

PROSPECTIVA DEL CRECIMIENTO SOSTENIBLE DE LA INDUSTRIA DE
HIDROCARBUROS EN EL META
“Modalidad: Proyecto de Investigación”



JUAN FELIPE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
PAULA KARINA RODRÍGUEZ GARZÓN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO
2025

PROSPECTIVA DEL CRECIMIENTO SOSTENIBLE DE LA INDUSTRIA DE
HIDROCARBUROS EN EL META

“Modalidad: Proyecto de Investigación”

JUAN FELIPE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
PAULA KARINA RODRÍGUEZ GARZÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Asesor

Mg. OSCAR IVÁN VARGAS PINEDA
Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Grupo de investigación NAKOTA: Educación, Sociedad y Emprendimiento

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO

2025

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. Luis Antonio ALFONSO VARGAS, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. Víctor Andrés RINCÓN GONZALEZ

Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial

Agradecimientos

Principalmente, agradecemos a Dios y a nuestras familias por su amor incondicional, su comprensión, y por acompañarnos y apoyarnos en cada momento de esta linda etapa, siendo nuestro pilar fundamental.

A cada uno de los docentes que hicieron parte de nuestra formación, por compartir sus conocimientos, por su dedicación, paciencia y por formarnos como profesionales.

A la profesional Paula Andrea Morales Robayo, del grupo Hidrocarburos y Energético de la entidad Cormacarena, por su valioso apoyo, orientación y disposición para compartir sus conocimientos, los cuales contribuyeron significativamente al desarrollo de esta investigación.

Tabla de Contenido

Resumen.....	9
Abstract	11
Planteamiento del problema.....	13
Hipótesis o pregunta de investigación	14
Alcance o delimitación	15
Justificación	16
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos específicos	18
Marco Referencial.....	19
Marco Conceptual	19
Marco Normativo.....	19
Estado del Arte.....	20
Digitalización y sostenibilidad industrial:	22
Experiencias internacionales.....	23
Factores socioeconómicos:	23
Agroecosistemas y sostenibilidad:	24
Industria de hidrocarburos en el Meta:	24
Metodologías prospectivas.....	24
Marco Metodológico.....	25
Enfoque de la investigación	25
Tipo y nivel de investigación	25
Fuentes de información.....	25
Población y muestra.....	26
Horizonte temporal	26
Diseño de investigación	26
Métodos y técnicas.....	27
Resultados y Discusiones.....	30
Variables identificadas por componentes:	30

Caracterización del sector de la palma de aceite en el departamento del Meta	31
Análisis de interacción de Variable	36
Gráficos del Interacciones.....	37
Escenarios Prospectivos.....	38
Conclusiones	41
Recomendaciones	43
Referencias bibliográficas.....	44

Lista de tablas

Tabla 1 Escala Saaty	27
Tabla 2 Variables identificadas según componentes para consolidar la matriz.....	30
Tabla 3 Cuadro de escenarios prospectivos del sector hidrocarburos en el Meta.....	38

Lista de figuras

Figura 1 Análisis estructural MICMAC	21
Figura 2 Actores que inciden en el turismo sostenible en Villavicencio	22
Figura 3 Fases trabajadas en el proyecto	27
Figura 4 Desarrollo de la matriz con la profesional Paula Andrea Morales Robayo SIG Grupo Hidrocarburos y Energético	31
Figura 5 Matriz de Análisis AHP	32
Figura 6 Porcentajes de Importancia de Variables	33
Figura 7 Porcentajes de Importancia de Factores	34
Figura 8 Matriz de análisis del método MICMAC	36
Figura 9 Análisis de influencias y Dependencias (MICMAC).....	37
Figura 10 Gráfica de escenarios.....	38

Resumen

La investigación analizó el potencial de crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta, territorio que concentra más del 50 % de la producción petrolera del país y constituye un eje estratégico para la economía colombiana. Aunque el sector ha impulsado el desarrollo económico y fiscal, también ha generado impactos ambientales y sociales relacionados con la deforestación, la contaminación hídrica y la pérdida de biodiversidad. Ante este contexto, el estudio buscó identificar los factores que condicionan la sostenibilidad del sector y proyectar escenarios futuros que orienten la planificación territorial y la gestión ambiental.

El enfoque metodológico integró herramientas cualitativas y cuantitativas, aplicando los métodos AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados) para priorizar y analizar las relaciones entre variables estratégicas, junto con el enfoque de escenarios prospectivos de Schwartz (1991), que permitió construir trayectorias de desarrollo a mediano y largo plazo. De acuerdo con Barati et al. (2019), la combinación AHP–MICMAC es eficaz para jerarquizar factores críticos de sostenibilidad y comprender su interacción sistémica.

Los resultados muestran que las variables motrices (de mayor influencia) son la gestión ambiental, la innovación tecnológica, la estabilidad regulatoria y la participación comunitaria, mientras que las variables dependientes están asociadas con la dinámica económica, la demanda internacional y la capacidad institucional. Esta estructura evidencia que los avances ambientales impulsan la modernización tecnológica y fortalecen la gobernanza, generando un ciclo virtuoso de sostenibilidad (Brătucu et al., 2017; Bekun et al., 2019).

Los factores más relevantes identificados mediante el AHP fueron el ambiental (49 %) y el económico (26 %), lo cual confirma que el crecimiento del sector solo es viable si se equilibra la rentabilidad con la conservación ecológica (Danish & Wang, 2018). En consecuencia, el escenario deseable propuesto se caracteriza por altos niveles de gestión ambiental y desarrollo tecnológico, representando la ruta más adecuada hacia un modelo energético competitivo y responsable.

La investigación demuestra que la prospectiva aplicada constituye una herramienta esencial para anticipar riesgos y fortalecer la toma de decisiones estratégicas. Los resultados ofrecen insumos técnicos y metodológicos que orientan la formulación de políticas hacia un desarrollo económicamente viable, ambientalmente responsable y socialmente inclusivo en el Meta,

reafirmando que la sostenibilidad del sector hidrocarburos depende de la integración entre la innovación, la eficiencia productiva y la protección del entorno (Ahmad et al., 2019; Choi & Turk, 2006).

Palabras clave: crecimiento sostenible, hidrocarburos, prospectiva, sostenibilidad, Meta, MICMAC, AHP.

Abstract

The research analyzed the potential for sustainable growth in the hydrocarbon industry of the Meta Department, a region that concentrates more than 50% of Colombia's oil production and represents a strategic axis for the national economy. Although this sector has boosted fiscal and economic development, it has also caused significant environmental and social impacts related to deforestation, water pollution, and biodiversity loss. In this context, the study aimed to identify the key factors that condition the sector's sustainability and to project future development scenarios to guide territorial planning and environmental management.

The methodological approach combined qualitative and quantitative tools, applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the MICMAC (Cross-Impact Matrix Multiplication Applied to Classification) method to prioritize and analyze relationships among strategic variables, along with Peter Schwartz's prospective scenario approach to outline medium- and long-term development pathways. As indicated by Barati et al. (2019), the integration of AHP and MICMAC allows for a more comprehensive understanding of sustainability factors and their systemic interactions.

The results reveal that the driving variables with the greatest influence are environmental management, technological innovation, regulatory stability, and community participation, whereas the dependent variables include economic dynamics, international demand, and institutional capacity. These interactions demonstrate that improvements in environmental performance drive technological modernization and institutional strengthening, generating a virtuous cycle of sustainability (Brătucu et al., 2017; Bekun et al., 2019).

The most relevant factors identified through the AHP were the environmental factor (49%) and the economic factor (26%), confirming that the sector's growth is only feasible when profitability and ecological conservation are balanced (Danish & Wang, 2018). Consequently, the desirable scenario is characterized by high levels of environmental management and technological advancement, representing the most appropriate pathway toward a competitive and sustainable energy model.

This research demonstrates that applied foresight is a key tool for anticipating risks and enhancing strategic decision-making. The results provide technical and methodological insights for developing policies and strategies aimed at achieving an economically viable, environmentally

responsible, and socially inclusive hydrocarbon sector in the Meta region, reinforcing the notion that sustainability relies on the integration of innovation, production efficiency, and environmental protection (Ahmad et al., 2019; Choi & Turk, 2006).

Keywords: sustainable growth, hydrocarbons, foresight, sustainability, Meta, MICMAC, AHP.

Planteamiento del problema

El potencial económico relacionado con la industria de hidrocarburos ha consolidado al Departamento del Meta, como un territorio estratégico para la nación (Gobernación del Meta, 2021; Universidad Nacional de Colombia – Sede Orinoquía, 2020), estas también han generado unas tensiones propias de su relación con el medio natural, y la sostenibilidad ambiental asociadas principalmente a la presión sobre los recursos naturales, así como a la dependencia de mercados internacionales, y falta de diversificación productiva. (Restrepo & Vargas, 2018; CEPAL, 2022), A nivel nacional, la producción de crudo alcanzó en 2023 alrededor de 777.000 barriles diarios, cifra que aunque representa una recuperación frente a años previos, evidencia volatilidad y riesgos de descenso en el mediano plazo (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2024; Enerdata, 2024).

Simultáneamente, la superficie dedicada a palma de aceite en Colombia ha crecido de forma sostenida: entre 2020 y 2022 el área sembrada superó las 500.000 hectáreas, con estimaciones cercanas a 560.000 hectáreas a nivel nacional. Este incremento, si bien genera empleo y valor económico, también está asociado a riesgos de deforestación, pérdida de biodiversidad y presión sobre el suelo y las cuencas hídricas (GLiBE, 2020; Potter, 2020).

Con base en eso, surge la incógnita sobre cuáles son los factores que limitan o fomentan el crecimiento, no solo económico sino sostenible de estas actividades económicas, y cómo estos interactúan, para determinar las trayectorias posibles de desarrollo en el Departamento del Meta a largo y mediano plazo, (Rincón & Ramírez, 2019; DNP, 2020); Adicionalmente, aunque en la región se han desarrollado estudios que analizan la dinámica económica, han sido escasos aquellos que han abordado escenarios prospectivos que permitan anticipar los posibles escenarios futuros y por tanto sirvan como una herramienta para la planificación (Universidad Nacional de Colombia – Sede Orinoquía, 2020).

Por otra parte, la producción nacional de hidrocarburos ha mostrado descensos en algunos periodos recientes: en 2025 se registró una disminución interanual de 4,8 % en petróleo y 11,3 % en gas, lo que subraya la vulnerabilidad del sector frente a fluctuaciones externas e internas (Reuters, 2025).

Por otro lado, el uso de metodologías como el Análisis Jerárquico (AHP), el enfoque de escenarios de Peter Schwartz, y el modelo MIMAC, configuran una herramienta valiosa para entender las relaciones entre las variables, discernir posibles escenarios deseados o indeseados en

el sector productivo, e identificar los factores críticos (Saaty, 1980; Godet, 2001; Schwartz, 1991; Godet & Durance, 2011).

En ese sentido, surge la necesidad desarrollar un análisis prospectivo del potencial de crecimiento sostenible de estas industrias en el departamento, con el fin de aportar insumos gestión ambiental, a través de la planificación territorial, articulada con la definición de estrategias de desarrollo regional, de modo que se equilibre el componente económico y el ambiental (CEPAL, 2022; DNP, 2020).

Hipótesis o pregunta de investigación

Un análisis prospectivo de las actividades de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta permitirá la identificación de factores necesarios para su crecimiento sostenible del sector, así como la proyección de los posibles escenarios en el futuro, los cuales servirán como herramienta para la toma de decisiones en el territorio.

Alcance o delimitación

La presente investigación tiene como orientación el diseño de estrategias institucionales para fortalecer la competitividad regional en el departamento del Meta. El estudio se circunscribe a nivel regional, tomando como unidad de análisis el Meta y proyectándose en un horizonte de mediano y largo plazo de aproximadamente 10 años, considerando las dinámicas ambientales, sociales y económicas que inciden en el sector de hidrocarburos. El enfoque se centra en el análisis prospectivo del potencial de crecimiento sostenible de dichas actividades, aplicando el método AHP para identificar factores clave, el modelo MICMAC para analizar su interrelación y el enfoque de escenarios de Peter Schwartz para proyectar posibles futuros. La investigación va dirigida a las autoridades territoriales y ambientales, a las empresas de los sectores estudiados, a las comunidades locales y a la academia, buscando generar herramientas útiles para la toma de decisiones estratégicas. Los principales beneficiarios serán las comunidades del Meta, que podrán contar con propuestas que equilibren el desarrollo económico y la conservación ambiental; las empresas, al disponer de escenarios y factores críticos que les permitan adaptarse y planear estratégicamente; las instituciones públicas, que podrán basar sus decisiones en insumos técnicos; y los centros de investigación, que tendrán un referente metodológico replicable. Cabe resaltar que en el departamento del Meta se encuentran registradas aproximadamente 655 empresas vinculadas al sector de hidrocarburos, lo cual evidencia la importancia y pertinencia de este estudio en el contexto regional.

Justificación

Las dinámicas económicas y sociales del departamento del Meta se encuentran estrechamente ligadas a la industria de hidrocarburos, la cual ha sido uno de los principales motores de desarrollo regional y nacional. Este sector ha permitido posicionar al Meta como un territorio estratégico para la economía colombiana, al concentrar más del 50 % de la producción petrolera del país y generar una importante participación en los ingresos fiscales y el empleo regional. Sin embargo, el crecimiento de la actividad petrolera también ha estado acompañado de tensiones socioambientales derivadas de la presión sobre los ecosistemas, la contaminación de fuentes hídricas y los conflictos por el uso del suelo. Estas problemáticas generan incertidumbre respecto a la sostenibilidad del sector en el mediano y largo plazo, especialmente en un contexto global de transición energética y creciente demanda de prácticas productivas sostenibles (Céspedes, 2015; Restrepo & Vargas, 2018).

La industria de hidrocarburos ha sido uno de los principales motores de transformación económica en la región de la Orinoquía, especialmente en el departamento del Meta, donde se concentra más del 50 % de la producción petrolera nacional. No obstante, esta actividad también ha generado profundos impactos sobre el territorio, al propiciar procesos de deforestación, contaminación hídrica y fragmentación de ecosistemas estratégicos. Según Céspedes (2015), la expansión petrolera en el Meta ha alterado las dinámicas ambientales y sociales locales, generando conflictos por el uso de la tierra y afectando la sostenibilidad de comunidades rurales. De igual forma, Restrepo y Vargas (2018) señalan que los conflictos socioambientales derivados de la explotación de hidrocarburos en Colombia se relacionan principalmente con la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la falta de participación comunitaria en la toma de decisiones. En este contexto, resulta imprescindible fortalecer los instrumentos de planificación territorial y de gestión ambiental que permitan equilibrar el desarrollo económico con la protección de los recursos naturales, garantizando un aprovechamiento responsable de los hidrocarburos como base para un crecimiento sostenible en el departamento del Meta.

En paralelo, la industria de hidrocarburos enfrenta un doble desafío: la dependencia fiscal y económica del petróleo en la región, y los impactos ambientales y sociales derivados de su explotación. Estudios recientes destacan que la persistencia de conflictos socioambientales en zonas petroleras responde tanto a la debilidad institucional como a la falta de información

estratégica que permita anticipar riesgos y diseñar escenarios sostenibles de desarrollo regional (Rincón & Ramírez, 2019). En este sentido, la integración de metodologías prospectivas como el AHP, el MICMAC y los escenarios de Schwartz constituye una herramienta clave para entender la interacción de las variables críticas y anticipar trayectorias de desarrollo posibles.

Así, se hace evidente la necesidad de fortalecer la toma de decisiones en torno a la gestión de los recursos y la planificación territorial. Este estudio busca generar insumos técnicos que permitan articular la gestión ambiental con la gestión empresarial y comunitaria, ofreciendo un marco estratégico que contribuya al equilibrio entre la economía y el ambiente. De este modo, se pretende aportar a un desarrollo regional sostenible que no solo aproveche las oportunidades derivadas de las industrias predominantes, sino que también prepare a los actores locales para enfrentar los desafíos que estas generan. En consecuencia, la investigación no solo responde a una necesidad académica, sino también a un imperativo social y ambiental de gran relevancia para el futuro del departamento y del país (Hara, 2021).

Objetivos

Objetivo General

Analizar prospectivamente el potencial de crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta, mediante la aplicación de metodologías prospectivas que permitan la identificación de factores clave, relaciones estratégicas y escenarios de desarrollo a mediano y largo plazo.

Objetivos específicos

- Identificar a través del método AHP, los factores que impulsan o limitan el crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta.
- Determinar mediante el modelo MICMAC, las interrelaciones, niveles de influencia y dependencia de las variables que inciden en el desarrollo sostenible del sector de hidrocarburos.
- Diseñar escenarios prospectivos de crecimiento sostenible en el departamento del Meta utilizando el enfoque de Peter Schwartz, con el fin de aportar insumos estratégicos para la industria de hidrocarburos.

Marco Referencial

Marco Conceptual

Crecimiento Sostenible Proceso de expansión económica que busca un equilibrio entre la productividad industrial, la conservación del medio ambiente y el bienestar social, asegurando la disponibilidad de recursos para las generaciones futuras (Marín, 2016; Hara, 2021).

Industria 5.0: Nueva etapa de desarrollo industrial que integra tecnologías digitales avanzadas (IA, IoT, blockchain, metaverso) con un enfoque centrado en el ser humano y la sostenibilidad, priorizando la eficiencia energética, la resiliencia y la ética en la digitalización (Giovanni, 2023).

Metaverso Industrial: Ecosistema digital inmersivo que permite simular, planificar y optimizar procesos industriales, mejorando la eficiencia de cadenas productivas, inventarios y toma de decisiones estratégicas mediante gemelos digitales y realidad aumentada (Huang, 2023; Shehzad et al., 2024).

Método AHP (Analytic Hierarchy Process): Herramienta de análisis multicriterio que permite priorizar factores determinantes en la toma de decisiones mediante comparaciones pareadas, útil para jerarquizar variables que impulsan el crecimiento industrial (Saaty, 2001).

Modelo MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación): Técnica prospectiva que analiza las relaciones de influencia y dependencia entre variables de un sistema, con el fin de identificar aquellas más estratégicas para construir escenarios futuros (Godet, 2001).

Marco Normativo

En Colombia, el marco legal y técnico que orienta la digitalización responsable de las industrias y la gestión sostenible de inventarios se refleja en las siguientes normas y políticas porque Chew y Jahari (2014) “resaltan que la percepción de riesgo ambiental afecta la aceptación social de las actividades productivas” La gestión ambiental en el sector hidrocarburos debe reducir la percepción de riesgo y aumentar la confianza pública mediante transparencia y cumplimiento normativo:

- Ley 1715 de 2014 – Promueve la integración de energías renovables no convencionales y la eficiencia energética, incentivando la innovación tecnológica en los sectores productivos.
- CONPES 3920 de 2018 – Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data), que fomenta la digitalización y el uso de datos en las cadenas de valor industriales.
- Decreto 2106 de 2019 – Simplifica y digitaliza trámites y procesos industriales, optimizando la gestión documental y administrativa en empresas.
- NTC ISO 9001:2015 – Norma técnica colombiana que regula los sistemas de gestión de calidad, incluyendo procedimientos de trazabilidad digital y gestión de inventarios.
- Ley 2069 de 2020 (Ley de Emprendimiento) – Establece incentivos para la innovación y transformación digital en empresas, facilitando la adopción de nuevas tecnologías en sectores como hidrocarburos y agroindustria.

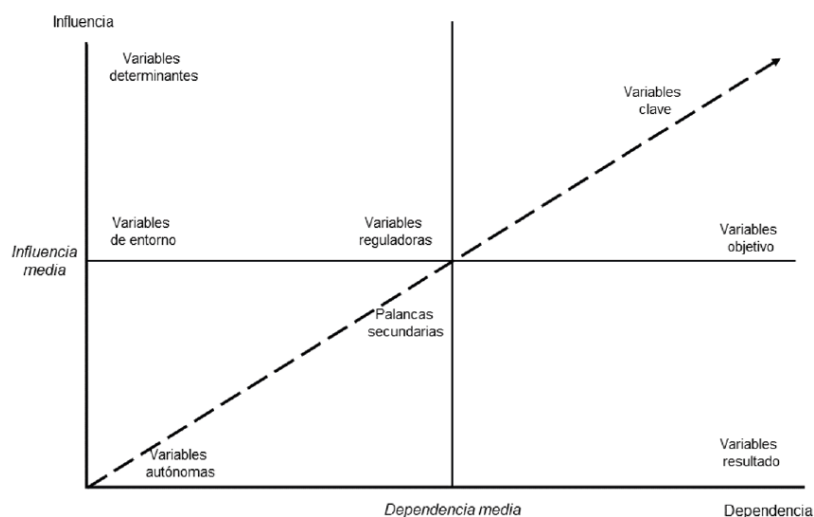
Estado del Arte

El estudio del crecimiento sostenible en la industria de hidrocarburos, especialmente en el departamento del Meta, se enmarca en una tendencia global hacia la digitalización responsable y la integración de metodologías prospectivas, “El desarrollo económico puede coexistir con la degradación ambiental si no se implementan estrategias de sostenibilidad efectivas” (Ahmad et al., 2019). La importancia de mantener una gestión ambiental activa en la industria de hidrocarburos del Meta, pues el crecimiento económico sin control ambiental conduce a impactos negativos irreversibles.

La industria de hidrocarburos en Colombia ha sido objeto de múltiples análisis orientados a identificar las variables estratégicas que determinan su sostenibilidad y competitividad en el contexto actual de transición energética. En el estudio de Díaz et al. (2022), se señala que el sector petrolero colombiano enfrenta un entorno caracterizado por alta volatilidad de precios, presión ambiental y creciente demanda de responsabilidad social, lo que exige nuevos enfoques de planificación basados en la prospectiva estratégica. Dicho estudio identifica variables críticas como la innovación tecnológica, la gestión ambiental, la estabilidad regulatoria y la aceptación social como factores determinantes para el futuro del sector (Díaz et al., 2022).

Asimismo, los autores destacan que la prospectiva estratégica y el uso de herramientas como MICMAC y MACTOR permiten anticipar escenarios y priorizar acciones para fortalecer la gobernanza del sector, especialmente en regiones con alta dependencia petrolera como el Meta. De acuerdo con el análisis, el fortalecimiento institucional, la gestión del conocimiento y la inversión en tecnologías limpias son elementos esenciales para garantizar la sostenibilidad de la industria a mediano y largo plazo (Díaz et al., 2022, p. 9).

Figura 1 *Análisis estructural MICMAC*



Nota. (Vargas, O., Ortiz, N., Ávila, E., Ávila H.(2025)).

Por otro lado, se expone que la dimensión ambiental adquiere un papel transversal, al evidenciar que la percepción negativa de la sociedad frente a los impactos del petróleo puede afectar la estabilidad operativa de las empresas. En este sentido, se sugiere incorporar estrategias de comunicación y transparencia que fortalezcan la relación empresa-comunidad, reduciendo los conflictos socioambientales (Díaz et al., 2022, p. 11). Este hallazgo resulta coherente con la necesidad de integrar criterios de sostenibilidad y gobernanza ambiental dentro del modelo de desarrollo territorial del departamento del Meta. Bekun et al. (2019) “demostraron que el uso equilibrado de recursos renovables y no renovables mejora la sostenibilidad ambiental” la industria de hidrocarburos, incorporar energías limpias y procesos eficientes es esencial para mitigar los impactos del uso intensivo de combustibles fósiles.

Desde el enfoque de identificación de variables estratégicas, el estudio enfatiza en la interacción entre factores económicos y ambientales, señalando que la sostenibilidad del sector

depende tanto de la eficiencia productiva como de la gestión de los recursos naturales. Esto coincide con los postulados de Godet (2001) y Schwartz (1991), quienes sostienen que la construcción de escenarios prospectivos permite anticipar crisis y planificar decisiones estratégicas basadas en la interdependencia de variables críticas.

Finalmente, el trabajo de Díaz et al. (2022) resalta la pertinencia de utilizar herramientas de análisis estructural como MICMAC, las cuales ayudan a identificar variables motrices y dependientes, así como sus relaciones de causalidad. Esta metodología constituye un referente directo para el presente proyecto, que busca aplicar estos mismos instrumentos en el contexto del departamento del Meta, orientado al crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos.

Figura 2 *Actores que inciden en el turismo sostenible en Villavicencio*

<i>Clasificación</i>	<i>Actor</i>
Actores privados	Empresas de hospedaje.
	Agencias de viajes.
	Operadores turísticos.
	Empresas de transporte.
	Empresas de alimentos.
	Empresas dedicadas a guiar y conducir grupos.
	Empresas que ofrecen excursiones.
Actores locales	Gremio de artesanos.
	Sociedades residentes.
	Instituto de cultura.
Turistas	Nacionales.
	Extranjeros.
	Locales.
Instituciones	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
	Gobiernos departamentales.
	FonTUR – Fondo Nacional de Turismo.
	Consejo Superior del Turismo.
	Secretarías de turismo departamentales y municipales.
	Coordinación comercial del turismo.
	Instituto de Turismo del Meta.
	Ministerio del Interior.
	Cormacarena.

Nota. (Vargas, O., Ortiz, N., Ávila, E., Ávila H. (2025)).

Digitalización y sostenibilidad industrial:

De Giovanni (2023) analiza cómo el metaverso puede impulsar una transición hacia la Industria 5.0, promoviendo una digitalización responsable que integre eficiencia energética y

criterios ESG. Este enfoque resulta pertinente porque permite considerar tecnologías digitales como apoyo en la planificación territorial y en la gestión sostenible de recursos. De manera complementaria, Rajguru y Brüggemann (2024) proponen un marco conceptual para integrar dimensiones de sostenibilidad en el metaverso, resaltando la importancia de la aceptación social en la adopción tecnológica. Liu et al. (2024) destacan que los principales habilitadores de la Industria 5.0 son la resiliencia, la sostenibilidad y la interacción humano-máquina, lo cual es relevante para anticipar cómo la innovación tecnológica puede contribuir a escenarios prospectivos más equilibrados. Asimismo, Turner (2022) plantea la utilización del análisis de ciclo de vida (ACV) junto con productos inteligentes como estrategia de economía circular, lo que ofrece indicadores concretos para evaluar impactos ambientales en cadenas productivas.

Experiencias internacionales

Guibert et al. (2018) documentan cómo en Argentina la relación entre agroindustria e hidrocarburos genera tensiones por el uso intensivo de recursos naturales, destacando los conflictos sociales y ambientales derivados. De forma similar, Bulut y Gökalp (2022) examinan la interacción entre agricultura y explotación energética en Turquía, evidenciando retos comunes en torno a la sostenibilidad y la dependencia de mercados internacionales. Gururani et al. (2024) complementan estas visiones al analizar los impactos del extractivismo en comunidades rurales, mostrando cómo los beneficios económicos se ven contrarrestados por problemáticas sociales y ambientales. Estos estudios aportan comparaciones útiles para el caso del Meta, al demostrar que los desafíos locales responden a patrones globales.

Factores socioeconómicos:

El crecimiento poblacional, la migración y la dinámica demográfica se configuran como variables de gran influencia en la sostenibilidad de las industrias. He y Mao (2016) evidencian cómo la urbanización rápida en China genera presiones significativas sobre el sector energético y agrícola, un fenómeno extrapolable al contexto colombiano donde la expansión de ciudades intermedias incide en la demanda de servicios. En un estudio más reciente, Khairunnisa et al. (2025) muestran cómo la migración rural-urbana afecta la disponibilidad de fuerza laboral en

sectores estratégicos, planteando la necesidad de integrar estas variables en ejercicios de prospectiva regional.

Agroecosistemas y sostenibilidad:

Los agroecosistemas representan un eje central en la provisión de materias primas, pero también enfrentan amenazas crecientes. Bug (2018) analiza los riesgos asociados a la degradación de suelos y la pérdida de biodiversidad en sistemas agrícolas intensivos, concluyendo que la planificación territorial sostenible es indispensable. De manera complementaria, Mohanta et al. (2023) enfatizan que la deforestación y la contaminación en agroecosistemas tropicales requieren estrategias innovadoras que equilibren productividad y sostenibilidad, lo cual resulta clave para el Meta, donde la ganadería extensiva y la palma de aceite dominan el uso del suelo.

Industria de hidrocarburos en el Meta:

Céspedes (2015) resalta que, aunque la industria petrolera ha sido motor económico en la Orinoquía, también ha incrementado los conflictos socioambientales y la presión sobre los ecosistemas. Marín (2016) muestra que la expansión de la palma de aceite en el Meta ha generado empleo y dinamismo económico, pero a costa de deforestación y pérdida de servicios ecosistémicos. Hara (2021) complementa estas perspectivas al subrayar que la sostenibilidad de la agroindustria colombiana requiere políticas más sólidas que integren innovación tecnológica y conservación ambiental. Estos aportes reflejan la necesidad de estudios prospectivos que vinculen economía, sociedad y medio ambiente en un marco de planificación integral.

Metodologías prospectivas

Godet (2001) y Saaty (2001) son referentes fundamentales en la aplicación de metodologías prospectivas, particularmente en el uso de MICMAC y AHP para identificar variables estratégicas y jerarquizar factores de decisión. En el contexto colombiano, Rincón y Ramírez (2019) aplicaron MICMAC en regiones petroleras, mostrando su utilidad para anticipar trayectorias posibles de desarrollo sostenible. Restrepo y Vargas (2018) complementan esta visión al analizar los conflictos

socioambientales en torno a los hidrocarburos, sugiriendo que la prospectiva territorial puede convertirse en una herramienta clave para diseñar políticas de gestión ambiental y competitividad regional. Brătucu et al. (2017) “afirman que las prácticas sostenibles contribuyen a la conservación ambiental y al desarrollo regional equilibrado” Este principio aplica directamente al Meta, donde la sostenibilidad ambiental puede coexistir con el progreso económico del sector energético.

Marco Metodológico

Enfoque de la investigación

La investigación tendrá un enfoque mixto que combine el análisis de información cuantitativa asociada los factores clave y su relacionamiento, con la interpretación cualitativa de los escenarios prospectivos.

Tipo y nivel de investigación

El estudio es considerado descriptivo, esto teniendo en cuenta que el estudio busca identificar y analizar los factores clave para el crecimiento sostenible, sin embargo, a su vez es descriptivo ya que caracteriza esas relaciones entre las variables identificadas y prospectivo al proyectar los escenarios futuros posibles. Guevara Alban et al. (2020) “Afirman que los métodos de investigación deben seleccionarse según los objetivos, combinando enfoques descriptivos y participativos” En el presente proyecto, la aplicación combinada de métodos cuantitativos (AHP y MICMAC) y cualitativos (entrevistas) garantiza resultados integrales y coherentes con la realidad del Meta.

Fuentes de información

- **Fuentes secundarias:** La información necesaria para la investigación se recabará mediante una revisión documental de estudios sectoriales que contengan las dinámicas económicas del territorio, así como estadísticas oficiales generas por los diferentes organismos

nacionales, los planes de desarrollo, y demás investigaciones y reportes institucionales relacionados con el Departamento del Meta.

Población y muestra

La población objeto se conforma con actores estratégicos que guardan relación directa con la industria de hidrocarburos y la actividad agropecuaria en el Meta, los cuales corresponden a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena – Cormacarena, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de la Gobernación del Meta a nivel departamental. No obstante, es importante mencionar que la muestra será seleccionada por conveniencia e intencionalmente, dado que se busca priorizar con expertos que cuenten con experiencia en planeación, economía y medio ambiente.

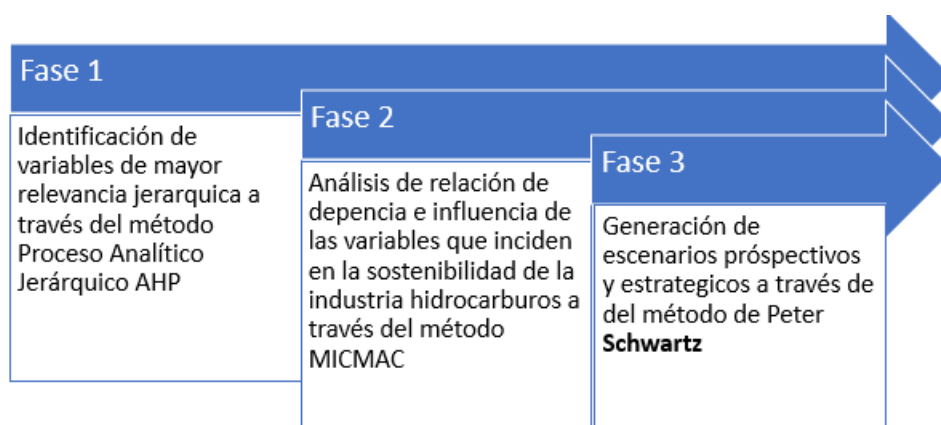
Horizonte temporal

Ya que la investigación propone generar insumos para planeación territorial, el horizonte prospectivo de esta corresponde a 10 años, el cual se basa en tendencias actuales y posibles escenarios futuros para estas actividades en el departamento del Meta

Diseño de investigación

La investigación se desarrollará a partir de las siguientes fases (Ilustración 2) del análisis de información secundaria y la aplicación de métodos prospectivos.

Según la Figura 3 Fases trabajadas en el proyecto podemos decir que según la Aiest (1991), “el análisis científico de las actividades productivas permite diseñar estrategias que equilibren desarrollo y sostenibilidad” Aplicar herramientas analíticas como AHP y MICMAC permite estudiar de forma rigurosa los factores que determinan un desarrollo equilibrado del sector hidrocarburos.

Figura 3 Fases trabajadas en el proyecto

Métodos y técnicas

1. **Método AHP (Proceso de Análisis Jerárquico):** este método se utilizará para identificar, ponderar y priorizar los factores que fomentan el crecimiento de las industrias en el Meta, a través de la comparación y la evaluación ya que según Mendoza *et al.* (2019), la metodología se puede implementar mediante cinco pasos sistemáticos:

Pasos:

1. Definición estructural del modelo jerárquico.
2. Asignación de juicios comparativo según escala Saaty ver
3. *Tabla 1 Escala Saaty.*

Tabla 1 Escala Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Aplicación en el proyecto
1	Igual importancia	Ambos factores (ambientales, económicos o sociales) tienen la misma relevancia para el crecimiento sostenible del sector.
3	Importancia moderada	Un factor influye ligeramente más en la sostenibilidad del sector (por ejemplo, la gestión ambiental sobre la eficiencia económica).
5	Importancia fuerte	Un factor es claramente más relevante que el otro (por ejemplo, la estabilidad regulatoria frente a la innovación tecnológica).
7	Importancia muy fuerte	La influencia de un factor es significativamente mayor, siendo determinante en la sostenibilidad (por ejemplo, la gobernanza institucional frente a la participación comunitaria).
9	Importancia extrema	Un factor domina totalmente en el cumplimiento del objetivo (por ejemplo, la gestión ambiental sobre cualquier otro criterio).

Escala numérica	Escala verbal	Aplicación en el proyecto
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Representan grados intermedios entre los juicios anteriores.
Incrementos 0,1	Ajustes finos	Se emplean para juicios de comparación con diferencias mínimas entre criterios.
Inversos (1/3, 1/5, 1/7, 1/9)	Valor recíproco	Se utiliza cuando el segundo elemento comparado es más importante que el primero.

Nota. Inspirada en Mendoza et al. (2019).

4. Construcción y normalización de matrices de comparación.
 5. Estimación de vectores de ponderación y verificación de consistencia.
 6. Interpretación y análisis de resultados.
2. **Método MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación):** este método se empleará para determinar cómo interactúan las variables identificadas (influencia y dependencia), a través de una clasificación en variables motrices, dependientes, de enlace y autónomas. Arbaiza (2019) “sostiene que la estructura lógica de una tesis debe reflejar coherencia metodológica y argumentativa en todas sus fases” La articulación entre los métodos AHP, MICMAC y escenarios prospectivos asegura solidez técnica y claridad en el diseño investigativo de este proyecto.

Pasos:

1. Seleccionar entre 10 y 15 variables clave derivadas del método AHP.
2. Elaborar una matriz de impactos cruzados donde cada variable se evalúe frente a las demás (escala 0–3: sin, débil, media o fuerte influencia).
3. Procesar la matriz en Excel o software libre para calcular la influencia y dependencia de cada variable.
4. Clasificar las variables en motrices, dependientes, de enlace o autónomas.
5. Interpretar los resultados para identificar los factores más determinantes.

Recolección de datos: talleres pequeños, entrevistas a informantes clave o valoración directa por el investigador con base en literatura técnica.

3. **Método de escenarios de Peter Schwartz:** este método permitirá con base en los factores y variables críticas identificadas, el diseño de escenarios prospectivos que describan las alternativas de desarrollo (tendenciales, de riesgo y deseables).

Pasos:

1. Tomar como base las variables motrices identificadas con el MICMAC.
2. Identificar las fuerzas de cambio y las incertidumbres críticas del entorno regional.
3. Formular 4 escenarios: uno de riesgo (situación negativa), uno deseable (situación ideal sostenible), y dos alternativos (modificando negativo-positivo),
4. Redactar las narrativas de cada escenario, incluyendo aspectos económicos, sociales y ambientales.
5. Validar los escenarios mediante una revisión teórica o consulta con los mismos participantes.

Recolección de datos: revisión documental, entrevistas cortas y análisis de información secundaria.

Resultados y Discusiones

Tabla con variables clave clasificadas por componentes para la aplicación del método AHP y MICMAC. Para aplicar la matriz al proyecto se consolidará cinco matrices en total se trabajaron 6 matrices AHP con 25 comparaciones efectivas entre criterios. La evaluación de juicios se realizó de acuerdo con la

Tabla 1 Escala Saaty. Barati et al. (2019) “utilizaron la integración AHP–MICMAC para determinar factores estratégicos, resaltando su eficacia en la priorización de variables” La aplicación combinada de estos métodos en el Meta permite identificar con precisión los factores que más influyen en el crecimiento sostenible de la industria.

Variables identificadas por componentes:

Tabla 2 Variables identificadas según componentes para consolidar la matriz

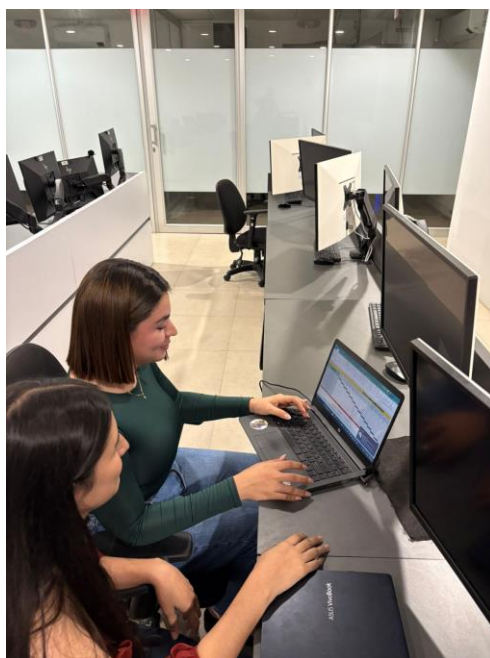
Componente	Variable estratégica	Descripción de la variable	Relevancia en el Meta
Ambiental	Gestión ambiental	Nivel de aplicación de políticas, programas y acciones de mitigación de impactos ambientales generados por la industria petrolera.	Alta presión ambiental en zonas de producción petrolera y deforestación acelerada.
	Monitoreo ambiental	Existencia de sistemas de seguimiento y control de emisiones, vertimientos y afectaciones ecológicas.	Relevante por la fragilidad de ecosistemas estratégicos y fuentes hídricas.
	Uso y ordenamiento del suelo	Regulación del uso de la tierra frente a actividades extractivas y agroindustriales.	Alta competencia por el uso del suelo (hidrocarburos, ganadería y palma aceitera).
Económico	Diversificación productiva	Nivel de desarrollo de actividades económicas complementarias o alternativas al petróleo.	Alta dependencia fiscal y económica de la renta petrolera.
	Inversión y financiamiento	Acceso a capital privado y público para proyectos sostenibles e innovación tecnológica.	Necesario para transitar hacia modelos más sostenibles y competitivos.
	Demanda internacional de hidrocarburos	Dinámica de precios y volúmenes de exportación de petróleo colombiano.	Variable externa que condiciona ingresos y decisiones locales.
Social	Participación comunitaria	Nivel de involucramiento de comunidades locales en decisiones y control de proyectos.	Alta conflictividad social y necesidad de gobernanza participativa.
	Empleo y capital humano	Disponibilidad de mano de obra calificada y generación de empleo local.	Alta dependencia laboral de la industria petrolera.
	Percepción y aceptación social	Grado de respaldo o resistencia de la población frente a la actividad petrolera.	Influye en la estabilidad de los proyectos.

Componente	Variable estratégica	Descripción de la variable	Relevancia en el Meta
Institucional	Gobernanza y capacidad institucional	Fortalecimiento de autoridades locales para planificar y regular el territorio.	Alta concentración de poder en actores externos y débil institucionalidad local.
	Estabilidad regulatoria	Nivel de claridad, continuidad y cumplimiento de normas ambientales y productivas.	Clave para atraer inversión y reducir incertidumbre jurídica.
	Planificación territorial integrada	Existencia de planes de ordenamiento que articulen la actividad petrolera con otros sectores.	Necesario para evitar conflictos de uso del suelo y mejorar sostenibilidad.
Tecnológico	Innovación tecnológica	Nivel de adopción de nuevas tecnologías limpias y eficientes en producción.	Factor decisivo para reducir impactos y aumentar competitividad.
	Eficiencia energética	Uso racional de energía y recursos en las operaciones.	Contribuye a sostenibilidad y reducción de emisiones.
	Sistemas de información y datos	Disponibilidad de información actualizada para la toma de decisiones estratégicas.	Mejora la gestión y la capacidad de respuesta ante riesgos ambientales y económicos.

Caracterización del sector de la palma de aceite en el departamento del Meta

Identificación de Relevancia de los Criterios

Figura 4 Desarrollo de la matriz con la profesional Paula Andrea Morales Robayo SIG Grupo Hidrocarburos y Energético



En la siguiente tabla se idéntica la matriz de ponderación de el análisis pareada entre las variables de estudio de la investigación.

Figura 5 *Matriz de Análisis AHP*

AHP															
CRITERIOS	Gestión ambiental	Monitoreo ambiental	Uso y ordenamiento del suelo	Diversificación productiva	Inversión y financiamiento	Demanda internacional de hidrocarburos	Participación comunitaria	Empleo y capital humano	Percepción y aceptación social	Gobernanza y capacidad institucional	Estabilidad regulatoria	Planificación territorial integrada	Innovación tecnológica	Eficiencia energética	Sistemas de información y datos
Gestión ambiental	1,00	7,00	8,00	8,00	9,00	8,00	7,00	7,00	8,00	7,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00
Monitoreo ambiental	0,14	1,00	7,00	7,00	8,00	8,00	8,00	6,00	8,00	9,00	9,00	8,00	9,00	8,00	9,00
Uso y ordenamiento del suelo	0,13	0,14	1,00	8,00	8,00	7,00	8,00	9,00	9,00	9,00	7,00	9,00	9,00	8,00	7,00
Diversificación productiva	0,13	0,14	0,13	1,00	9,00	8,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00	7,00	9,00	9,00	8,00
Inversión y financiamiento	0,11	0,13	0,13	0,11	1,00	9,00	8,00	9,00	8,00	9,00	7,00	8,00	8,00	7,00	6,00
Demanda internacional de hidrocarburos	0,13	0,13	0,14	0,13	0,11	1,00	7,00	8,00	6,00	8,00	8,00	8,00	9,00	7,00	7,00
Participación comunitaria	0,14	0,13	0,13	0,17	0,13	0,14	1,00	8,00	8,00	9,00	8,00	7,00	6,00	6,00	8,00
Empleo y capital humano	0,14	0,17	0,11	0,17	0,11	0,13	0,13	1,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00	6,00	6,00
Percepción y aceptación social	0,13	0,13	0,11	0,17	0,13	0,17	0,13	0,13	1,00	8,00	6,00	8,00	6,00	6,00	8,00
Gobernanza y capacidad institucional	0,14	0,11	0,11	0,13	0,11	0,13	0,11	0,13	0,13	1,00	7,00	8,00	7,00	8,00	8,00
Estabilidad regulatoria	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,17	0,14	1,00	6,00	7,00	7,00	8,00
Planificación territorial integrada	0,13	0,13	0,11	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,17	1,00	8,00	7,00	8,00
Innovación tecnológica	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,11	0,17	0,14	0,17	0,14	0,14	0,13	1,00	9,00	7,00
Eficiencia energética	0,13	0,13	0,13	0,11	0,14	0,14	0,17	0,17	0,17	0,13	0,14	0,14	0,11	1,00	8,00
Sistemas de información y datos	0,11	0,11	0,14	0,13	0,17	0,14	0,13	0,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	1,00
Total	2,78	9,65	17,48	25,48	36,29	42,21	46,09	54,99	62,88	76,66	77,58	85,39	95,25	97,13	108,00

Según *Figura 5 Matriz de Análisis AHP* presenta la matriz consolidada del método AHP (Proceso de Análisis Jerárquico), a través de la cual se ponderaron los diferentes criterios que inciden en el crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta, Choi y Turk (2006) “proponen indicadores de sostenibilidad para gestionar actividades comunitarias y productivas de manera responsable” Los indicadores derivados del AHP en este proyecto funcionan como herramientas de evaluación del desempeño sostenible del sector petrolero.

En esta matriz, cada criterio fue comparado par a par según su grado de importancia relativa frente a los demás, utilizando

Tabla 1 Escala Saaty.

El resultado de estas comparaciones permitió calcular los pesos o prioridades relativas que reflejan la influencia de cada criterio dentro del sistema.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los tres criterios con mayor peso son:

1. Gestión ambiental
2. Inversión y financiamiento

3. Eficiencia energética

Estos valores evidencian que los factores asociados con la sostenibilidad ambiental y la solidez económica son los más determinantes para el fortalecimiento del sector.

La gestión ambiental destaca como el criterio más influyente, lo cual indica que la industria petrolera del Meta reconoce la necesidad de controlar sus impactos ecológicos y cumplir con los estándares ambientales nacionales e internacionales para mantener su licencia social y productiva.

El segundo criterio más importante, inversión y financiamiento, refleja la dependencia del crecimiento del sector en la disponibilidad de capital, incentivos y proyectos que promuevan la modernización tecnológica y la diversificación económica.

Finalmente, la eficiencia energética ocupa el tercer lugar, lo que demuestra la relevancia de adoptar tecnologías que optimicen el consumo de energía y reduzcan los costos operativos, contribuyendo a la competitividad y sostenibilidad del sector a largo plazo.

En conjunto, los resultados de la matriz AHP muestran que el desarrollo sostenible del sector hidrocarburos en el Meta se sostiene sobre una base ambientalmente responsable, económicamente sólida y tecnológicamente eficiente, evidenciando la necesidad de integrar políticas ambientales y energéticas dentro de la planificación estratégica del territorio.

Figura 6 *Porcentajes de Importancia de Variables*

FACTOR	CRITERIOS	%
AMBIENTAL	Gestión ambiental	22%
	Monitoreo ambiental	15%
	Uso y ordenamiento del suelo	12%
ECONOMICO	Diversificación productiva	10%
	Inversión y financiamiento	9%
	Demanda internacional de hidrocarburos	7%
SOCIAL	Participación comunitaria	6%
	Empleo y capital humano	5%
	Percepción y aceptación social	4%
INSTITUCIONAL	Gobernanza y capacidad institucional	3%
	Estabilidad regulatoria	3%
	Planificación territorial integrada	2%
TECNOLOGICO	Innovación tecnológica	2%
	Eficiencia energética	1%
	Sistemas de información y datos	1%

La Figura 6 *Figura 6 Porcentajes de Importancia* de Variables muestra los porcentajes de importancia relativa obtenidos a partir de la aplicación del método AHP para cada variable dentro de los cinco factores analizados.

Los resultados reflejan que el componente ambiental concentra los mayores valores de ponderación, destacándose como el eje más influyente en el crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el Meta.

En particular, la gestión ambiental alcanza el 22 % de importancia, ubicándose como la variable de mayor peso en todo el modelo.

Esto evidencia que el desarrollo del sector depende directamente de la capacidad de las empresas para implementar estrategias efectivas de manejo ambiental, mitigación de impactos y cumplimiento normativo.

Una gestión ambiental adecuada contribuye a minimizar riesgos ecológicos, reducir conflictos con las comunidades y garantizar la continuidad operativa mediante la obtención y mantenimiento de licencias ambientales.

Asimismo, las variables monitoreo ambiental (15 %) y uso y ordenamiento del suelo (12 %) complementan este comportamiento, señalando la relevancia de establecer sistemas de seguimiento ambiental, planificación territorial y control de emisiones que aseguren una explotación responsable y sostenible de los recursos naturales.

En conjunto, estos resultados confirman que la sostenibilidad ambiental es el pilar central del crecimiento del sector hidrocarburos, ya que permite equilibrar la productividad económica con la conservación del entorno y el bienestar de las comunidades locales.

Figura 7 *Porcentajes de Importancia de Factores*

FACTOR	%
Ambiental	49%
Económico	26%
Social	15%
Institucional	8%
Tecnológico	4%

La Figura 7 *Figura 7 Porcentajes de Importancia* de Factores presenta los resultados de la ponderación general de los factores evaluados mediante el método AHP.

Se observa que el factor ambiental (49%) y el factor económico (26%) son los más influyentes dentro del sistema analizado, lo que evidencia que el crecimiento de la industria de hidrocarburos en el Meta depende principalmente del equilibrio entre la sostenibilidad ecológica y la estabilidad financiera del sector.

El factor ambiental, con casi la mitad del peso total, refleja la prioridad de implementar políticas y estrategias orientadas a la protección de los ecosistemas, la prevención de impactos negativos y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Este resultado resalta la necesidad de promover prácticas responsables en la exploración, producción y transporte de hidrocarburos, garantizando la conservación del entorno y la aceptación social de las operaciones.

Por su parte, el factor económico (26%) evidencia la relevancia de la inversión, la financiación y la diversificación productiva como motores de desarrollo regional.

La generación de empleo, el fortalecimiento de la infraestructura y la atracción de capital privado son elementos esenciales para mantener la competitividad y dinamismo del sector.

En conjunto, ambos factores ambiental y económico representan más del 70% del peso total del modelo, demostrando que el crecimiento sostenible del sector hidrocarburos solo puede lograrse cuando la rentabilidad económica se articula con la responsabilidad ambiental, asegurando tanto la viabilidad empresarial como la preservación del territorio y el bienestar de las comunidades del Meta.

Análisis de interacción de Variable

Figura 8 Matriz de análisis del método MICMAC

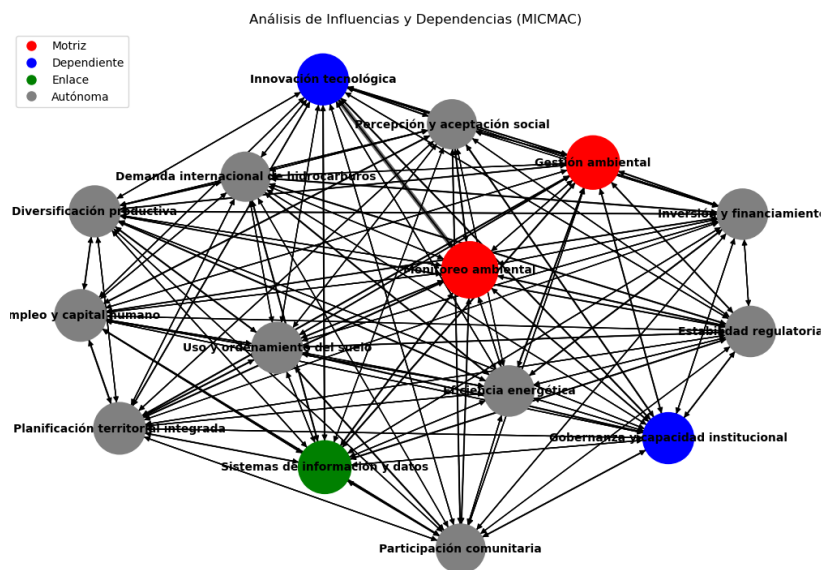
MICMAC															
CRITERIOS	Gestión ambiental	Monitoreo ambiental	Uso y ordenamiento del suelo	Diversificación productiva	Inversión y financiamiento	Demanda internacional de hidrocarburos	Participación comunitaria	Empleo y capital humano	Percepción y aceptación social	Gobernanza y capacidad institucional	Estabilidad regulatoria	Planificación territorial integrada	Innovación tecnológica	Eficiencia energética	Sistemas de información y datos
Gestión ambiental	0,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Monitoreo ambiental	2,00	0,00	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	8,00	2,00	3,00
Uso y ordenamiento del suelo	3,00	2,00	0,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	3,00	2,00	1,00	2,00
Diversificación productiva	2,00	2,00	3,00	0,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Inversión y financiamiento	3,00	2,00	2,00	3,00	0,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00
Demanda internacional de hidrocarburos	1,00	2,00	1,00	2,00	3,00	0,00	1,00	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00
Participación comunitaria	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	1,00	0,00	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Empleo y capital humano	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	0,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00
Percepción y aceptación social	1,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	3,00	0,00	3,00	2,00	2,00	3,00	1,00	1,00
Gobernanza y capacidad institucional	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	3,00	0,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00
Estabilidad regulatoria	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	0,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Planificación territorial integrada	3,00	3,00	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	0,00	3,00	2,00	2,00
Innovación tecnológica	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	0,00	2,00	3,00
Eficiencia energética	3,00	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00
Sistemas de información y datos	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	0,00

El análisis de Relación entre variables motrices (rojas) y dependientes (azules) en el modelo MICMAC permitió identificar que las variables motrices (rojas) como la gestión ambiental y el monitoreo ambiental son las que impulsan la dinámica general del sistema, ejerciendo una alta influencia sobre las demás variables. Estas actúan como factores estratégicos de control y dirección, pues determinan en gran medida la estabilidad y sostenibilidad de la industria de hidrocarburos en el Meta.

Por otro lado, las variables dependientes (azules) entre ellas la gobernanza y capacidad institucional y la innovación tecnológica poseen baja influencia, pero alta dependencia, lo que significa que su comportamiento depende directamente del adecuado manejo de las variables motrices. En otras palabras, los avances en políticas institucionales o en desarrollo tecnológico no pueden sostenerse sin una gestión ambiental sólida y un control efectivo de los impactos ecológicos.

Gráficos del Interacciones

Figura 9 *Análisis de influencias y Dependencias (MICMAC)*



Esta relación es fundamental para el crecimiento sostenible del sector hidrocarburos.

Las variables motrices (rojas) generan las condiciones ambientales adecuadas para que la industria opere con responsabilidad y reduzca riesgos, mientras que las variables dependientes (azules) transforman esos avances en resultados concretos: mayor eficiencia, modernización tecnológica, cumplimiento regulatorio y fortalecimiento de la gobernanza institucional.

En este sentido, el modelo MICMAC evidencia que:

Una buena gestión y monitoreo ambiental impulsa la innovación tecnológica, fomenta la estabilidad institucional y mejora la percepción social hacia la industria. A su vez, una gobernanza sólida y una tecnología eficiente retroalimentan el sistema, garantizando continuidad productiva, reducción de costos y sostenibilidad a largo plazo. Por tanto, la interdependencia entre las variables rojas y azules configura un circuito de desarrollo sostenible, donde las decisiones ambientales estratégicas se convierten en la base sobre la cual se consolidan los avances institucionales y tecnológicos que fortalecen el crecimiento del sector de hidrocarburos.

Escenarios Prospectivos

Figura 10 Gráfica de escenarios

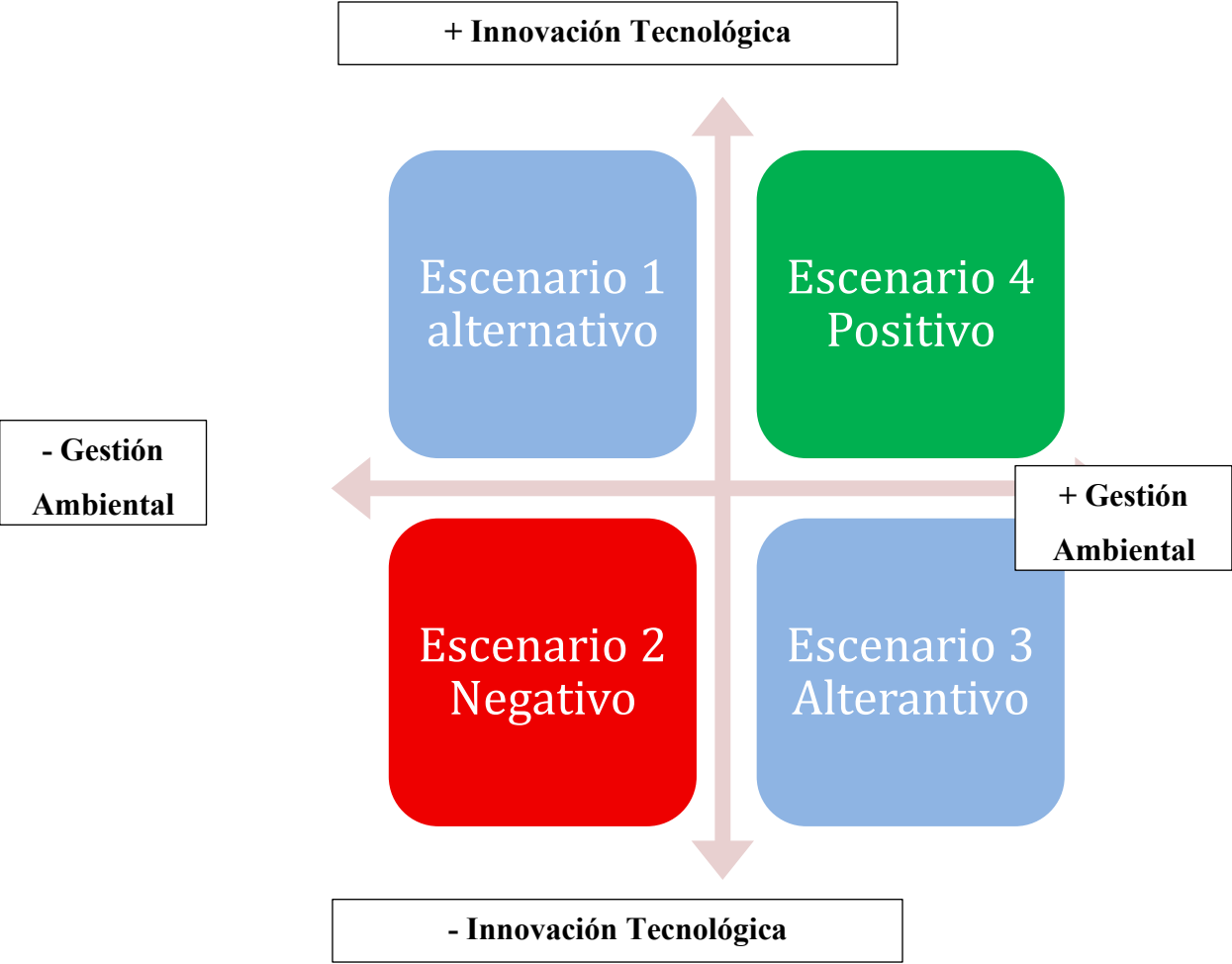


Tabla 3 Cuadro de escenarios prospectivos del sector hidrocarburos en el Meta

Escenario	Condición Ambiental	Condición Tecnológica	Características Principales	Efectos sobre el Crecimiento del Sector
Escenario 1 – Alternativo (Innovación sin gestión)	Reducción de la gestión ambiental	Aumento de la innovación tecnológica	Se prioriza la modernización y automatización, pero sin control ambiental. La productividad mejora, aunque aumentan los impactos ecológicos.	Crecimiento rápido pero insostenible a mediano plazo; riesgo de sanciones y pérdida de licencia ambiental.

Escenario	Condición Ambiental	Condición Tecnológica	Características Principales	Efectos sobre el Crecimiento del Sector
Escenario 2 – Negativo (Crisis integral)	Reducción de la gestión ambiental	Reducción de la innovación tecnológica	Falta de inversión y de control ambiental. Predominan tecnologías obsoletas y altos niveles de contaminación.	Estancamiento productivo, pérdida de competitividad y deterioro ambiental severo.
Escenario 3 – Alternativo (Sostenibilidad limitada)	Aumento de la gestión ambiental	Reducción de la innovación tecnológica	Se fortalece la regulación ambiental, pero sin acompañamiento tecnológico. Se mejora el control ecológico, aunque con baja eficiencia operativa.	Operación sostenible pero costosa; baja productividad y lenta competitividad internacional.
Escenario 4 – Positivo (Desarrollo sostenible)	Aumento de la gestión ambiental	Aumento de la innovación tecnológica	Integración equilibrada entre sostenibilidad y tecnología limpia. Se aplican energías renovables, control ambiental avanzado y gestión eficiente.	Crecimiento sostenible y competitivo, con equilibrio económico, social y ambiental.

El análisis desarrollado mediante el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) permitió determinar los factores con mayor incidencia en el crecimiento sostenible del sector de hidrocarburos en el departamento del Meta. Los resultados evidencian que los criterios más relevantes fueron la gestión ambiental (22%), la inversión y financiamiento (17%), y la eficiencia energética (15%), los cuales se posicionaron como los elementos de mayor prioridad en la estructura jerárquica.

Estos resultados coinciden con lo expuesto por Barati et al. (2019), quienes destacan que la integración del AHP y el MICMAC facilita la identificación de factores estratégicos determinantes en sistemas complejos y su relación con la sostenibilidad.

La gestión ambiental se consolidó como la variable más influyente del modelo, debido a su papel en la reducción de impactos ecológicos, la prevención de conflictos socioambientales y el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales. Este hallazgo se alinea con Bekun, Alola y Sarkodie (2019), quienes señalan que la sostenibilidad ambiental depende de la gestión eficiente de los recursos y de la transición hacia fuentes energéticas más limpias. Asimismo, Choi y Turk (2006) afirman que los indicadores ambientales constituyen herramientas clave para orientar la toma de decisiones en sectores productivos de alto impacto.

El componente económico representado por la inversión y el financiamiento se ubicó en segundo lugar, reflejando que el fortalecimiento financiero y la innovación tecnológica son factores esenciales para la competitividad del sector. De acuerdo con Ahmad et al. (2019), el crecimiento económico no puede desvincularse de la sostenibilidad ambiental, ya que un modelo basado únicamente en la productividad genera deterioro y pérdida de resiliencia territorial.

Por su parte, el método MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados) permitió analizar la interacción entre las variables identificadas, clasificándolas según su nivel de influencia y dependencia. Los resultados mostraron que las variables motrices (rojas) gestión ambiental, monitoreo ambiental y estabilidad regulatoria poseen una alta influencia y baja dependencia, por lo que determinan la dinámica general del sistema. Las variables dependientes (azules), como la gobernanza institucional, la capacidad de innovación tecnológica y la diversificación económica, presentan una relación de subordinación frente a las primeras. Este comportamiento confirma lo señalado por Danish y Wang (2018), quienes sostienen que la interacción entre crecimiento económico y calidad ambiental depende de la aplicación de políticas integradas de sostenibilidad.

La relación entre variables motrices y dependientes refleja un sistema interdependiente y sensible, donde los avances en gestión ambiental impulsan la innovación tecnológica, fortalecen la gobernanza y mejoran la percepción social del sector. Esta dinámica concuerda con los postulados de Brătucu et al. (2017), para quienes la adopción de prácticas sostenibles genera beneficios tanto económicos como ambientales, consolidando territorios más competitivos y resilientes.

A partir del análisis de los resultados, se confirma que los factores ambientales (49%) y económico (26%) son los más determinantes para el desarrollo sostenible del sector hidrocarburos en el Meta. El equilibrio entre ambos factores garantiza la permanencia y viabilidad del sector, validando lo planteado por Danish y Wang (2018) respecto al vínculo entre crecimiento y sostenibilidad. Los resultados obtenidos mediante el AHP y el MICMAC demuestran que el crecimiento de la industria de hidrocarburos del Meta depende de la coordinación entre sostenibilidad ambiental, inversión económica e innovación tecnológica. Estos factores conforman un marco estratégico que permite anticipar riesgos, mejorar la competitividad y promover un desarrollo territorial equilibrado, en concordancia con las perspectivas de sostenibilidad planteadas por Arbaiza (2019) y Barati et al. (2019).

Conclusiones

La presente investigación logró cumplir el objetivo de analizar los factores que influyen en el crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el departamento del Meta, Andereck y Nyaupane (2011) “destacan que la percepción social del desarrollo depende del equilibrio entre beneficios económicos y calidad de vida” La industria de hidrocarburos debe fortalecer la relación con las comunidades locales para asegurar legitimidad y sostenibilidad social en sus operaciones, a través de la aplicación articulada de los métodos AHP, MICMAC y la construcción de escenarios prospectivos. Los resultados obtenidos permitieron jerarquizar los componentes ambientales, económicos, sociales, institucionales y tecnológicos, demostrando que los factores ambiental y económico son los más determinantes para el fortalecimiento del sector. Este hallazgo responde directamente a las preguntas de investigación, al evidenciar que la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica no son dimensiones opuestas, sino condiciones complementarias para el desarrollo competitivo y responsable de la industria, Danish y Wang (2018) “hallaron que existe una relación dinámica entre el crecimiento económico y la calidad ambiental, mediada por políticas sostenibles” políticas públicas del Meta deben equilibrar la expansión petrolera con estrategias de conservación para garantizar un desarrollo duradero.

El método AHP permitió cuantificar la importancia de cada componente, identificando la gestión ambiental como la variable más influyente del sistema. Este resultado reafirma la necesidad de integrar la planificación ambiental en las estrategias productivas del sector para garantizar la continuidad operativa y la licencia social, Escorcia Otálora (2008) “plantea que el análisis bibliométrico facilita la identificación de tendencias y vacíos en la investigación científica” Este proyecto se sustenta en una revisión bibliográfica sólida que permitió construir un marco conceptual actualizado sobre sostenibilidad e industria extractiva.

Por su parte, el análisis MICMAC confirmó la interacción entre las variables motrices y dependientes, mostrando que una adecuada gestión ambiental impulsa la gobernanza institucional, la innovación tecnológica y la eficiencia productiva. Los escenarios prospectivos evidenciaron que el crecimiento más sostenible y equilibrado se alcanza cuando la industria combina altos niveles de gestión ambiental con un fuerte desarrollo tecnológico, lo cual contribuye tanto a la reducción de impactos ecológicos como al aumento de la competitividad regional.

Este estudio amplía la comprensión de la relación entre sostenibilidad y desarrollo industrial, al demostrar que los métodos multicriterio aplicados al análisis prospectivo son herramientas eficaces para la toma de decisiones estratégicas en sectores extractivos. En el ámbito práctico, la investigación ofrece una metodología replicable para instituciones públicas, empresas del sector y entes territoriales que buscan orientar la planificación energética, ambiental y económica hacia modelos de crecimiento sostenible, Demirović et al. (2016) “sostienen que la competitividad de las regiones depende de la planificación estratégica y la innovación constante” Para el Meta, la innovación tecnológica en el sector hidrocarburos es un factor clave de competitividad regional sostenible.

Los hallazgos destacan la importancia de adoptar una visión sistémica e intersectorial en la gestión del sector hidrocarburos, donde la tecnología, la gobernanza y la responsabilidad ambiental actúan de forma articulada. Así, la investigación no solo responde a las preguntas planteadas, sino que aporta una base metodológica y analítica sólida para la formulación de políticas, estrategias y decisiones orientadas a la sostenibilidad del desarrollo regional, consolidando al Meta como un territorio clave en la transición hacia una economía más limpia, resiliente y competitiva, Elmsalmi y Hachicha (2014) “aplicaron el método MACTOR para reducir riesgos mediante la identificación de actores y objetivos estratégicos” Este enfoque es útil para el sector hidrocarburos, pues permite reconocer los actores clave y anticipar conflictos socioambientales.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda fortalecer la gestión ambiental como eje estratégico para el crecimiento sostenible de la industria de hidrocarburos en el Meta. Las empresas deben consolidar sistemas integrados de control y monitoreo ambiental que garanticen el cumplimiento normativo, la mitigación de impactos y la mejora continua de los procesos productivos. Paralelamente, es fundamental impulsar la innovación tecnológica orientada a la sostenibilidad mediante la adopción de tecnologías limpias, energías renovables y herramientas digitales que incrementen la eficiencia operativa y reduzcan los costos ambientales. En el ámbito institucional, se sugiere diseñar políticas públicas intersectoriales que articulen los componentes ambiental, económico e institucional, estableciendo incentivos a la inversión responsable y promoviendo la educación ambiental en las comunidades cercanas a las zonas de influencia petrolera.

Asimismo, se recomienda fortalecer la gobernanza y la participación ciudadana, promoviendo espacios de diálogo entre el Estado, la industria y la sociedad civil para garantizar la transparencia, la rendición de cuentas y la confianza social en las actividades del sector. A nivel económico, se sugiere avanzar hacia la diversificación productiva y la transición energética, destinando parte de los recursos provenientes de la explotación de hidrocarburos al desarrollo de sectores alternativos como la energía solar, el ecoturismo o la agroindustria sostenible, lo que contribuiría a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y a consolidar una economía regional más resiliente.

Desde el punto de vista académico, se recomienda replicar la metodología AHP–MICMAC en otros territorios o sectores energéticos para validar los resultados y comparar dinámicas, consolidando así modelos prospectivos de planificación sostenible aplicables en distintos contextos nacionales. Del mismo modo, futuras investigaciones deberían profundizar en el impacto real de la innovación tecnológica verde, el uso eficiente de los recursos naturales y las relaciones entre sostenibilidad ambiental y competitividad industrial. Finalmente, se propone fomentar alianzas entre la academia, el Estado y el sector privado que impulsen la formación de capital humano en temas de gestión ambiental, innovación y gobernanza, permitiendo consolidar al Meta como un referente en desarrollo sostenible y en la implementación de políticas coherentes con la transición energética nacional.

Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2024). *Estadísticas de producción*. ANH. <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/sistemas-integrados-operaciones/estad%C3%ADsticas-de-producci%C3%B3n/>
- Ahmad, F., Draz, M. U., Su, L., & Rauf, A. (2019). Taking the Bad with the Good: The Nexus between Tourism and Environmental Degradation in the Lower Middle-Income Southeast Asian Economies. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.138>
- Andereck, K.L y Nyaupane, G.P. (2011) Exploring the nature of tourism and quality of life perceptions among residents. *Journal of Travel Research*. 50(3):248-260. 50(3):248-260. https://doi.org/10.1177/0047287510362918?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Arbaiza Fermini, L. (2019). *Cómo elaborar una tesis de grado*. Universidad ESAN, Alfaomega.
- Barati, A. A., Azadi, H., Dehghani Pour, M., Lebailly, P., & Qafori, M. (2019). *Determining Key Agricultural Strategic Factors Using AHP-MICMAC*. *Sustainability*, 11(14), 3947. <https://doi.org/10.3390/su11143947>
- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (2019). *Toward a sustainable environment: Nexus between CO₂ emissions, resource rent, renewable and non-renewable energy in 16-EU countries*. *Science of the Total Environment*, 657, 1023–1029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.104>
- Brătucu, G., Băltescu, C., Neacșu, N., Boșcor, D., Țierean, O., & Madar, A. (2017). Approaching the Sustainable Development Practices in Mountain Tourism in the Romanian Carpathians. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su9112051>
- Bug, M. (2018). Agroecosystem degradation and its implications for sustainability. *Environmental Research Letters*, 13(4), 045002.
- Bulut, E., & Gökalp, E. (2022). Agricultural production and energy dependency: Evidence from Turkey. *Energy Policy*, 160, 112654.
- Céspedes, J. (2015). La industria petrolera en la Orinoquía: desarrollo económico y conflictos socioambientales. *Revista de Economía Institucional*, 17(32), 243–270.

- Chew, E. Y. T., and Jahari, S. A. (2014), “Destination image as a mediator between Downloaded by University of Windsor at 23:26 31 May 2017 (PT) perceived risks and revisit intention: A case of post-disaster Japan”, *Tourism Management*. 40. 382-393.
- Choi, H. C., & Turk, E. S. (2006). Sustainability indicators for managing community tourism. *Tourism management*. 1-16. <https://franciscodosanjos.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/01/choi-2006.pdf>
- Danish, & Wang, Z. (2018). Dynamic relationship between tourism, economic growth, and environmental quality. *Journal of Sustainable Tourism*. 26(11). <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1526293>
- De Giovanni, P. (2023). Sustainability of the Metaverse: A transition to Industry 5.0. *Sustainability*, 15(7), 6079. <https://doi.org/10.3390/su15076079>
- De Luque-Villa, M. A., Ochoa, G. V., & Rojas, D. A. (2024). Holistic environmental risk index for oil and gas industry: Application to Colombia. *Sustainability*, 16(6), 2361. <https://doi.org/10.3390/su16062361>
- Demirović D, Petrović MD, Neto Monteiro LC, et al. (2016) An examination of competitiveness of rural tourism destinations from the supply side perspective – case of Vojvodina (Serbia). *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijic” SASA*. 66(3). 387-400. <https://doi.org/10.2298/IJGI1603387D>
- Elmsalmi, M., & Hachicha, W. (2014). Risk mitigation strategies according to the supply actors’ objectives through MACTOR method. In *2014 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*. <https://doi.org/10.1109/ICAdLT.2014.6866339>
- Escorcía Otálora, T. A. (2008). Análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, [Trabajos de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10554/8212>
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Guibert, M., et al. (2018). Agribusiness, hydrocarbons and socio-environmental conflicts in Argentina. *Journal of Rural Studies*, 63, 12–23.

- Gururani, S., et al. (2024). Extractivism and rural transformation: A comparative study. *World Development*, 170, 106112.
- Hara, T. (2021). Estrategias de sostenibilidad en la agroindustria colombiana. *Revista de Estudios Sociales*, (77), 95–108.
- He, C., & Mao, X. (2016). Urbanization and energy demand: The Chinese case. *Energy Economics*, 59, 62–73.
- International Association of Scientific Experts in Tourism (Aiest). (1991). *Quality Tourism: Concept of a Sustainable Tourism Development, Harmonizing Economical, Social and Ecological Interests*. Proceedings of the 41st Aiest Congress, Mahé, Seychelles). Editions Aiest.
- Khairunnisa, F., et al. (2025). Migration and labor supply in strategic industries: Evidence from Southeast Asia. *Journal of Development Studies*, 61(3), 451–468.
- Liu, S., Li, P., Wang, J., & Liu, P. (2024). Toward industry 5.0: Challenges and enablers of intelligent manufacturing technology implementation under the perspective of sustainability. *Heliyon* 10(15). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35162>
- Marín, C. (2016). Impacto socioambiental de la palma de aceite en el Meta, Colombia. *Revista Luna Azul*, (42), 268–289.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D. y Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3). 348-360. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>
- Mohanta, P., et al. (2023). Environmental sustainability of tropical agroecosystems under deforestation pressures. *Ecological Indicators*, 153, 110423.
- Rajguru, K., & Brüggemann, P. (2024). Sustainability meets metaverse: A conceptual framework of sustainable dimensions of the metaverse. *Journal of Consumer Behaviour*. 23(5). 2720-2729. <https://doi.org/10.1002/cb.2368>
- Restrepo, J., & Vargas, O. (2018). Conflictos socioambientales por hidrocarburos en Colombia: análisis regional. *Revista Colombiana de Sociología*, 41(2), 129–150.
- Reuters. (2025, septiembre 3). *Colombia's oil and gas production fall in July*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/colombias-oil-gas-production-fall-july-2025-09-03/>

- Rincón, J., & Ramírez, L. (2019). Prospectiva territorial y desarrollo sostenible: aplicación del modelo MICMAC en regiones petroleras de Colombia. *Revista Innovar*, 29(73), 85–100.
- Turner, C. (2022). Industry 5.0 and the circular economy: Utilizing LCA with intelligent products. *Sustainability*, 14(22), 14847. <https://doi.org/10.3390/su142214847>
- Vargas, O., Ortiz, N., Ávila, E., Ávila H. (2025). Análisis e identificación de variables estratégicas de sostenibilidad, como herramientas de calidad del turismo en Villavicencio. *Turismo y Sociedad*, 36, . 251-275. <https://doi.org/10.18601/01207555.n36.10>