

Contexto social:

Las MiPymes cumplen un rol clave en la generación de empleo y la cohesión social, por lo que la validación de modelos sostenibles promueve inclusión y bienestar. En la misión académica se evidenció cómo la economía circular puede fortalecer el tejido social cuando surgen nuevas cadenas de valor comunitarias, asociadas al aprovechamiento de residuos y a la formación ciudadana en sostenibilidad. Un aprendizaje central fue el papel de la clasificación de residuos y, sobre todo, la construcción de una cultura en la que la sostenibilidad deja de ser responsabilidad exclusiva de las empresas y los productores. En la economía circular el consumidor final también es responsable de saber cómo disponer de los residuos del producto que consume. Con estos elementos como base, se complementa la visión social del proyecto.

Contexto ambiental:

Colombia, país megadiverso y que debido a su composición territorial es muy vulnerable al cambio climático, requiere estrategias de mitigación y adaptación validadas. Durante la visita a Mataró se observó el impacto positivo de la gestión energética eficiente y del uso de residuos como recursos. Estas prácticas demuestran cómo la innovación ambiental puede traducirse en impactos reales al reducir emisiones y mejorar la resiliencia territorial. De esta manera, el enfoque ambiental de la hoja de ruta se fortalece a partir de estos aprendizajes.

Contexto político y normativo:

El país cuenta con un marco normativo sólido que orienta la sostenibilidad y la sostenibilidad empresarial. Entre las principales políticas e instrumentos se destacan la Estrategia Nacional de Economía Circular (Gobierno de Colombia, 2019), la Ley 1931 de 2018 sobre gestión del cambio climático, la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010), la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) (Gobierno de Colombia, 2020) y el programa ECOS 2.0 (MinCIT & iNNpulsa, 2024). Estos instrumentos conforman el marco institucional que respalda la validación de la hoja de ruta existente, garantizando que el proceso esté alineado con los compromisos nacionales e internacionales de sostenibilidad y transición hacia una economía baja en carbono.

Contexto tecnológico:

El avance de la tecnología ha facilitado la medición, el seguimiento y la validación de los impactos ambientales empresariales. Herramientas como la huella de carbono corporativa, los sistemas de gestión ambiental ISO 14001, las tecnologías IoT (Internet of Things) y las plataformas digitales de trazabilidad permiten monitorear el desempeño ambiental con precisión y transparencia. Sin embargo, muchas MiPymes en Colombia, debido al contexto en el que fueron creadas, a su ubicación territorial o a la falta de conocimiento, aún enfrentan barreras de acceso tecnológico y financiero (UNEP, 2017), lo que refuerza la necesidad de validar una hoja de ruta que integre soluciones digitales

asequibles, adaptadas a la realidad local y orientadas a fortalecer la bioeconomía digital y verificable.

Diseño metodológico de la consultoría

Enfoque metodológico

El enfoque de la investigación es mixto (cualitativo y cuantitativo), integrando el análisis interpretativo con la evaluación de criterios de pertinencia, aplicabilidad y coherencia de la hoja de ruta (Creswell, 2014). Este enfoque es coherente con la naturaleza aplicada del proyecto, que busca validar una hoja de ruta de bioeconomía, mediante tres estrategias complementarias: dos validaciones teóricas (contrastando la hoja de ruta con literatura especializada y con la Misión Nacional de Bioeconomía de MinCiencias) y una validación con actores del sector y personas vinculadas a actividades productivas, relacionadas con la bioeconomía y la economía circular en Colombia.

La dimensión cualitativa permitió comprender percepciones, barreras y oportunidades mediante el análisis de las respuestas abiertas del cuestionario realizado a actores del sector y el análisis de información institucional relevante. Además, este componente incorpora aprendizajes de la misión académica realizada en Mataró, España, donde se identificaron prácticas referentes como la servitización, la valorización avanzada de residuos y el aprovechamiento de energía residual. A través de estas experiencias se nutren la interpretación de oportunidades de adaptación para MiPymes locales.

La dimensión cuantitativa permitió evaluar el nivel de adopción de acciones de sostenibilidad mediante indicadores ambientales, sociales y económicos alineados con prácticas europeas observadas en Mataró, como eficiencia energética, circularidad de materiales y digitalización para trazabilidad (Rodrigues et al., 2019).

En cumplimiento del Reglamento de Inteligencia Artificial de la Universidad Ean (Acuerdo 006 de 2025), se declara el uso de una herramienta de IA en la elaboración de este documento, bajo la categoría Redactado con Herramienta de IA, es decir, la herramienta asistió en la redacción, pero no en el desarrollo de la mayor parte ni de la totalidad del contenido. El modelo empleado fue Claude (Anthropic), en su versión Claude Opus 4, desarrollado por la compañía Anthropic. La herramienta se utilizó para organizar ideas, revisar redacción y estilo, y verificar coherencia, a partir de instrucciones (prompts) del equipo, como solicitar la revisión de la claridad y el estilo de apartados redactados por los integrantes, además de sugerencias sobre la organización de las secciones. El uso se realizó durante julio de 2026. El contenido, el análisis y las conclusiones son de autoría propia del equipo, que ejerció una contribución significativa y verificó la información generada.

Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada y descriptiva, orientada a resolver un problema concreto: la ausencia de validación práctica de hojas de ruta de bioeconomía para MiPymes de economía circular en Colombia.

El diseño es no experimental y transversal, al recolectar información en un periodo delimitado sin manipular variables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Incluye un componente exploratorio y de validación estructurado en tres vías: la comparación teórica de la hoja de ruta con trabajos académicos y técnicos sobre bioeconomía, el contraste con la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020), y la consulta realizada a

actores del sector, mediante un instrumento de selección múltiple, que fue previamente validado por un actor del sector con conocimiento en bioeconomía y economía circular.

El proceso metodológico sigue cuatro fases, inspiradas en modelos previos como el de Gamba et al. (2025) y en metodologías de validación empresarial de ECOS 2.0:

1. Comprensión del reto y diagnóstico inicial.
2. Diseño y adaptación de la hoja de ruta.
3. Validación y triangulación.
4. Análisis de resultados y mejora continua.

Población y muestra

La población objeto corresponde a actores del sector y personas vinculadas a actividades productivas relacionadas con la bioeconomía y la economía circular en Colombia, incluyendo profesionales del sector académico, institucional y empresarial con conocimiento en sostenibilidad, gestión ambiental, política pública o bioeconomía (Confecámaras, 2022).

La muestra fue intencional y no probabilística, conformada por 15 actores del sector o personas con experiencia en bioeconomía, economía circular o sostenibilidad empresarial. En esta dirección, la selección atiende criterios de conocimiento en el área temática, vínculo con actividades productivas o institucionales relacionadas con el sector, y disposición para participar en el proceso de validación. La mayoría de los participantes se contactó a través de una convención del sector, a la que asistió uno de los integrantes del equipo y en la cual se aplicó la encuesta mediante un formulario de Microsoft Forms.

De esta manera, cada participante aportó su perspectiva sobre la pertinencia y aplicabilidad de la hoja de ruta, lo que permitió consolidar una visión transversal y cualificada sobre el instrumento (Yin, 2018).

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se emplearon fuentes primarias y secundarias:

Fuentes primarias:

- ✓ Encuesta de validación a actores del sector en bioeconomía, economía circular y sostenibilidad, aplicada mediante cuestionario estructurado de selección múltiple, compuesto por dos preguntas de perfil y diez preguntas de valoración, con una pregunta abierta opcional de cierre (Anexo 1.1).
- ✓ El instrumento de fuente primaria fue validado con el tutor, quien cuenta con experiencia en materia de bioeconomía y economía circular, y aplicado bajo muestreo intencional a actores del sector vinculados al sector.

Fuentes secundarias:

- ✓ Documentos institucionales (MinCIT, iNNpulsa, MinAmbiente, CEPAL).
- ✓ Casos de éxito internacionales (p. ej., Mataró Circular, Tecnocampus).
- ✓ Informes de ECOS 2.0 (2023–2024).
- ✓ Estudios europeos de servitización y valorización energética.

Instrumentos principales:

Se tuvieron en cuenta tres instrumentos para la realización de la ruta. Primero, la Estrategia Nacional de Economía Circular (Gobierno de Colombia, 2019), utilizada como marco de referencia conceptual para contextualizar los criterios de evaluación de la hoja de ruta.

Segundo, las matrices de validación teórica construidas para contrastar la hoja de ruta con literatura académica especializada y con la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020), que permiten medir el nivel de cumplimiento y alineación del instrumento con criterios técnicos, económicos y comunicativos.

Por último, el trabajo de grado de Gamba, Rodríguez y Tamayo (2025) sobre Pânavayu SAS BIC, que contiene la hoja de ruta objeto de validación, los resultados del programa ECOS 2.0 y el plan de acción estratégico con indicadores de impacto. El resumen de la hoja de ruta propuesta en dicho documento se presenta en el Anexo 2.

Procedimiento metodológico

La metodología se desarrolla en cuatro fases (Gamba et al., 2025):

Fase 1. Diagnóstico inicial

Revisión documental de la hoja de ruta existente, identificación de criterios de evaluación a partir de literatura especializada en bioeconomía y economía circular, y contraste inicial con la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020). Incluye contraste con referentes europeos observados en Mataró.

Fase 2. Diseño y adaptación de la hoja de ruta

Ajuste del modelo integrando aprendizajes de Mataró (servitización, valorización de residuos, eficiencia energética, gobernanza multiactor). Definición de indicadores y validación preliminar con actores del sector.

Fase 3. Validación y triangulación

Consolidación de los resultados de las dos validaciones teóricas, análisis de respuestas del cuestionario aplicado a actores del sector y triangulación de hallazgos. Identificación de brechas, fortalezas y oportunidades de mejora de la hoja de ruta, con base en los tres referentes disciplinares del equipo consultor: técnico, económico-financiero y comunicativo.

Fase 4. Análisis de resultados y mejora continua

Triangulación de datos, análisis comparativo con estándares internacionales y formulación de recomendaciones finales para escalar la hoja de ruta a otros sectores y territorios.

Análisis de la información

Se aplicó una triangulación metodológica (Denzin, 2017):

- Los datos cualitativos se analizaron mediante análisis de contenido.
- Los datos cuantitativos se procesaron con herramientas descriptivas (frecuencias, promedios, porcentajes).

Los resultados se integraron para validar la hoja de ruta, evidenciando su pertinencia, viabilidad e impacto.

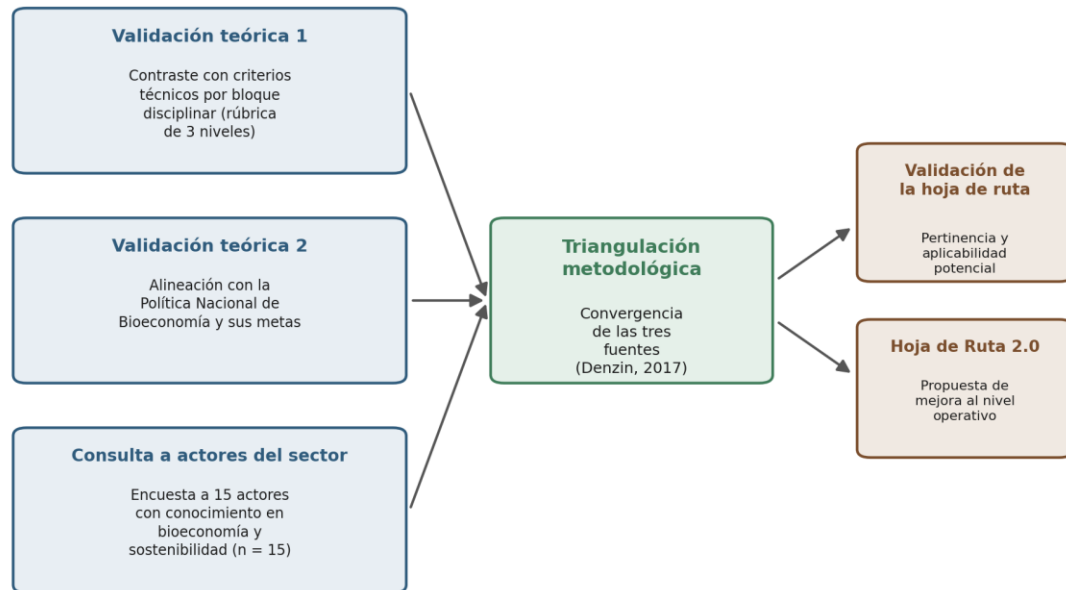


Figura 1. Proceso de triangulación metodológica para la validación de la hoja de ruta

Nota. El esquema resume cómo las tres fuentes de información convergen en la triangulación metodológica (Denzin, 2017) y derivan en la validación de la hoja de ruta y en la propuesta de mejora. Fuente: elaboración propia (2026).

Consideraciones éticas

El estudio siguió los principios de consentimiento informado, confidencialidad y uso responsable de la información establecidos por la Universidad Ean.

Los participantes fueron informados sobre los objetivos, alcances y beneficios del proceso, garantizando que los resultados se utilizaran con fines académicos y de mejora institucional.

El consentimiento informado se incorporó en el encabezado del formulario de Microsoft Forms, que los participantes leyeron y aceptaron de manera expresa antes de responder. En dicho encabezado se indicaba el objetivo de recolectar la percepción de personas con conocimiento o experiencia en bioeconomía, economía circular o sostenibilidad empresarial sobre la pertinencia, la claridad y la aplicabilidad potencial de la hoja de ruta, y se advertía que, al diligenciar la encuesta, la persona aceptaba que los resultados se usaran únicamente con fines académicos. El texto completo del consentimiento, tal como se presentó a los participantes, se reproduce en el Anexo 1.1. No se recolectaron datos personales identificables, por lo que la información se reporta de forma agregada y anónima.

La misión académica internacional como fuente de aprendizajes

Un insumo transversal de esta consultoría fue la Misión Académica Internacional, Programa Internacional en Economía Circular, realizada en el TecnoCampus de Mataró, España, a la que asistieron los integrantes del equipo consultor. Más que una actividad de contexto, esta misión operó como una fuente cualitativa de referentes internacionales, cuyos aprendizajes se integraron de forma directa en la construcción de la Hoja de Ruta 2.0. Por esa razón, sus aportes se documentan aquí como parte del diseño metodológico.

La información obtenida durante la misión se recogió a través de las sesiones formativas del programa, las presentaciones de los docentes y la observación de casos catalanes de economía circular. De ese material se extrajeron cuatro aprendizajes que atraviesan la

propuesta: la servitización como modelo de negocio, ejemplificada en el servicio de recarga de envases; la valorización de la biomasa residual; la eficiencia energética en procesos productivos; y la gobernanza multiactor en ciudades intermedias, con Mataró como caso de referencia. Estos aprendizajes no se tomaron como evidencia empírica sobre Pânavayu, sino como buenas prácticas que sirvieron de contraste para enriquecer las estrategias ya formuladas.

Para dejar traza de este insumo, el Anexo 4 reúne el soporte de la misión académica: el contenido del programa desarrollado en el TecnoCampus y el registro fotográfico de la participación del equipo. Con ello, la incidencia de la misión en la Hoja de Ruta 2.0 queda documentada y es verificable, en línea con el criterio de trazabilidad que orienta el resto del trabajo.

Resultados y análisis de resultados

El diagnóstico de la hoja de ruta se desarrolló mediante una triangulación metodológica de tres fuentes. Las dos primeras son validaciones teóricas: en la primera etapa (Validación Teórica 1) se contrastó la hoja de ruta de Pânavayu formulada previamente (Anexo 2) con diez criterios derivados de literatura académica y técnica especializada en gestión ambiental, economía circular y bioeconomía, organizados en tres bloques disciplinares: técnico (Ingeniería), económico-financiero (Contaduría) y comunicativo (Lingüística). En la segunda etapa (Validación Teórica 2) se contrastó la hoja de ruta con las cinco áreas estratégicas y las tres metas cuantitativas al 2030 de la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020), documento rector de la política pública colombiana en la materia. La tercera fuente es la consulta a quince actores del sector, cuyos resultados se presentan más adelante. Los hallazgos de las tres fuentes se integran en la síntesis de la triangulación. Con lo anterior como base, los resultados de las validaciones se presentan a continuación mediante matrices comparativas y análisis por dimensión.

Validación teórica 1: Contraste con literatura académica y técnica

Esta validación determina en qué medida la hoja de ruta de Pânavayu recoge los criterios que la literatura académica y técnica especializada identifica como esenciales para una hoja de ruta de bioeconomía en MiPymes de economía circular. La construcción de la matriz partió del aporte individual de cada integrante del equipo, quien, desde su

disciplina (ingeniería, contaduría y comunicación en lenguas modernas), propuso los criterios que consideraba indispensables para validar una hoja de ruta de bioeconomía. Esta primera ronda dejó un listado más amplio que el finalmente usado. El equipo lo revisó en conjunto y lo redujo a diez criterios, organizados en tres bloques disciplinares: técnico (Ingeniería), económico-financiero (Contaduría) y comunicativo (Lingüística), dando prioridad a los que resultaban más determinantes para evaluar la solidez de la hoja de ruta y descartando los que se traslapaban entre sí o resultaban de aplicación menos directa al caso de Pânavayu. Una vez acordados, se buscaron las fuentes normativas y académicas que respaldaran cada criterio, las cuales se presentan en la Tabla 1 junto con su bloque disciplinar correspondiente. Cada criterio se contrastó con los elementos presentes en el trabajo de Pânavayu para determinar su nivel de cumplimiento. El resultado se describe a continuación por bloque disciplinar.

Tabla 1 *Criterios de validación teórica de la hoja de ruta, por bloque disciplinar*

N.º	Criterio	Bloque disciplinar	Fuente de referencia
1	Diagnóstico ambiental inicial	Técnico (Ingeniería)	ISO 14001:2015; MinAmbiente (2010)
2	Indicadores de seguimiento cuantitativos	Técnico (Ingeniería)	Ellen MacArthur Foundation (2019)
3	Análisis de ciclo de vida (ACV)	Técnico (Ingeniería)	ISO 14040:2006
4	Medición de huella de carbono	Técnico (Ingeniería)	IPCC (2021); Rodrigues et al. (2019)
5	Viabilidad económica y retorno de inversión	Económico-financiero (Contaduría)	UNEP (2017)
6	Financiamiento verde post-proyecto	Económico-financiero (Contaduría)	Rodrigues et al. (2019)
7	Análisis de costos sostenibles y márgenes	Económico-financiero (Contaduría)	Porter & Kramer (2011)
8	Claridad conceptual del instrumento	Comunicativo (Lingüística)	Chesbrough & Bogers (2014)

9	Estrategia de comunicación con grupos de interés	Comunicativo (Lingüística)	Lengnick-Hall & Beck (2009)
10	Replicabilidad y transferibilidad	Comunicativo (Lingüística)	FAO (2021)

Nota. Los diez criterios fueron derivados de la literatura académica y técnica especializada en gestión ambiental, economía circular y bioeconomía, y organizados según las tres disciplinas que integran el equipo consultor. Fuente: elaboración propia (2026).

Bloque técnico (Ingeniería)

El diagnóstico ambiental inicial (Criterio 1) se cumple a través del diagnóstico ECOS 2.0 en tres dimensiones: económica, social y ambiental, con medición de residuos, energía y agua, conforme a la ISO 14001:2015 y a la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (MinAmbiente, 2010). Los indicadores de seguimiento cuantitativos (Criterio 2) se cumplen mediante los nueve indicadores de impacto medibles de la Tabla 3 del trabajo de Pânavayu, en línea con la exigencia de seguimiento continuo de la Ellen MacArthur Foundation (2019). En contraste, el análisis de ciclo de vida (Criterio 3) es parcial, debido a que la hoja de ruta menciona ecodiseño y cambio de empaques, pero no formaliza un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) conforme a la norma ISO 14040 (International Organization for Standardization [ISO], 2006). De igual manera, la medición de huella de carbono (Criterio 4) es parcial, ya que solo se incluye un indicador indirecto de emisiones asociadas a empaques y transporte, sin un plan de medición directa, elemento que el IPCC (2021) y Rodrigues et al. (2019) consideran clave.

Bloque económico-financiero (Contaduría)

La viabilidad económica y el retorno de inversión (Criterio 5) se cumplen mediante la Tabla 5 del trabajo de Pânavayu, con presupuesto global desglosado por fase (\$40–45 millones COP) y proyecciones de retorno, en coherencia con el análisis costo-beneficio ambiental del UNEP (2017). El análisis de costos sostenibles y márgenes (Criterio 7) también se cumple: la hoja de ruta propone optimización mediante alianzas amazónicas y reciclaje, en línea con el valor compartido de Porter & Kramer (2011). El financiamiento verde post-proyecto (Criterio 6) es parcial, ya que se describe la estructura ECOS 2.0, pero no se proyectan instrumentos financieros verdes para el escalamiento, componente que Rodrigues et al. (2019) señalan como esencial para la replicabilidad.

Bloque comunicativo (Lingüística)

La estrategia de comunicación con grupos de interés (Criterio 9) se cumple, pues la hoja de ruta diferencia mensajes por actor, ya sea que estén dirigidos a: empleados, proveedores, clientes, distribuidores y comunidad, en coherencia con la resiliencia organizacional de Lengnick-Hall & Beck (2009). La claridad conceptual del instrumento (Criterio 8) es parcial: se emplean términos técnicos, pero sin glosario para usuarios no especializados, lo que limita su accesibilidad frente a los principios de innovación abierta de Chesbrough & Bogers (2014); algo que puede ser un inconveniente teniendo en cuenta al público al cual se dirige esa comunicación. La replicabilidad y transferibilidad (Criterio 10) no se cumple, ya que la hoja de ruta está diseñada específicamente para Pânavayu y no incluye un apartado de replicación a otras MiPymes, requisito que la FAO

(2021) plantea para instrumentos bioeconómicos transferibles. Por lo cual, en este trabajo se le dará mayor profundidad.

Resumen validación teórica 1

De los diez criterios evaluados, la hoja de ruta cumple plenamente con cinco (50%), presenta cumplimiento parcial en cuatro (40%) y no cumple con uno (10%). Las fortalezas se concentran en el diagnóstico ambiental, los indicadores de seguimiento, la viabilidad económica y la comunicación estratégica; las brechas, en la medición directa de huella de carbono, el ACV formalizado, el financiamiento verde post-proyecto, la accesibilidad del lenguaje y la replicabilidad explícita.

La clasificación de cada criterio se apoyó en una rúbrica de tres niveles, aplicada de manera uniforme a las dos validaciones teóricas. Un criterio se calificó como cumple cuando la hoja de ruta lo abordaba de forma explícita y con evidencia concreta en el documento de Pânavayu; como parcial cuando el elemento aparecía mencionado o esbozado, pero sin desarrollo, formalización o indicadores que lo respaldaran; y como no cumple cuando el criterio estaba ausente. Conviene reconocer, como limitación, que esta valoración fue realizada por el propio equipo consultor, a partir de su juicio disciplinar en los bloques técnico, económico-financiero y comunicativo, sin una segunda calificación externa e independiente que permitiera estimar la concordancia entre evaluadores. Para mitigar en parte este riesgo, cada criterio se ancló a una fuente de referencia reconocida (Tabla 1) y la clasificación se discutió de forma conjunta entre los tres perfiles del equipo. Aun así, futuros trabajos podrían fortalecer la objetividad mediante una doble calificación ciega o la participación de evaluadores externos.

Validación teórica 2: Alineación con la Misión Nacional de Bioeconomía

Esta validación contrasta la hoja de ruta de Pânavayu con la Misión Nacional de Bioeconomía "Bioeconomía para una Colombia Potencia Viva y Diversa" (MinCiencias, 2020), documento rector de la política pública al horizonte 2030, estructurado en cinco áreas estratégicas y tres metas cuantitativas nacionales. La Tabla 2 sintetiza la alineación con las áreas estratégicas y la Tabla 3 con las metas nacionales.

Tabla 2 *Alineación de la hoja de ruta con las áreas estratégicas de la Misión Nacional de Bioeconomía*

N.º	Área estratégica	Nivel de alineación	Evidencia en la hoja de ruta
1	Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Plena	Compra de açai y arazá a comunidades indígenas del Amazonas; protección de ecosistemas estratégicos y trazabilidad de origen.
2	Colombia Biointeligente	Plena	Bioingredientes certificados y ecodiseño; uso del conocimiento científico para generar bioproductos de alto valor.
3	Salud y bienestar	Plena	Protector solar, crema para peinar y tratamiento capilar con ingredientes naturales; eje de mayor convergencia con la propuesta de valor.
4	Agroproductivo y sostenible	Parcial	Las alianzas amazónicas aportan enfoque territorial, pero no desarrollan una estrategia de fortalecimiento rural con indicadores medibles en campo.
5	Biomasa y química verde	Parcial	El reciclaje de envases y la sustitución de plásticos apuntan al eje, pero falta un componente

N.º	Área estratégica	Nivel de alineación	Evidencia en la hoja de ruta
			de valorización energética o química verde.

Nota. Áreas estratégicas según la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020). Fuente: elaboración propia (2026).

Tabla 3 *Alineación de la hoja de ruta con las metas cuantitativas nacionales de bioeconomía al 2030*

N.º	Meta nacional al 2030	Nivel de alineación	Aporte de la hoja de ruta
1	Contribución del 10% al PIB nacional	Parcial	No contribuye directamente al agregado nacional, pero proyecta crecimiento en ventas sostenibles a su escala.
2	Generación de 2,5 millones de empleos verdes	Parcial	Impacto proyectado en al menos 40 familias productoras del Amazonas.
3	Desarrollo de más de 500 bioproductos	Parcial	Desarrollo de tres bioproductos circulares que se suman al ecosistema nacional de bioeconomía.

Nota. Metas cuantitativas según la Misión Nacional de Bioeconomía (MinCiencias, 2020). El nivel parcial es consistente con la escala de una MiPyme individual. Fuente: elaboración propia (2026).

La hoja de ruta cumple plenamente con tres áreas. En Biodiversidad y servicios ecosistémicos, la compra de açai y arazá a comunidades indígenas del Amazonas protege ecosistemas estratégicos y aporta trazabilidad de origen. En Colombia Biointeligente, los bioingredientes certificados y el ecodiseño responden al uso del conocimiento científico para generar bioproductos de alto valor. En Salud y bienestar, los productos de la empresa (protector solar, crema para peinar y tratamiento capilar con ingredientes naturales) constituyen el eje de mayor convergencia con su propuesta de

valor. La alineación es parcial en las dos áreas restantes. En Agroproductivo y sostenible, las alianzas amazónicas aportan enfoque territorial, pero no desarrollan una estrategia de fortalecimiento rural con indicadores medibles en campo. En Biomasa y química verde, el reciclaje de envases y la sustitución de plásticos apuntan al eje, pero falta un componente de valorización energética o química verde propiamente dicho.

Respecto a las tres metas nacionales al 2030, que corresponden a la contribución del 10% al PIB, la generación de 2,5 millones de empleos verdes y el desarrollo de más de 500 bioproductos, la alineación es parcial en los tres casos, lo cual es consistente con la escala de una MiPyme individual. Pânavayu no contribuye directamente a esos agregados nacionales, pero proyecta impacto en al menos 40 familias productoras, crecimiento en ventas sostenibles y desarrollo de tres bioproductos circulares, que se suman al ecosistema nacional de bioeconomía. En resumen, esta validación confirma que la hoja de ruta está bien orientada hacia los objetivos nacionales, y que sus ajustes se dirigen a fortalecer el impacto rural medible y la articulación con instrumentos de política pública (DNP, 2018; Gobierno de Colombia, 2019, 2020).

Validación con actores del sector: Pertinencia de los principios de la hoja de ruta

La tercera fuente de la triangulación consistió en una consulta estructurada a quince actores del sector vinculados a la bioeconomía, la economía circular y la sostenibilidad en Colombia. A diferencia de las dos validaciones teóricas, que contrastan la hoja de ruta concreta de Pânavayu con la literatura y la política pública, esta consulta evalúa la pertinencia de los principios y componentes que sustentan cualquier hoja de ruta de

bioeconomía para MiPymes de bioeconomía. El instrumento, un cuestionario de selección múltiple con dos preguntas de perfil y diez de valoración organizadas en cuatro bloques -técnico, económico-financiero, comunicativo y estratégico-, se incluye como Anexo 1.1. En las preguntas de selección múltiple algunos participantes marcaron más de una opción, por lo que la suma de frecuencias puede superar quince; los porcentajes se calculan sobre el total de respondientes ($n = 15$).

Perfil de los actores del sector

Los elementos generales de este proceso de validación se presentan en el Anexo 3. La muestra estuvo compuesta mayoritariamente por profesionales de la empresa privada del sector ambiental, productivo o de sostenibilidad (9; 60,0%), seguidos por entidades públicas como el MinCIT, iNNpulsa y MinAmbiente (5; 33,3%), la academia o investigación (2; 13,3%) y un participante de otro ámbito (6,7%). La pregunta de área (P1) se aplicó como pregunta de selección múltiple, por lo que algunos participantes declararon pertenencia simultánea a más de un sector y la suma de frecuencias supera el total de quince respondientes; los porcentajes se calculan sobre ese total ($n = 15$). En experiencia, la muestra combinó perfiles emergentes y consolidados: seis personas con menos de un año (40,0%), cinco entre uno y tres años (33,3%), una entre tres y cinco (6,7%) y tres con más de cinco años (20,0%).

Bloque técnico

El respaldo más contundente del estudio recayó sobre los indicadores de impacto medibles desde el inicio de la implementación: doce de quince actores del sector (80,0%)

los consideraron fundamentales para un seguimiento real. Asimismo, nueve (60,0%) valoraron de forma integrada el diagnóstico ambiental, el análisis de ciclo de vida y la medición de huella de carbono, lo que respalda el carácter multidimensional con que se construyó la hoja de ruta de Pânavayu y la pertinencia de sus nueve indicadores de impacto.

Tabla 4 Resultados del bloque técnico (n = 15)

Pregunta y opción	Frec.	%
P3. Componente más importante		
Todos igualmente importantes	9	60,0%
Diagnóstico ambiental con indicadores	4	26,7%
Análisis de ciclo de vida	3	20,0%
P4. Indicadores medibles desde el inicio		
Sí, fundamental para el seguimiento	12	80,0%
Sí, solo indicadores ambientales	1	6,7%
Depende del tamaño y la capacidad	1	6,7%
No es necesario en etapa inicial	1	6,7%

Nota. P3 admitió selección múltiple. Fuente: elaboración propia (2026).

Bloque económico-financiero

Las barreras económicas se concentraron en la falta de acceso a financiamiento verde y los altos costos de insumos sostenibles, empatadas con seis menciones cada una

(40,0%), seguidas por la ausencia de incentivos fiscales (5; 33,3%) y la baja rentabilidad percibida (4; 26,7%). La inclusión de un análisis de costo-beneficio ambiental obtuvo amplio respaldo (catorce de quince lo apoyan de forma plena o condicionada). El hallazgo más relevante para la hoja de ruta es que trece de quince actores del sector (86,7%) identifican los programas públicos -iNNpulsa, Bancóldex y ECOS 2.0- como la fuente de financiamiento más accesible, lo que conecta directamente con el presupuesto de \$40–45 millones de Pânavayu y refuerza la recomendación de orientar su financiamiento hacia los criterios de elegibilidad de esas convocatorias.

Tabla 5

Resultados del bloque económico-financiero (n = 15)

Pregunta y opción	Frec.	%
P5. Principal barrera económica		
Falta de acceso a financiamiento verde	6	40,0%
Altos costos de insumos sostenibles	6	40,0%
Ausencia de incentivos fiscales	5	33,3%
Baja rentabilidad percibida a corto plazo	4	26,7%
P6. Análisis de costo-beneficio ambiental		
Sí, siempre; esencial para decidir	11	73,3%
Sí, si hay capacidad financiera	3	20,0%
Útil pero no obligatorio	1	6,7%
P7. Fuente de financiamiento más accesible		
Programas públicos (iNNpulsa, Bancóldex, ECOS 2.0)	13	86,7%

Autofinanciación con utilidades	4	26,7%
Cooperación internacional (GEF, BID, PNUD)	3	20,0%
Capital privado / fondos de impacto	3	20,0%

Nota. P5 y P7 admitieron selección múltiple. Fuente: elaboración propia (2026).

Bloque comunicativo

La claridad conceptual de los instrumentos existentes recibió una valoración crítica: nueve de quince actores del sector la calificaron entre moderada (7; 46,7%) y baja (2; 13,3%), señalando una brecha de apropiación para públicos no especializados. En contraste, la comunicación diferenciada por grupo de interés obtuvo respaldo casi unánime: trece de quince (86,7%) la consideraron muy importante para el éxito de la implementación. Ambos resultados validan la estrategia de comunicaciones diferenciada de la hoja de ruta de Pânavayu y, a la vez, refuerzan la brecha del lenguaje técnico identificada en la Validación Teórica 1.

Tabla 6 Resultados del bloque comunicativo (*n* = 15)

Pregunta y opción	Frec.	%
P8. Claridad de conceptos en instrumentos		
Moderada (no para no especializados)	7	46,7%
Muy clara (lenguaje accesible)	5	33,3%
Baja (muy técnico, limita apropiación)	2	13,3%
No ha revisado instrumentos	1	6,7%
P9. Comunicación diferenciada por actor		
Muy importante; define el éxito	13	86,7%
Importante, pero no central	2	13,3%

Nota. Fuente: elaboración propia (2026).

Bloque estratégico

La replicabilidad de la hoja de ruta entre MiPymes del mismo sector generó posturas matizadas, sin consenso pleno: siete actores del sector (46,7%) la consideraron viable con indicadores y estrategias bien definidos, seis (40,0%) la juzgaron solo parcial por requerir ajustes al contexto, y dos (13,3%) sostuvieron que cada empresa debe construir la suya desde cero. Este resultado coincide de forma notable con el Criterio 10 de la Validación Teórica 1 (replicabilidad: no cumple) y confirma que la transferibilidad exige un diseño modular. Sobre la utilidad general, el respaldo fue mayoritario: diez de quince (66,7%) consideraron el instrumento completamente útil y pertinente, cuatro (26,7%) pidieron ajustes importantes y uno (6,7%) lo juzgó parcialmente útil. En conjunto, catorce de quince actores del sector (93,3%) reconocen la utilidad y pertinencia de los principios de una hoja de ruta de este tipo, de forma plena o con ajustes. Conviene precisar que esta cifra refleja el respaldo a los principios y componentes consultados, no una validación directa del instrumento concreto de Pânavayu, cuyo contraste corresponde a las dos validaciones teóricas.

Tabla 7 Resultados del bloque estratégico (n = 15)

Pregunta y opción	Frec.	%
P10. Adaptabilidad a otras MiPymes		
Sí, con indicadores bien definidos	7	46,7%
Solo parcialmente; requiere ajustes	6	40,0%
No; cada empresa desde cero	2	13,3%

P11. Utilidad y pertinencia general		
Sí, completamente; cubre lo clave	10	66,7%
Sí, pero requiere ajustes importantes	4	26,7%
Parcialmente; útil pero insuficiente	1	6,7%

Nota. Fuente: elaboración propia (2026).

Recomendaciones abiertas (P12)

Seis de los quince participantes respondieron la pregunta abierta opcional; cuatro aportaron recomendaciones sustantivas. Uno de los actores del sector recomendó adaptar la hoja de ruta a los distintos sectores económicos de las MiPymes; otro subrayó la importancia de un marco legal sólido y metas claras; un tercero propuso alinear el instrumento con las políticas del país según la ciudad, conectando los procesos para aprovechar el financiamiento verde y escalar las metas. La contribución más elaborada planteó un enfoque territorial: vincular la ubicación de cada MiPyme con los portales geográficos nacionales para identificar zonas vulnerables, estructurar la herramienta con lenguaje técnico alineado a los criterios de elegibilidad de las convocatorias de entidades, y orientar todo ello a facilitar el acceso a financiamiento verde cerrando el ciclo mediante estrategias de economía circular. Estas dos últimas recomendaciones convergen en la territorialización de la hoja de ruta, idea que articula las dimensiones técnica, financiera y comunicativa.

Síntesis de la Triangulación

La triangulación metodológica (Denzin, 2017) integra las tres fuentes anteriores en una valoración conjunta de la hoja de ruta. Las dos validaciones teóricas operan sobre el

instrumento concreto de Pânavayu, su contraste con la literatura especializada y con la Misión Nacional de Bioeconomía, mientras que la consulta a actores del sector valida la pertinencia de los principios y componentes que ese instrumento encarna. La convergencia de las tres fuentes es lo que sustenta la validación: los actores del sector no calificaron directamente a Pânavayu, pero confirmaron que los atributos sobre los que se construyó su hoja de ruta son los correctos.

La triangulación muestra cuatro convergencias robustas. Primera, los indicadores medibles desde el inicio se confirman como atributo esencial: cumplen plenamente en la Validación Teórica 1 (Criterio 2) y reciben el mayor respaldo de los actores del sector (80,0%). Segunda, la viabilidad económica y el financiamiento se refuerzan entre fuentes: la hoja de ruta cumple el criterio de viabilidad (Tabla 5 del trabajo de Pânavayu) y el 86,7% de los actores del sector ratifica los programas públicos como vía de financiamiento, coherente con su anclaje en ECOS 2.0. Tercera, la comunicación diferenciada se valida desde ambos lados: cumple el Criterio 9 y obtiene 86,7% de respaldo entre los actores del sector. Cuarta, la replicabilidad emerge como la principal brecha por triangulación: no cumple en la Validación Teórica 1 (Criterio 10) y carece de consenso entre los actores del sector (46,7% frente a 40,0%), lo que confirma la necesidad de un diseño modular que distinga un núcleo común de los componentes ajustables a cada contexto.

En conjunto, las tres fuentes coinciden en que la hoja de ruta de Pânavayu es un instrumento sólido y pertinente: cumple plenamente con el 50% de los criterios académicos, además se alinea con tres de las cinco áreas de la política nacional, y obtiene la validación de pertinencia del 93,3% de los actores del sector. Las

oportunidades de mejora identificadas, por triangulación medición directa de huella de carbono, ACV formalizado, estrategia de financiamiento verde post-proyecto, glosario de términos y apartado de replicabilidad, constituyen ajustes puntuales que no comprometen la validez del instrumento, sino que lo fortalecen de cara a su aplicación en otras MiPymes del sector.

Solución planteada

El principal resultado de esta consultoría es la validación de la hoja de ruta de bioeconomía de Pânavayu mediante la triangulación de tres fuentes independientes, cuyo detalle se presentó en el capítulo de diagnóstico. La convergencia de las dos validaciones teóricas y la consulta a actores del sector permite afirmar que la hoja de ruta es un instrumento sólido y pertinente, debido a que cumple plenamente con el 50 % de los criterios académicos, se alinea con tres de las cinco áreas estratégicas de la Misión Nacional de Bioeconomía y obtiene el respaldo de pertinencia del 93,3 % de los actores del sector consultados. El valor agregado de este resultado radica en su construcción multidisciplinar: cada criterio fue evaluado de forma simultánea desde la ingeniería, la contaduría y los estudios del lenguaje, lo que confiere a la validación una integralidad que un abordaje unidisciplinar no habría alcanzado.

Como productos concretos de la consultoría se entregan: las dos matrices de validación teórica con sus niveles de cumplimiento por criterio y dimensión, el instrumento de consulta a actores del sector validado y aplicado (Anexo 1.1), las tablas de frecuencias de resultados por bloque temático, y la matriz de seis brechas prioritarias con sus recomendaciones de mejora asignadas a cada perspectiva disciplinar. Estos

productos constituyen herramientas replicables que la empresa, y eventualmente otras MiPymes del sector, pueden emplear para revisar y fortalecer sus propios instrumentos de sostenibilidad. Adicionalmente, la incorporación de los aprendizajes de la misión académica en Mataró, en particular los conceptos de servitización y de aprovechamiento de biomasa residual, se ofrecen como insumo para la evolución futura de la hoja de ruta. A partir de estos productos, y como principal aporte de valor de la consultoría, el equipo consolida a continuación una versión mejorada de la hoja de ruta.

Propuesta de hoja de ruta validada (Hoja de Ruta 2.0)

Con los resultados de la triangulación en mano, como equipo consultor proponemos una versión mejorada de la hoja de ruta, que llamamos Hoja de Ruta 2.0. La propuesta parte de las tres estrategias que ya venían formuladas para Pânavayu y las refuerza con los componentes que la validación mostró como faltantes o como oportunidades de mejora. La idea es que el trabajo no se detenga en señalar qué funciona y qué no, sino que entregue una herramienta lista para usarse, más sólida en lo técnico, lo financiero y lo comunicativo. La Tabla 8 compara la hoja de ruta original con la versión que proponemos.

Tabla 8 *Comparación entre la hoja de ruta original y la Hoja de Ruta 2.0 propuesta*

Componente	Hoja de ruta original (Pânavayu)	Aporte de la Hoja de Ruta 2.0
Reciclaje de envases con incentivo	Programa de devolución de envases con descuento al cliente.	El envase retornable se replantea como un servicio de recarga recurrente, siguiendo el enfoque de servitización de Baines et al. (2009). Así se fideliza al cliente, se generan ingresos constantes y se captura información de devolución que alimenta los indicadores.

Componente	Hoja de ruta original (Pânavayu)	Aporte de la Hoja de Ruta 2.0
Distribución en tiendas de barrio	Expansión de la comercialización a canales minoristas locales.	Se suma una estrategia de comunicación diferenciada por grupo de interés, que los actores del sector respaldaron con un 86,7 %, y un glosario que ayuda a que tenderos y consumidores se apropien del lenguaje técnico.
Compra de açaí y arazá a comunidades del Amazonas	Acuerdos de comercio justo con comunidades indígenas para materia prima.	Las alianzas amazónicas se estructuran como una cadena de valor territorial con indicadores rurales verificables en campo, lo que refuerza la conexión con el eje Agroproductivo y sostenible de la política nacional.
Medición ambiental	Diagnóstico ECOS 2.0 e indicadores de impacto.	Se formaliza un análisis de ciclo de vida (ACV) bajo la norma ISO 14040:2006 y se añade un plan básico para medir de forma directa la huella de carbono en sus alcances 1 y 2.
Financiamiento	Presupuesto por fases con recursos propios y del programa ECOS 2.0.	Se incorpora una ruta de acceso a financiamiento verde para después del proyecto (Bancóldex, Fondo de Economía Circular, cooperación internacional), la opción que el 86,7 % de los actores del sector vio como más accesible.
Replicabilidad	Diseño específico para Pânavayu.	Se agrega un apartado de transferibilidad con un diseño modular, que separa un núcleo común de los elementos que cada empresa debe adaptar a su contexto.

Nota. Fuente: elaboración propia (2026) a partir de la hoja de ruta de Gamba et al. (2025) y los resultados de la validación.

Cada uno de estos cinco componentes responde a un problema concreto que la validación dejó ver. El programa de envases partía de una fidelización débil y de ingresos poco recurrentes; con el enfoque de servitización, la empresa gana un vínculo más duradero con el cliente y un flujo de caja más estable. La comunicación diferenciada, por su parte, atiende una dificultad real: que distintos públicos entiendan y se apropien del

lenguaje técnico de la sostenibilidad, algo que facilita que el instrumento se use de verdad y no se quede en el papel. La cadena de valor territorial le da una base verificable a unos acuerdos que hoy son informales, lo que protege tanto a la empresa como a las comunidades productoras. El análisis de ciclo de vida y la medición de huella de carbono llenan un vacío de evidencia ambiental directa, algo que hoy les cierra puertas a las MiPymes frente a mercados y aliados que exigen ese respaldo. Y la ruta de financiamiento verde reduce la dependencia de recursos propios, abriendo una vía real para sostener estas mejoras en el tiempo. En conjunto, una MiPyme de bioeconomía que ponga en marcha esta Hoja de Ruta 2.0 puede esperar clientes más fieles, mejor acceso a mercados y financiamiento, relaciones más sólidas con sus proveedores, y evidencia concreta para respaldar su discurso de sostenibilidad ante clientes, aliados e inversionistas.

Plan operativo de la Hoja de Ruta 2.0

Una de las observaciones que orientó esta versión mejorada fue la necesidad de llevar la propuesta a un nivel operativo. Por esa razón, la Hoja de Ruta 2.0 no se queda en la comparación conceptual de la Tabla 8, sino que detalla tres elementos que permiten su puesta en marcha: un cronograma con hitos y responsables, un tablero de indicadores con línea base y meta, y una estimación del costo incremental frente a la hoja de ruta original. Las cifras parten del presupuesto y de las fases del trabajo de Gamba et al. (2025), que sirve como base, y de los ajustes que arrojó la validación.

Tabla 9 *Cronograma de implementación de la Hoja de Ruta 2.0 con hitos y responsables*

Fase	Periodo	Hito principal	Responsable
------	---------	----------------	-------------

Fase 1. Planificación y línea base	Meses 1 a 3	Diagnóstico ambiental actualizado, definición de la línea base de indicadores y estructuración del ACV bajo ISO 14040:2006.	Líder de sostenibilidad, con apoyo de asesoría técnica externa.
Fase 2. Implementación escalonada	Meses 4 a 6	Puesta en marcha del servicio de recarga de envases, la comunicación diferenciada por público y la cadena de valor territorial con comunidades del Amazonas.	Líder de sostenibilidad, área comercial y logística.
Fase 3. Medición y ajuste	Meses 7 a 9	Primera medición directa de huella de carbono (alcances 1 y 2), seguimiento de indicadores y ajuste de estrategias según resultados.	Líder de sostenibilidad, con contaduría para el análisis costo-beneficio.
Fase 4. Consolidación y financiamiento verde	Meses 10 a 12	Preparación de la postulación a financiamiento verde (Bancóldex, Fondo de Economía Circular, cooperación) y documentación del módulo replicable.	Gerencia, líder de sostenibilidad y área financiera.

Nota. El cronograma amplía las cuatro fases de la hoja de ruta original (Gamba et al., 2025) e incorpora los componentes que la validación identificó como faltantes. Fuente: elaboración propia (2026).

Tabla 10 *Tablero de indicadores de la Hoja de Ruta 2.0 con línea base y meta*

Indicador	Estrategia asociada	Línea base	Meta a 12 meses	Fuente de verificación
Porcentaje de envases retornados y reutilizados	Servicio de recarga de envases	0 % (no existe el servicio)	30 % de los envases vendidos	Registro de devoluciones
Clientes vinculados al esquema de recarga	Servicio de recarga de envases	0 clientes	200 clientes recurrentes	Base de datos comercial
Familias productoras del Amazonas vinculadas	Cadena de valor territorial	Acuerdos informales	40 familias con acuerdo formal	Contratos de compra
Huella de carbono medida (alcances 1 y 2)	Medición ambiental (ACV)	Sin medición directa	Primera medición documentada	Informe de huella de carbono
Análisis de ciclo de vida formalizado	Medición ambiental (ACV)	Mención sin ACV formal	Un ACV bajo ISO 14040:2006	Documento de ACV
Puntos de contacto con comunicación diferenciada	Comunicación por público	Comunicación general	5 públicos con mensaje propio	Plan de comunicaciones
Postulaciones a financiamiento verde	Financiamiento verde	0 postulaciones	Al menos 1 postulación	Radicado de convocatoria

Nota. Los indicadores integran los nueve indicadores de impacto de la hoja de ruta original (Gamba et al., 2025) con los componentes nuevos que aporta la Hoja de Ruta 2.0. Las metas son de referencia para una

MiPyme de escala similar a Pânavayu y deben ajustarse a la capacidad de cada empresa. Fuente: elaboración propia (2026).

Tabla 11 *Costo incremental de la Hoja de Ruta 2.0 frente a la hoja de ruta original*

Componente nuevo de la 2.0	Descripción del costo	Rango estimado (COP)	Naturaleza
Análisis de ciclo de vida (ACV)	Asesoría técnica y licenciamiento de herramienta para un ACV bajo ISO 14040:2006.	3 a 5 millones	Puntual (una vez)
Medición directa de huella de carbono	Levantamiento de datos y cálculo de alcances 1 y 2, con acompañamiento inicial.	2 a 4 millones	Puntual, con seguimiento anual
Sistema de trazabilidad para recarga de envases	Ajuste del registro logístico y comercial para capturar devoluciones.	2 a 3 millones	Puntual, con mantenimiento
Glosario y comunicación diferenciada	Elaboración de material accesible por público, con apoyo del área comercial.	1 a 2 millones	Puntual
Formalización de la cadena de valor territorial	Estructuración de acuerdos e indicadores rurales verificables en campo.	1 a 2 millones	Puntual, con costo operativo
Costo incremental total estimado	Suma de los componentes nuevos frente a la base original.	9 a 16 millones	Adicional a los 46,5 millones base

Nota. El costo incremental corresponde a los componentes que la Hoja de Ruta 2.0 suma a la hoja de ruta original, cuyo presupuesto global ronda los 46,5 millones de pesos (Gamba et al., 2025). Parte de este costo adicional puede cubrirse con los programas públicos que el 86,7 % de los actores del sector señaló como más accesibles. Fuente: elaboración propia (2026).

En conjunto, estos tres elementos dan cuenta de que la Hoja de Ruta 2.0 puede pasar del papel a la práctica. El cronograma ordena el esfuerzo en el tiempo y asigna responsables, el tablero de indicadores permite verificar el avance con metas concretas, y la estimación de costo incremental muestra que la mejora es asumible para una MiPyme, sobre todo si se apalanca en financiamiento verde. Con esto, la propuesta responde a la exigencia de aterrizar la hoja de ruta a un nivel operativo, sin perder de vista que la

validación en campo mediante un piloto sigue siendo la tarea pendiente que se plantea para trabajos futuros.

Recursos para la implementación de la Hoja de Ruta 2.0

¿Qué necesitaría una empresa parecida a Pânavayu, es decir, una MiPyme de bioeconomía que trabaja con materias primas agrícolas o naturales, para poner en marcha la Hoja de Ruta 2.0? Identificamos cinco tipos de recursos. Las estimaciones parten del presupuesto y las fases de la hoja de ruta original, cuyo costo global ronda los 46,5 millones de pesos colombianos, y las acompañamos con una valoración del nivel de exigencia de cada uno.

Tabla 12 *Recursos requeridos para la implementación de la Hoja de Ruta 2.0*

Tipo de recurso	Nivel	Descripción y estimación
Talento humano	Medio	Basta con una persona que lidere la sostenibilidad, apoyada en logística y en el área comercial. No hace falta un equipo numeroso, pero sí alguien que coordine las tres estrategias y haga seguimiento a los indicadores.
Recursos técnicos	Medio-alto	Un sistema de trazabilidad y gestión logística, más las herramientas para el ACV y la huella de carbono. En el presupuesto original, la tecnología ronda los 5 millones de pesos.
Conocimiento	Alto	Es el recurso que más pesa. Se requiere manejo de economía circular, ACV, huella de carbono y financiamiento verde. La empresa puede cubrirlo con capacitación, asesoría

Tipo de recurso	Nivel	Descripción y estimación
		externa o alianzas con la academia, como la que se dio con la Universidad Ean dentro de ECOS 2.0.
Recursos económicos	Medio	Una inversión cercana a los 46,5 millones de pesos, repartida en tres fases, que puede aliviarse con financiamiento verde y programas públicos como iNNpulsa, Bancóldex y ECOS 2.0.
Tiempo	Medio	Entre nueve y doce meses para completar las tres fases (planificación, implementación escalonada y consolidación), según el cronograma de la hoja de ruta original.

Nota. Fuente: elaboración propia (2026) con base en el presupuesto global de Gamba et al. (2025).

Limitaciones y aplicabilidad de la Hoja de Ruta 2.0

Conviene ser claros sobre hasta dónde llega esta propuesta. En cuanto a dónde aplica, funciona bien para MiPymes de bioeconomía que trabajan con recursos agrícolas o naturales y que ya tienen algo de recorrido en gestión ambiental, como las empresas que hacen parte del programa ECOS 2.0. Por su énfasis en las materias primas de origen comunitario, el reciclaje de envases y la comunicación con los distintos públicos, la hoja de ruta se puede llevar a sectores como la cosmética natural, los alimentos y bebidas sostenibles o los bioinsumos.

Sobre las limitaciones, la más importante nace del propio resultado de la validación: la replicabilidad no logró consenso entre los actores del sector, pues un 46,7 % la vio viable y un 40 % apenas parcial. En la práctica, esto quiere decir que la hoja de ruta no se copia y pega de una empresa a otra; cada MiPyme tendría que adaptarla a su tamaño, su sector y su contexto. A esto se suman otras tres restricciones: depende de que la empresa tenga

un mínimo de conocimiento técnico para el ACV y la huella de carbono, requiere un acceso a financiamiento verde que no siempre se consigue, y se apoyó en la opinión de actores del sector y en el contraste teórico, sin una prueba piloto que midiera resultados en campo. Precisamente esa prueba piloto es la principal tarea que dejamos planteada para trabajos futuros.

Discusión de los resultados

Los hallazgos de esta consultoría conversan con la literatura reciente sobre economía circular y bioeconomía. La brecha que evidenció la validación, entre una hoja de ruta sólida en su diseño y débil en su medición directa de impacto, coincide con lo que Geissdoerfer et al. (2017) advierten cuando distinguen la economía circular como propuesta conceptual de la economía circular como práctica verificable. En el caso de Pânavayu, los componentes mejor valorados fueron los de diseño y estrategia, mientras que las brechas se concentraron en la medición, lo que confirma esa distinción.

El respaldo que los actores del sector dieron a la servitización refuerza el planteamiento de Baines et al. (2009), para quienes el paso de vender productos a ofrecer sistemas de producto y servicio genera valor en uso y vínculos duraderos con el cliente. El servicio de recarga de envases que propone la Hoja de Ruta 2.0 encaja en esa lógica y, según la percepción recogida, resulta pertinente para una MiPyme de bioeconomía. En la misma dirección, la valorización de la biomasa residual dialoga con la noción de bioeconomía circular de D'Amato et al. (2017), quienes proponen integrar los enfoques de economía circular, bioeconomía y economía verde en lugar de tratarlos como agendas separadas.

La dificultad para lograr consenso sobre la replicabilidad, uno de los resultados más matizados del estudio, es coherente con lo señalado por Rodrigues et al., cuyo trabajo

insiste en que la transferencia de modelos de sostenibilidad entre empresas exige adaptación al contexto y no simple réplica. Antes que debilitar la propuesta, este resultado orientó una de sus decisiones de diseño: el módulo transferible de la Hoja de Ruta 2.0, que separa un núcleo común de los elementos que cada empresa debe ajustar.

Limitaciones del estudio

Este trabajo tiene límites que conviene reconocer. En cuanto al alcance, la validación se apoyó en dos contrastes teóricos y en la percepción de quince actores del sector, sin una prueba piloto que midiera resultados en campo, de modo que las conclusiones hablan de pertinencia y aplicabilidad potencial, no de impacto comprobado. En cuanto a la muestra, los quince participantes, seleccionados de forma intencional y no probabilística, permiten una lectura cualitativa valiosa, pero no una generalización estadística. A esto se suma que la mayoría de los participantes se contactó en una única convención del sector, lo que introduce un sesgo de selección hacia el perfil de quienes asistieron a ese evento en particular, y no representa necesariamente a la totalidad de actores del sector de bioeconomía en el país. Otra limitación se relaciona con la valoración de las matrices teóricas, que estuvo a cargo del propio equipo consultor, según se explicó en el apartado de validación teórica. A esto se suma la dependencia de un caso único: todo el ejercicio de validación y la propuesta de mejora se construyeron a partir de la hoja de ruta de una sola empresa, Pânavayu. Esto permite un análisis profundo de ese caso, pero limita qué tanto los hallazgos específicos pueden generalizarse a otras MiPymes de bioeconomía sin antes contrastarlos con más casos. Existe también una limitación de contexto: los aprendizajes de la misión académica en Mataró provienen de un entorno europeo, cuyas condiciones institucionales y de mercado difieren de las colombianas, por lo que se

incorporaron como referentes y no como recetas trasladables. Y, sobre la naturaleza de esa misma información, cabe aclarar que la misión académica en Mataró fue un espacio de estudio y formación de tipo académico, no un trabajo de campo especializado en empresas de bioeconomía ni con acompañamiento de personas expertas en esa materia específica; por esa razón, no se aplicaron instrumentos como entrevistas a organizaciones o bitácora de campo, propios de un trabajo de investigación empírica en ese sector. Lo que sí se obtuvo, y que resulta directamente aplicable a este trabajo de grado, fue el contenido formativo sobre economía circular y servitización desarrollado en las sesiones del programa, que es precisamente el conocimiento que se retoma en el marco conceptual y en la propuesta de la Hoja de Ruta 2.0. Ese contenido, junto con el registro fotográfico de la participación del equipo, se documenta metodológicamente en el Anexo 4. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, pero delimitan su lectura y marcan la ruta para trabajos futuros, en particular la implementación piloto.

Conclusiones y Recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones de la consultoría académica desarrollada en la empresa, así como las recomendaciones de cierre del trabajo.

Conclusiones

En respuesta al objetivo general, se concluye que la hoja de ruta de bioeconomía formulada para Pânavayu es pertinente, aplicable y coherente con los marcos nacionales de innovación y sostenibilidad. La triangulación de tres fuentes independientes confirma,

de esta manera, que el instrumento contribuye de forma efectiva a la gestión sostenible de las MiPymes de economía circular y bioeconomía, dando respuesta afirmativa, aunque condicionada a ajustes puntuales, a la pregunta de investigación planteada.

Respecto al primer objetivo específico, la revisión del marco conceptual, normativo y contextual permitió fundamentar teóricamente la validación e integrar los aprendizajes de la misión académica en Mataró, España. Conceptos como la economía circular regenerativa (Geissdoerfer et al., 2017), la servitización (Baines et al., 2009) y el valor compartido (Porter & Kramer, 2011) se articularon con las estrategias concretas de la hoja de ruta, enriqueciendo el análisis con referentes internacionales de calidad académica.

En relación con el segundo objetivo específico, las dos validaciones teóricas determinaron que la hoja de ruta cumple plenamente con el 50 % de los diez criterios académicos evaluados y, además, se alinea con tres de las cinco áreas estratégicas de la Misión Nacional de Bioeconomía. El abordaje multidisciplinar, técnico, económico-financiero y comunicativo, permitió identificar con precisión tanto las fortalezas del instrumento, como sus brechas en huella de carbono, ciclo de vida, financiamiento verde, lenguaje y replicabilidad.

Frente al tercer objetivo específico, la consulta a quince actores del sector validó la pertinencia de los principios que sustentan la hoja de ruta: el 80,0 % respaldó los indicadores medibles, el 86,7 % la comunicación diferenciada y la financiación pública, y el 93,3 % consideró el instrumento útil de forma plena o con ajustes. Estos resultados confirman que los atributos sobre los que se construyó la hoja de ruta corresponden a los que el sector considera esenciales.

En cuanto al cuarto objetivo específico, el análisis de la triangulación evidenció cuatro convergencias robustas entre las fuentes (indicadores, financiamiento, comunicación y la brecha de replicabilidad) y permitió formular recomendaciones de mejora concretas. Se concluye que la replicabilidad constituye la principal oportunidad de fortalecimiento, lo que exige un diseño modular que distinga un núcleo común de los componentes ajustables a cada contexto empresarial.

Finalmente, en respuesta al quinto objetivo específico, el trabajo no se detuvo en validar la hoja de ruta existente, sino que consolidó una versión mejorada, la Hoja de Ruta 2.0, como principal aporte de valor de la consultoría. Esta propuesta conserva las tres estrategias originales de Pânavayu y las robustece con los componentes que la validación señaló como necesarios: el análisis de ciclo de vida formalizado, la medición directa de huella de carbono, la ruta de financiamiento verde, el enfoque de servitización aplicado a los envases retornables y un diseño modular pensado para la replicabilidad. Sobre su aplicabilidad, la Hoja de Ruta 2.0 encaja bien en MiPymes de bioeconomía con cadena de suministro de base agrícola o natural y un mínimo de madurez ambiental, si bien su traslado a cada empresa reclama un proceso de adaptación al contexto, la escala y el sector. Ponerla en marcha exige, ante todo, conocimiento técnico especializado, una inversión cercana a los 46,5 millones de pesos que puede apoyarse en financiamiento verde, y un horizonte de entre nueve y doce meses.

Recomendaciones

Incorporar a la hoja de ruta una evaluación simplificada de análisis de ciclo de vida conforme a la norma ISO 14040:2006, que permita formalizar la dimensión técnica hoy resuelta de manera parcial.

Diseñar un plan básico de medición directa de huella de carbono de alcance 1 y 2, que complemente el indicador indirecto existente y fortalezca el seguimiento ambiental del instrumento.

Desarrollar una estrategia de acceso a financiamiento verde para la etapa de escalamiento posterior a ECOS 2.0, considerando instrumentos como Bancóldex, el Fondo de Economía Circular y la cooperación internacional, en coherencia con la preferencia expresada por los actores del sector.

Añadir un glosario de términos técnicos y adoptar un lenguaje accesible para actores no especializados, atendiendo la brecha de apropiación identificada en la dimensión comunicativa.

Construir un apartado de replicabilidad con elementos genéricos y un diseño modular, que facilite la transferencia de la hoja de ruta a otras MiPymes del sector, e integrar como línea de trabajo futuro los conceptos de servitización y valorización de biomasa residual observados en la misión a Mataró, España.

Validar la Hoja de Ruta 2.0 con una implementación piloto en Pânavayu o en una MiPyme de rasgos similares, que permita medir resultados reales en campo y afinar la propuesta antes de replicarla en otras empresas del sector. Esta prueba piloto representa la principal línea de trabajo futuro surgida de la consultoría.

Referencias

- Anthropic. (2026). Claude [Modelo de lenguaje de gran escala]. <https://claude.ai>
- Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Benedettini, O., & Kay, J. M. (2009). The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(5), 547-567.
<https://doi.org/10.1108/17410380910960984>
- Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. En H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke & J. West (Eds.), *New Frontiers in Open Innovation* (pp. 3-28). Oxford University Press.
- Confecámaras. (2022). Dinámica de creación de empresas en Colombia. Red de Cámaras de Comercio, Registro Único Empresarial y Social (RUES).
<https://confecamaras.org.co>
- Congreso de la República de Colombia. (2018). Ley 1931 de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. *Diario Oficial* No. 50.667.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4.^a ed.). SAGE Publications.
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., Leskinen, P., Matthies, B. D., & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716-734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>

- Denzin, N. K. (2017). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Routledge.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Documento CONPES 3934: Política de Crecimiento Verde. DNP.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy - A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gamba Menjura, U. A., Rodríguez Vega, L. A., & Tamayo Ospina, J. A. (2025). *Economía circular en bioeconomía: un análisis de mejora de sostenibilidad para la MiPyme Pânavayu* [Trabajo de grado de maestría, Universidad Ean]. Repositorio Institucional Universidad Ean.
- Generalitat de Catalunya. (2021). *Estratègia de bioeconomia de Catalunya 2030 (EBC2030)*. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. <https://agricultura.gencat.cat>
- Gobierno de Colombia. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. <https://unfccc.int>
- Gobierno de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

International Organization for Standardization. (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework (ISO Standard No. 14040:2006).
<https://www.iso.org/standard/37456.html>

International Organization for Standardization. (2015). Environmental management systems — Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 14001:2015).
<https://www.iso.org/standard/60857.html>

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1>

Lengnick-Hall, C. A., & Beck, T. E. (2009). Resilience capacity and strategic agility: Prerequisites for thriving in a dynamic environment. En C. P. Nemeth, E. Hollnagel & S. Dekker (Eds.), Resilience Engineering Perspectives, Volume 2: Preparation and Restoration (pp. 39-69). Ashgate.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MinAmbiente). (2010). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. MinAmbiente.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). (2020). Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa: hacia una sociedad impulsada por el conocimiento.
https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT) & iNNpulsa Colombia. (2024).

Programa Economía Circular Organizada y Sostenible - ECOS 2.0.

<https://impacta.emprendimientosostenible.com.co/programa-economia-circular-organizada-y-sostenible-ecos-2-0/>

Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021).

Aspirational principles and criteria for a sustainable bioeconomy. FAO.

<https://openknowledge.fao.org/items/5cbe63da-76ba-40eb-9493-5714bc775bdd>

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. Harvard Business Review, 89(1-2), 62-77.

Rodrigues, M., Rodríguez, A. G., & Sotomayor, O. (2019). Hacia una bioeconomía

sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional

(Serie Recursos Naturales y Desarrollo). CEPAL.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44640-bioeconomia-sostenible-america-latina-caribe-elementos-vision-regional>

TecnoCampus. (2024). Misión académica internacional en economía circular y

bioeconomía. Universitat Pompeu Fabra, Mataró, España.

<https://www.tecnocampus.cat/es/>

UNEP Inquiry. (2017). Mobilizing sustainable finance for small and medium-sized enterprises. United Nations Environment Programme.

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6.^a ed.).

SAGE Publications.

Anexos

Anexo 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Validación de la hoja de ruta para la acción climática en MiPymes del sector circular

El instrumento que se presenta a continuación conserva la terminología con la que se diseñó y aplicó originalmente a los participantes, que hacía referencia a una hoja de ruta de acción climática. Esa denominación correspondía a una etapa temprana del proyecto. A medida que el trabajo avanzó, el equipo consolidó el marco de bioeconomía como el que mejor delimita el objeto de estudio, y bajo ese marco se presenta el resto del documento. El instrumento se conserva aquí con su redacción literal, tal como fue diligenciado por los participantes, para no alterar la fidelidad de lo efectivamente consultado.

Anexo 1.1: Encuesta de validación a expertos

(Dirigida a expertos en bioeconomía, economía circular y sostenibilidad)

Objetivo del instrumento:

El objetivo de esta encuesta es el de recolectar la percepción de personas con conocimiento o experiencia en bioeconomía, economía circular o sostenibilidad empresarial respecto a la pertinencia, claridad y aplicabilidad de la hoja de ruta de acción climática validada. Al realizar esta encuesta usted acepta que los resultados serán usados únicamente para fines académicos.

Preguntas del cuestionario:

Preguntas de perfil del experto

P1. ¿Cuál es su área de desempeño principal?

- a) Academia o investigación
- b) Empresa privada (sector ambiental, productivo o de sostenibilidad)
- c) Entidad pública (MinCIT, iNNpulsa, MinAmbiente u otras)
- d) Consultoría o emprendimiento sostenible
- e) Otro

P2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en temas de bioeconomía, economía circular o sostenibilidad?

- a) Menos de 1 año
- b) Entre 1 y 3 años
- c) Entre 3 y 5 años
- d) Más de 5 años

Bloque A - Perspectiva técnica

P3. En su opinión, ¿cuál de los siguientes componentes es más importante en una hoja de ruta de acción climática para MiPymes de bioeconomía?

- a) Un diagnóstico ambiental inicial con indicadores cuantitativos
- b) Un análisis de ciclo de vida de los productos
- c) Un plan de medición de huella de carbono
- d) Todos los anteriores son igualmente importantes

P4. ¿Considera que una hoja de ruta de acción climática para MiPymes debería incluir indicadores de impacto medibles desde el inicio de su implementación?

- a) Sí, es fundamental para hacer seguimiento real
- b) Sí, pero solo para indicadores ambientales
- c) Depende del tamaño y la capacidad de la empresa
- d) No es necesario en una etapa inicial

Bloque B - Perspectiva económico-financiera

P5. En su criterio, ¿cuál es la principal barrera económica para que una MiPyme de bioeconomía implemente una hoja de ruta de acción climática?

- a) Los altos costos de insumos sostenibles
- b) La falta de acceso a financiamiento verde
- c) La baja rentabilidad percibida a corto plazo
- d) La ausencia de incentivos fiscales por parte del Estado

P6. ¿Considera que una hoja de ruta de acción climática debería incluir un análisis de costo-beneficio ambiental?

- a) Sí, siempre; es esencial para la toma de decisiones
- b) Sí, pero solo si la empresa tiene capacidad financiera para realizarlo
- c) Es útil pero no obligatorio
- d) No es prioritario en una hoja de ruta de este tipo

P7. ¿Qué fuente de financiamiento considera más accesible para una MiPyme que busca implementar una hoja de ruta climática en Colombia?

- a) Programas públicos como iNNpulsa, Bancóldex o ECOS 2.0
- b) Cooperación internacional (GEF, BID, PNUD)
- c) Capital privado o fondos de inversión de impacto
- d) Autofinanciación con utilidades de la empresa

Bloque C - Perspectiva comunicativa

P8. En su experiencia, ¿con qué claridad suelen estar definidos los conceptos de bioeconomía y economía circular en los instrumentos de gestión que ha conocido?

- a) Muy clara; los documentos que he revisado usan lenguaje accesible
- b) Moderada; hay claridad técnica pero no para actores no especializados
- c) Baja; el lenguaje es muy técnico y limita la apropiación
- d) No he revisado instrumentos de este tipo

P9. ¿Qué tan importante considera que es que una hoja de ruta de acción climática incluya una estrategia de comunicación diferenciada para cada grupo de interés (clientes, proveedores, empleados, comunidad)?

- a) Muy importante; la comunicación define el éxito de la implementación
- b) Importante, pero no es el componente central
- c) Poco importante si los resultados ambientales son buenos
- d) No es necesario en una etapa de hoja de ruta

Bloque D - Perspectiva estratégica

P10. ¿Considera que una hoja de ruta de acción climática diseñada para una empresa específica puede adaptarse para ser usada por otras MiPymes del mismo sector?

- a) Sí, si los indicadores y estrategias están bien definidos
- b) Solo parcialmente; requiere adaptaciones al contexto de cada empresa
- c) No, cada empresa necesita construir su propia hoja de ruta desde cero
- d) Depende del sector productivo

P11. En términos generales, ¿considera que una hoja de ruta de acción climática es una herramienta útil y pertinente para orientar a las MiPymes colombianas de bioeconomía hacia prácticas más sostenibles?

- a) Sí, completamente; cubre las dimensiones clave
- b) Sí, pero requiere ajustes importantes antes de replicarse
- c) Parcialmente; es útil pero insuficiente por sí sola
- d) No; existen instrumentos más efectivos para este propósito

P12. ¿Tiene alguna recomendación adicional para fortalecer una hoja de ruta de acción climática para MiPymes de bioeconomía en Colombia? (Respuesta abierta, opcional)

Anexo 2. Hoja de ruta inicial de Pânavayu (documento base del análisis)

Este anexo recoge, de forma resumida, la hoja de ruta que se formuló para Pânavayu SAS BIC en el trabajo de grado previo (Gamba et al., 2025) y que sirvió de base para toda la validación que documenta esta consultoría. Se incluyen sus tres estrategias, sus indicadores de impacto, el cronograma por fases y el presupuesto global, tal como los planteó el equipo anterior.

Estrategias de intervención

La hoja de ruta se apoya en tres estrategias. La primera es el reciclaje de envases con incentivo al cliente: se instalan puntos de recolección para que las personas devuelvan los envases a cambio de un descuento, con la idea de reducir residuos y alargar la vida útil de los empaques. La segunda es la distribución en tiendas de barrio, que busca llegar a consumidores cercanos, bajar los costos de logística y afianzar la relación con las comunidades. La tercera es la compra de açai y arazá a comunidades indígenas del Amazonas bajo acuerdos de comercio justo, que asegura materias primas de mejor calidad y, al mismo tiempo, cuida la biodiversidad y respalda prácticas responsables.

Indicadores de impacto

Tabla A2.1. Indicadores de impacto de la hoja de ruta original

Indicador	Descripción
% de reducción de residuos a disposición final	Mide el impacto de las estrategias de reciclaje y ecodiseño.
% de materia prima adquirida a comunidades amazónicas	Evalúa el grado de implementación del enfoque inclusivo y sostenible.

Número de tiendas de barrio vinculadas	Refleja la expansión local e inclusión en nuevos canales.
% de clientes que reutilizan envases	Indica el éxito del sistema de devolución con incentivos.
% de productos con ingredientes de bioeconomía circular	Mide la integración del enfoque circular en la producción.
Incremento en la percepción de sostenibilidad de la marca	Se evalúa con encuestas a clientes.
Crecimiento en ventas de productos sostenibles	Refleja el impacto comercial de la intervención.
Número de alianzas con actores de sostenibilidad	Mide la cooperación con actores del ecosistema.
% de reducción de emisiones de empaques y transporte	Se estima con la huella de carbono indirecta.

Nota. Fuente: Gamba et al. (2025).

Cronograma por fases

Tabla A2.2. *Cronograma de implementación por fases*

Fase	Meses	Acciones principales
Fase 1: Planificación	0-3 meses	Diagnóstico inicial, diseño de procesos logísticos y comerciales, y pruebas piloto de reciclaje, distribución y compra de materias primas.
Fase 2: Implementación	4-6 meses	Expansión parcial del reciclaje, ampliación de la red de tiendas de barrio y acuerdos formales con comunidades indígenas.

Fase 2: Implementación	6-9 meses	Ajuste de procesos según la retroalimentación, optimización logística y seguimiento de impactos en las comunidades.
Fase 3: Consolidación	9-12 meses	Estandarización de procesos, campañas de marketing sostenible y evaluación de los indicadores clave.
Largo plazo	+12 meses	Inversión en tecnología de reciclaje y trazabilidad, y expansión a mercados nacionales e internacionales.

Nota. Fuente: Gamba et al. (2025).

Presupuesto global

Tabla A2.3. *Presupuesto global de la hoja de ruta original*

Categoría	Costo (COP)	Detalle
Diagnóstico inicial	5.000.000	Análisis de recursos e identificación de proveedores y comunidades.
Diseño de procesos	4.000.000	Diseño de logística, reciclaje y comercialización.
Pruebas piloto	5.000.000	Arranque de reciclaje y distribución en tiendas de barrio.
Expansión del reciclaje	5.000.000	Extensión a otras regiones y capacitación a consumidores.
Alianzas con tiendas de barrio	3.500.000	Logística, acuerdos comerciales y promoción inicial.
Acuerdos con comunidades	3.000.000	Negociaciones, precios justos y logística de materia prima.
Campañas de marketing	5.000.000	Promoción del reciclaje, la sostenibilidad y los productos locales.
Monitoreo y evaluación	3.000.000	Medición de indicadores y ajustes.
Tecnología y herramientas	5.000.000	Sistemas de trazabilidad, reciclaje y gestión logística.
Total aproximado	46.500.000	Suma de las tres fases y costos adicionales.

Nota. Fuente: elaboración propia a partir de Gamba et al. (2025).

Anexo 3. Soportes del proceso de validación con actores del sector

En este anexo reunimos las evidencias de la consulta a actores del sector, que fue la tercera fuente de la triangulación. El instrumento se aplicó con un formulario de Microsoft Forms, que diligenciaron quince actores del sector durante una convención del sector a la que asistió uno de los integrantes del equipo. Como la encuesta fue anónima para cuidar los datos personales de quienes participaron, no tenemos una identificación de cada respuesta por separado; por eso presentamos el perfil de los actores del sector de forma agregada, a partir de las dos preguntas de perfil del cuestionario.

Perfil de los actores del sector consultados

Los quince participantes tienen perfiles con criterio técnico afín a una hoja de ruta de bioeconomía. Entre ellos hay ingenieros ambientales y topógrafos, junto a personas del sector privado, de entidades públicas y de la academia. Las dos tablas siguientes muestran cómo se distribuyen por área y por experiencia.

Tabla A3.1. *Distribución de los actores del sector por área de desempeño (n = 15)*

Área de desempeño	N.º	%
Empresa privada (sector ambiental, productivo o de sostenibilidad)	9	60,0 %
Entidad pública (MinCIT, iNNpulsa, MinAmbiente u otras)	5	33,3 %
Academia o investigación	2	13,3 %
Otro	1	6,7 %

Nota. La pregunta de área admitió selección múltiple, así que la suma supera n = 15. Entre los perfiles técnicos se identificaron ingenieros ambientales y topógrafos. Fuente: elaboración propia (2026).

Tabla A3.2. *Distribución de los actores del sector por años de experiencia (n = 15)*

Años de experiencia	N.º	%
Menos de 1 año	6	40,0 %
Entre 1 y 3 años	5	33,3 %
Entre 3 y 5 años	1	6,7 %
Más de 5 años	3	20,0 %

Nota. Fuente: elaboración propia (2026).

Instrumento aplicado (Microsoft Forms)

Enseguida incluimos la captura del formulario de Microsoft Forms tal como lo vieron y diligenciaron los actores del sector, que da cuenta de la estructura del instrumento y de que se aplicó en línea.

Encuesta de validación a expertos

El objetivo de esta encuesta es el de recolectar la percepción de personas con conocimiento o experiencia en bioeconomía, economía circular o sostenibilidad empresarial respecto a la pertinencia, claridad y aplicabilidad de la hoja de ruta de acción climática validada.

Al realizar esta encuesta usted acepta que los resultados serán usados únicamente para fines académicos y de mejora institucional

Cuando envíe este formulario, no recopilará automáticamente sus detalles, como el nombre y la dirección de correo electrónico, a menos que lo proporcione usted mismo.

* Obligatorio

Datos del entrevistado

1. ¿Cuál es su área de desempeño principal? *

☐ Academia o investigación

☐ Empresa privada (sector ambiental, productivo o de sostenibilidad)

☐ Entidad pública (MinCIT, Innpulsa, MinAmbiente u otras)

☐ Consultoría o emprendimiento sostenible

☐ Otro

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en temas de bioeconomía, economía circular o sostenibilidad? *

☐ Menos de 1 año

☐ Entre 1 y 3 años

☐ Entre 3 y 5 años

☐ Más de 5 años

Siguiente

Página 1 de 5

Registro fotográfico del evento

Como respaldo adicional, incluimos las fotografías de la convención donde los actores del sector participaron en la consulta.



Figura A3.1. Aplicación del instrumento durante la convención del sector.

Anexo 4. Soporte de la misión académica internacional

Este anexo reúne el soporte de la Misión Académica Internacional, Programa Internacional en Economía Circular, realizada en el TecnoCampus de Mataró, España, cuyos aprendizajes se integraron en la Hoja de Ruta 2.0. Se compone de dos partes: el contenido del programa y el registro fotográfico de la participación del equipo.

Contenido del programa

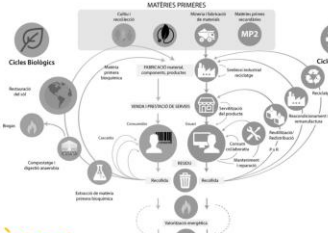
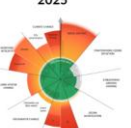
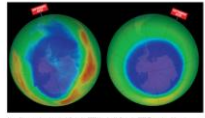
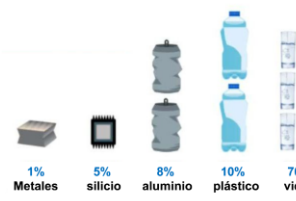
HUB4T    Marco normativo de Economía Circular Mantener el valor de los productos, materiales y recursos es un factor clave cuando hablamos de Economía Circular. Existen gran variedad de normas y legislación aplicables a la Economía circular: son el marco necesario para conseguir que la economía circular sea una realidad a todos los niveles: administración, empresas y ciudadanía. Vamos a hacer un breve repaso de estas en las siguientes diapositivas. 	HUB4T    Plataforma Circularidad de NU Naciones Unidas indica cuáles son los retos de la circularidad del modelo económico actual hacia un modelo sostenible: - Inspirados en soluciones basadas en la naturaleza (NBS), los modelos circulares mantienen los materiales en el mayor valor posible a lo largo de la cadena de valor. - La cadena de valor en su totalidad es importante, más que cada etapa considerada de forma individual. - Todas las partes interesadas están comprometidas con el cambio del sistema. - El análisis del ciclo de vida permite identificar puntos de intervención estratégicos. - Desvincular el uso de los recursos naturales y el impacto medioambiental de la actividad económica y el bienestar humano en lo esencial. - La circularidad debe ser inclusiva para lograr una situación de "win-win" que preserve el medio ambiente tanto como el bienestar común. Video Circularidad Naciones Unidas: https://www.youtube.com/watch?v=AiKKY2AC71w
HUB4T    A modo de resumen Las normativas sobre economía circular, desde el ámbito más local al ámbito internacional más amplio, constituyen el marco común para lograr una transición real hacia la circularidad. Cada nivel aporta una pieza esencial de este complicado puzzle: políticas, regulación, innovación, cooperación, financiamiento. - La Unión Europea establece la dirección y los objetivos comunes - España, a través de la Ley 7/2022 concreta y regula su aplicación - Cataluña impulsa los proyectos locales y la innovación y financiación - El marco de y la financiación global se obtienen en el marco internacional La Economía Circular es mucho más que una estrategia ambiental, es una oportunidad para repensar cómo producimos, consumimos y convivimos.	HUB4T    
HUB4T     ESTRATEGIAS	HUB4T    El planeta tiene límites... Y los humanos, soluciones 2025   Protocolo de Montreal
HUB4T    Servitizar para avanzar hacia el residuo cero: entendiendo las necesidades ...  MICHELIN, UNCONTESTED LEADER IN TIRE WEAR PARTICLE REDUCTION: NEW RECOGNITION BY THE ADAC AND ITS MILLION MEMBERS* * For the second consecutive year, MICHELIN has been recognized by the ADAC as the uncontested leader in the reduction of particle emissions during tire wear. * The ADAC is a global consumer group for the ADAC in Germany. * Thanks to its technology in eco-pneus, MICHELIN has been consistently reducing particle emissions for 20 years.	HUB4T    ECONOMÍA CIRCULAR, RECICLAJE Y CICLO DE VIDA (LCA)- PANELES SOLARES  

Figura A4.1. Contenido del Programa Internacional en Economía Circular (TecnioCampus, Mataró).

Registro fotográfico de la participación



Figura A4.2. Participación del equipo consultor en la misión académica (Mataró, España).