



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Desarrollo de un índice para el análisis del desempeño logístico de la Altiplanura colombiana

Ana María Cruz Ochoa

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Bogotá D.C., Colombia
2019

Desarrollo de un índice para el análisis del desempeño logístico de la Altilanura colombiana

Ana María Cruz Ochoa

Tesis de investigación presentada como requisito para optar al título de:
Magister en Ingeniería - Transporte

Directora:

Ing. Liliana Lucía Lyons Barrera PhD.

Línea de Investigación: Logística

Grupo de Investigación: Grupo de Investigación en Logística para el Transporte Sostenible y la Seguridad-TRANSLOGYT

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Bogotá D.C., Colombia

2019

*A los territorios rurales de mi querida Colombia
y sus residentes, los campesinos, quienes, a
pesar del duro conflicto social de nuestro país,
se rehusaron a abandonar su tierra y hoy nos
dan de comer.*

Agradecimientos

Agradezco a Dios en primer lugar, por el viaje tan increíble que fue hacer esta maestría y desarrollar esta investigación, así como por todas las bendiciones y lecciones que año tras año trae a mi vida.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, su cuerpo docente y sus estudiantes por contribuir de manera significativa en mi formación profesional y personal.

Al Fondo Social para la Educación Superior – FSES y la Gobernación del Departamento del Meta por haberme otorgado la beca para mis estudios de maestría, y haberme impulsado a volver la mirada a nuestros territorios rurales, especialmente a los Llanos Orientales.

A la Comisión Europea, a su programa Sustain-T, y a la Facultad de Transporte de la Universidad Checa Técnica de Praga, sus profesores, equipo de relaciones internacionales, estudiantes y a República Checa, por apoyarme financieramente y permitirme tener la experiencia tan enriquecedora de un intercambio académico y cultural en esa Universidad.

A mis papás Pablo y Julieta, y mis hermanos Felipe y Natalia, por su amor incondicional y apoyo en este proceso que, a través de su ejemplo y consejos, me motivaron a perseverar durante todo este tiempo.

A la profesora Doctora Liliana Lyons Barrera, profesora asociada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, y directora de esta tesis, por sus revisiones y orientaciones durante la realización de esta investigación.

A mi querido amigo Lenin Bulla Cruz, quien estuvo presente incondicionalmente desde la concepción de este proyecto, y me apoyó de manera personal y académica durante el desarrollo y conclusión de esta investigación.

Al profesor Doctor Enrique Darghan de la Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia, por sus valiosas orientaciones en el planteamiento de la metodología de análisis estadísticos de mi tesis.

A todas las entidades y personas relacionadas a las cadenas logísticas de los productos estudiados, especialmente a Alejandro Rozo Bolaños, quienes participaron en este estudio, y me ayudaron con la promoción y aplicación de la Encuesta base de este trabajo.

A la empresa de consultoría Steer, y especialmente a Germán Lleras y Enrique Hernández, por haberme brindado el tiempo para estudiar, flexibilizando mis jornadas de trabajo.

A mis amigos María Graciela López, Candelaria González, Orlando Esteban Clavijo, Andrea Cárdenas, Antonia Damoc, Aziza Kuspekova y Aleš Vlk, por ayudarme en la distancia, y motivarme a persistir y finalizar esta investigación.

Y, por último, mis sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron y colaboraron en el desarrollo de este trabajo.

Resumen

Ante la necesidad del desarrollo de herramientas de análisis logístico para zonas rurales dado el impacto de los costos logísticos en su competitividad y nivel de desarrollo, se llevó a cabo una investigación para determinar el rol de la infraestructura, los servicios de transporte y los servicios logísticos como soporte al desarrollo de la región de la Altillanura colombiana. Para esto se desarrolló y validó un índice de desempeño logístico rural – IDRL empleando las técnicas de Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados utilizando información secundaria y primaria referente a las cadenas logísticas de los productos agrícolas más importantes de la región. Los resultados principales obtenidos consisten en: [i] la identificación de los productos agropecuarios más importantes y de interés en la región de estudio, [ii] la definición de las variables de investigación generales clasificadas en 6 categorías, catalogadas como relevantes por su importancia en el diseño y eficiencia en la cadena logística de los productos; así como otras variables incluidas debido a que el Banco Mundial las emplea en el cálculo del Índice de desempeño logístico doméstico, [iii] la determinación de la función para la estimación del Índice de Desempeño Logístico Rural en una escala de 1 a 5 y, finalmente la formulación de las propuestas para mejorar el desempeño logístico de la Altillanura. Se concluye que esta investigación satisface la necesidad identificada de concebir una herramienta de apoyo a para el análisis del desempeño logísticos en áreas rurales y la formulación de política pública; apoyándose en resultados válidos en la región y el contexto de la investigación con el enfoque en cadenas logísticas; y permite evidenciar que el atraso en logística y transporte de las zonas rurales no se debe únicamente a la carencia o malas condiciones de la infraestructura vial carretera, sino también a la falta de infraestructura logística complementaria para la manipulación de la carga, y a la baja eficiencia de los demás procesos asociados a su transporte.

Palabras clave: Logística, desarrollo rural, índice de desempeño logístico rural, Altillanura.

Abstract

Facing the need for the development of logistical analysis' tools for rural areas, given logistical costs' impact to their competitiveness and development levels, a research has been undertaken to determine the role of infrastructure, transportation services and logistical services as a mean to support development in the Colombian "Altillanura" (High-plains) region. To this effect a rural logistics performance index - RLPI was developed and validated employing the Principal Components Analysis and Cluster Analysis techniques, using secondary and primary information concerning the supply chains for the most important agricultural commodities from the region. The main results obtained were : [i] the identification of the most important and higher-interest agricultural commodities in the studied region, [ii] the definition of the general research variables classified in 6 categories, cataloged as relevant because of their importance to the design and efficiency of the supply chain of said commodities, as well as other variables included due to the fact that the World Bank employs them in their calculation of the Domestic Logistics Performance Index, [iii] the determination of the function for the estimation of the Rural Logistics Performance Index on a scale from 1 to 5, and finally formulating proposals to improve the logistics performance of the Colombian "Altillanura" region. It is concluded that this research satisfies the identified need to conceive a supporting tool for the analysis of logistics performance in rural areas and the formulation of public policy; standing on the valid results for the region and the research context focusing on supply chains; allowing to perceive that the backwardness of logistics and transportation in rural areas exists not only due to the lack thereof or poor condition of transportation infrastructure, but also to the lack of complementary logistics infrastructure for freight manipulation, and the low efficiency of the other processes associated to its transportation.

Keywords: Logistics, Rural Development, Rural Logistics Performance Index, Colombian "Altillanura" Region.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract	X
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
Introducción	1
1. La investigación	7
1.1 La infraestructura de transporte y servicios logísticos como soporte al desarrollo	9
1.2 Importancia de las zonas rurales en el contexto nacional.....	11
1.3 Necesidad de una metodología de análisis específica para regiones rurales ...	13
1.4 Importancia de la Altillanura como estudio de caso	15
2. Revisión del estado del conocimiento	19
2.1 Estudios regionales y logística	19
2.2 La medición del desempeño logístico.....	23
2.3 Principios para adoptar	31
2.4 Metodología de investigación	32
3. Altillanura	35
3.1 Ordenamiento	36
3.2 Economía.....	37
4. Índice de desempeño logístico rural para la región de la Altillanura	47
4.1 Perfil logístico y de transporte de la Altillanura	47
4.2 Cadenas logísticas.....	52
4.3 Variables definidas para el análisis del desempeño logístico	64
4.4 Diseño y aplicación de la encuesta	69
4.5 Estimación del Índice de desempeño logístico rural – IDLR	72
4.5.1 Análisis de componentes principales	72
4.5.2 Análisis de conglomerados	83
5. Análisis de mejora de la Altillanura	87
5.1 Fortalezas y debilidades de la Altillanura.....	87
5.2 Escenarios de evaluación.....	92
5.2.1 Desarrollo socioeconómico	92

5.2.2 Transporte y logística	95
5.3 Impacto de intervenciones	97
6. Conclusiones y recomendaciones	103

Lista de figuras

	Pág.
Figura -1: La cadena agroindustrial como un sistema de abastecimiento.....	8
Figura 1-2: Red vial 2015 y costos de transporte de exportación.....	10
Figura 1-3: Población rural en Latinoamérica 1960 y 2016 (% de la población total)	11
Figura 2-1: Áreas de investigación en desarrollo regional en Colombia.....	20
Figura 2-2: Estructura del desempeño logístico.....	22
Figura 2-3: Componentes metodológicos de la investigación.....	33
Figura 3-1: Municipios de la región de la Altillanura colombiana.....	35
Figura 3-2: Sistema de ciudades alta Orinoquia.....	37
Figura 3-3: Tierras en exploración y producción de hidrocarburos en la Altillanura..	39
Figura 3-4: Unidades rurales censadas en la Altillanura - 3er CNA 2014.....	41
Figura 3-5: Área sembrada por tipo de cultivo y municipio de la Altillanura.....	41
Figura 3-6: Área sembrada (ha) de los 12 cultivos más representativos de la Altillanura.....	42
Figura 3-7: Unidades con cultivos para el autoconsumo en la Altillanura - 3er CNA 2014.....	43
Figura 3-8: Frontera agrícola y predios con posible agricultura familiar en la Altillanura.....	44
Figura 4-1: Infraestructura de transporte de la Altillanura colombiana.....	48
Figura 4-2: Cadenas de comercialización de productos agrícolas y materias primas	56
Figura 4-3: Esquema de los eslabones de las cadenas agrícolas analizadas.....	60
Figura 4-4: Esquema simplificado de la cadena del maíz.....	61
Figura 4-5: Esquema simplificado de la cadena del plátano.....	62
Figura 4-6: Esquema simplificado de la cadena de la caña de azúcar.....	62
Figura 4-7: Esquema simplificado de la cadena del pino – cultivos forestales.....	63
Figura 4-8: Pantalla de inicio y presentación de la Encuesta.....	70
Figura 4-9: Caracterización de empresas encuestadas.....	71
Figura 4-10: Variación retenida hasta cada componente principal.....	73
Figura 4-11: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 1.....	75
Figura 4-12: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 2.....	77
Figura 4-13: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 3.....	79
Figura 4-14: Valor promedio de IDLR _{inter} por número de empleados de la empresa encuestada.....	82
Figura 4-15: Valor promedio de IDLR _{inter} y calificaciones por dimensión por tamaño de la empresa encuestada.....	83

Figura 4-16:	Resultados de análisis de conglomerados y clasificación del desempeño..	84
Figura 5-1:	Red PMTI – dos décadas de inversión	89
Figura 5-2:	Barreras que impactan la logística – usuarios de servicios logísticos	90
Figura 5-3:	Barreras que impactan la logística – prestadores de servicios logísticos	90
Figura 5-4:	Calificaciones promedio por dimensión para la región de la Altillanura...	92
Figura 5-5:	Proyección de producción de anual de cultivos de interés en la Altillanura	95
Figura 5-6:	Proyección de la variación porcentual del $IDLR_{inter}$ en cuatro escenarios por efectos de la mejoría de las calificaciones en las dimensiones que lo definen	99
Figura 5-7:	Proyección de la variación porcentual del $IDLR_{inter}$ en 6 escenarios por efectos de la mejoría homogénea de las calificaciones en sus dimensiones.....	100

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Pros y contras de los indicadores compuestos.....	29
Tabla 4-1: Matriz de carga por carretera según macrozonas (ton) - 2010	51
Tabla 4-2: Comparación de canales comerciales tradicional y moderno	55
Tabla 4-3: Cultivos principales en la Altillanura 2013	58
Tabla 4-4: Usos de los productos agrícolas seleccionados	59
Tabla 4-5: Componentes principales – Análisis 1: todas las dimensiones	75
Tabla 4-6: Vectores de valores propios – Análisis 1	76
Tabla 4-7: Correlación entre variables y componente principal 1 – Análisis 1	76
Tabla 4-8: Componentes principales – Análisis 2: Sin monitoreo	77
Tabla 4-9: Vector de valor propio – Análisis 2	78
Tabla 4-10: Correlación entre variables y componente principal 1 – Análisis 2.....	78
Tabla 4-11: Componentes principales – Análisis 3: Sin monitoreo, puntualidad y costos	79
Tabla 4-12: Cálculo de IDLR para cada encuesta	80
Tabla 4-13: Cálculo de IDLR para encuestas no incluidas en ACP – validación	81
Tabla 4-14: Cálculo de IDLR en escala 1 a 5 por interpolación lineal doble.....	81
Tabla 5-1: Escenarios para la economía colombiana en un horizonte de 20 años	93
Tabla 5-2: Efectos esperados de los FILP sobre regiones y sectores económicos	94
Tabla 5-3: Escenarios de crecimiento de la economía para los Llanos Orientales	94
Tabla 5-4: Mejora de la calificación de la dimensión infraestructura por escenario	98
Tabla 5-5: Mejora del IDLR _{inter} por mejora en infraestructura por escenario	98

Introducción

Varios análisis muestran que un mayor desempeño logístico está fuertemente asociado con la expansión comercial, la diversificación de las exportaciones, el nivel de atracción de inversiones extranjeras y el crecimiento económico de los territorios (Faria, Souza y Vieira, 2015). En Colombia, la infraestructura vial y su estado cobran gran relevancia en el desarrollo y crecimiento económico nacional, con una participación del sector transporte en más del 4.17% del PIB nacional desde el año 2000 en la cual los servicios de transporte terrestres han sido los más representativos con cerca del 80% de participación; pese a esto, el desempeño logístico de Colombia es inferior al promedio mundial y promedio en la región de Latinoamérica y el Caribe según las mediciones del Banco Mundial a través del índice de desempeño logístico – LPI (*Logistic Performance Index*) (Banco Mundial, 2018).

Entre los problemas más notorios de Colombia para su competitividad se encuentra el rezago en el desarrollo de su sistema de transporte y logística que, debido a la carencia de infraestructura y plataformas logísticas, el mantenimiento insuficiente de la red vial y el regular y mal estado de vías, así como la congestión en accesos a ciudades, deriva en altos costos de transporte para la exportación con respecto a otros países de referencia como Panamá, país mejor calificado en desempeño logístico de Latinoamérica y el Caribe por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2018).

Por otro lado, al interior del territorio nacional el nivel de desarrollo y desempeño logístico y de transporte no es homogéneo, sino que la infraestructura relacionada al comercio y al transporte de mercancías, y sus servicios logísticos asociados, presentan diferentes niveles de progreso ligados a la estructura vial carretera concebida en el siglo XX que sigue la topografía nacional y propicia mayores costos de transporte en algunas zonas del país, como por ejemplo en la Altillanura colombiana (Fedesarrollo, 2015). Actualmente, a pesar de que existen estudios que relacionan estas diferencias en el desarrollo de los sistemas de transporte y logística entre regiones y su nivel de desarrollo económico, como por

ejemplo el conducido por Acevedo et al. (2008), en la literatura no se encontró evidencia de alguna herramienta que permita estimar el desempeño de cada región en términos de logística y transporte contemplando las necesidades particulares de la carga producida en cada región del país. Por esto, en la aproximación al estudio de las regiones, especialmente para aquellas donde es predominante la ruralidad, las herramientas disponibles son limitadas y no existe una única medida de desempeño logístico que abarque y resuma las múltiples dimensiones que lo comprenden y evalúe separadamente el aporte de cada una a su valor total.

En este contexto, este trabajo de investigación se enfocó en aportar a la satisfacción de esta necesidad mediante el desarrollo de un índice para el análisis del desempeño logístico para zonas rurales con base en el estudio de la región de la Altillanura colombiana. La Altillanura colombiana se consideró apropiada para su estudio dada la incertidumbre sobre su desarrollo debido a su potencial de crecimiento económico pero carencia de una política clara de transporte y logística para su soporte (DNP 2014; Mcfarland & USDA Foreign Agricultural Service, 2015), lo cual es consecuencia de su aislamiento durante varias décadas y baja intervención del Estado en la misma (Duarte, 2016).

El índice formulado se denominó “Índice de Desarrollo Logístico Rural” o IDLR y se concibió para el análisis y cuantificación del desempeño logístico frente al panorama de desarrollo agropecuario de la Altillanura, facilitando la identificación de las fortalezas y debilidades logísticas de la región para el diagnóstico de su situación actual y, la propuesta y evaluación de acciones en escenarios que constituirían una base para la formulación de política a fin de que la región de la Altillanura, en su condición como reserva agrícola nacional, tenga un soporte adecuado para desarrollarse.

La investigación tuvo como objetivo general desarrollar y validar el índice de desempeño logístico para zonas rurales – IDLR que tiene en cuenta las características de la producción agrícola de la región de la Altillanura en Colombia y que puede aplicarse a otras regiones con algunas consideraciones que se exponen más adelante.

Para lograr este objetivo general se plantearon y desarrollaron cuatro objetivos específicos:

- Identificación de los principales productos agrícolas de la Altillanura colombiana empleando como base información secundaria referente a análisis macroeconómicos efectuados en la región y el análisis de flujos productivos y comerciales que evalúan a la región como potencial agrícola de Colombia.
- Identificación de las variables que definen el desempeño de la infraestructura de transporte y movilidad de carga en los corredores de la Altillanura y su posible correlación, mediante el análisis de información secundaria y primaria teniendo en cuenta la cadena logística de los productos agrícolas más importantes de la región
- Determinación del valor del índice de desempeño logístico y de transporte de la región de la Altillanura mediante análisis de datos de información de desempeño de las cadenas logísticas de los productos agrícolas principales de la misma.
- Análisis de las fortalezas y debilidades en logística y transporte de acuerdo con el valor obtenido para el IDLR en la zona de estudio y propuesta de alternativas para un mejor desempeño a partir de las variables identificadas para su formulación.

La metodología empleada en este estudio comprendió varios componentes a partir de los cuales se analizaron los siguientes aspectos: desarrollo socioeconómico de la región de la Altillanura; las condiciones actuales del transporte y la logística mediante la revisión de información secundaria y la aplicación de una encuesta a empresas; la formulación del IDLR como herramienta de diagnóstico y, por último, la formulación de propuestas de mejora para la Altillanura considerando diferentes escenarios.

La estructura de este documento sigue el orden del desarrollo del estudio y de los componentes de la metodología mencionados anteriormente y comprende seis capítulos: 1) La investigación, que incluye la descripción del alcance y desarrollo de la investigación, y expone los elementos principales que fueron base en su definición; 2) Revisión del estado del conocimiento, que presenta los hallazgos más importantes de la revisión del estado del conocimiento académico en relación a los estudios regionales y logística y la medición del desempeño logístico, los principios que se adoptaron en esta investigación y la metodología de investigación llevada a cabo; 3) Altillanura, exhibe brevemente características territoriales de la región de estudio, su ordenamiento y su sistema económico; 4) Índice de desempeño logístico rural para la región de la Altillanura, en este capítulo se presenta el análisis que se llevó a cabo para la estimación del índice de desempeño logístico rural para la región de estudio; 5) Análisis de mejora de la Altillanura,

comprende el proceso de formulación de propuestas para la mejora del desempeño logístico de la Altillanura con base en el índice formulado; por último, el capítulo 6) Conclusiones y recomendaciones, concluye la investigación presentando los hallazgos más importantes de esta investigación y hace recomendaciones para futuros trabajos investigativos en el área.

Los resultados principales obtenidos consisten en la identificación de la importancia de los cultivos de palma de aceite (africana), maíz amarillo, plátano, yuca, pino y caña de azúcar en la región y la caracterización de sus cadenas logísticas; la definición del perfil de transporte y logístico de la Altillanura en la que se evidenció la predominancia del transporte carretero y la carencia de infraestructura y servicios de transporte y logística en esta; el desarrollo de la función del IDLR y la estimación de su valor para la Altillanura y la formulación de propuestas de mejora para el desempeño logístico de la región.

La metodología empleada en la construcción del índice se basó en la utilizada por el Banco Mundial en el LPI de la cual se adoptó el método del análisis de componentes principales o ACP para su formulación matemática, y el cuestionario para el diseño de una encuesta para empresas de la región.

La función estimada y validada para el IDLR es la siguiente.

IDLR

$$\begin{aligned} &= 0,5746 * (\text{Eficiencia de procesos de control y autorización}) + 0,2482 \\ &* (\text{Calidad de la infraestructura relacionada al comercio y el transporte}) + 0,5132 \\ &* (\text{Facilidad para negociar fletes}) + 0,5872 * (\text{Calidad de los servicios logísticos}) \end{aligned}$$

Los resultados que se obtuvieron del cálculo de IDLR se trataron posteriormente mediante un análisis de conglomerados que traduce su valor a una escala de 1 a 5, siendo 5 el mejor desempeño logístico. Para la zona de estudio se estimó su valor igual a 2,87 que indica un nivel de desempeño logístico medio en el contexto del estudio.

El valor estimado de los parámetros contenidos en la función del IDLR es válido en la Altillanura colombiana y en el análisis de desempeño logístico relacionado a productos agrícolas. Lo anterior, debido a que la información empleada para la determinación del

IDLR obedece a las respuestas obtenidas de la aplicación de una encuesta a un grupo de empresas con características específicas, ubicadas en la región, y relacionadas a determinados productos agrícolas, por lo que se recomienda discreción del uso del IDLR como un indicativo del desempeño logístico general de la complejidad del sector agrícola del territorio analizado. A pesar de lo anterior, la aplicabilidad de esta metodología es viable en otras regiones si se involucran empresas locales de ésta que trabajen con productos agrícolas que tengan cadenas logísticas similares, así como actores de los diferentes niveles de producción y comercialización de productos agrícolas de la zona de interés.

1. La investigación

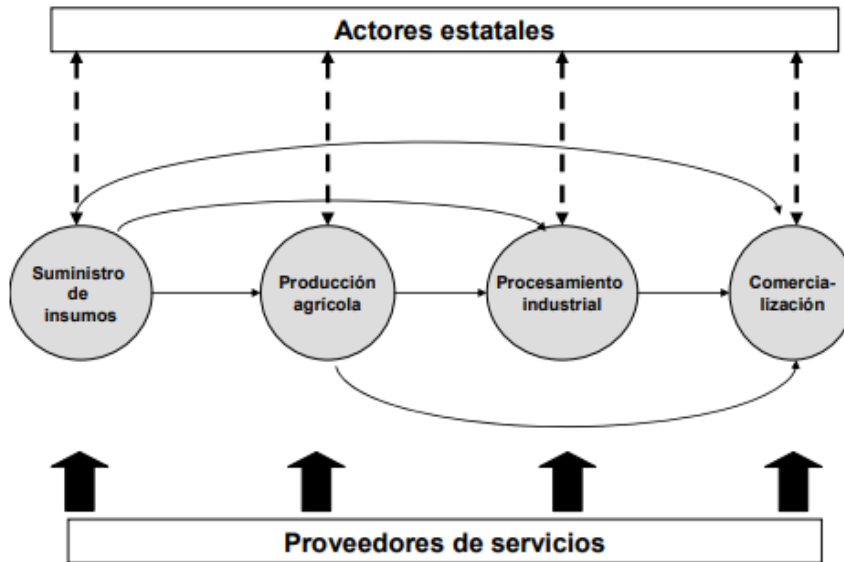
El territorio de la Altillanura ha sido delimitado de manera diferente por varios autores e instituciones. Según el Departamento Nacional de Planeación – DNP (2014) la Altillanura colombiana comprende un área de 13,5 millones de hectáreas, correspondiente a los municipios Puerto López, Puerto Gaitán y Mapiripán en el departamento del Meta, y La Primavera, Cumaribo, Puerto Carreño y Santa Rosalía en el departamento del Vichada, mientras que otros pueden también incluir al departamento del Casanare u otros municipios del Meta como San Martín de los Llanos (Caicedo et al., 2014; Duarte, 2016; Mcfarland y USDA Foreign Agricultural Service, 2015; Mello, 2009; Rodríguez Borray et al., 2015). Para efectos de esta investigación, y tomando en cuenta que parte de la información insumo proviene de estudios y consultorías realizadas para las instituciones públicas con una delimitación común, se toma como territorio de estudio la Altillanura definida por el DNP conformada por los 7 municipios mencionados anteriormente y pertenecientes únicamente al departamento del Meta y Vichada.

Por otro lado, si bien en la región de la Altillanura los productos agropecuarios son muy diversos, en esta investigación se tienen en cuenta únicamente productos agrícolas en su análisis de transporte y logística debido a las diferencias en sus cadenas de suministro.

Adicionalmente, a pesar de que los productos agrícolas estudiados son materias primas en la agroindustria colombiana, y entendiendo que ésta tiene una cadena integrada de abastecimiento que involucra los productores de materias primas, empresas de transformación, la red de distribuidores y sus necesarios vínculos con otras organizaciones de tipo estatal y privado, como lo declaran Sarache y Duarte (2012) (ver Figura -1), con el propósito de mantener la delimitación territorial del problema de investigación, se estudia la cadena de los productos seleccionados en lo que al tema de transporte y logística se refiere sin entrar en el detalle del procesamiento industrial para la obtención de bienes

finales. Lo anterior, justificado en el hecho de que la Altillanura es una zona esencialmente productora de materia prima y no de procesamiento industrial.

Figura -1: La cadena agroindustrial como un sistema de abastecimiento



Fuente: (Orrego & Hernández Pérez, 2012)

La agricultura familiar o campesina, aunque hizo parte del diagnóstico de la condición actual de la Altillanura, no se consideró dentro del análisis de escenarios prospectivos ya que sus necesidades de transporte para manejo de carga son generalmente satisfechas en vehículos propios al no tratarse de grandes volúmenes y su actividad agrícola estar enfocada al autoconsumo y comercio local.

Los principales elementos que se tuvieron en cuenta en la definición de la investigación comprenden el papel que desempeña la infraestructura del transporte y los servicios como elemento de soporte al desarrollo en general, la importancia de las zonas rurales en el contexto nacional colombiano, y la carencia de una metodología que analice la problemática del transporte y los servicios logísticos en esas zonas, cuyo resultado principal es la formulación del índice de Desempeño Logístico Regional para las cadenas agrícolas de la región de la Altillanura. Cada uno de los elementos mencionados se exponen a continuación y se resalta la validez y relevancia de la Altillanura colombiana como estudio de caso.

1.1 La infraestructura de transporte y servicios logísticos como soporte al desarrollo

El rol del transporte en el desarrollo es reconocido por varios autores. Inta Slavinska en su tesis doctoral expone que el transporte fomenta el desarrollo equilibrado de las regiones y su accesibilidad, contribuyendo a la disminución de la diferencia de indicadores económicos entre los territorios (Slavinska, 2009), en tanto que Álvaro Pachón y María Teresa Ramírez reconocen a la infraestructura de transporte como elemento integrador de las regiones que permite la reagrupación regional de la población y su crecimiento (Pachón y Ramírez, 2006).

Se destaca el impacto que tienen los costos logísticos en la competitividad de los países (Acevedo et al., 2008) y las regiones, ya que según Karayun et al. existe una fuerte relación entre el desarrollo regional y el desarrollo nacional (Karayun, Aydin, & Gulmez, 2012). Así, la reducción de los costos logísticos al interior de las naciones, expresados en la mejora de la movilidad y la infraestructura de comunicación o logística, fomentará el desarrollo equilibrado de las regiones y su accesibilidad, contribuyendo a la disminución de la diferencia de indicadores económicos entre los territorios (Slavinska, 2009).

Acevedo et al., en su libro “El transporte como soporte al desarrollo de Colombia” (Acevedo et al., 2008) exponen lo siguiente: *“La experiencia ha demostrado que es tan importante contar con una buena infraestructura, como con eficientes servicios de transporte y logística. Sin embargo, el mejoramiento en el flujo de las mercancías no ha estado acompañado por un mejoramiento en el flujo de las mercancías a raíz de una deficiente interface entre los medios de transporte terrestre, y los puertos, aeropuertos y fronteras”*, evidenciando la necesidad de un análisis del transporte regional que abarque no sólo la oferta de infraestructura de transporte y su demanda, sino también un estudio de los servicios logísticos que completan el sistema de transporte de las regiones.

La logística, definida por la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL) como “la articulación de la provisión de servicios de infraestructura, la producción, la facilitación del movimiento, la distribución de bienes y la regulación de servicios e información a lo largo de la cadena global” (CEPAL, 2015), constituye un punto importante en términos de desarrollo de las economías, pues su participación en el Producto Interno

Bruto (PIB) no puede negarse en la mayoría de los países en vías de desarrollo (Karayun et al., 2012). De hecho, se considera como una ventaja competitiva relevante y como uno de los sectores estratégicos más importantes del siglo XXI junto a la tecnología genética y las tecnologías de información (Karayun et al., 2012).

Figura 1-2: Red vial 2015 y costos de transporte de exportación

a) Costos de transporte de exportación



b) Red vial 2015



Fuente: PMTI (Fedesarrollo y Steer Davies Gleave, 2015)

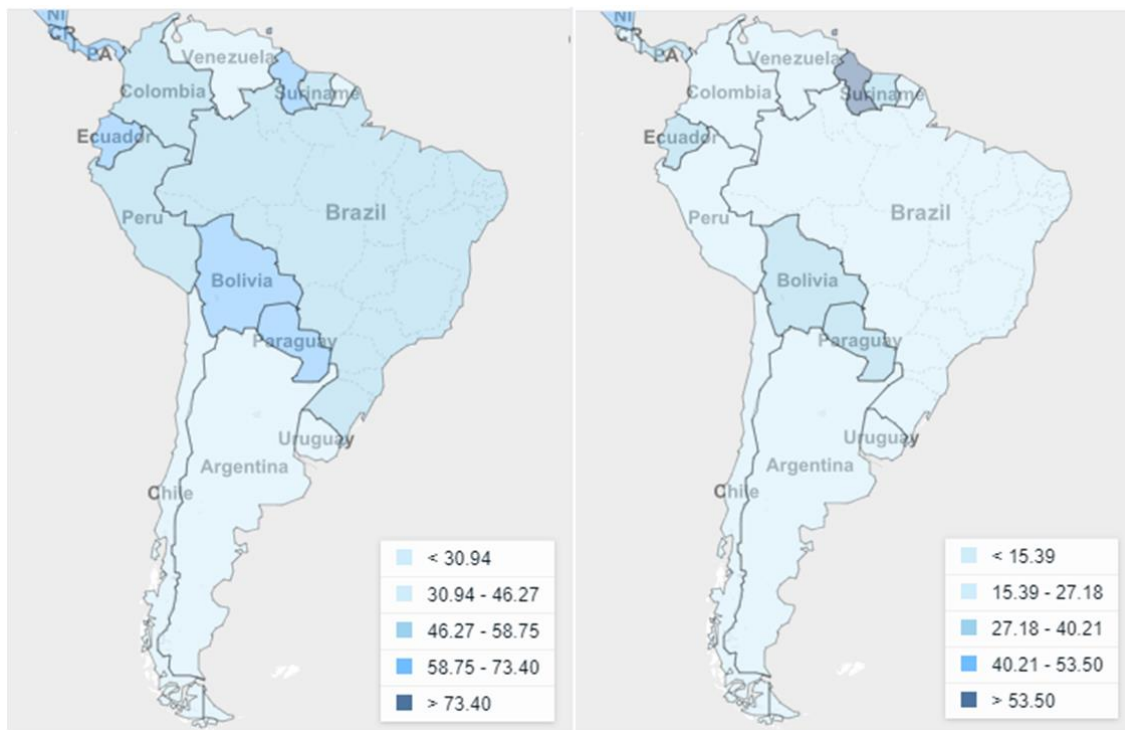
Teniendo en cuenta el contexto colombiano y los mapas de oferta de infraestructura de transporte de 2015, se puede apreciar que la misma región en la que se dan los mayores costos logísticos en el país también presenta disparidades importantes en otros índices como los de desarrollo social y económico, y es en parte la misma porción del territorio en la que se carece de infraestructura (ver Figura 1-2), evidenciando el papel de la infraestructura de transporte y servicios logísticos como soporte al desarrollo. Las regiones colombianas en las que se aprecia un desarrollo menor al del resto de Colombia y baja

oferta de servicios de transporte e infraestructura son Orinoquía, Amazonía y el pacífico colombiano.

1.2 Importancia de las zonas rurales en el contexto nacional

Históricamente, Colombia fue un país mayoritariamente rural hasta mediados del siglo XX (Correa et al., 2002; Silva Moyano, 2016) con una población rural del 55% del total de habitantes en 1960 (World Bank, 2018), aunque en el periodo de la posguerra el mundo y Colombia sufrieron un proceso de urbanización acelerado debido a varios fenómenos socioeconómicos (Ruiz Rojas, 2015), causando que en 2016 la población rural fuera únicamente el 23% del total, territorialmente sigue siendo uno de los países de América Latina que en el siglo XXI cuenta con un alto porcentaje rural (Correa, Edelmira; Pérez Martínez, 2002) y cuya población rural para el inicio del siglo XXI era el doble en número que en 1938 (Ocampo, 2001).

Figura 1-3: Población rural en Latinoamérica 1960 y 2016 (% de la población total)



Fuente: Elaboración propia a partir de (World Bank, 2018)

En la Figura 1-3, se aprecia este hecho, dónde para el Banco Mundial la población rural se refiere a las personas que viven en áreas rurales definidas por las oficinas nacionales de estadística (DANE en Colombia), y su cálculo se define como la diferencia entre la población total y la población urbana.

Desde el punto de vista productivo, a pesar de la concentración de la población en las ciudades, el proceso de industrialización y el conflicto armado vivido en el país en los últimos 70 años; en la economía colombiana la sociedad rural y el campo colombiano han sido ejes indiscutibles del desarrollo del país (DNP, 2015). El volumen de producción e ingresos reales del sector primario en Colombia ha mostrado crecimientos sostenidos en la última década (CEPAL, FAO, y IICA, 2017), y la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca han aportado entre el 7% y 9% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional desde el año 2000 (DANE, 2018), presentando también el mayor crecimiento con una variación porcentual de 4,9 en el año 2017 (DANE, 2018).

Según Correa et al. (2002) “el sector rural ha sido un gran productor de riqueza para el país y en el manejo y extracción de sus recursos se ha fundamentado su base económica”, con actividades productivas sobresalientes como la agrícola y pecuaria.

Las brechas de desarrollo entre la ruralidad y las urbes colombianas son estudiadas por diferentes investigadores e instituciones del Gobierno y comprenden indistintamente los ámbitos social, económico y político (Correa, Edelmira; Pérez Martínez, 2002; Duarte, 2016; Echeverri Perico, 1998; Ocampo, 2001, 2014; Ruiz Rojas, 2015). Aunque esta diferencia se atribuye a diversos factores, es clara la deuda del Estado con el campo colombiano y sus habitantes que han vivido en condiciones de pobreza, conflicto armado y aislamiento (Ocampo, 2001), la cual se pretende saldar con la Misión para la Transformación del Campo (DNP, 2016) en un nuevo escenario político nacional conocido como el posconflicto, que viene después de la firma definitiva de los acuerdos de paz y supone una recomposición de la sociedad (Gómez Restrepo, 2003).

La problemática y soluciones de la ruralidad colombiana tienen así diferentes dimensiones que requieren de “una visión integral del desarrollo rural con enfoque territorial que cubran diferentes aspectos de las distintas actividades económicas” (Leiva et al., 2017), que a su

vez reconozcan las particularidades de los territorios y las dinámicas internas de cada región, y cuenten con la participación de los actores locales. Leiva y Vélez mencionan que estas dimensiones son de tipo ambiental, económico, social, cultural y político (Leiva et al., 2017), en las cuales, de manera transversal, el transporte desempeña un papel importante.

1.3 Necesidad de una metodología de análisis específica para regiones rurales

La contribución del sector transporte en el desarrollo es medida, comúnmente, a través del soporte al sector productivo en términos de costos. Si bien diversos estudios destacan el impacto que tienen los costos logísticos en la competitividad de los países y las regiones (Acevedo et al., 2008); ya que según Karayun et al. (2012) existe una fuerte relación entre el desarrollo regional y el desarrollo nacional, la mejora en la infraestructura y servicios de transporte en zonas rurales se expresan no sólo en la mejora de la movilidad y su impacto positivo en los costos logísticos de la industria, sino también en un incremento de accesibilidad trascendiendo el carácter económico de los beneficios del transporte en las regiones.

En el caso particular de la erradicación de la pobreza de las zonas rurales colombianas y los índices de satisfacción de necesidades básica de su población, el papel que desempeña el transporte está ligado fundamentalmente a la accesibilidad, la cual fue definida por Edmonds (1998) citado por Njenga y Davis, (2003), como la capacidad de alcanzar, visitar o usar. La accesibilidad también se puntualizó como lo opuesto al aislamiento, una característica clave de la pobreza.

Barwell, citado por Njenga y Davis, (2003) en su discurso introductorio en First Africa Meeting of the Forum for Rural Transport and Development en Lilongwew en Malawi (noviembre de 1993), explica el aislamiento como sigue: “Si una zona rural no puede ser fácilmente alcanzada, si la gente que vive en la zona rural no puede viajar fácilmente, si el flujo de bienes y servicios dentro y fuera de esa área es físicamente difícil, poco fiable o caro... Estas son características del aislamiento”.

El aislamiento reduce el acceso físico a servicios esenciales como mercados, fuentes de información, redes sociales y políticas, así como servicios de salud y educación (Njenga y

Davis, 2003), dificultando la mejora de la calidad de vida y la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes de zonas apartadas, manteniéndolos en condiciones de vulnerabilidad y pobreza.

En Colombia, la pobreza es medida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), mediante el uso de índices tales como el Índice de Pobreza Multidimensional (IMP), que hace parte de los indicadores monetarios de pobreza, y tiene en cuenta carencias superpuestas, identificándolas en tres dimensiones del Índice de Desarrollo Humano: 1) esperanza de vida al nacer, 2) educación y 3) PIB per cápita (a paridad de poder adquisitivo). Con el uso del IMP se cuantifican las personas que sufren carencias en un 33% o más de estos indicadores ponderados (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, n.d.).

El uso del IMP en el país permite observar que hay diferencias en el número de habitantes pobres en zonas urbanas y rurales. En el año 2016, las cabeceras municipales presentaron un menor porcentaje de personas en situación de pobreza multidimensional (12.1%) que en los centros poblados y zonas rurales dispersas (37.6%) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017), las cuales también evidencian desigualdades en cuanto a oferta de infraestructura y servicios de transporte, así como en los índices de desarrollo regional. En los departamentos más pobres multidimensionalmente se encuentran también los municipios más vulnerables en el posconflicto, y en los que la oferta de infraestructura de transporte es limitada.

Desde el ámbito social, se identifica que parte de la incidencia del transporte como elemento de soporte para una nueva ruralidad tiene que ver con el mejoramiento de la accesibilidad a los territorios vulnerables, dado que permite mejorar el bienestar y el buen vivir de su población con miras a la erradicación de la pobreza y la satisfacción de sus necesidades básicas al mejorar su accesibilidad a través del transporte a servicios de salud, educación y mercados, entre otros, y disminuir los contrastes actuales entre las zonas urbanas y las rurales, propiciando la equidad dentro del territorio nacional al estimular la inversión pública para la integración regional y aumentar la presencia del Estado en zonas hasta el momento apartadas.

Por otro lado, parte de la transformación de la realidad rural consiste también en el mejoramiento de la productividad y la explotación del potencial productivo de las zonas rurales tomando en cuenta sus dinámicas y características particulares.

La complejidad de las regiones rurales, junto con lo mencionado sobre las relaciones de la logística con el desarrollo regional, permite identificar la necesidad de emplear metodologías que posibiliten abordar la evaluación integral de las intervenciones en las redes viales regionales y los sistemas logísticos rurales, como herramienta de soporte para la planificación de las zonas rurales; las cuales permitirían identificar las características que un sistema de transporte y de logística que atiendan zonas rurales, deberían tener para soportar el desarrollo de las mismas.

1.4 Importancia de la Altillanura como estudio de caso

La Altillanura, región al oriente de Colombia que estuvo olvidada durante muchos años por el Estado y la Nación, se ha convertido en el tema de atención nacional e internacional como vanguardia en agricultura (Mcfarland & USDA Foreign Agricultural Service, 2015) pese a las pobres características de sus suelos y la necesidad de implementar soluciones agrícolas no convencionales para su explotación, así como sus deficiencias en infraestructura.

La Altillanura está conformada por siete municipios de los departamentos del Meta y el Vichada; ha sido afectada por el conflicto armado durante varias décadas y carece de infraestructura de transporte de integración con el resto del país (DNP, 2014), siendo un ejemplo de la problemática de las zonas rurales colombianas en este sentido.

Según el DNP, el alto potencial productivo de la región se expresa a nivel agropecuario conteniendo el 5,5% de las tierras con esta vocación a nivel nacional, de las cuales sólo el 3% se encuentran cultivadas, siendo una fuente potencial de alimentos y productos que contribuirán a la seguridad alimentaria nacional pero que, debido a las limitaciones de carácter ambiental, tecnológico y de conectividad con el resto de Colombia, para la promoción del desarrollo agrícola, no ha sido explotada.

A pesar de su gran potencial agropecuario, en la región de la Orinoquía en general, la baja competitividad de los productos agropecuarios agrícolas tradicionales se atribuye al impacto de los factores geográfico-económicos inherentes a ella, como lo son la distancia, localización, baja fertilidad de los suelos, ausencia de infraestructura para la gestión estacional del agua y débiles economías de aglomeración (Benavides, 2010).

Desde la Ingeniería de Transporte se encuentra que las áreas cultivables de la región de la Altillanura tienen baja accesibilidad debido a la baja oferta de infraestructura de transporte y las malas condiciones de las pocas vías existentes, por lo que los costos de transporte para el movimiento de carga y pasajeros es elevado y ha limitado el aprovechamiento de su potencial de desarrollo (DNP, 2014). Así, la situación de la Altillanura refleja la relación entre el transporte y el desarrollo integral de las regiones.

Adicional a lo anterior, de acuerdo a Duarte (2016), los corredores de la producción de comercialización, cercamientos de la extracción petrolera y la formalización de tierra destinadas al ganado de engorde y a monocultivos se vieron afectados y controlados por grupos armados ya que fueron motivo de enfrentamiento entre bloques paramilitares y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia-FARC por el cultivo de coca.

Para la región, y con el fin de suplir sus carencias a futuro, el Gobierno Nacional generó políticas sectoriales que la priorizan tales como la Política de Seguridad y Defensa; sin embargo, pese a estas acciones, los lineamientos de política nacional para su desarrollo y los estudios de consultoría que han evaluado su evolución y proyección económica, no ha habido inversiones que generen impactos significativos en los factores limitantes del desarrollo en la región. De esta manera, el departamento del Vichada, así como los municipios del Meta que pertenecen a la Altillanura, presentan no sólo dificultades en su explotación agropecuaria sino también en el atraso del desarrollo humano de la región, evidenciado en índices de pobreza elevados, déficit de vivienda, escasez y mal estado de vías de comunicación y de transporte, entre otros, manteniendo la brecha existente entre otras regiones del país y de la misma Orinoquía, con la zona mencionada (DNP, 2014).

En 2014, a través del documento CONPES 3797 “Política para el desarrollo integral de la Orinoquía: Altillanura – Fase I” el Gobierno nacional generó la política de desarrollo de la

región de la Altillanura, por tener características suficientes para ser considerada como una zona importante en Colombia por su potencial agrícola y diversidad.

En el documento CONPES 3797 de 2014 se plasma que uno de los objetivos que se persiguen en esta área es la incorporación de nuevos cultivos en los años 2022 y 2024, diversificando la producción actual e incrementando la utilización de la capacidad productiva de la región. En este contexto, desde el gobierno nacional se han realizado estudios de ejes de movilidad para la región e incluso se han planteado proyectos de APP que conectan internamente la región de la Altillanura, sin embargo, la inversión siempre ha sido focalizada en infraestructura vial y se han dejado de lado los servicios logísticos y la infraestructura logística que se requiere implementar para la potenciación del desarrollo de la región en términos de mejora de la eficiencia, reducción de costos de transporte y manipulación de carga, entre otros.

Por lo anterior, se destaca a la Altillanura como una región rural de interés para el desarrollo de la investigación de zonas rurales en Colombia desde la ingeniería de transporte y la logística, dado su potencial agropecuario, los retos que enfrenta para su desarrollo y sus necesidades en esta materia.

2.Revisión del estado del conocimiento

2.1 Estudios regionales y logística

Los estudios regionales en la comunidad académica han intentado responder interrogantes sobre el desarrollo regional desde diferentes perspectivas. Las áreas del conocimiento que han abordado la temática regional son diversas y resuelven preguntas que van desde lo conceptual como “¿qué es una región?” y “¿qué es el desarrollo?”; hasta análisis detallados como lo son el estudio de las dimensiones del desarrollo, la localización de actividades, los costos del transporte, las migraciones, los efectos del conflicto armado, la producción agrícola en zonas rurales y las brechas territoriales, entre otros.

Específicamente en desarrollo regional, la investigación en el área de logística y transporte ha tenido poca participación; a nivel mundial aporta menos del 5% del total de los documentos encontrados en la revisión de bases de datos científicas efectuadas a la fecha¹.

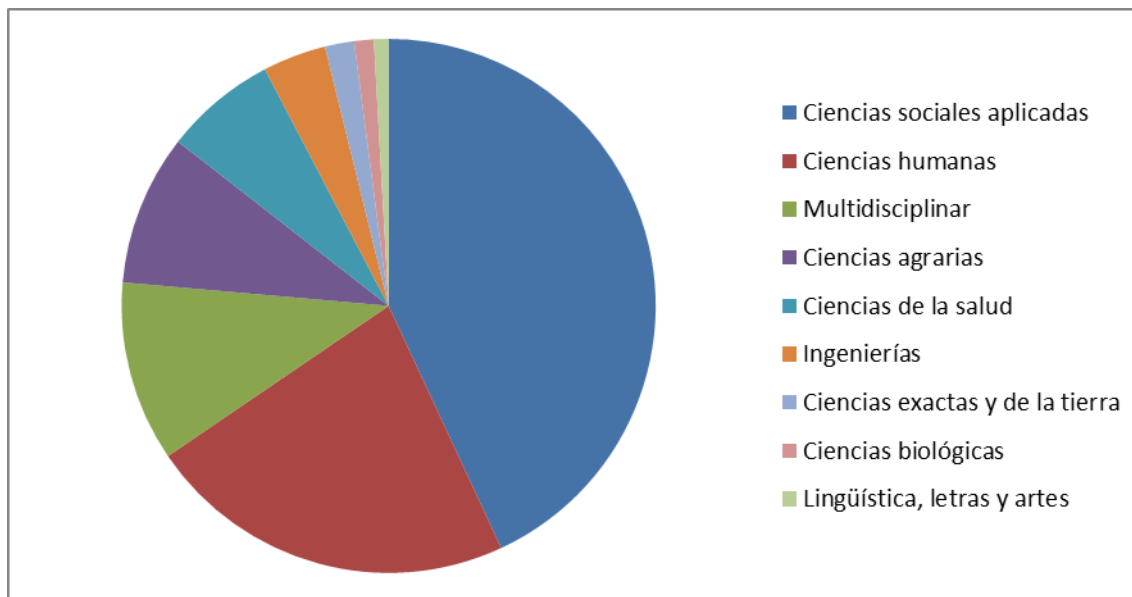
En Colombia la investigación en el área sigue la misma tendencia mundial. Los resultados de la búsqueda mencionada, clasificados por país de publicación y sin discriminar por área de conocimiento, muestran que en total el país participa con cerca del 13%² de las publicaciones, sólo tres de ellas en el área de interés, y aporta principalmente en el área de las ciencias sociales aplicadas (ver Figura 2-1), lo cual es poco teniendo en cuenta que universidades como la Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes y

¹ Base de datos: SciELO. Palabras clave empleadas: “regional development” y “desarrollo regional”. Fecha de consulta: 01 de mayo de 2017. Filtros: país – “Colombia.

² Se aclara que en este indicador no se tienen en cuenta tesis y otros documentos que están disponibles en bases de datos diferentes a la mencionada, por lo que es representativo dentro del universo de documentos de la base.

Universidad Javeriana, entre otras, tienen grupos de estudio consolidados en temas de desarrollo, transporte, logística y áreas afines.

Figura 2-1: Áreas de investigación en desarrollo regional en Colombia



Fuente: Elaboración propia a partir de consulta en bases de datos SciELO³

Por otro lado, en los gobiernos y la consultoría se ha despertado un interés por los estudios y proyectos de desarrollo regional alrededor del mundo, ya que éste concepto “nació con relación al desarrollo económico” (Karayun, Ibrahim AYDIN, y Gulmez, 2012) y se correlaciona positivamente con los indicadores de competitividad departamental (Cataño Rojas, 2011).

En Colombia, este auge de investigación y consultoría en temas regionales se refleja en los estudios sobre competitividad de los departamentos colombianos, que permiten definir y hacer comparaciones de los patrones de desarrollo en relación a las modificaciones en su estructura económica (González Néstor Iván y Ramírez Patricia, 2005) y

³ Base de datos: SciELO. Palabras clave empleadas: “regional development” y “desarrollo regional”. Fecha de consulta: 01 de mayo de 2017. Filtros: país – “Colombia”.

jerarquizaciones de los departamentos de acuerdo a su nivel de competitividad determinado por el desarrollo (Loterio, Mauricio, y Valderrama, 2009), entre otros; las iniciativas del gobierno nacional para formular política regional a través de varios documentos CONPES aprobados por el Consejo Nacional de Política Económica y Social relacionados a este tema, como por ejemplo los documentos CONPES 3238: Estrategias para el fortalecimiento departamental (DNP, 2003) y CONPES 3797: Política para el desarrollo integral de la Orinoquia: Altillanura – Fase I (DNP, 2014) y la conformación de Zonas de Interés de Desarrollo Rural – ZIDRES.

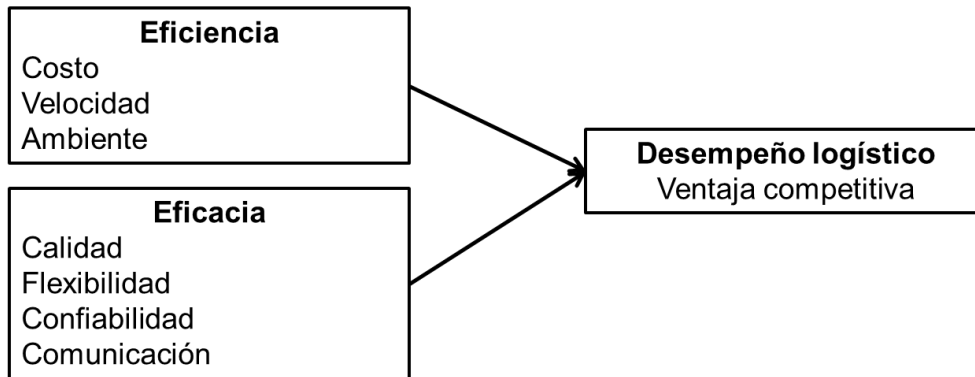
Si bien el concepto “región” es un concepto multidimensional con múltiples significados cuyos bordes son difíciles de definir (Acevedo et al., 2008), para efectos de esta investigación se tendrá en cuenta que a pesar de que en Colombia han habido avances sociales y políticos, se atribuyen los problemas de competitividad y productividad al atraso de la infraestructura que conecta los centros productivos unos con otros y con los puertos, identificando a las condiciones de la infraestructura vial, urbana e interurbana como un cuello de botella crítico del desarrollo de largo plazo del país (Acevedo et al., 2008).

La logística, definida por la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe – CEPAL como “la articulación de la provisión de servicios de infraestructura, la producción, la facilitación del movimiento, la distribución de bienes y la regulación de servicios e información a lo largo de la cadena global” (CEPAL, 2015) significa un punto importante en términos de desarrollo de las economías, pues su participación en el Producto Interno Bruto – PIB no puede negarse en la mayoría de los países en vías de desarrollo (Karayun et al., 2012). De hecho, se considera como una ventaja competitiva relevante y como uno de los sectores estratégicos más importantes del siglo XXI junto a la tecnología genética y las tecnologías de información (Karayun et al., 2012).

Este concepto de logística implica los elementos señalados por Sarache Castro y Morales Chávez (2016) sobre la dada a mediados de los años noventa por el Council of Logistics Management (CLM), en la cual se destaca que la logística considera no sólo los flujos materiales sino también el flujo de información que es importante en la planeación y control de las operaciones, reconoce los servicios como soporte clave de los flujos de materiales y establece dos objetivos de la logística: efectividad, en la medida que cumple con los requisitos del cliente; y eficiencia (costos).

Abu Bakar, Jaafar, Faisal, y Muhammad (2014) proponen una estructura del desempeño que desglosa los dos objetivos de eficiencia y la eficacia, identificando los componentes que afectan cada uno como se muestra en la Figura 2-2.

Figura 2-2: Estructura del desempeño logístico



Fuente: (Abu Bakar et al., 2014)

En el sector empresarial, la logística se entiende de acuerdo a las actividades que la componen y puede diferir de entre compañías; en algunos casos se relaciona con la operación de inventarios y en otras con el transporte y programación de la producción (Sarache Castro y Morales Chávez, 2016). Sin embargo, de acuerdo a Castellanos Ramírez (2015), un sistema integrado logístico en una empresa estaría conformado por tres áreas operacionales:

- Gestión de materiales: relación logística entre una empresa y sus proveedores
- Gestión de transformación: relación logística entre las instalaciones de una empresa (planta y almacén o centro de distribución, etc.)
- Gestión de distribución física: relación logística entre la empresa y sus clientes

Faria, Souza, y Vieira (2015), en su revisión de literatura describen cuatro aspectos logísticos comunes en el trabajo de varios investigadores en los que se relaciona la logística y los flujos comerciales: infraestructura, competencia logística, costos logísticos domésticos, previsibilidad y fiabilidad de la cadena de suministro; ya que los resultados de los estudios revisados por ellos sostienen que es crucial incrementar el desempeño logístico para expandir el intercambio internacional, especialmente en países en vías de desarrollo, con la inversión en infraestructura de comunicación y transporte como principal

factor determinante. Estos aspectos logísticos presentados evidencian que los métodos empíricos empleados en el análisis de la relación del desempeño logístico con los flujos comerciales abarcan desde temas tradicionales como los procedimientos de aduana y calidad de infraestructura hasta nuevos temas como previsibilidad y confiabilidad del sistema logístico.

El concepto de logística y su estudio ha ido evolucionando con el paso del tiempo. Al inicio del siglo XXI la logística se define como una parte de la cadena de abastecimiento con el arraigo del concepto de Gestión de la Cadena de Abastecimiento, producto en parte del enfoque sistémico de los años setenta en el que se precisó la organización empresarial como un subsistema abierto que forma parte de un sistema aún más complejo conformado por diversos actores económicos, tecnológicos, políticos, sociales y culturales (Sarache Castro y Morales Chávez, 2016).

Debido al papel que desempeña la logística como planificadora, implementadora y controladora de los flujos mencionados en la cadena de abastecimiento, la logística es un tema central de la competitividad del agro, los recursos naturales, la industria y el comercio, persiguiendo la satisfacción eficaz y eficiente de los requerimientos de los consumidores (CEPAL, 2015).

A pesar de su importancia e impacto sobre el desarrollo y la competitividad de las economías, al desarrollo social asociado al mismo y a la mitigación de las externalidades negativas (CEPAL, 2015), la investigación que estudie la logística (su desempeño) en el nivel regional es limitada (Özceylan, Çetinkaya, Erbaş, & Kabak, 2016).

Para el estudio de la logística desde la perspectiva de la cadena logística, Hamilton, (2015) sugiere mapear la cadena, analizar cada uno de sus enlaces, desarrollando las causas de pérdidas y ganancias, y alineando las medidas no financieras a las mismas.

2.2 La medición del desempeño logístico

En la determinación de la herramienta para el análisis de la suficiencia e identificación de necesidades en materia de transporte y logística en la región de estudio, se plantea el uso de un índice de desempeño logístico rural para el análisis de la región de estudio. Para su

definición se utilizó el método de revisión sistemática de literatura. Con este método, según Fink (2005) citado por Fernandes et al. (2018), se hace posible la identificación, evaluación, interpretación y extracción de los datos del trabajo de académicos e investigadores, al seguir el proceso de trabajo esquematizado en la figura “Proceso de revisión sistemática de literatura, que se muestra más adelante.

Mediante la revisión de literatura se encontró que la medición del desempeño logístico puede realizarse a través de métricas y medidas individuales o mediante un sistema general de desempeño (Caplice y Sheffi, 1995), identificando que puede hacerse una clasificación inicial general del área temática que tiene que ver con el nivel de decisión sobre los aspectos logísticos y de transporte sobre las cadenas logísticas y sistemas de transporte, y logísticos en general. Esto es relevante dado que se encontró que existe una relación en la forma de medir el desempeño y en su uso posterior.

En el primer caso se agrupan los documentos en las que la medición del desempeño logístico se realiza por las empresas a lo largo de toda la cadena logística de sus productos, por lo que las medidas para la estimación del desempeño se localizan en los niveles de la cadena relacionadas a la planeación y diseño de producto, proveedores, producción, entrega y clientes. La medición del desempeño en este caso se realiza a través de medidas directas sobre los procesos y no es común el uso de indicadores o indicadores compuestos.

En la otra categoría, el desempeño logístico asciende a un nivel superior en el que sus implicaciones trascienden las empresas y afectan sectores económicos, territorios y el desarrollo y la competitividad regional y nacional de un país, y se soporta en herramientas matemáticas que pretenden expresar la complejidad que envuelve el desempeño logístico a un nivel macro.

En la literatura referente al desempeño de una cadena logística en empresas, correspondiente a la primera categoría mencionada, se ha dado más atención a las medidas individuales que en los sistemas de medidas (Caplice y Sheffi, 1995). Y, de la misma manera que en la revisión efectuada por (Dalmolen, Moonen, Iankoulova, & Van Hillegersberg, 2013), las referencias no presentan interconexiones concretas entre los KPI

Indicadores Clave de Desempeño (del inglés “Key Performance Indicators”), por lo que hay un vacío en intentar plasmar su desempeño logístico completo (Anderson, Aronsson, & Storhagen, 1989). Por lo anterior, los investigadores buscan encontrar medidas que colectivamente capturen la mayoría, si no todas, las dimensiones del desempeño que se consideran importantes en el corto y largo plazo (Chow, Heaven y Henriksson, 1994).

La revisión de literatura llevada a cabo por Gunasekaran y Kobu (2007) y presentada en el artículo “Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995 – 2004) for research and application” revela que la medición del desempeño con objetivos claros y consistencia es clave para el éxito de las compañías, y que el uso de 27 KPI fue común entre los documento analizados.

Las medidas identificadas por estos autores identifican, entre otras cosas, que:

- El 50% de los KPI tienen que ver con los procesos internos de las empresas y el 50% restante con los consumidores.
- La medida de desempeño más común es el desempeño financiero (38% de los KPI), en la que el costo sigue jugando un rol mayor en la medición del desempeño operacional.
- Las medidas relacionadas al desempeño de la entrega de los productos corresponden al 12% de los KPI en las cadenas de suministro estudiadas en los documentos base de la revisión.

Respecto a las medidas relacionadas al área de transporte, Gunasekaran y Kobu (2007) hallaron que pesar de que la entrega de los productos sea monitoreado con un gran número de medidas, la confiabilidad de esta tiene una métrica cuantitativa que se considera importante en los procesos internos de las cadenas de suministro (globales y no sólo en sus primeras etapas) así como en la satisfacción de los clientes, con el tiempo y el resultado como componentes de desempeño; se considera que el nivel de decisión que lo afecta es únicamente el operativo.

Los costos de transporte son asociados al aspecto financiero de las empresas, el uso de recursos dentro de la etapa de distribución física de la cadena logística, donde las decisiones que lo afectan son de carácter táctico y operacional.

Caplice y Sheffi, (1995) dicen que, aunque es poco probable que un mismo grupo de métricas capture el matiz de todas las operaciones logísticas de las compañías, un conjunto común de características puede ser desarrollado a partir de sistemas de medición “buenos”. Por lo anterior, el objetivo de los investigadores es el desarrollo de un grupo de criterios de evaluación útiles que pueden ser usados para determinar las fortalezas y debilidades de un sistema de medición del desempeño de una firma logística.

En su estudio, Caplice y Sheffi (1995) muestran que hay 4 principios concernientes a los sistemas de medición de desempeño logístico:

- Un sistema de medida debe ser exhaustivo en el sentido de que debe capturar el desempeño desde más de una perspectiva y debe medir múltiples dimensiones del desempeño para incluir a todas las partes interesadas relevantes, es decir, debe capturar el efecto de una política en cada una de las partes interesadas relevantes.
- El sistema debe ser orientado a la identificación de la causa mediante los aspectos que definen el desempeño en lugar de los resultados. Esto quiere decir que debe monitorear las actividades e indicadores que influyen el desempeño actual y futuro.
- El sistema debe estar verticalmente integrado mediante la relación de la estrategia corporativa general y los tipos particulares de toma de decisión en cada nivel de la organización.
- El sistema de medida debe estar horizontalmente integrado o alineado a lo largo de un proceso en lugar de cada función o departamento, de esta manera, se incluyen todas las actividades y funciones a lo largo de un proceso.

Adicional a los cuatro puntos anteriores, los autores establecen que los sistemas deben ser también comparables internamente, en el sentido que el sistema reconozca y permita intercambios entre diferentes dimensiones del desempeño; y que sea útil en cuanto a que sea fácilmente leíble y entendible por los tomadores de decisión y que provea guía clara a las acciones que deben ser tomadas.

Por otro lado, de acuerdo a Dalmolen et al. (2013) la colaboración y mejor intercambio de información entre los socios de la cadena logística (colaboración horizontal) y entre los proveedores y los consumidores (colaboración vertical) son percibidos como dos

elementos clave en la mejora del desempeño en términos de efectividad y eficiencia de la Provisión de Servicios Logísticos – LSP (Logistic Services Provisioning en inglés).

La pregunta de investigación planteada por Dalmolen et al. (2013) es “¿cómo puede medirse el desempeño de la Provisión de Servicios Logísticos desde una perspectiva estructurada y objetiva?”, cuyo acercamiento adoptó como método de investigación la “design science methodology”, y se enfocó en *Business Intelligence (BI)* para LSP y en analizar el estado del arte de los KPI usados por los LSP.

Business Intelligence es definido desde la gerencia como el proceso de reunir datos de fuentes internas y externas y de analizarla para generar información relevante para mejorar el proceso de toma de decisiones, desde el aspecto tecnológico, BI enfatiza las herramientas y tecnologías que permiten el registro, recuperación, manipulación y análisis de la información; por último, desde el aspecto del producto, se concentra en "el resultado / producto emergente de un análisis en profundidad de datos comerciales detallados, así como prácticas de análisis utilizando herramientas de BI.

En transporte, las empresas que proveen servicios logísticos se pueden beneficiar de BI en sus actividades, específicamente transporte, almacenamiento, servicios de valor agregado y servicios de tecnología de la información.

Fugate et al. concluyen que todas las dimensiones del desempeño logístico están positivamente relacionadas unos con otras, y éste a su vez con el desempeño de la compañía como un todo.

Basados en la combinación de tres factores, Dalmolen et al. (2013) adoptaron la hipótesis de que las dimensiones del desempeño logístico pueden ser mejoradas consecuentemente y que no hay impedimentos significativos para que una compañía persiga tanto la eficiencia como la efectividad, y propusieron el marco de trabajo Overall Transport Effectiveness – OTE que involucra los niveles estratégico, táctico y operacional y visualiza el desempeño.

OTE es un sistema jerárquico de métricas que muestran la efectividad del transporte en su ejecución. OTE combina siete medidas de tiempo y pérdidas, que se combinan y presentan

como un porcentaje de disponibilidad, desempeño y calidad, que a su vez multiplicadas entre sí generan un valor de OTE.

$$OTE = Disponibilidad * Desempeño * Calidad * 100\% = \frac{Tiempo\ utilizado}{Tiempo\ efectivo} * 100\%$$

La disponibilidad es calculada como la relación entre el tiempo de ejecución real y el tiempo empleado, el desempeño como la relación entre el tiempo de operación real y el tiempo de ejecución, y la calidad como el tiempo efectivo y el tiempo real de operación. Todos los resultados de las variables son expresados como porcentajes.

Respecto a los documentos que estudian el desempeño logístico a una escala mayor, se encontró que la evaluación de la logística a un nivel de detalle macroscópico se ha realizado a través de indicadores compuestos y rankings, medidas cuantitativas o cualitativas derivadas de una serie de hechos observados, que ofrecen mayor facilidad de interpretación por parte del público en general y permiten identificar tendencias comunes a través de varios indicadores separados (Saltelli, 2007) citado por (OECD, 2008). Sin embargo, expresar el desempeño logístico mediante indicadores compuestos representa un reto en su definición ya que éstos pueden enviar mensajes de política equivocados si su construcción es pobre (OECD, 2008).

La utilidad de estas medidas radica en la identificación de tendencias y cambios en diferentes unidades y a través del tiempo cuando son medidos regularmente, y en que podrían definir prioridades políticas al monitorear el desempeño de múltiples dimensiones compilados en un único índice (OECD, 2008).

La OECD en el documento "Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide" (2008), enuncia que los pros y contras de los indicadores compuestos son varios (Ver Tabla 2-1) y provee una guía para su diseño, desarrollo y difusión.

Tabla 2-1: Pros y contras de los indicadores compuestos

Pros	Contras
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pueden resumir realidades complejas, multidimensionales con el propósito de apoyar procesos de toma de decisión ▪ Su interpretación es más sencilla que la de varios indicadores independientes ▪ Permiten la evaluación del progreso de los países a través del tiempo ▪ Reducen el tamaño visible de un conjunto de indicadores sin descartar la base de información subyacente ▪ Hacen posible la inclusión de más información manteniendo el límite de tamaño existente ▪ Colocan los problemas del desempeño de los países y su progreso en el centro de la arena política ▪ Facilitan la comunicación con el público en general y promueve la rendición de cuentas ▪ Ayudan a construir narrativas para todo tipo de audiencias ▪ Permiten que los usuarios puedan comparar dimensiones complejas de manera efectiva 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pueden enviar mensajes de política engañosos si son contruidos pobremente o malinterpretados ▪ Pueden invitar a conclusiones políticas simplistas ▪ Pueden ser mal utilizados. Ejemplo: Para apoyar una política deseada si el proceso de construcción no es transparente y/o carece de principios estadísticos o conceptuales sólidos. ▪ La selección de indicadores y ponderaciones podría ser un tema de disputa política ▪ Pueden disfrazar fallas graves en algunas dimensiones y aumentar la dificultad de identificar medidas correctivas adecuadas, si el proceso de construcción no es transparente ▪ Pueden llevar a políticas inapropiadas si se ignoran las dimensiones de desempeño que son difíciles de medir

Fuente: (OECD, 2008)

El estudio conducido por Özceylan et al., (2016) aplica una metodología basada en indicadores geográficos y económicos, sistemas de información geográfica y herramientas de análisis multicriterio para evaluar el desempeño logístico de las provincias de Turquía. En este caso, el desempeño logístico se calculó como el promedio ponderado de puntajes de las provincias en tres dimensiones principales y 16 subdimensiones:

- Factores de transacción de carga: el total de mercancías transportadas por vía marítima, carretera, ferrocarril y vía aérea;

-
- Factores de capacidad de transporte: número de vehículos para el transporte de mercancías, longitud de la malla vial principal, proximidad a ferrocarriles, puertos, aeropuertos y puertas fronterizas al centro de las provincias
 - Factores económicos y de infraestructura: valor de exportación, importación, número de departamentos de logística en universidades, cercanía del centro de la provincia a pueblos de carga, zonas libres e industriales

Estos factores y variables fueron definidas por Özceylan et al., (2016) a partir de la revisión de 11 publicaciones referentes a la evaluación del desempeño logístico en dimensiones y se relacionan directamente con las condiciones de logística y transporte de Turquía en el momento de la ejecución de la investigación. La ponderación de cada criterio se determinó aplicando los procesos analítico jerárquico - AHP y analítico en red – ANP.

Entre los indicadores de desempeño logístico el más reconocido y empleado a nivel mundial es el índice de desempeño logístico – LPI (Logistics Performance Index en inglés) del Banco Mundial, que mide diferentes aspectos de la logística en más de 160 países de todo el mundo, estableciéndose como una herramienta de comparación entre ellos en términos de desempeño logístico. Los primeros resultados fueron publicados en 2007 y desde ese momento sus evaluaciones cualitativas en 6 componentes han permitido un mejor entendimiento de los retos y oportunidades logísticas en cada país y lo que ellos pueden hacer para mejorarlo (World Bank, 2018).

Los seis componentes o dimensiones del LPI son aduanas, infraestructura, envíos internacionales, calidad y competencia logística, trazabilidad y monitoreo, y puntualidad.

La metodología de formulación del Índice inicia con la escogencia de los mercados importadores y exportadores más importantes de cada país y los respondientes, quienes toman la encuesta en línea elaborada por el Banco Mundial. Los datos recolectados en los meses en los que está disponible la encuesta, que se conforman de puntuaciones de los países en cada dimensión, son procesados posteriormente utilizando el análisis de componentes principales.

Este índice, al ser construido a partir de una encuesta, refleja la percepción los operadores de comercio exterior, sin embargo, a pesar de esto tiene relaciones econométricas significativas con la tasa de crecimiento del PIB per cápita (Fedesarrollo, 2015).

Desde el punto de vista de la operación del sistema de transporte de carga, en Colombia el desempeño se evalúa mediante el cálculo de varios indicadores relacionados con el parque automotor, la movilización de carga y la demanda potencial de transporte.

2.3 Principios para adoptar

Con base en lo presentado referente a los estudios regionales y la logística, así como de la medición del desempeño logístico y sus diversos enfoques, se identificaron principios para la definición y aplicación de la metodología e índice de esta investigación ya que, a pesar de haber encontrado diferentes prácticas en la medición del desempeño logístico, estas no son opuestas entre sí y, por el contrario, se complementan.

En primer lugar, en las metodologías expuestas, tanto aquellas aplicadas en las empresas, como las que trascienden ese ámbito, se hace mención que en todos los casos en que se estudie la logística existe la necesidad de involucrar en la investigación no sólo los flujos materiales sino también de información, midiendo la efectividad y la eficiencia del sistema.

Para medir la efectividad y la eficiencia del sistema logístico y de transporte (Abu Bakar et al., 2014) y considerando que involucra tanto flujos materiales como de información, y la transversalidad de la logística en las cadenas de abastecimiento de los productos según lo planteado por Sarache Castro y Morales Chávez (2016), se decide hacer el estudio de las cadenas de los productos agrícolas más importantes de la región de la Altillanura, incluyendo el análisis de sus eslabones (Hamilton, 2015), para capturar los intereses de los involucrados en ellas, mediante las variables que se hallen relevantes en la caracterización de las mismas.

Según Caplice y Sheffi (1995), la motivación principal para evaluar la medición del desempeño logístico como un sistema es que las medidas en el nivel de sistema conducen las decisiones al nivel gerencial. En este caso, al tener esta investigación como objeto de estudio una región rural y con el propósito de buscar identificar retos y oportunidades en

el desempeño logístico y de transporte a un nivel regional, las acciones y decisiones son en su mayoría de carácter político y son definidas por la administración del territorio y de la nación principalmente, por lo que la herramienta de análisis de desempeño logístico debe trascender y ser útil a este nivel análisis y gobierno territorial.

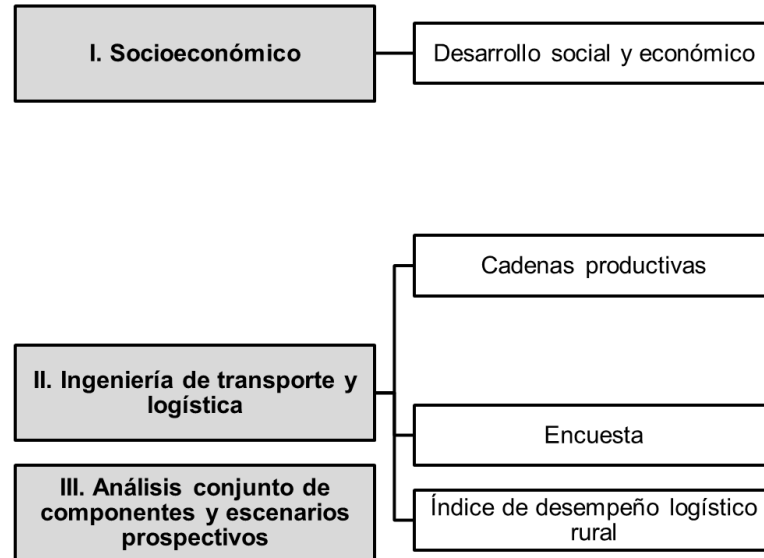
Tomando en cuenta lo anterior, y también el propósito de que se estudia la región para hacer propuestas al respecto y soportar su desarrollo futuro, al igual que el objetivo del Banco Mundial con la creación del LPI y su demostrada relación con el desarrollo económico, se adopta la metodología propuesta por el Banco Mundial como la base metodológica para la creación del índice de desempeño logístico rural y la herramienta matemática del análisis de componentes principales, ya que esta metodología también es coherente con la utilidad del uso de los índices compuestos expuesta por la OECD (2008) y la aplicación de la metodología similar realizada por Dalmolen et al. (2013).

Por otro lado, considerando la estructura del desempeño logístico creada por Abu Bakar et al. (2014), que comparte los objetivos de la logística mencionados por Castellanos Ramírez, 2015; CEPAL, 2015; Sarache Castro y Morales Chávez, 2016, se identifica la necesidad de que en el diseño de la encuesta se involucren los intereses de las diferentes partes de las cadenas de abastecimiento y se midan las múltiples dimensiones del desempeño, identificando cuáles tienen efecto en el corto y largo plazo.

2.4 Metodología de investigación

La metodología propuesta se estructuró en tres componentes generales. El primer componente hace referencia al estudio del desarrollo socioeconómico de la región de la Altillanura, que busca caracterizar su potencial productivo actual y en escenarios prospectivos a partir de información secundaria, con un enfoque de cadena de abastecimiento.

El segundo componente comprende un análisis desde la ingeniería de transporte y la logística de la región y las propuestas existentes en este tema realizadas desde el Gobierno.

Figura 2-3: Componentes metodológicos de la investigación

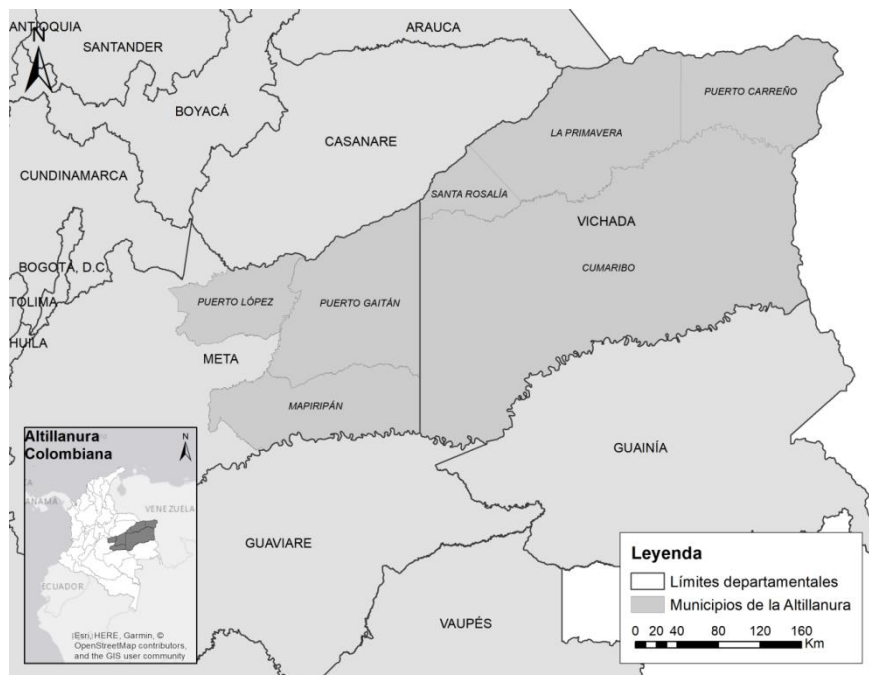
Fuente: Elaboración propia

El tercer componente tiene como objetivo analizar conjuntamente los componentes socioeconómico y de ingeniería de transporte y logística, y el análisis prospectivo de la región, empleando el desarrollo de un Índice de desempeño logístico rural como medida de comparación y herramienta de soporte para la formulación de propuestas para el mejoramiento del desempeño logístico de la Altillanura.

3. Altillanura

La Altillanura, conformada por algunos municipios del departamento del Meta y todo el departamento del Vichada, es una región en la Orinoquía colombiana que por años estuvo olvidada por el Estado, fue víctima del conflicto armado y el narcotráfico (Duarte, 2016) y que presenta actualmente el atraso típico de las zonas rurales de Colombia en su desarrollo económico y social frente a las zonas urbanas del país (Ocampo, 2014), a pesar de lo cual, se ha convertido en una zona de importancia agropecuaria a nivel nacional e internacional y es objeto de interés por parte de inversionistas privados y entes gubernamentales (Caicedo et al., 2014; Duarte, 2016; Mcfarland y USDA Foreign Agricultural Service, 2015; Mello, 2009; Rodríguez Borray et al., 2015).

Figura 3-1: Municipios de la región de la Altillanura colombiana



Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en el Geoportal del DANE (2018)

La región comprende los municipios de Puerto López, Puerto Gaitán y Mapiripán en el departamento del Meta, y La primavera, Cumaribo, Puerto Carreño y Santa Rosalía en el departamento del Vichada, abarca un área total de 13,5 millones de hectáreas y es una de las regiones más biodiversas de Colombia (DNP, 2014).

Según el DNP (2014), el agua constituye un elemento estructurante de la región al distinguirse 14 subcuencas que la irrigan, haciendo posible las actividades agropecuarias, minero-energéticas, la movilidad de pobladores y el abastecimiento de los asentamientos humanos que existen en la zona.

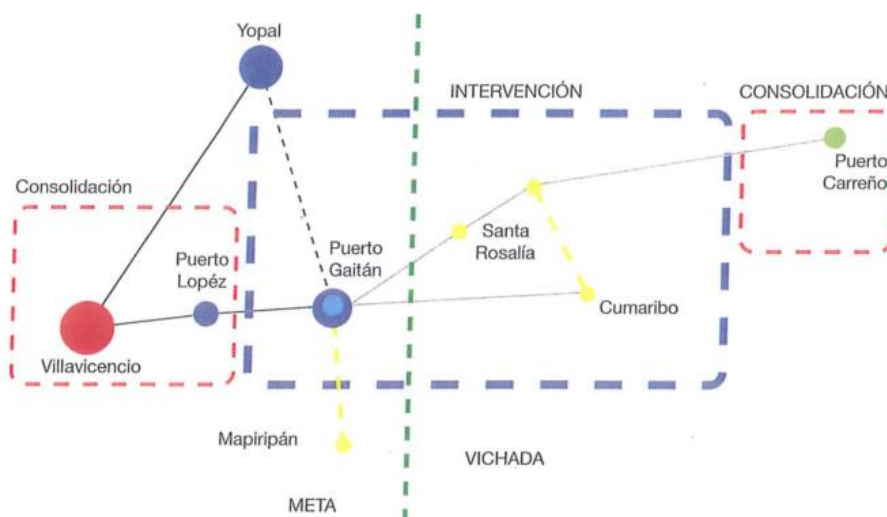
Debido a la altísima riqueza ambiental de la región, que cuenta con 154 diferentes tipos de ecosistemas prioritarios y más de 380 especies de plantas (DNP, 2014), existen zonas de protección ambiental que buscan asegurar la conservación de su biodiversidad ambiental y cultural, como lo es el Parque Nacional Natural El Tuparro, los resguardos indígenas y zonas de reserva forestal y que se erigen como condicionantes ambientales para su desarrollo, a pesar de que algunos ya han sufrido cambios por influencia antrópica.

La Altillanura es un territorio débil ambientalmente debido a la estacionalidad en la oferta de agua y la susceptibilidad de los suelos a la degradación por erosión, compactación, desertificación, acidificación y su alto nivel de endemismo (DNP, 2014).

3.1 Ordenamiento

La estructura funcional de la Altillanura se define en el contexto de la región de la Orinoquía, en donde sus municipios se comportan como centros subregionales y locales subordinados a Villavicencio, ciudad capital del departamento del Meta, y consecuentemente a Bogotá D.C. (DNP, 2014), formando un sistema de ciudades, como el presentado en la Figura 3-2, dependiendo del potencial de servicios que puede prestar cada ciudad.

Villavicencio es la ciudad principal en la región, seguida de Yopal en Casanare que tiene también potencial de prestar servicios a la Altillanura, pero que se ven limitados por la calidad de la red vial entre ella y Puerto Gaitán (DNP, 2014).

Figura 3-2: Sistema de ciudades alta Orinoquia

Fuente: (Caicedo et al., 2014)

Puerto López es el principal centro subregional, seguido de Puerto Gaitán como paso obligado hacia el oriente. En Vichada se destaca Puerto Carreño como centro local. Los demás municipios prestan funciones básicas pero Cumaribo y Mapiripán, que son los más aislados, tienen una menor capacidad de prestación de servicios básicos (DNP, 2014).

En la figura, el tipo de línea que une los municipios representa la existencia y condición de la infraestructura de transporte que las comunica, mostrando que las vías entre Puerto Gaitán y Villavicencio están en mejores condiciones que desde Puerto Gaitán al oriente y mucho mejor que de Puerto Gaitán a Mapiripán.

3.2 Economía

Las actividades económicas principales en los departamentos del Meta y Vichada comprenden la agricultura, ganadería, comercio, minería e industria, siendo ésta dos últimas predominantes del departamento del Meta.

Durante mucho tiempo, la ganadería constituyó la principal actividad económica en la región de la Altilanura (Duarte, 2016; Mello, 2009; Rodríguez Borray et al., 2015), mientras que la agricultura estaba en manos de campesinos que sembraban el pancoger o pequeños cultivos comerciales en las vegas de los ríos cuyos productos intercambiaban entre ellos (Duarte, 2016).

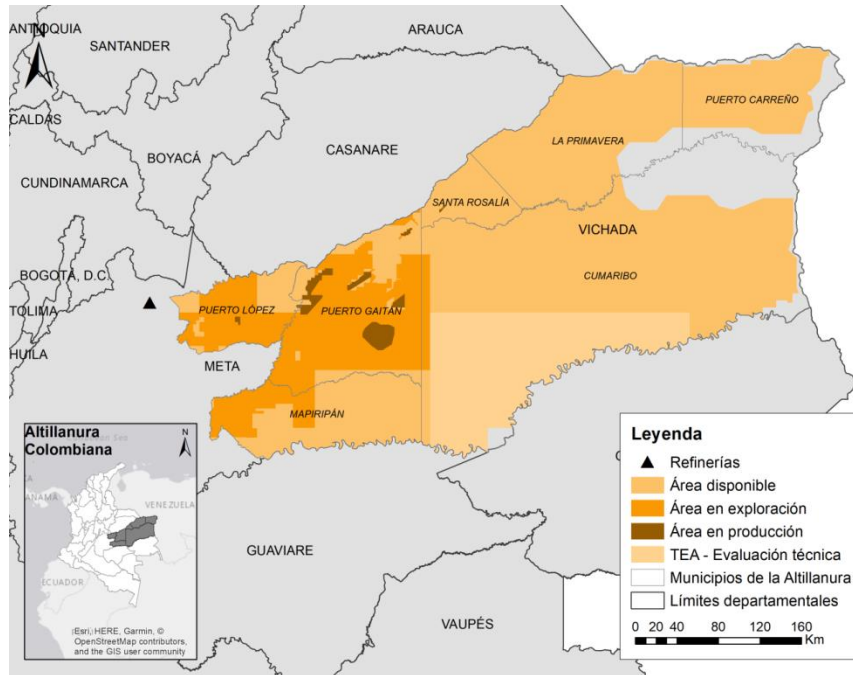
Con el avance tecnológico, las actividades agropecuarias tradicionales sufrieron una transformación en la cual los cultivos de arroz, soya y maíz crecieron en la región (Duarte, 2016), a los que posteriormente se añadirían los cultivos de palma africana en 2007 (Mello, 2009), y caucho, forestales maderables, caña de azúcar y otros (Rodríguez Borrayer et al., 2015), se implementaron sistemas de rotación de cultivos transitorios (soya, maíz y arroz, principalmente), los pastos mejorados para la producción ganadera y sistemas agroforestales con especies de carácter permanente (Rodríguez Borrayer et al., 2015)

El desarrollo agropecuario en la zona se vio limitado por la escasez de infraestructura vial, y por el conflicto armado, con cultivo, producción y comercialización de coca especialmente en el departamento del Vichada (Duarte, 2016).

En los últimos años, la región de la Altillanura ha presentado un crecimiento económico acelerado con un incremento en casi 17 veces de su PIB entre 2001 y 2011, y cambios en la participación de los municipios en el mismo (DNP, 2014). Puerto Gaitán tomó el liderazgo desde el año 2006 en la participación del PIB, mientras que Puerto López que era el mayor participante entre 2001 y 2007 quedó en segundo lugar los años subsiguientes. De los municipios del departamento del Vichada únicamente Puerto Carreño tuvo un porcentaje mayor al 20% entre los años 2001 y 2003, los demás municipios no superaron el 10% en esa década y la participación de Puerto Carreño cayó por debajo del 10% desde el año 2008 (DNP, 2014).

El crecimiento del PIB de los municipios de la Altillanura pertenecientes al departamento del Meta, específicamente en el caso de Puerto Gaitán y Puerto López, tuvo que ver con la industria de hidrocarburos, ya que es donde se concentra la exploración y explotación de hidrocarburos en la región. La extracción del crudo y gas, según los datos del DNP presentados en el CONPES 3797, alcanzaron una participación de 57% del PIB departamental, que cayó a tener un valor cercano al 45% en el año 2017 (Mincomercio industria y turismo, 2018a).

Figura 3-3: Tierras en exploración y producción de hidrocarburos en la Altillanura



Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en el Geovisor de la ANH (2018)

En departamento del Vichada las actividades económicas principales eran los servicios sociales, comunales y personales (DNP, 2014), sin embargo, en 2017 su estructura económica evidenció un cambio importante en la cual el sector agropecuario aportó el 52,2% al PIB departamental, seguido por el sector de administración pública y defensa, educación y servicios sociales con un 15,2% y por el sector de comercio, reparación, transporte y alojamiento con el 13,1% de participación (Mincomercio industria y turismo, 2018b).

Los sistemas de producción en la Altillanura son diversos y existen los mecanizados y artesanales. La pluralidad de los habitantes de la región ha propiciado su multiplicidad que ver con las distintas formas de provechar el territorio y su origen histórico y cultural (EPYPSA S.A., 2011).

De acuerdo al estudio “Definición de la solución óptima de transporte multimodal desde el punto de vista técnico, económico y socio ambiental, para el desarrollo de la Orinoquía / Altillanura: zona conformada por los Departamentos del Meta, Vichada y Casanare” realizado por EPYPSA en 2011, con límites territoriales de la Altillanura más amplios, en

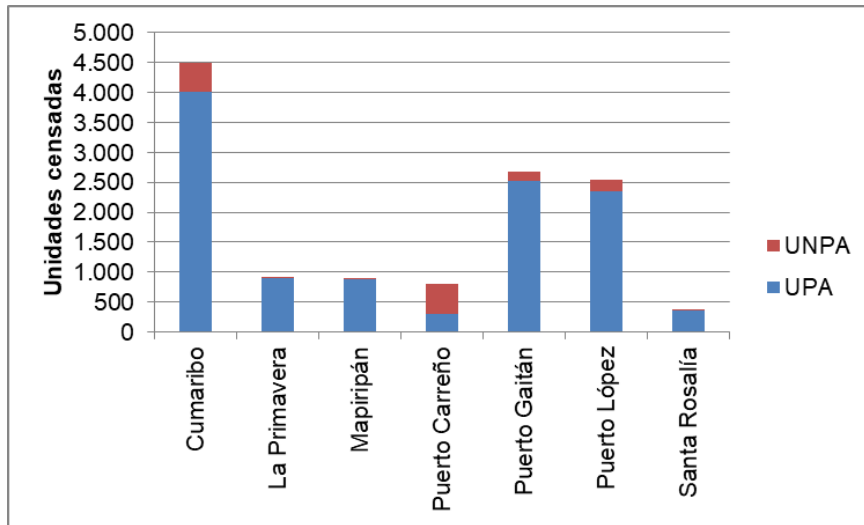
la región conviven seis diferentes grupos humanos con actividades agropecuarias diferentes:

- Los Campesinos llaneros asentados principalmente en las planicies bajas de la Orinoquia inundable y el piedemonte, con una actividad ganadera importante.
- Los Vegueros localizados en las márgenes de los ríos, en especial el Meta, con una agricultura de subsistencia basada en maíz, arroz, frijol y topocho.
- Los Campesinos Andinos de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, con una agricultura de subsistencia y la cría de animales.
- Los Colonos venidos de las zonas andinas, reconocidos como moradores recientes y pioneros que desde otros lugares del país se han establecido con sus familias en territorio orinoquense, en particular en la zona del Ariari-Guayabero.
- Los empresarios agroindustriales que compran importantes superficies de sabanas naturales para implementar sistemas de monocultivos intensivos o plantaciones agroforestales.
- La población indígena de cerca de 57.000 habitantes, localizada en gran parte en resguardos indígenas que suman 3.942.940 ha en la zona estudiada.

Desde el 2013 el DANE llevó a cabo el Tercer Censo Nacional Agropecuario - 2014 -3er CNA en el área rural de Colombia desde noviembre de 2013 hasta el 31 de julio de 2014 y aplicó un total de 12.672 encuestas en los municipios de interés para este estudio. La base de datos construida en ese proyecto fue empleada para la caracterización de las unidades productivas y no productivas censadas en 2013 en la región de la Altillanura. La definición de estas áreas, que fue dada por el DANE para este censo, es la siguiente:

- **Actividad agropecuaria – UPA:** Procesos productivos que incluyen la siembra de cualquier tipo de cultivo agrícola, plantación forestal o pastos y la cría, levante y/o engorde de animales para el consumo o para la venta.
- **Actividades no agropecuarias – UNPA:** Actividades no relacionadas con el cultivo de especies vegetales, ni con la cría de animales (agricultura, ganadería y acuicultura). Puede ser una actividad vinculada con: industria, agroindustria, artesanía, minería, turismo, comercio y servicios no asociados a la actividad agropecuaria. Por ejemplo: procesamiento de productos agrícolas, establecimiento de viveros, recolección.

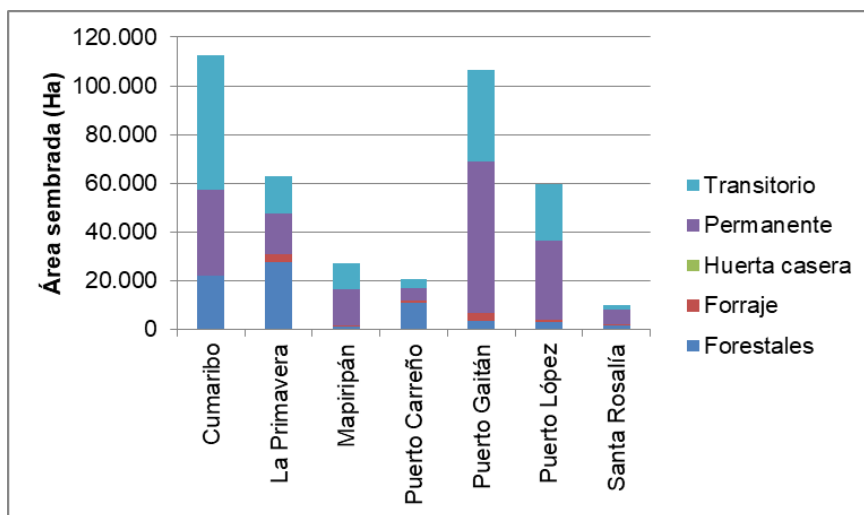
Figura 3-4: Unidades rurales censadas en la Altillanura - 3er CNA 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de información del 3er CNA (DANE, 2016)

Las encuestas aplicadas permitieron observar que en el departamento del Vichada en el 91% de los predios se realizan actividades agropecuarias, mientras que, en Puerto Gaitán, Puerto López y Mapiripán este número deciente a 85%, con un total de 7.599 y 3.717 unidades respectivamente.

Figura 3-5: Área sembrada por tipo de cultivo y municipio de la Altillanura



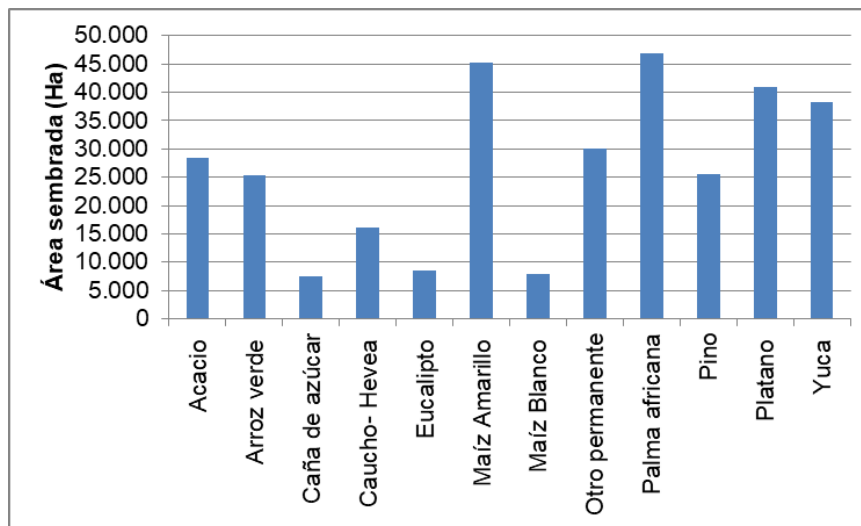
Fuente: Elaboración propia a partir de información del 3er CNA (DANE, 2016)

De acuerdo a los datos referentes a las actividades agrícolas, en la región en 2013-2014 había 191 cultivos diferentes clasificados como transitorios, permanentes, huerta casera, forraje y forestales, con un área total sembrada de 399.475 ha. De ésta, el 43% corresponde a cultivos permanentes, el 37% a cultivos transitorios y el 17% a cultivos forestales, el 3% restante concierne a forraje ya que el área sembrada de huerta casera es insignificante a nivel territorial (9.07 ha en total).

En el departamento del Meta, el 83% del área sembrada en el periodo del censo estuvo conformada por el cultivo de palma africana (19%), maíz amarillo (14%), arroz verde (12%), plátano (11%), caucho - hevea (6%), yuca (4%), caña de azúcar (4%) y otros cultivos permanentes (13%).

Del área sembrada en el departamento del Vichada registrada en el censo, los cultivos que predominaron son el cultivo de la yuca (15%), Acacio (13%), Pino (12%), plátano (10%) y maíz amarillo (10%).

Figura 3-6: Área sembrada (ha) de los 12 cultivos más representativos de la Altillanura.



Fuente: Elaboración propia a partir de información del 3er CNA (DANE, 2016)

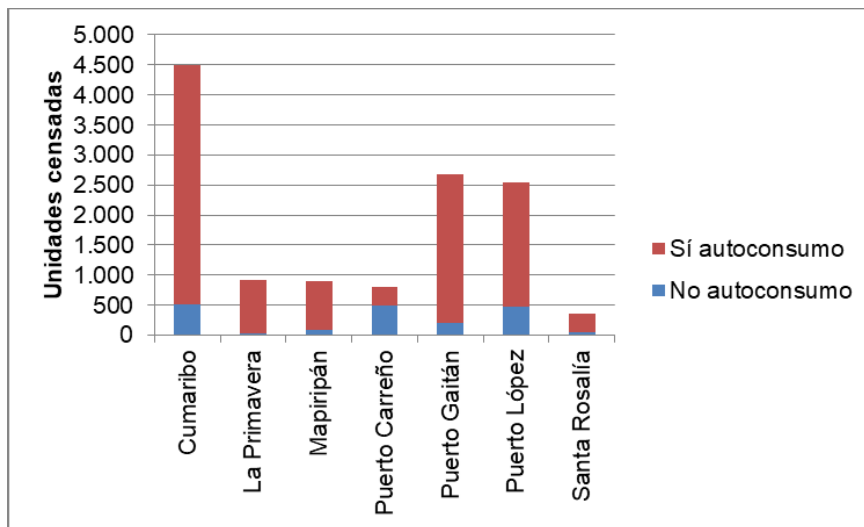
En términos regionales, los cultivos más relevantes en área sembrada difieren ligeramente a los anteriores. La palma africana, el maíz amarillo, el plátano, la yuca y algunos cultivos forestales son protagonistas en el sector agrícola de la Altillanura. En la Figura 3-6 se

presenta el área sembrada en hectáreas de los 12 cultivos más representativos de la región, que en conjunto comprenden el 80% del total de área sembrada en la Altillanura.

La estructura agrícola en el departamento del Vichada tuvo modificaciones según el reporte del perfil económico de este departamento del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2018). La yuca mantiene su primer lugar entre los cultivos permanentes y aumenta su participación a 48,8%, es seguida del Marañón con el 16,5%, la palma de aceite con 14,5% y el plátano con el 9,7%. Entre los cultivos transitorios se destaca el maíz con un 85,1% y la suya con 14%.

Las unidades rurales censadas manifestaron que sus actividades agrícolas tienen propósitos comerciales, pero también de autoconsumo o consumo en el hogar; en los municipios de la Altillanura pertenecientes al departamento del Meta sólo el 18% indicó que no se sembraron cultivos o viveros para este fin; en el departamento Vichada este valor también se mantiene bajo con un 13% de las unidades censadas.

Figura 3-7: Unidades con cultivos para el autoconsumo en la Altillanura - 3er CNA 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de información del 3er CNA (DANE, 2016)

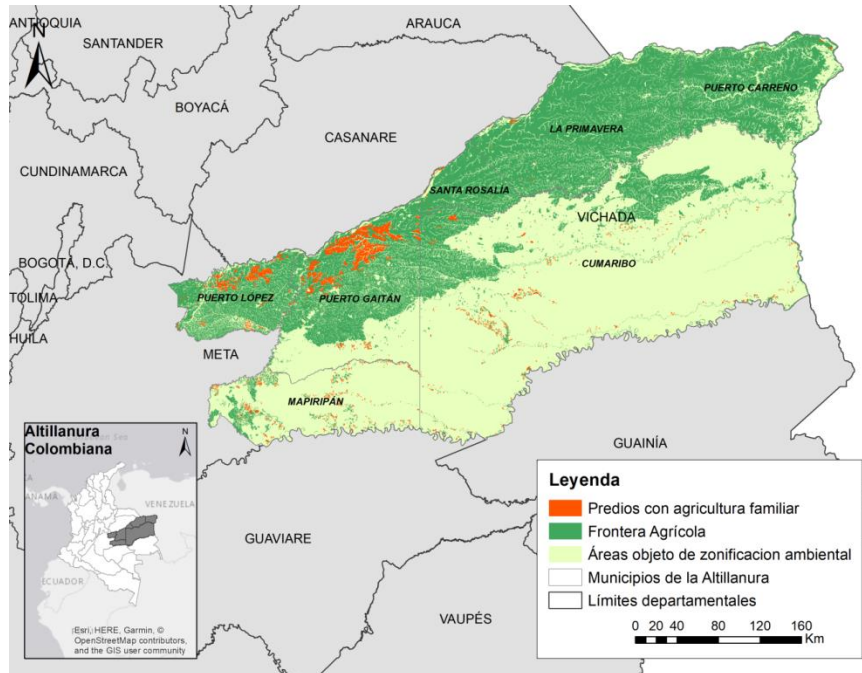
La figura anterior, junto con la existencia de algunas hectáreas para huertas caseras, evidencia que a pesar de que en la región ha habido un crecimiento acelerado de la tecnificación en las actividades agropecuarias en la Altillanura, persiste la agricultura para

el autoconsumo que existió exclusivamente en este territorio hace varias décadas, y otro tipo de agricultura llamada agricultura campesina.

La agricultura campesina, o también llamada agricultura familiar, es aquella realizada principalmente para el autoconsumo y la comercialización en pequeños centros agrícolas, y llevada a cabo en las unidades territoriales conocidas como Unidad Agrícola Familiar – UAF, que son terrenos asignados por el Gobierno Nacional a familias campesinas y desplazadas en las regiones rurales de Colombia.

En la Altillanura, de acuerdo a la información geográfica disponible en el Sistema para la Planificación Rural Agropecuaria – SIPRA de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPR (2018), la agricultura familiar tiene una mayor incidencia en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán en el Meta, sin embargo, este tipo de agricultura está distribuida en toda la región.

Figura 3-8: Frontera agrícola y predios con posible agricultura familiar en la Altillanura



Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en Sistema para la Planificación Rural Agropecuaria – SIPRA de la UPR (2018)

La coexistencia de la agricultura campesina y la agricultura industrial si bien representa un reto en la aplicación de la nueva política del campo (Caicedo et al., 2014), en términos económicos no tiene un aporte importante en el Producto Interno Bruto de la región.

En relación a la estructura pecuaria, en 2016 fue predominante el número de bovinos (88,5%) en el inventario pecuario en cabezas en el departamento del Vichada y en el Meta, y los animales de traspatio en el inventario avícola en ambos casos. Las actividades piscícolas en Puerto Carreño se reflejan en desembarques de 701,3 toneladas en 2017, y en Puerto Gaitán y Puerto López con cero toneladas y 97,4 toneladas respectivamente, en el mismo año (Mincomercio industria y turismo, 2018b, 2018a).

En palabras de Duarte (2016), “ser pequeño, mediano o gran productor en la Altillanura nunca ha sido fácil ni rentable. La producción en la región no es rentable debido a la precariedad de la infraestructura vial, que imposibilita el comercio con el centro del país”.

4. Índice de desempeño logístico rural para la región de la Altillanura

4.1 Perfil logístico y de transporte de la Altillanura

Desde la ingeniería de transporte, la accesibilidad en la Altillanura es baja debido a la escasa oferta de infraestructura de transporte y las malas condiciones de las pocas vías existentes, por lo que los costos de transporte para el movimiento de carga y pasajeros es elevado y ha limitado el aprovechamiento de su potencial de desarrollo (DNP, 2014).

El departamento del Meta, al igual que gran parte del país, ha basado sus actividades de transporte en el transporte terrestre; sus vías son de carácter secundario y terciario en su mayoría y su estructura es en tierra y afirmado, con un muy bajo porcentaje en pavimento (DNP, 2016a). En el 2004, según cifras del Plan Vial Departamental, se movilizó cerca de 94% del total de la carga y el 97,5% de los pasajeros por este medio, que es equivalente a 83.700 toneladas de carga y 5´163.888 de pasajeros mensuales (Ministerio de Transporte, 2006) resaltando la importancia de que la infraestructura vial y los servicios de transporten tienen en la competitividad del departamento y de la calidad de vida de los metenses.

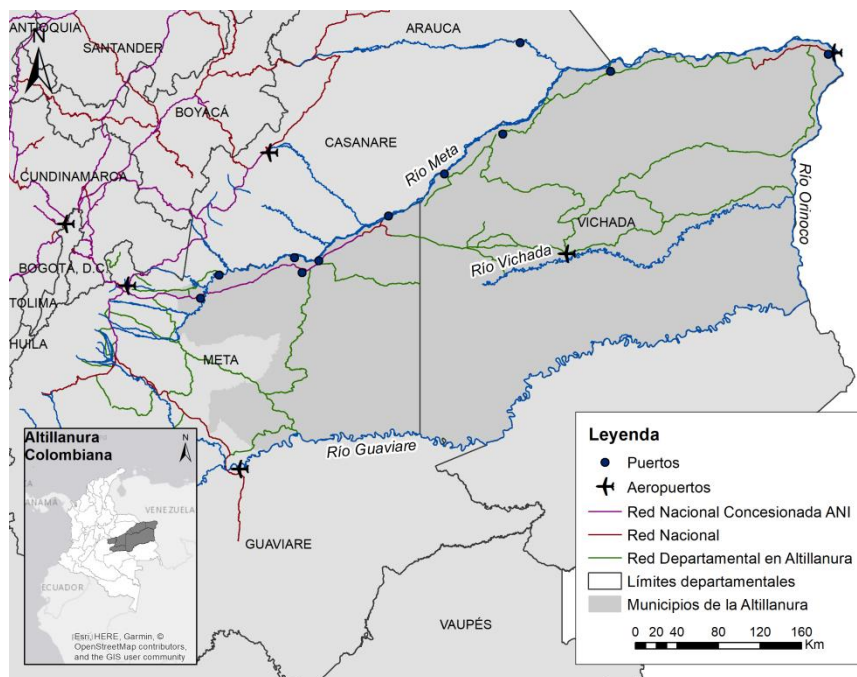
Según los registros de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Aerocivil (2016), en el Meta existen 131 aeródromos, de los cuales 81 son para fumigación, uno es de la fuerza pública, seis tienen fines de uso deportivo, 28 tienen operación privada y sólo 15 son de servicio público, sin embargo, los aeródromos más importantes son “no controlados” lo cual repercute en el volumen de operaciones, pasajeros y carga que pueden soportar.

En cuanto a transporte férreo, en el departamento del Meta no existe ningún corredor, ni infraestructura para este modo de transporte. Se ha hablado de un proyecto férreo que

conectará Villavicencio con Yopal – Casanare, el Ferrocarril del Llano, concebido como soporte logístico para el transporte de productos, fundamentalmente hidrocarburos, desde y hacia el oriente del país (Gobernación del Meta, 2009), pero no hay evidencia de que vaya a ser realizado en los próximos 20 años.

Por otro lado, la oferta de infraestructura y servicios de transporte fluvial está ligada a la navegabilidad de los ríos que hacen parte de la cuenca del Orinoco, como lo son el río Meta y el río Guaviare. (ARCADIS Nederland Bv, Jesyca S.A.S., 2015).

Figura 4-1: Infraestructura de transporte de la Altillanura colombiana



Fuente: Elaboración propia.

El río Meta es afluente del río Orinoco, con una longitud de 850 km y con un movimiento de carga anual de 117.822 toneladas en 2015; fluye en sentido occidente oriente y se conecta con el río Orinoco en el departamento del Vichada (Ministerio de Transporte, 2015). Esta vía fluvial ha sido objeto de varios proyectos de consultoría e investigación y es una de las vías que se pretende recuperar para la navegabilidad fluvial en los llanos orientales colombianos.

El río Guaviare es el límite sur de la región de la Altillanura y movió cerca de 4.100 toneladas en el año 2015 (Ministerio de Transporte, 2015).

Similarmente al departamento del Meta, en el Vichada la infraestructura de transporte también presenta limitaciones en todos los modos de transporte. El modo carretero, que es el modo más favorecido en Colombia, cuenta únicamente con una vía pavimentada al occidente del municipio de Puerto Carreño, las demás son en tierra y afirmado (DNP, 2016a). La red vial del departamento tiene una densidad muy baja, con conectividad mínima, implicando costos de transporte altísimos desde este lugar hacia el resto del país y afectando negativamente la comercialización de productos a los principales centros de comercio de los Llanos como son Puerto López y Villavicencio (Duarte, 2016).

El estudio más reciente enfocado en el área de la logística y transporte que comprende como zona de estudio a la región de la Altillanura fue realizado por la firma consultora EPYPSA Estudios, Proyectos y Planificación S.A. durante la ejecución del proyecto relacionado al Concurso de Méritos DIRINFRA 02-2011 y tuvo como objeto general la “Definición de la solución óptima de transporte multimodal desde el punto de vista técnico, económico y socio ambiental, para el desarrollo de la Orinoquía / Altillanura: zona conformada por los Departamentos del Meta, Vichada y Casanare” (EPYPSA S.A., 2011).

En este estudio se construyó la matriz de carga de la región para el año 2010, presentando los movimientos entre pares origen – destino para 15 categorías de productos, agregando aquellos que, según tipología, requerimientos, necesidades de transporte y logística son similares, y considerando a parte aquellos de producción interna por la especialización productiva en la zona de la Altillanura. Las categorías incluyen también el grupo de “vacíos” debido a su influencia en el tránsito carretero.

Los grupos de mercancías son los siguientes:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Granos | 9. Materiales de construcción |
| 2. Verduras, frutas y hortalizas | 10. Hierros y aceros |
| 3. Palma | 11. Maquinaria |
| 4. Caucho | 12. Graneles líquidos |
| 5. Ganado | 13. Graneles sólidos |
| 6. Agroquímicos y concentrados | 14. Forestal |
| 7. Petróleo | 15. Vacíos |
| 8. Productos del petróleo | |

Para la construcción de la matriz, se usaron como insumos la Encuesta de carga Origen – Destino 2008; la Encuesta Nacional Agropecuaria 2011; el inventario de producción de petróleo por campo y zona de transporte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos; la información proporcionada por Fedepalma y por el Ministerio de Agricultura; los datos de movimientos de mercancías y personas en los puertos de la Altillanura proporcionados por la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte, e información primaria recolectada a través de encuestas a empresarios de la región.

Para la estimación de las necesidades de transporte por carretera del petróleo, el grupo consultor tuvo en cuenta el transporte de este producto por oleoducto obteniendo el número de toneladas con destino a los departamentos que cruzan y conectan los oleoductos de Orensa y Bicentenario a partir de la matriz de carga.

La matriz de carga por carretera estimada por macrozonas (las definidas para ese estudio) y en toneladas para el año 2010 se presenta a continuación.

Tabla 4-1: Matriz de carga por carretera según macrozonas (ton) - 2010

	Región Caribe	Región Andina	Región Pacífico	Región Amazonas	Resto Orinoquía	Casanare	Meta	Vichada	Extranjero	Total	% Generado
Región Caribe	-	-	-	-	-	189.521	469.905	1.059	-	660.485	5,6%
Región Andina	-	-	-	-	-	683.307	1.595.441	11.035	-	2.289.783	19,3%
Región Pacífico	-	-	-	-	-	43.255	212.402	-	-	255.657	2,2%
Región Amazonas	-	-	-	-	-	1.744	13.536	42	-	15.322	0,1%
Resto Orinoquía	-	-	-	-	-	31.381	7.185	-	-	38.566	0,3%
Casanare	174.526	511.131	33.747	283	45.683	545.397	296.840	-	258	1.607.865	13,5%
Meta	1.280.492	2.250.020	457.058	28.591	9.739	1.787.180	1.123.243	17.983	17.142	6.971.448	58,7%
Vichada	6.231	13.250	2.055	3	-	9.618	10.168	-	-	41.325	0,3%
Extranjero	-	-	-	-	-	258	5.022	-	-	5.280	0,0%
Total	1.461.249	2.774.401	492.860	28.877	55.422	3.291.661	3.733.742	30.119	17.400		
% Atraído	12,3%	23,3%	4,1%	0,2%	0,5%	27,7%	31,4%	0,3%	0,1%	11.885.731	

Fuente: (EPYPSA S.A., 2011)

Se debe resaltar que la definición territorial de la región de la Altillanura en el estudio de EPYPSA S.A. comprende no sólo los municipios del departamento del Meta sino también todo el departamento del Casanare, por lo que los resultados tomados de ese proyecto deben interpretarse con cautela teniendo en cuenta la nueva definición del ámbito territorial de la Altillanura en esta investigación.

El transporte fluvial en la Altillanura tiene un desarrollo incipiente. A pesar de que el tipo de carga movilizada en la Altillanura en 2010 podría ser transportada por vías fluviales, ésta se transporta principalmente por carreteras dadas las deficientes condiciones de los ríos para ofrecer una navegabilidad adecuada y constante, la deficiente accesibilidad a los ríos desde los puntos de producción y desde Puerto López hacia el resto del país, y dadas los servicios insuficientes de las instalaciones portuarias para manipular y transportar grandes volúmenes de carga (EPYPSA S.A., 2011)

Por otro lado, el transporte fluvial tiene gran importancia en regiones de baja densidad poblacional y limitadas conexiones con otras zonas del país, como es el caso de la Altillanura, ya que posibilita la comunicación en zonas que por sus propias características geográficas permanecen aisladas incluso dentro de su propia territorialidad (Flórez-Jiménez y Ramírez-Rojas, 2007).

En la Orinoquía hay operación diaria del transporte fluvial para pasajeros y carga a puntos de conexión con carreteras y centros de servicios sociales, que se hacen en embarcaciones menores, como chalupa, planchón, falca, canoa o potrillo (Flórez-Jiménez y Ramírez-Rojas, 2007).

Respecto al costo de transportar carga en la región, en 2011 EPYPSA estimó que al ser la red vial en su mayoría en afirmado y destapado plano, en regular y mal estado y velocidades libres entre 30 y 40 km./h, los costos por kilómetro tonelada se encontraban en el rango entre los \$200 y \$300 sin tomar en cuenta las demoras e incrementos de costos durante el período invernal. Según Duarte (2016), ese flete corresponde a un 67% más costoso que un trayecto entre Bucaramanga y Santa Marta. Los fletes fluviales tienen un valor cercano a \$109 por tonelada/km., 63% más alto que el flete en el río Magdalena (Duarte, 2016).

4.2 Cadenas logísticas

La construcción del Índice de desempeño logístico para la región de la Altillanura parte del enfoque en el estudio de las cadenas logísticas de los productos más relevantes en la región. Como no todos los productos tienen los mismos eslabones y conexiones en su

cadena, ya que su estructura varía de acuerdo a su naturaleza, los actores interesados y otros factores como el origen y destino de los productos, canales de comercialización y propósito de estos. La cadena logística así mismo varía también de acuerdo a la fase en la cadena de abastecimiento y, según Castellanos Ramírez (2015), puede ser clasificada en cinco tipos, en donde las actividades de cada una están orientadas a satisfacer las necesidades de gestión de movimiento de flujos de esa etapa en particular.

- Logística de aprovisionamiento: Busca asegurar el abastecimiento de mercancías para la producción.
- Almacenamiento: Ubicar productos, materiales, etc., de modo que estén disponibles en el momento en que sean requeridos.
- Logística de distribución: Tiene que ver con organizar la distribución y transporte de los productos a su destino final. Tiene diferentes modelos según el número de eslabones a conectar, por lo que puede ser de canal corto (fabricante – cliente final), canal medio (fabricante – mayorista – minorista – cliente final), o canal largo (fabricante – agente comercial – mayorista – minorista – cliente final).
- Logística en reversa o inversa: Gestiona el regreso de las mercancías dentro de la cadena de suministro de manera efectiva y adecuada, y gestiona la recogida de productos, devolución, reutilización, remanufactura, reciclaje, etc.
- Logística verde: Pretende que en los procesos productivos se realicen actividades respetuosas con el ecosistema y con responsabilidad ambiental.

En relación a los productos agrícolas, existen diferentes tipos de cadenas que tienen que ver con el nivel de transformación y agregación de valor de los productos, así como de los canales de comercialización, que responden a las características específicas de los alimentos y los territorios en que se producen (Vianchá Sánchez, 2014).

Las cadenas de abastecimiento de agroindustriales se refieren a los vínculos entre las empresas y cadenas de suministros para desarrollar, transformar y distribuir insumos específicos y productos en el sector agropecuario (Orrego y Hernández Pérez, 2012), y las cadenas agroalimentarias son aquellas que abarcan todas las etapas de la producción agropecuaria como lo son la producción, transformación, comercialización, distribución y consumo (FAO, 2018).

Los productos agrícolas perecederos, como lo son el plátano y la yuca, cuentan con cuatro diferentes sistemas de comercialización: canal tradicional, canal moderno, agroexportaciones y el relacionado con la comercialización de materias primas (CRECE, 2014), cada una con diferentes características, marco normativo y retos que solventar.

En el caso del canal de comercialización tradicional, no existe un marco normativo y regulaciones que vigilen los pesos de cada unidad comercial. En él participan las plazas de mercado y las centrales de abasto.

El canal moderno lo implantaron los supermercados, tienen estándares y guías del proceso comercial que deben ser acatados por productores y comerciantes y busca abastecerse lo más cerca posible del productor para garantizar los mejores precios y productos más frescos.

Las agroexportaciones son el canal de los volúmenes para exportación coordinado por comerciantes, sujetos al marco normativo del lugar de destino de los productos, que implica la consolidación y envío de contenedores.

Acerca de los insumos, la comercialización de materias primas tiene una estructura y normas muy precisas para llevar productos a la agroindustria y evaluar la calidad; provienen en su mayoría del exterior y su cadena va en sentido contrario a las mencionadas anteriormente.

En la Tabla 4-2 se presenta la comparación de los canales comerciales tradicional y moderno realizada por el Centro Regional de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales – CRECE en su estudio “Propuesta para desarrollar un modelo eficiente de comercialización y distribución de productos 2014”.

Tabla 4-2: Comparación de canales comerciales tradicional y moderno

Características	Canal tradicional	Canal moderno
La comercialización presenta dos fases: una de concentración hasta el mayorista y otra de distribución hasta los consumidores	Altos niveles de concentración del producto en el mercado mayorista	Altos niveles de concentración de producto en centros de almacenamiento propios de la cadena
La dispersión y atomización de unidades de producción otorga relevancia al acopiador/ transportador	Acceso libre para cualquier tipo de acopiador/ transportador	Requerimientos mínimos para todo proveedor
Nivel de intermediación, formalidad del proveedor y condiciones mínimas de logística e infraestructura	Alto número de intermediarios, informalidad en las transacciones con pago en efectivo máximo a una semana	Reducción de intermediarios, constitución legal del proveedor y pago a través de la banca a 30 días
Barreras a la entrada	Relaciones de confianza con los comerciantes	Requisitos que no puede cumplir el pequeño productor
Red de frío, manejo poscosecha y diferenciación de producto	Deficiencias en red de frío, manejo poscosecha y diferenciación de producto	Cuenta con infraestructura, procesos poscosecha establecidos y diferenciación de producto
Existen actividades con agregación de valor	Basadas en la tradición	Basadas en lineamientos técnicos
Demanda con diversidad de productos	Volúmenes importantes y regateo del precio	Bajo volumen seleccionado a precios fijos
Control de pesos y medidas	No hay estandarización, bajo control por parte de las autoridades	Existe control permanente por parte de la cadena y de las instituciones públicas

Fuente: (CRECE, 2014).

Para el estudio de las cadenas logísticas de los productos agrícolas en la Altillanura se identificarán los diferentes eslabones que las conforman y, a partir de su conocimiento y de los canales de comercialización que se utilicen en cada uno, junto con el análisis de la infraestructura de transporte y logística se identificarán los retos a las que se enfrentan.

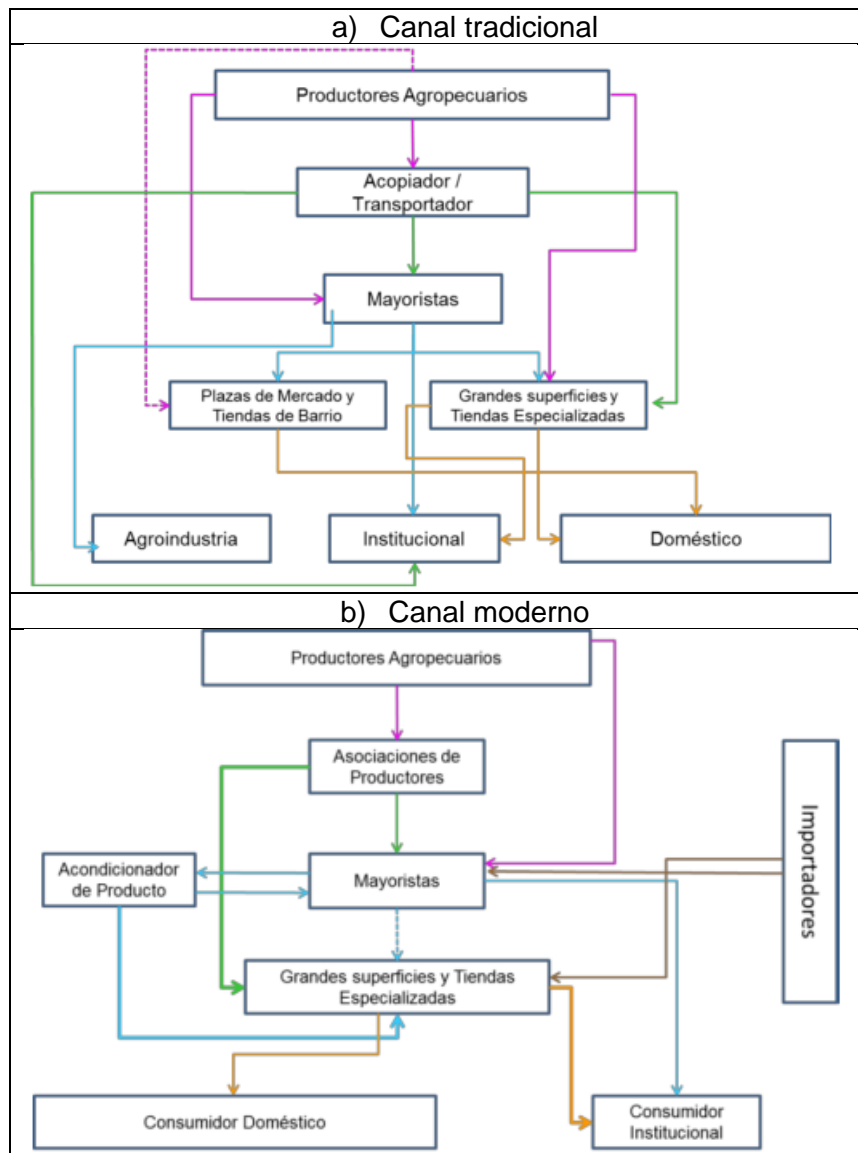
En la

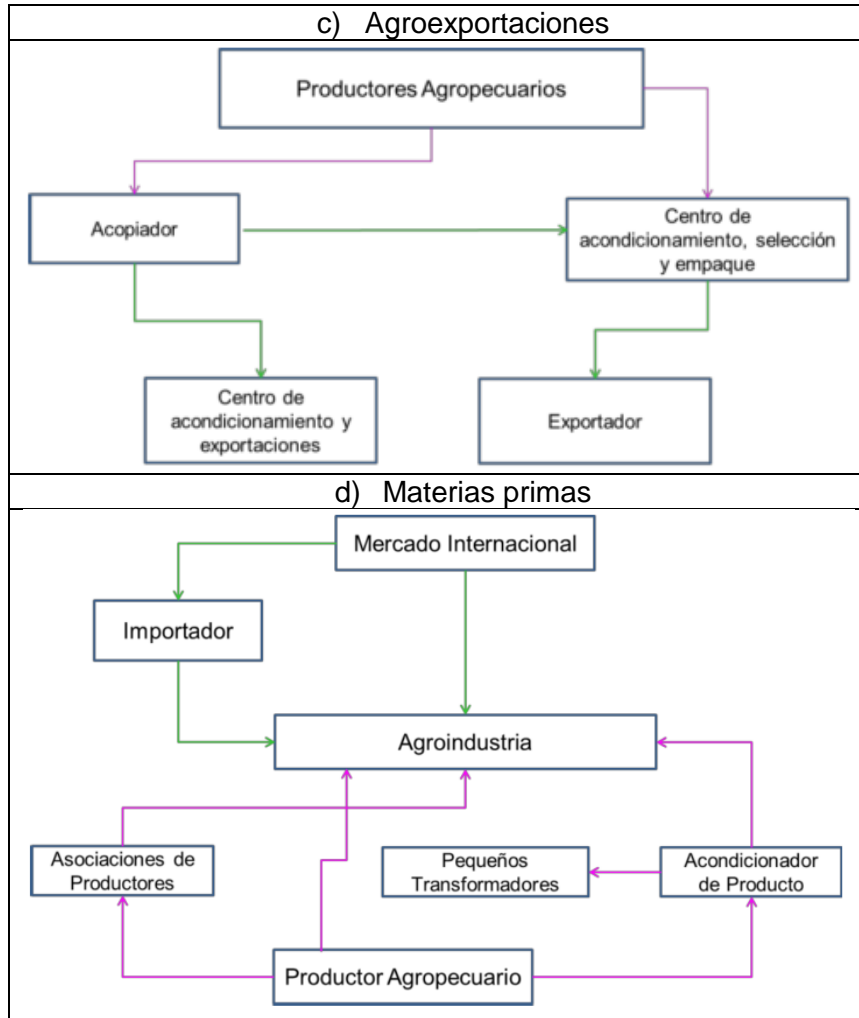
Figura 4-2 se presentan los diagramas de flujo que ilustran la cadena de comercialización de los productos agrícolas y materias primas donde se resalta la participación de productores extranjeros en el canal de comercialización moderno, reflejados con “importadores” en el esquema.

En esta figura los consumidores institucionales son restaurantes, hoteles, centros educativos, clínicas y cárceles, entre otros, que asignan el precio, el volumen y la logística para las entregas como los criterios más importantes en la compra.

Los consumidores domésticos hacen referencia a individuos y toman su decisión de compra basados en las características visuales del producto como lo son: tamaño, frescura, color, uniformidad y sanidad.

Figura 4-2: Cadenas de comercialización de productos agrícolas y materias primas





Fuente: (CRECE, 2014).

La aplicación del enfoque en cadenas logísticas antes definido inicia con la selección de los productos agrícolas de mayor producción en la Altiplanura, la cual se realizó a partir de la caracterización de la economía de la región y del procesamiento de la base de datos generada por el DANE para el Tercer Censo Nacional Agropecuario – 3er CNA (2016) y con información secundaria que resalta el potencial de explotación de algunos productos en la región, como los son los estudios conducidos por la CEPAL, FAO e IICA (2017).

Empleando la información de área sembrada, producción y área cosechada (3er CNA DANE, 2016), se identificaron 12 cultivos que representan más del 80% de las hectáreas sembradas en la altillanura durante los años 2013 y 2014, entre los cuales hay cultivos permanentes y transitorios, comprenden un área de 320.571 Ha. y tienen una producción de 912.180 toneladas en 2013 (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Cultivos principales en la Altillanura 2013

Cultivo	Producción 2013 (Ton)	Área sembrada (Ha.)	% en área sembrada	% en producción
Palma africana	87.749	46.993	12%	8%
Maíz Amarillo	119.879	45.168	11%	11%
Plátano	214.989	40.907	10%	20%
Yuca	163.908	38.308	10%	15%
Acacio	273	28.369	7%	0%
Pino	132.325	25.610	6%	12%
Arroz verde	94.133	25.253	6%	9%
Caucho- Hevea	11.794	16.151	4%	1%
Eucalipto	0	8.419	2%	0%
Maíz Blanco	19.975	7.921	2%	2%
Caña de azúcar	67.155	7.483	2%	6%
Otros	162.766	108.893	27%	15%
Total	1.074.946	399.475	100%	100%

Fuente: 3er CNA (DANE, 2016).

Considerando únicamente los cultivos permanentes y su producción (en toneladas) en el procesamiento de los datos, se encontró que los primeros productos de la tabla anterior continúan liderando con mayor producción en este segundo análisis, siendo esta la razón para escogerlos para el estudio de las cadenas logísticas. A seguir, se listan los productos a estudiar.

- Palma africana
- Maíz amarillo
- Plátano
- Yuca
- Pino
- Caña de azúcar

La caña de azúcar, si bien no es uno de los productos con mayores volúmenes de producción o área sembrada en la tabla presentada, se añade a la lista de seleccionada debido al potencial de crecimiento e importancia que le han otorgado algunos autores en el contexto nacional y a su relevancia en el análisis de cultivos permanentes, participando con un 11% de la producción en toneladas durante el año 2013 reportadas en el Censo Nacional Agrícola (DANE, 2016). Los usos más comunes de los productos seleccionados se listan en la Tabla 4-4. El conocimiento del proceso productivo posterior a la etapa de cultivo juega un papel importante en la definición de la logística de la cadena de valor del producto final.

Tabla 4-4: Usos de los productos agrícolas seleccionados

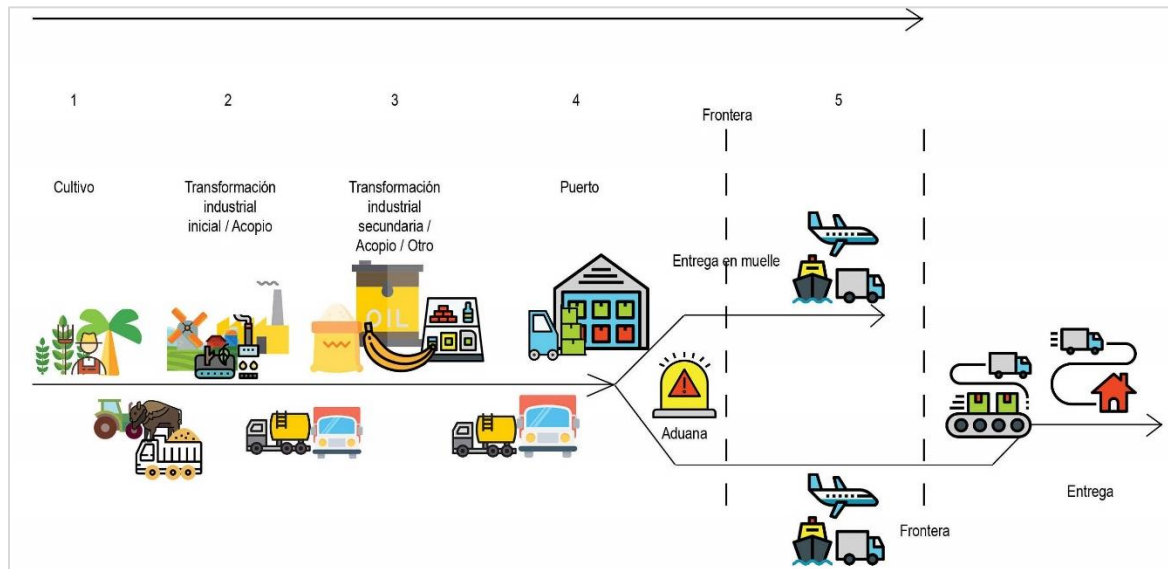
Producto agrícola	Usos comunes
Palma africana	<p><u>Usos comestibles:</u> aceite para freír, margarinas para panadería y repostería, margarinas de mesa, mantecas industriales, pastillaje, confitería, galletería, helados, crema para café, salsas y aderezos, emulsificantes, vanaspati, mayonesas, sustituto de la manteca de cacao, sustituto de la grasa de la leche, mantequilla de maní, alimento directo para animales, concentrados para animales. (Cenipalma, 2018)</p> <p><u>Usos no comestibles:</u> biodiesel, jabones de uso doméstico y detergentes, barro de perforación, aceite de palma epoxidado (plastificante y esterilizador en industria plástica (PVC)), goma, velas, cosméticos, tintas para impresión, jabones metálicos, grasas para lubricar maquinaria, grasas para engrasar moldes y equipos de fabricación de pan, grasas para la protección de tanques, tuberías o similares, laminación en frío de las planchas de acero, láminas de estaño, ácidos para lubricar fibras en la industria textil, combustibles. (Cenipalma, 2018)</p>
Maíz amarillo	Alimentos balanceados como concentrados bovinos, porcinos y aves (Revista Dinero, 2007; Superintendencia de Industria y Comercio, 2010), Industria de consumo humano, fruto y harina (Superintendencia de Industria y Comercio, 2010), bioetanol (Barón, Huertas, y Orjuela Castro, 2013)
Plátano	Producto fresco para consumo humano, plátano verde fresco para productos, productos en fritura empacados al vacío en forma de snack, productos congelados (plátano maduro en tajadas), harina de plátano para consumo humano y animal empacados en bolsas plásticas al vacío, producto pre-cocido y empacado al vacío para sofreír, producto deshidratado para postres. (MADR, 2014)
Yuca	Alimentación humana: yuca frita, harina de yuca, chips de yuca frita; alimentación animal, almidones (MADR, 2012), bioetanol (Barón et al., 2013)

Producto agrícola	Usos comunes
Pino	Papel, MDF, aglomerados, aserríos, biocombustibles para generación de energía, postes para redes eléctricas.
Caña de azúcar	Bioetanol (Barón et al., 2013)

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes referenciadas.

Las cadenas logísticas de los productos agrícolas identificados anteriormente conectan eslabones que, si bien difieren en sus procesos, se pueden esquematizar conjuntamente debido a sus similitudes en estructura (Ver Figura 4-3). Cabe mencionar que, aunque los eslabones presentados incluyen niveles que corresponden a la estructura de cadena de comercialización de agroexportaciones, los demás canales de comercialización también cubren las mismas etapas de 1 a 3 por lo que también es válida como simplificación para estos casos.

Figura 4-3: Esquema de los eslabones de las cadenas agrícolas analizadas



Fuente: Elaboración propia.

La palma africana o de aceite (aceitera) pertenece al grupo de los productos oleaginosos cuya cadena agrupa productos agrícolas como industriales y abarca desde la producción de la materia prima agropecuaria, que puede ser de origen animal o vegetal, hasta la obtención de aceites y grasas refinadas, que se estructura en: [i] eslabón primario, correspondiente a la fase agrícola; [ii] eslabón industrial, que corresponde a la fase de

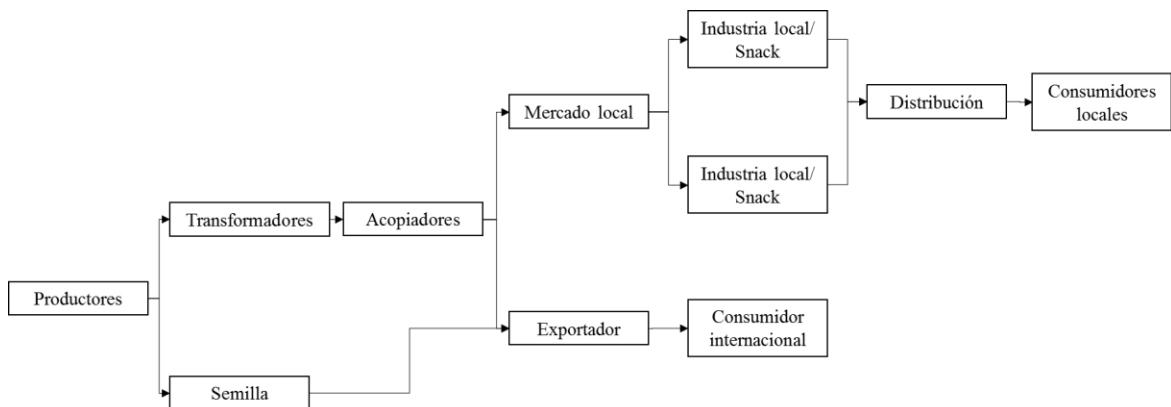
transformación industrial y [iii] bienes finales. Posteriormente, dependiendo del bien final que se obtenga, se hace su distribución internacional o nacional.

En Colombia la producción de los aceites es principalmente de origen vegetal y el cultivo de la palma de aceite es el de mayor importancia en términos de área, producción y rendimiento. La palma africana en la Altillanura es explotada para la obtención del aceite crudo y ha sido cultivada y transformada de manera continua desde 1980 según lo reportado en el Tercer Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2016), con un rendimiento por hectárea entre 2,58 ton/Ha. y 2,96 ton/Ha. en el periodo 1980 a 2013 (DANE, 2016).

En el 2016, el área dedicada al cultivo de la palma de aceite en la Altillanura abarcó un total de 57.872 km² en los municipios de Puerto Gaitán, Puerto López, Mapiripán, La Primavera y Santa Rosalía (Fedepalma, 2017).

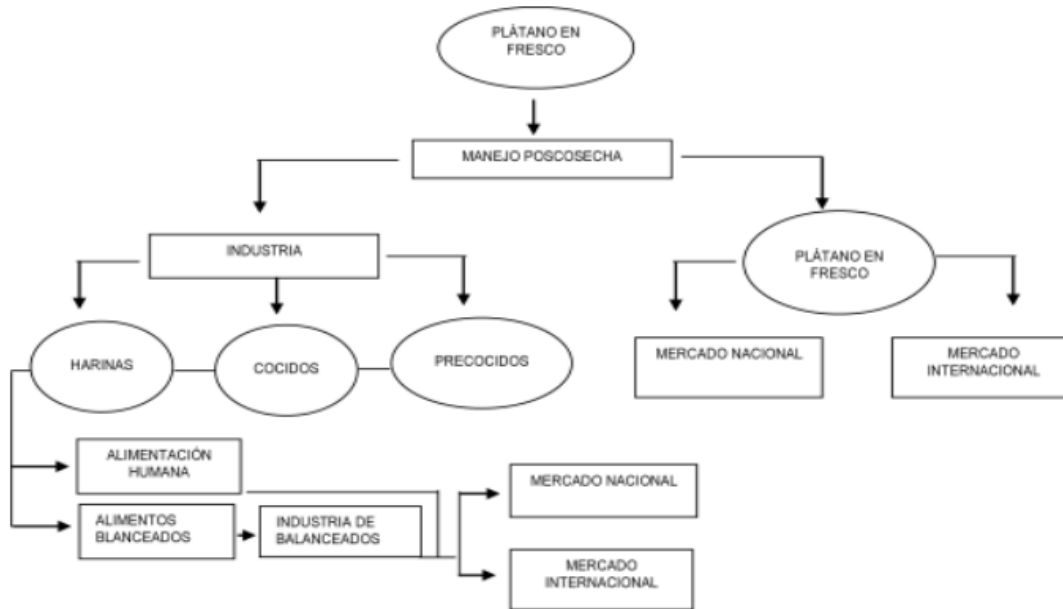
El maíz amarillo, el plátano, la yuca y la caña de azúcar también comparten la estructura de la Figura 4-3, destacándose cuatro eslabones básicos: los agricultores o productores primarios, los comercializadores que abastecen el mercado interno, los industriales y los exportadores (Cubillos Solano, 2015; Espinal G et al., 2005; Orrego y Hernández Pérez, 2012).

Figura 4-4: Esquema simplificado de la cadena del maíz



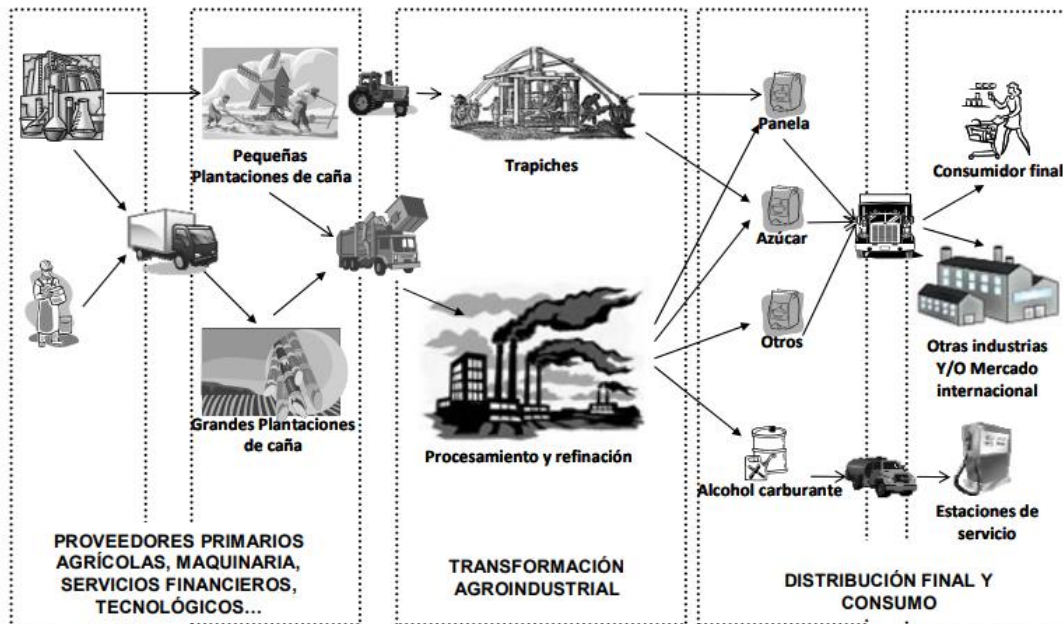
Fuente: (Cubillos Solano, 2015)

Figura 4-5: Esquema simplificado de la cadena del plátano



Fuente: (Espinal G et al., 2005)

Figura 4-6: Esquema simplificado de la cadena de la caña de azúcar

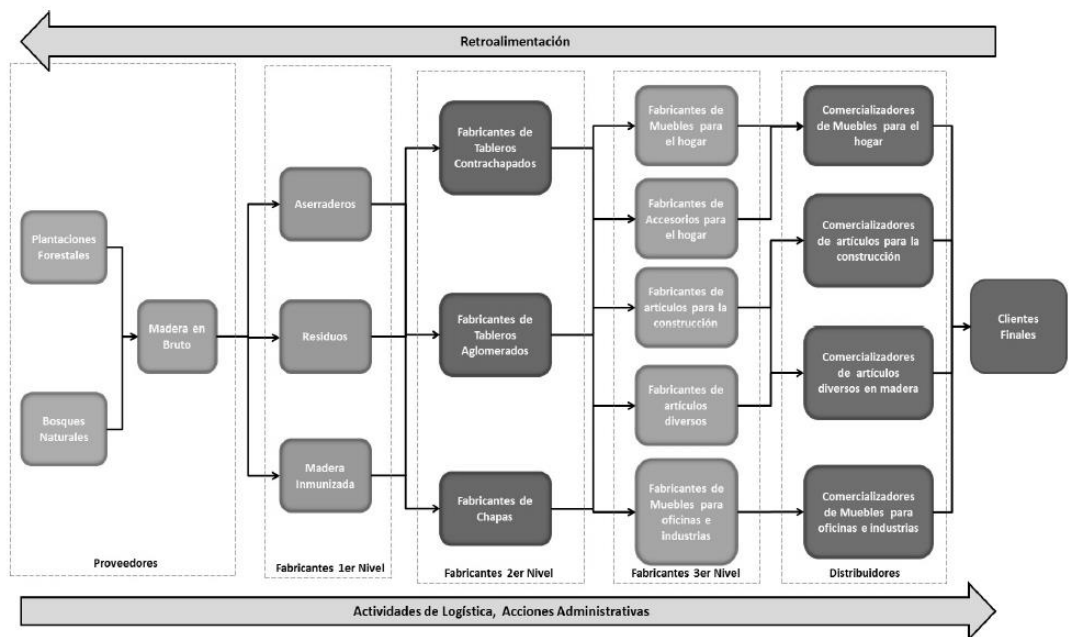


Fuente: (Orrego y Hernández Pérez, 2012)

Para los casos del maíz, el plátano y la yuca también es común su comercialización en fresco en los mercados nacionales e internacionales, después de los procesos de manejo de poscosecha, inspección, selección y clasificación del producto (Espinal G et al., 2005). Internamente en Colombia, la comercialización y distribución del producto fresco puede ser considerada como altamente ineficiente, ejemplo de esto es el plátano que puede tardar en llegar entre 1 o 3 días desde el punto de siembra hasta la capital del país, y la yuca que debido al alto nivel de intermediación en su comercialización y largos tiempos puede perder de un 3 a 5% del peso y del 0,8 % a 1,2 % de almidón por día (Espinal G et al., 2005).

En el caso del cultivo forestal del pino y su posterior transformación, pese a tener características y procesos industriales muy diferentes a los otros productos, las actividades logísticas y administrativas de su cadena no difieren en estructura a las otras. Como se puede apreciar en la Figura 4-7, los eslabones generales son los mismos que los presentados con anterioridad por lo que éste cultivo puede analizarse de manera conjunta con los otros.

Figura 4-7: Esquema simplificado de la cadena del pino – cultivos forestales



Fuente: Cadena de Abastecimiento del Sector Madera y Mueble de la Región Caribe de Colombia (Universidad Católica de Pereira, n.d.)

4.3 Variables definidas para el análisis del desempeño logístico

La definición de las variables para el análisis del desempeño logístico de los productos agrícolas antes seleccionados se realizó extrayendo los procesos relacionados con los servicios logísticos y de transporte de la estructura generalizada de la cadena logística obtenida en el anterior numeral, y relacionándolos con las metodologías de estudios tales como la Encuesta Nacional Logística - ENL publicada por el DNP en 2015 y la estimación del LPI del Banco Mundial. Por otro lado, también se tuvo en cuenta otros estudios como el financiado por Fedepalma, llevado a cabo por Fontanilla et al. (2015), en el cual se concluyó que las limitantes para la operación del transporte del fruto de palma de aceite en la región norte de Colombia se concentran en infraestructura vial, procesos administrativos y planeación de la producción.

A partir de lo anterior y de los aspectos logísticos encontrados en la literatura, se establecieron siete dimensiones generales de la logística y el transporte que incluyen elementos que juegan un papel fundamental en el desempeño de las cadenas logísticas, como pueden ser las vías y los sistemas de información, y que podrían derivar en incumplimientos en la entrega y recibo de pedidos, demora y complejidad en los procesos de exportación e importación, que son algunos de los varios problemas mencionados por los usuarios y proveedores de servicios logísticos en la ENL (DNP, 2015).

Las siete dimensiones del desempeño logístico son: [1] procesos de control y autorización de carga, que tiene que ver con la eficiencia de los procesos de obtención de los permisos de transporte y manipulación de la carga, y aquellos relacionados a la inspección y control realizado por las autoridades como INVIMA, DIAN, entre otros; [2] infraestructura relacionada con el comercio y transporte, que evalúa la calidad de la infraestructura para el transporte y el comercio de la carga como lo son vías, puertos, puntos de acopio y almacenes; [3] fletes y su facilidad de negociación en los diferentes tramos y modos que se mueve la carga; [4] calidad de los servicios logísticos ofrecidos por los involucrados en las cadenas logísticas como lo son los operadores logísticos de puertos, empresas de transformación industrial, y empresas de transporte, entre otros; [5] monitoreo y seguimiento a la carga, que comprende la capacidad de las empresas de monitorear la

carga en toda la cadena logística; [6] puntualidad de entrega de la carga; y [7] Costos en las diferentes etapas de las cadenas. De acuerdo con estas definiciones, el detalle de las dimensiones a evaluar es el siguiente:

1) Procesos de control y autorización de carga

- a) Eficiencia de proceso de control y autorización en Puerto internacional de Barranquilla.
- b) Eficiencia de proceso de control y autorización en Puerto internacional de Buenaventura.
- c) Eficiencia de proceso de control y autorización en Puerto internacional de Cartagena.
- d) Eficiencia de proceso de control y autorización en Puerto internacional de Santa Marta.
- e) Eficiencia de proceso de control y autorización en puertos fluviales.
- f) Eficiencia de proceso de control y autorización en empresas de transformación industrial inicial (Ej. Extracción de aceite o refinación, molido de arroz o maíz, etc.).
- g) Eficiencia de proceso de control y autorización en empresas de transformación industrial secundaria (Ej. Refinación del aceite).
- h) Eficiencia de proceso de control y autorización en puntos de acopio intermedios (Ej. Bodegas y almacenes de mayoristas y o transportadores).
- i) Eficiencia de proceso de control y autorización de agentes de exportación.
- j) Eficiencia de proceso de control y autorización de agencias de aduanas.
- k) Eficiencia de proceso de control y autorización de agencias de inspección (certificación) de calidad/ estándares.
- l) Eficiencia de proceso de control y autorización de agencias de control sanitario y fitosanitario.
- m) Eficiencia de proceso de control y autorización de asociaciones de comercio y transporte.
- n) Eficiencia de proceso de control y autorización de agencias de inspección antinarcóticos.

2) Infraestructura relacionada con el comercio y transporte

- a) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de Puerto internacional de Barranquilla.

- b) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de Puerto internacional de Buenaventura.
- c) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de Puerto internacional de Cartagena.
- d) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de Puerto internacional de Santa Marta.
- e) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de puertos fluviales.
- f) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte para empresas de transformación industrial inicial (Ej. Extracción de aceite o refinación, molido de arroz o maíz, etc.).
- g) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte para empresas de transformación industrial secundaria (Ej. Refinación del aceite)
- h) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte en puntos de acopio intermedios (Ej. Bodegas y almacenes de mayoristas y o transportadores).
- i) Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte de los agentes de exportación
- j) Calidad de la infraestructura aeroportuaria.
- k) Calidad de la infraestructura vial terrestre.
- l) Calidad de la infraestructura de almacenaje / servicios de manipulación de carga (Ej: cargue y descargue).
- m) Calidad de la Infraestructura y servicios para telecomunicaciones.

3) Fletes y su facilidad de negociación

- a) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga al Puerto internacional de Barranquilla.
- b) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga al Puerto internacional de Buenaventura.
- c) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga al Puerto internacional de Cartagena.
- d) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga al Puerto internacional de Santa Marta.

- e) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga a puertos fluviales.
- f) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga a las empresas de transformación industrial inicial (Ej. Extracción de aceite o refinación, molido de arroz o maíz, etc.).
- g) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga a las empresas de transformación industrial secundaria (Ej. Refinación del aceite).
- h) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga a los puntos de acopio intermedios (Ej. Bodegas y almacenes de mayoristas y o transportadores).
- i) Facilidad para negociar fletes para el envío de carga a los agentes de exportación.

4) Servicios logísticos

- a) Calidad de los servicios logísticos el Puerto internacional de Barranquilla.
- b) Calidad de los servicios logísticos en el Puerto internacional de Buenaventura.
- c) Calidad de los servicios logísticos en el Puerto internacional de Cartagena.
- d) Calidad de los servicios logísticos en el Puerto internacional de Santa Marta.
- e) Calidad de los servicios logísticos en los puertos fluviales.
- f) Calidad de los servicios logísticos en las empresas de transformación industrial inicial (Ej. Extracción de aceite o refinación, molido de arroz o maíz, etc.).
- g) Calidad de los servicios logísticos en las empresas de transformación industrial secundaria (Ej. Refinación del aceite).
- h) Calidad de los servicios logísticos en los puntos de acopio intermedios (Ej. Bodegas y almacenes de mayoristas y o transportadores).
- i) Calidad de los servicios logísticos de los agentes de exportación.
- j) Eficiencia y calidad del servicio ofrecido por los proveedores de servicios de transporte terrestre.
- k) Calidad de los servicios logísticos de los proveedores de servicios de transporte fluvial.
- l) Calidad de los servicios logísticos de los proveedores de servicios de transporte aéreo.
- m) Calidad de los servicios logísticos de los proveedores de servicios de almacenaje (bodegas), manipulación de carga (cargue y descargue) y de distribución.
- n) Calidad de los servicios de los agentes de carga ("*freight forwarders*").

5) Monitoreo y seguimiento a la carga

- a) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía al Puerto internacional de Barranquilla.
- b) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía al Puerto internacional de Buenaventura.
- c) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía al Puerto internacional de Cartagena.
- d) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía al Puerto internacional de Santa Marta.
- e) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a los puertos fluviales.
- f) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a las empresas de transformación industrial inicial (Ej. Extracción de aceite o refinación, molido de arroz o maíz, etc.).
- g) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a las empresas de transformación industrial secundaria (Ej. Refinación del aceite).
- h) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a puntos de acopio intermedios (Ej. Bodegas y almacenes de mayoristas y o transportadores).
- i) Capacidad de la empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a los agentes de exportación.

6) Puntualidad de entrega de la carga

- a) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a Puertos internacionales (Barranquilla, Buenaventura, Cartagena, Santa Marta).
- b) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a puertos fluviales.
- c) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a las empresas de transformación industrial inicial.
- d) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a las empresas de transformación industrial secundaria.
- e) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a puntos intermedios de acopio.

f) Puntualidad de entrega de la carga cuando es enviada a exportadores.

7) Costos en las diferentes etapas de las cadenas

a) Costos portuarios.

b) Costos aeroportuarios.

c) Fletes de transportes terrestre.

d) Almacenaje / servicios de manejo de carga y otros servicios logísticos (Ej: cargue y descargue).

e) Tarifas de agentes y agencias de carga.

Para la cuantificación de las variables en la encuesta se definió una escala de calificación de 1 a 5, en la que 5 representa la mejor puntuación, y 1 la peor. Dado que no todas las empresas tienen la misma cadena y algunas de las variables pueden no aplicar para todas ellas, se incorporó “no aplica” como opción de respuesta.

4.4 Diseño y aplicación de la encuesta

La herramienta escogida para la realización de esta toma de información primaria es una encuesta en la que se buscó obtener la opinión de expertos en el funcionamiento de las cadenas logísticas de los productos agrícolas de interés en la zona de estudio, y de las empresas que les proveen los servicios logísticos y de transporte.

El diseño de esta encuesta y su formulario se hizo tomando como referencia la estructura de la encuesta del Banco Mundial mencionada en varios apartados de este documento, adaptándola a las variables de investigación antes definidas, mediante un cuestionario de 25 preguntas conformado por las siguientes secciones:

- Caracterización de la empresa y cargo del respondiente.
- Evaluación del desempeño logístico.
- Información operativa de la empresa.
- Información de contacto.

Para la determinación del número de encuestas necesarias en el estudio se realizó el dimensionamiento muestral contemplando error de 5%, nivel de confianza de 95% en un universo de 22 empresas tomando en cuenta la base de datos disponible en la página de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera – Colfecar, después

de compararla y validarla con la información de la página web del Ministerio de Transporte; y una desviación estándar igual a 0,5. Con esos parámetros, son requeridas 21 encuestas de acuerdo al cálculo realizado, para que sus resultados sean estadísticamente representativos en el contexto de análisis y con las características mencionadas.

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N - 1) * \varepsilon^2 + \sigma^2 * Z^2} = \frac{22 * 0,5^2 * 1,96^2}{(22 - 1) * 0,05^2 + 0,5^2 * 1,96^2} = 20,85$$

El cuestionario se construyó en la plataforma en línea “*SurveyMonkey*”, y fue diligenciado por 17 personas entre los meses septiembre de 2018 y febrero de 2019 a través de internet con difusión apoyada por la Gobernación del Meta, asociaciones gremiales de los productos de interés y personas del medio agrícola de la región. Con este número de encuestas se estimó el error y nivel de confianza para verificar la representatividad estadística de los resultados, y se obtuvo que los análisis derivados de estas encuestas tienen un nivel de confianza de 90% con un error de 10%.

En la Figura 4-8 se presenta la imagen de la pantalla de inicio y presentación de la Encuesta (En el Anexo A se incluye el listado de preguntas incluidas en el formulario de la encuesta).

Figura 4-8: Pantalla de inicio y presentación de la Encuesta



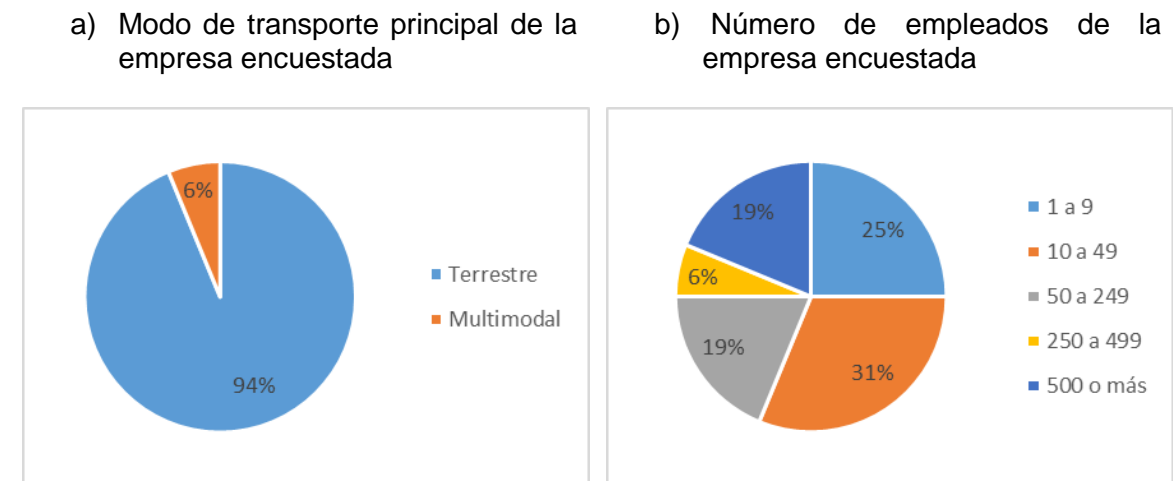
Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma online de encuestas *SurveyMonkey*.

Para dos de las 17 encuestas, se realizó adicionalmente una entrevista personal para conocer la dinámica y problemática de las cadenas de algunos de los productos.

Los resultados obtenidos de la encuesta se recopilaron, y se procesaron con un software estadístico especializado utilizando la metodología de análisis de componentes principales. Previo a este análisis, se caracterizó la muestra con las respuestas recolectadas en la primera sección de la encuesta y se hizo una depuración de la base de datos inicial.

Se encontró que las empresas encuestadas se relacionan principalmente con el modo de transporte terrestre por carretera en un 94%, y en un 6% con el transporte terrestre carretera-fluvial (o multimodal) que es consistente con la descripción de la Altillanura realizada en el capítulo 3 al no existir una oferta buena de otros modos de transporte en la región. Por otro lado, se evidenció que las empresas encuestadas varían en tamaño, expresado en número de trabajadores, donde el 56% tienen entre 1 y 49 empleados (Ver Figura 4-9).

Figura 4-9: Caracterización de empresas encuestadas



Fuente: Elaboración propia.

Las empresas que participaron en la encuesta tienen como actividad principal el área de comercio y transporte doméstico (interno en Colombia) en un 56%, interno en la Altillanura colombiana en un 6% y en varios grupos territoriales en un 38%, lo cual es relevante en la calificación dada a las variables de investigación ya que los encuestados no sólo son

conocedores de las condiciones actuales de la logística y transporte en la región de estudio, sino que también de las predominantes en el país y otros contextos.

4.5 Estimación del Índice de desempeño logístico rural – IDLR

La información recolectada en las encuestas sobre calificación del desempeño fue procesada y analizada para sustentar la obtención del Índice de Desempeño Logístico Rural-IDLR en la región, utilizando las técnicas de Análisis de Componentes Principales-ACP y el análisis de conglomerados tal como se explica a continuación.

4.5.1 Análisis de componentes principales

El Análisis de Componentes Principales es una metodología matemática para reducir los datos de un número de variables originales en un conjunto más pequeño, en el cual las nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales, con media igual a cero.

Según Díaz Monroy y Morales Rivera (2016), la técnica del ACP tiene por objetivos generar nuevas variables que expresen la información contenida en un conjunto de datos, reducir la dimensión del espacio donde están inscritos los datos, eliminar las variables (si es posible) que aporten poco al estudio del problema, y facilitar la interpretación de la información contenida en los datos; manteniendo la información relacionada a la variabilidad original de los datos en otras variables incorrelacionadas, a las que se les denomina *componentes principales*.

Así, la componente principal Y_1 que expresa la variabilidad contenida en los datos de un estudio realizado sobre n -individuos mediante p -variables X_1, X_2, \dots, X_p , se podría expresar como:

$$Y_1 = \lambda_{11}X_1 + \lambda_{12}X_2 + \dots + \lambda_{1p}X_p$$

Las ponderaciones $\lambda_{11}, \dots, \lambda_{1p}$, se escogen de forma tal que maximizan la razón de la varianza de Y_1 a la variación total; con la restricción $\sum_{j=1}^p \lambda_{1j}^2 = 1$.

De acuerdo a lo anterior, se expresa la k -ésima componente, que es una combinación lineal de las variables observadas X_j para $j=1, \dots, p$, como sigue:

$$Y_k = \lambda_{k1}X_1 + \lambda_{k2}X_2 + \dots + \lambda_{kp}X_p$$

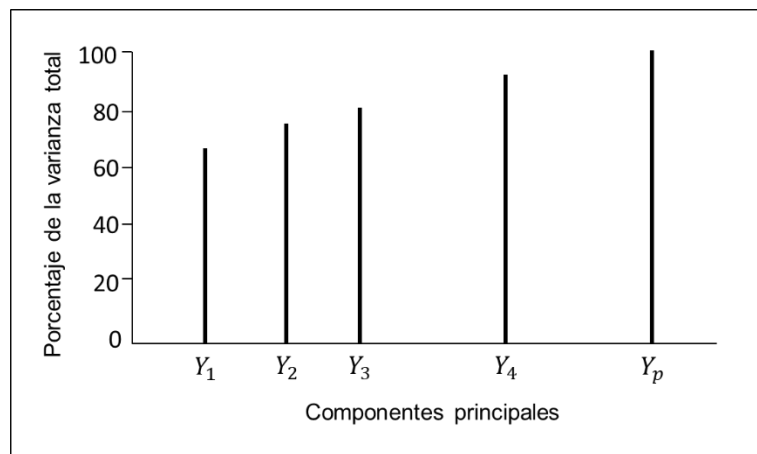
Los criterios para la definición del número de componentes principales sugeridos por Díaz Monroy y Morales Rivera (2016) son de tipo empírico y se basan en la conservación de la variabilidad que se requiere en cada estudio. Para esto, se utiliza la proporción de la variabilidad acumulada de variación total, que presenta de manera porcentual la proporción de la *variabilidad total explicada por el k -ésimo componente*. La variación que no se explica a través de estas componentes se asume como “*ruido*” de los datos.

$$\frac{\sum_{k=1}^m l_k}{\sum_{k=1}^p l_k} \times 100\%; m \leq p$$

Dónde $l_k = var(Y_k)$, que es la varianza muestral de las observaciones con respecto a la k -ésima componente principal.

La Figura 4-10 muestra la variación retenida hasta cada componente principal en la que se identifica que el primer componente es el que mayor porcentaje retiene de la varianza total.

Figura 4-10: Variación retenida hasta cada componente principal



Fuente: (Díaz Monroy y Morales Rivera, 2016)

El uso de la metodología de componentes principales para el análisis de los datos recolectados con la encuesta se realizó inicialmente manteniendo todas las variables

medidas, sin embargo, dado que esta metodología requiere que todas las variables tengan un valor numérico, las preguntas que recibieron como respuesta “No aplica” en alguna de las variables se eliminaron reduciendo la muestra en este primer análisis y siendo necesario descartar parte de la información.

Con el propósito de evitar la pérdida de la información y conservando la clasificación de las variables de investigación en las dimensiones definidas, se calculó un valor por dimensión a partir de las calificaciones dadas a las variables de cada una. En la bibliografía consultada no se encontraron datos de referencia para realizar una ponderación de las variables de cada dimensión por lo que se calculó la media aritmética de las observaciones. Adicionalmente, y previo al cálculo de las calificaciones por dimensión, se llevó a cabo un análisis de correlación entre variables con el fin de validar si todas las variables deberían ser incluidas, encontrándose que la correlación entre variables estimada tiene las siguientes características estadísticas:

- Media: 0,46
- Mediana: 0,42
- Moda: 0,66
- Desviación estándar: 0,18
- Varianza: 0,03
- Valor mínimo: 0,14
- Máximo: 0,96 (Descartando la diagonal de la matriz que tiene valores iguales a 1

Lo anterior indica que las variables están correlacionadas y que es conveniente mantenerlas en el análisis posterior, por lo que no se descartó ninguna en la estimación de la calificación por dimensiones. Por otro lado, a pesar de que es recomendado realizar una estandarización de las variables para que tengan media 0 y desviación estándar 1, dado que en este caso las variables fueron medidas en las mismas unidades, se obvió este proceso.

Análisis 1: Todas las dimensiones

La nueva base de datos construida permitió aplicar la técnica de ACP considerando todas las dimensiones. Es necesario mencionar que sólo se emplearon el 80% de las encuestas en este paso, pues el 20% restante se destinó para la validación del índice como se presenta más adelante en este documento. De este primer análisis o “Análisis 1” se

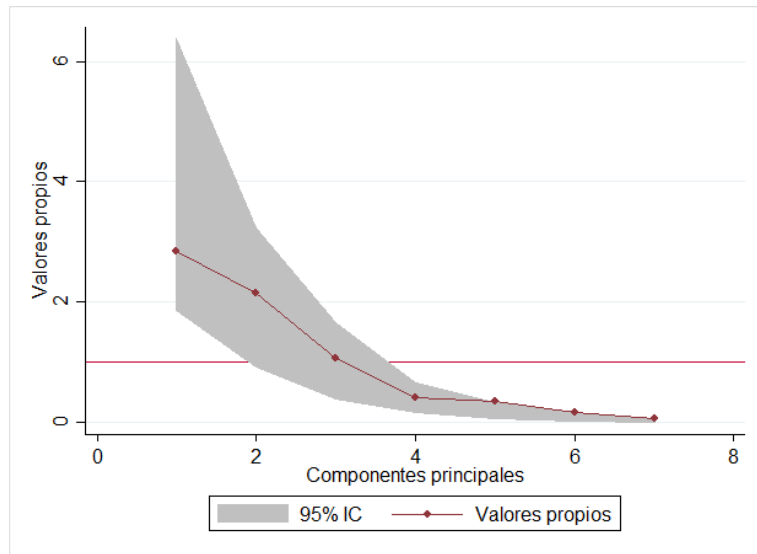
obtuvieron como resultado siete componentes principales que acumularon el 100 % de la variabilidad de los datos, como se muestra en la Tabla 4-5 y la Figura 4-11.

Tabla 4-5: Componentes principales – Análisis 1: todas las dimensiones

Componente	Valor propio	Diferencia	Variabilidad	Variabilidad acumulada
Comp1	2,8342	0,6964	0,4049	0,4049
Comp2	2,1378	1,0723	0,3054	0,7103
Comp3	1,0655	0,6639	0,1522	0,8625
Comp4	0,4016	0,0643	0,0574	0,9199
Comp5	0,3372	0,1754	0,0482	0,9680
Comp6	0,1618	0,0999	0,0231	0,9912
Comp7	0,0619		0,0088	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-11: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 1



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el número de componentes principales que se deben conservar para análisis subsecuentes al ACP existen varios criterios: criterio del porcentaje, criterio de Kaiser, test de esfericidad y la representación gráfica Biplot. Entre ellos, para esta investigación se escogió la combinación del criterio del porcentaje en el cual se conservan los componentes principales que acumulan más del 60% de la variabilidad de la muestra y, por otra parte, el criterio de Kaiser en el que se retienen las primeras componentes tales que su valor propio sean mayores a 1.

Según lo anterior, se deberían conservar las componentes 1 y 2 con valores propios de 2,83 y 2,12 respectivamente, y cuyos vectores de valores propios son mostrados en la Tabla 4-6, representando el aporte de cada dimensión a la variabilidad de los datos (sus nombres son una simplificación de los mostrados en la sección “Variables”).

Tabla 4-6: Vectores de valores propios – Análisis 1

Variable	Comp1	Comp2
Control	0,5652	-0,0337
Infraestructura	0,1676	-0,4001
Flete	0,4507	-0,1897
Servicios Logísticos	0,5213	-0,2323
Monitoreo	0,1582	0,4589
Puntualidad	0,3717	0,3923
Costos	0,1199	0,6199

Fuente: Elaboración propia.

En la biografía de referencia, incluido el “Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide” (OECD, 2008), se utiliza como función del índice a estimar, en este caso el IDLR, el primer componente principal siempre que éste explique por sí mismo variabilidad suficiente de los datos. En vista de los resultados de este primer análisis, y de la necesidad de conservar los dos primeros componentes, se analizó la correlación del componente principal 1 con las dimensiones para su depuración (Ver Tabla 4-7).

Tabla 4-7: Correlación entre variables y componente principal 1 – Análisis 1

Variable	Comp1
Control	0,9516
Infraestructura	0,2821
Flete	0,7587
Servicios Logísticos	0,8776
Monitoreo	0,2663
Puntualidad	0,6257
Costos	0,2018

Fuente: Elaboración propia.

Se descartó la dimensión denominada Monitoreo por la baja correlación con el componente 1 y también porque el seguimiento de la carga no se consideró como una actividad que viabiliza el transporte de los productos agrícolas como sí lo hacen la infraestructura y las demás variables.

Análisis 2: Sin dimensión monitoreo

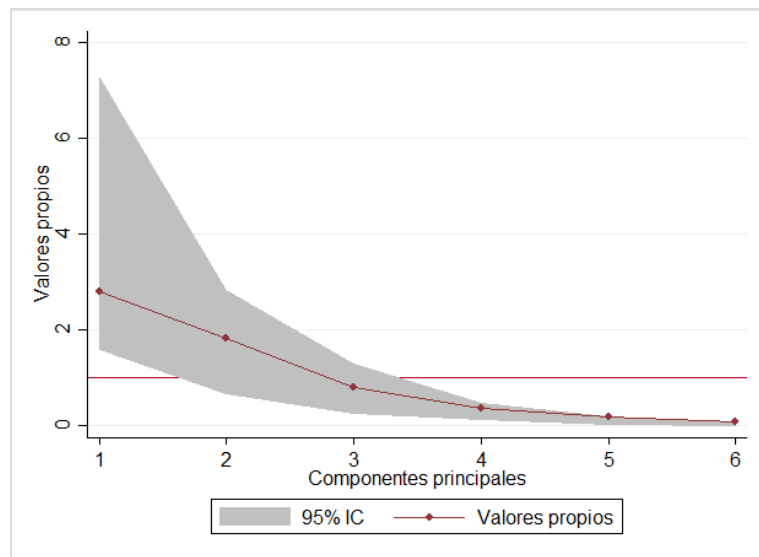
Con la eliminación de la dimensión de monitoreo, se aplicó nuevamente la técnica del ACP y se realizó el mismo procedimiento expuesto en el Análisis 1. Se encontró que la variabilidad del componente 1 aumentó a 0,47 y que el valor propio del componente 2 se aproximó a 1 mientras que el del componente 1 tomó un valor cercano a 3 (Ver Tabla 4-8 y Figura 4-12).

Tabla 4-8: Componentes principales – Análisis 2: Sin monitoreo

Componente	Valor propio	Diferencia	Variabilidad	Variabilidad acumulada
Comp1	2,7975	0,9703	0,4662	0,4662
Comp2	1,8272	1,0442	0,3045	0,7708
Comp3	0,7830	0,4363	0,1305	0,9013
Comp4	0,3467	0,1632	0,0578	0,9591
Comp5	0,1835	0,1214	0,0306	0,9897
Comp6	0,0621		0,0103	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-12: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 2



Fuente: Elaboración propia.

El vector de valores propios del componente 1 resultante al no incluir en el ACP la dimensión monitoreo tiene los valores mostrados en la Tabla 4-9, en el cual la variable infraestructura es aquella con valor menor dado que sus calificaciones fueron similares entre sí.

Tabla 4-9: Vector de valor propio – Análisis 2

Variable	Comp1
Control	0,5697
Infraestructura	0,1987
Flete	0,4789
Servicios Logísticos	0,5478
Puntualidad	0,3223
Costos	0,0510

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la evaluación de los criterios de porcentaje y Kaiser siguen indicando que se deben conservar los dos primeros componentes, se repite el análisis de correlación entre las variables y el componente 1 y, se analizan los resultados para la eliminación de variables cuya variabilidad no es explicada por él.

Tabla 4-10: Correlación entre variables y componente principal 1 – Análisis 2

Variable	Comp1
Control	0,9529
Infraestructura	0,3324
Flete	0,8010
Servicios Logísticos	0,9162
Puntualidad	0,5391
Costos	0,0853

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que la correlación más baja se presenta en la variable Costos, por lo que se elimina del análisis. Adicionalmente, se descartó la dimensión de Puntualidad dado que ésta es producto de las demás dimensiones y, además, tiene igual correlación con el primer y segundo componente; se realizó nuevamente el ACP.

Análisis 3: Sin dimensiones monitoreo, puntualidad y costos

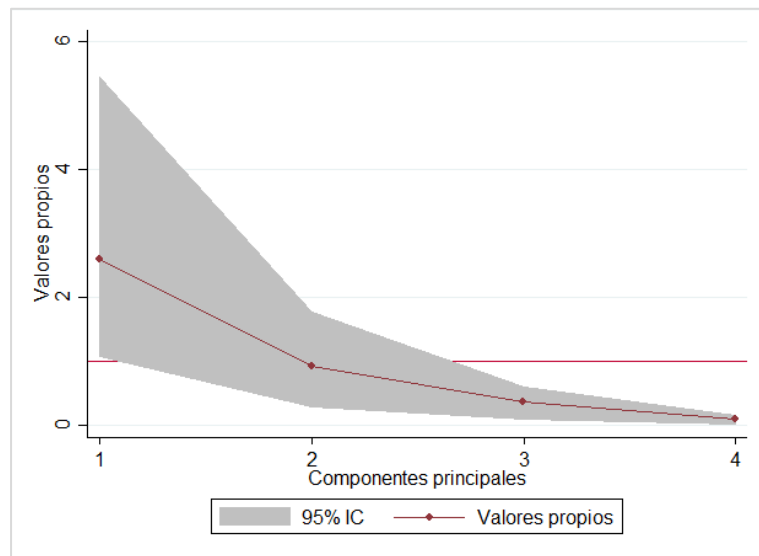
Los resultados obtenidos de la aplicación del ACP por tercera vez condujo a la acumulación de más del 60% de la variabilidad en el componente 1 y disminuyó el valor propio del componente 2, y siguientes, a menos que 1; en ese sentido, se cumplieron los dos criterios de porcentaje y Kaiser como se muestra a seguir.

Tabla 4-11: Componentes principales – Análisis 3: Sin monitoreo, puntualidad y costos

Componente	Valor propio	Diferencia	Variabilidad	Variabilidad acumulada
Comp1	2,6083	1,6788	0,6521	0,6521
Comp2	0,9295	0,5582	0,2324	0,8845
Comp3	0,3713	0,2805	0,0928	0,9773
Comp4	0,0908		0,0227	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-13: Variación retenida hasta cada componente principal – Análisis 3



Fuente: Elaboración propia.

La conservación exclusiva del componente 1 posibilita la construcción del índice de desempeño logístico rural – IDLR, mediante su vector de valores propios, a partir del cual se establece su función:

IDLR

$$= 0,5746 * (\text{Eficiencia de procesos de control y autorización}) + 0,2482$$

$$* (\text{Calidad de la infraestructura relacionada al comercio y el transporte}) + 0,5132$$

$$* (\text{Facilidad para negociar fletes}) + 0,5872 * (\text{Calidad de los servicios logísticos})$$

Posteriormente, a partir de la función encontrada, se calculó el IDLR para cada encuesta empleada en el ACP de acuerdo con la calificación dada a las variables por cada encuestado, observándose que el valor del IDLR varía entre 3,22 y 6,56. Cabe notar que su rango cambia a 3,22 y 8,68 al adoptar como insumo los valores máximos y mínimos de todas las observaciones de las encuestas (Ver Tabla 4-12 y Tabla 4-13).

Tabla 4-12: Cálculo de IDLR para cada encuesta

ID	Control	Infraestructura	Flete	Servicios Logísticos	IDLR
1	4,30	1,63	3,60	3,13	6,56
2	2,25	1,25	2,00	1,00	3,22
3	2,25	1,25	2,00	1,00	3,22
4	3,84	1,25	4,00	3,25	6,48
7	2,38	2,50	3,00	2,00	4,70
8	2,67	2,48	3,00	1,40	4,51
10	2,25	2,34	1,67	2,17	4,00
11	3,25	2,60	3,00	2,50	5,52
14	3,50	2,88	4,00	3,00	6,54
16	4,13	2,70	3,00	3,18	6,45
17	3,75	2,75	2,50	3,00	5,88
MAX	4,60	4,63	4,00	4,84	6,56
MIN	2,25	1,25	1,67	1,00	3,22

Fuente: Elaboración propia.

Para validar el índice, se tomaron los datos de las encuestas que no fueron incluidas en el análisis efectuado y se estimó el valor correspondiente del IDLR, evidenciando valores coherentes las demás estimaciones y con el rango determinado arriba (ver Tabla 4-13), por lo que se concluye que la función obtenida para el índice es válida.

Tabla 4-13: Cálculo de IDLR para encuestas no incluidas en ACP – validación

ID	Control	Infraestructura	Flete	Servicios Logísticos	IDLR
6	4,60	4,63	4,00	4,84	8,68
12	3,34	2,58	2,33	2,84	5,42
15	4,50	4,13	4,00	4,50	8,30

Fuente: Elaboración propia.

El rango de valores definido por la estimación del IDLR no es común dado que no obedece a una escala tradicional de medida como lo es la escala de 1 a 5 empleada en la calificación de las variables. Tomando en cuenta que las relaciones establecidas son de tipo lineal, se llevó a cabo una interpolación lineal doble para representar los valores obtenidos de IDLR en una escala de 1 a 5 aplicando la siguiente fórmula.

$$IDLR_{inter} = 5 - \frac{MAX IDLR_{inicial} - IDLR_{inicial}}{Pendiente}$$

Dónde:

IDLR_{inter}: IDLR en escala de 1 a 5

MAX IDLR_{inicial}: IDLR en escala inicial máximo correspondiente a 9,43

IDLR_{inicial}: IDLR calculado para cada encuesta

Pendiente: Pendiente para interpolación igual a 1,60

Como se puede observar en la Tabla 4-14, los resultados de la interpolación del IDLR calculado tomó como valor mínimo 3,05 y máximo 8,68, siendo valores próximos a los nuevos valores extremos de la escala y calculados con las calificaciones mínimas y máximas observadas entre todas las encuestas para cada dimensión.

Tabla 4-14: Cálculo de IDLR en escala 1 a 5 por interpolación lineal doble

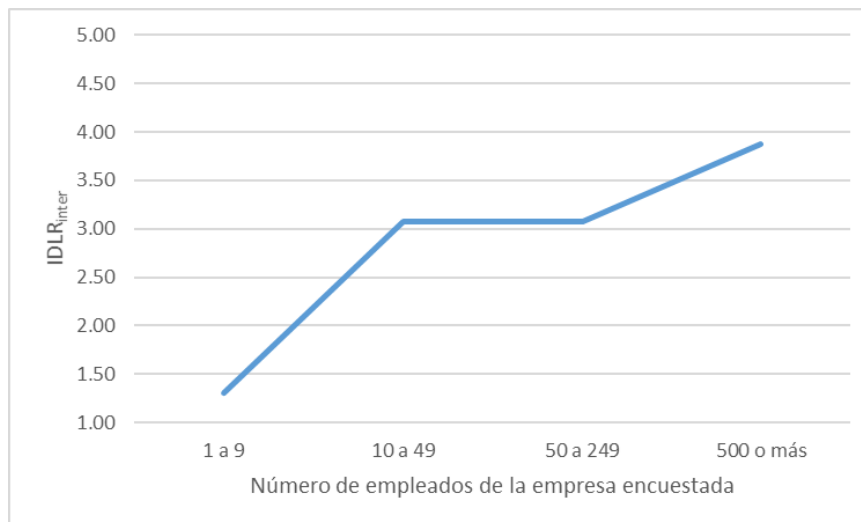
ID	Control	Infraestructura	Flete	Servicios Logísticos	IDLR _{inicial}	IDLR _{inter}
1	4,30	1,63	3,60	3,13	6,56	3,49
2	2,25	1,25	2,00	1,00	3,22	1,12
3	2,25	1,25	2,00	1,00	3,22	1,12
4	3,84	1,25	4,00	3,25	6,48	3,43
6	4,60	4,63	4,00	4,84	8,68	5,00
7	2,38	2,50	3,00	2,00	4,70	2,17
8	2,67	2,48	3,00	1,40	4,51	2,04
10	2,25	2,34	1,67	2,17	4,00	1,68

ID	Control	Infraestructura	Flete	Servicios Logísticos	IDLR _{inicial}	IDLR _{inter}
11	3,25	2,60	3,00	2,50	5,52	2,76
12	3,34	2,58	2,33	2,84	5,42	2,68
14	3,50	2,88	4,00	3,00	6,54	3,48
15	4,50	4,13	4,00	4,50	8,30	4,73
16	4,13	2,70	3,00	3,18	6,45	3,41
17	3,75	2,75	2,50	3,00	5,88	3,01
MAX Obs	4,60	4,63	4,00	4,84	8,68	5,00
MIN Obs	2,25	1,25	1,67	1,00	3,05	1,00

Fuente: Elaboración propia.

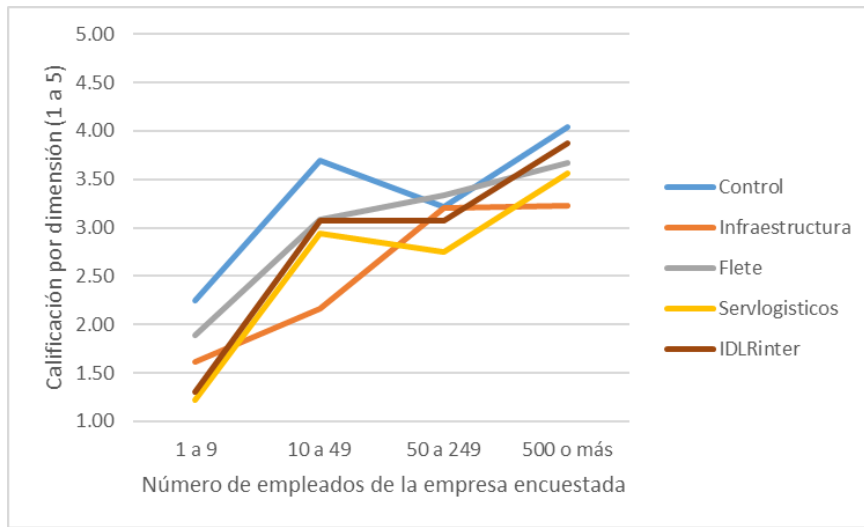
Con base a lo anterior, se puede inferir que las empresas que participaron en este estudio perciben condiciones diferentes del desempeño logístico en la región de la Altillanura revelado por la dispersión del valor del IDLR de cada encuesta, lo que podría deberse a la diversidad en tamaño y tipo de las empresas partícipes en el estudio. En consecuencia, la Figura 4-14 permite concluir que cuanto mayor es el tamaño de la empresa (medido en la encuesta con el número de empleados de la misma), mejor es su desempeño logístico, corroborándose los hallazgos del estudio publicado por el DNP (Fedesarrollo, 2015) que declara que los costos logísticos de las Pymes son mayores en comparación con las grandes empresas.

Figura 4-14: Valor promedio de IDLR_{inter} por número de empleados de la empresa encuestada



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-15: Valor promedio de $IDLR_{inter}$ y calificaciones por dimensión por tamaño de la empresa encuestada



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, al relacionar el $IDLR_{inter}$ y las calificaciones promedio por dimensión según el tamaño de la empresa encuestada, se encuentran similitudes en el comportamiento para todas las dimensiones (ver Figura 4-15).

Finalmente, para la región de la Altillanura se estimó el valor del Índice de desempeño logístico rural como la media de los valores de IDLR interpolados estimados:

$$IDLR_{inter} \text{ Altillanura} = 2.87$$

4.5.2 Análisis de conglomerados

Una vez definidos los resultados expuestos en el numeral anterior, no es clara la correspondencia de los IDRL calculados en relación a un desempeño logístico bajo, medio o alto, por lo que se emplea el análisis de conglomerados o *Cluster Analysis* para establecer los grupos o categorías de desempeño basados en medidas de similitud entre los datos.

Para lo anterior se definieron tres grupos de desempeño y se empleó como criterio el tipo de medida por distancia euclídea en la que se agrupan los datos por su cercanía en el

plano. Cabe mencionar que se probaron distintos criterios de medida, pero se obtuvieron resultados similares en todos los casos. La distancia euclídea está definida como sigue:

$$d_E(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

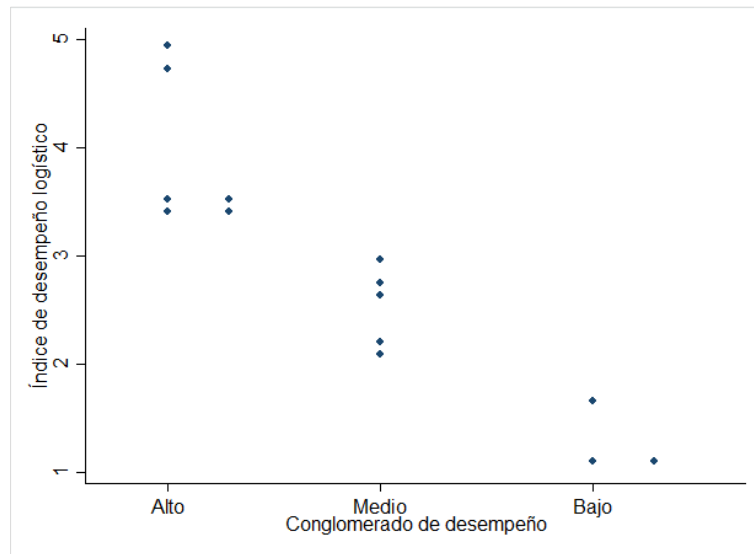
Dónde:

$d_E(P_1, P_2)$: Distancia euclídea entre los puntos 1 y 2

x_i, y_i : Coordenadas de los puntos 1 y 2

Este análisis condujo a identificar que la medición del desempeño obtenida mediante el cálculo del IDLR para cada empresa corresponde en su mayoría a un desempeño medio y alto, como se puede apreciar en la Figura 4-16, en la que cerca del 43% de los puntos se encuentran agrupados en el conglomerado “Alto”, el 36% en el conglomerado medio y sólo un 21% en el conglomerado de desempeño bajo.

Figura 4-16: Resultados de análisis de conglomerados y clasificación del desempeño



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el valor de IDLR estimado para la región de la Altillanura de 2,87 indica un desempeño logístico medio.

El índice desarrollado constituye una medición útil en el contexto regional de la Altillanura y permite mostrar y describir las tendencias internas en materia de logística y transporte en la región si se determina para varios años, así como también facilita la identificación de los retos y oportunidades que tienen las empresas de la región y que hacen parte de las cadenas agrícolas estudiadas. También permite la comparación del desempeño logístico entre empresas.

El índice calculado interpolado $IDLR_{inter}$ resume la complejidad y multidimensionalidad del desempeño logístico en la región de la Altillanura, brindando la posibilidad de una interpretación sencilla en escala de 1 a 5 y puede ser usado en diferentes contextos de toma de decisiones sobre la región en materia de logística y transporte. Este índice redujo el número de variables involucradas en la evaluación del desempeño logístico de las cadenas logísticas de los productos agrícolas estudiados y permite la comparación del desempeño de las dimensiones que las agrupan. No obstante, su aplicación se limita a la región de la Altillanura y a las cadenas de productos agrícolas evaluados ya que en su construcción y definición de escala de medida no se incluyó la participación de empresas de otros territorios de Colombia.

5. Análisis de mejora de la Altillanura

Para el análisis prospectivo de la Altillanura, se inicia con una evaluación de las fortalezas y debilidades en logística y transporte empleando el $IDLR_{inter}$; posteriormente, considerando proyecciones existentes del desarrollo económico y acciones en temas de transporte y logística, se procede a la formulación de propuestas para mejorar su desempeño, apoyado en la evaluación de escenarios.

La selección y definición de los escenarios para la evaluación de la región de la Altillanura parte del análisis de la Política Nacional Logística en Colombia y su posición frente a la misma, y de otros lineamientos de política nacional en materia de transporte y desarrollo futuro de la Altillanura.

5.1 Fortalezas y debilidades de la Altillanura

Frente a una economía creciente, en Colombia se avanza hacia un fortalecimiento y crecimiento económico nacional, ligado también a cambios positivos en el desarrollo social y la disminución de la pobreza, para el cual el Gobierno Nacional plantea políticas que impulsan al país hacia estos objetivos centrándose en la provisión de infraestructura y promoción de servicios de transporte que apoyan el intercambio comercial interno y externo y soportan la economía nacional a través de la mejora de la productividad y eficiencia, promoviendo directamente la competitividad nacional en el escenario internacional.

Dada la relevancia del transporte como soporte al desarrollo colombiano y el logro de la paz en el país, una de las estrategias transversales para lograr los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 “Todos por un nuevo país”, vigente al momento del desarrollo de esta investigación, persiguió el aumento de la productividad y el crecimiento económico nacional a través de la provisión de infraestructura y servicios de transporte

para la integración territorial como se mencionó anteriormente. Con esto, se buscó la superación de los obstáculos principales generados por el atraso colombiano en esta materia tales como: 1) generación de altos costos de transporte que encarecen los productos locales; 2) freno a la integración regional, propiciando regiones auto contenidas y desaprovechamiento de los beneficios del comercio interior y la especialización; 3) detención del crecimiento del campo al encarecer el transporte de los productos a los principales centros de consumo; y 4) dificultad para la presencia del Estado en muchas zonas del país para la prestación de servicios básicos como educación, salud y seguridad (DNP, 2014).

A pesar de la política vigente mediante la cual se busca superar la brecha de Colombia en cada modo de transporte, en la Altillanura persisten las barreras que impactan la logística a nivel nacional y se mantienen los retos actuales de la región considerando que las inversiones del gobierno nacional se han enfocado principalmente en la zona centro y norte del país, sin modificarse significativamente esta tendencia en la planeación vigente.

La inversión en el sector transporte y logística en el país fortalece el sistema vial carretero a través de diferentes programas de contratación, como lo son la Cuarta Generación de Concesiones y el impulso de la red terciaria; y procura mejorar y articular el sector productivo con el sistema logístico apoyándose en corredores de transporte multimodales planteados en documentos estratégicos como el Plan Maestro de Transporte Intermodal - PMTI, los Planes Maestros Fluvial y Ferroviario, procurando una mayor competitividad nacional.

La formulación del PMTI no sólo tuvo en cuenta los corredores logísticos funcionales y los ámbitos logísticos nacionales establecidos por la Política Nacional Logística en la evaluación de la necesidad de conexión territorial. Este plan expandió la visión de la intervención del Estado en tema de oferta de infraestructura a todo el territorio nacional, buscando elevar el nivel de servicio de la red vial, mayor transversalidad, un desarrollo más balanceado de modos de transporte, y una mayor accesibilidad de territorios y población en desventaja, dotando al país para competir y reducir la desigualdad espacial (Fedesarrollo, 2015). En este contexto, la región de la Orinoquía en general, de la cual hace parte la Altillanura, se ve beneficiada en que se definió un corredor de integración

desde el municipio de Puerto Carreño en el Vichada hacia el occidente del país, denominado en el PMTI “Corredor transversal Puerto Carreño – Buenaventura”.

Figura 5-1: Red PMTI – dos décadas de inversión



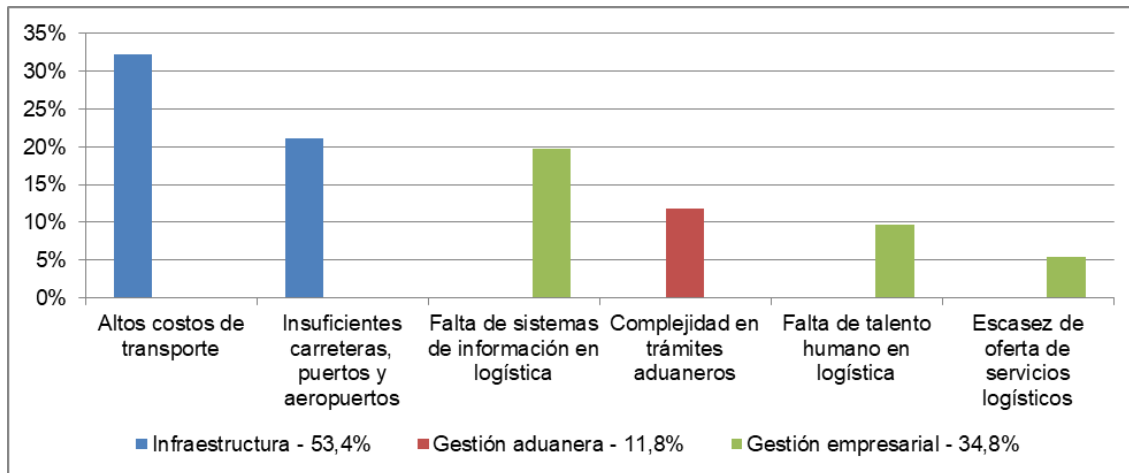
Fuente: (Fedesarrollo, 2015)

No obstante la predominancia de los temas de infraestructura de transporte en la política analizada, los resultados de la Encuesta Nacional Logística contenidos en el documento “Misión de Logística y Comercio para Colombia”(DNP, 2016b) indican que las principales barreras que impactan la logística tienen relación no sólo con la infraestructura, sino también con la gestión de aduanas y la gestión empresarial, que también deberían abordarse con mayor profundidad en la Política Nacional Logística. Al respecto, en ésta se hace mención de la necesidad de incluir las plataformas logísticas dentro de las zonas

francas, permanentes o permanentes especiales para mejorar el control de la mercancía y el cumplimiento de compromisos derivados de acuerdos internacionales y tratados de libre comercio, y la actualización normativa en procesos aduaneros (DNP, 2008).

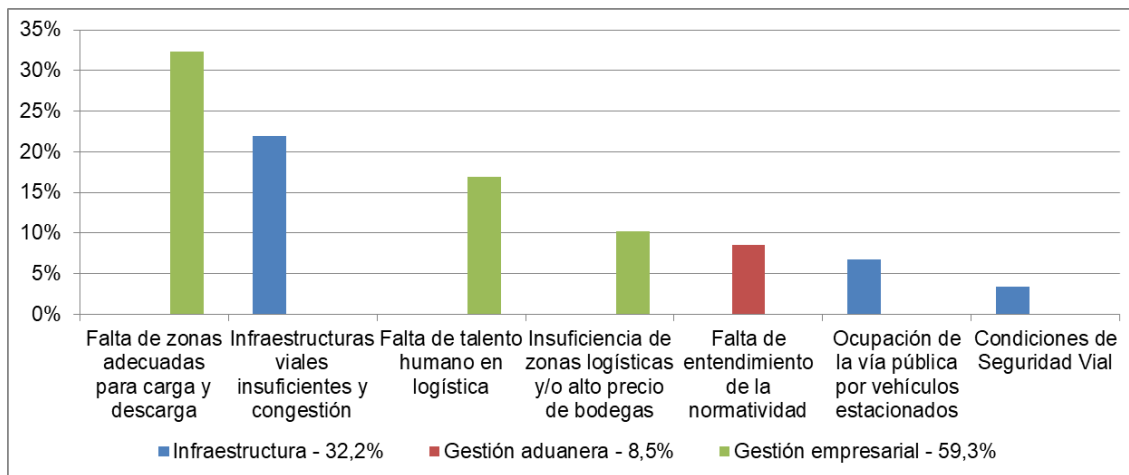
El detalle de los temas tenidos en cuenta en la Encuesta Nacional Logística se muestra en las figuras siguientes, tanto para los usuarios de servicios logísticos como para los prestadores, donde se expresan los porcentajes de participación de cada uno de ellos dentro de los tres temas generales.

Figura 5-2: Barreras que impactan la logística – usuarios de servicios logísticos



Fuente: (DNP, 2016b)

Figura 5-3: Barreras que impactan la logística – prestadores de servicios logísticos



Fuente: (DNP, 2016b)

Por esto se hace énfasis en la necesidad de materializar la sentencia del DNP: *“el esfuerzo del Gobierno Nacional para el desarrollo infraestructura de transporte, debe estar acompañado de la una provisión cada vez más eficiente de servicios para la distribución física de los productos, tanto a mercados internacionales como locales”* (DNP, 2008). Esto también supone la necesidad de tener en cuenta el manejo de la carga dentro de las ciudades y no sólo en el contexto interurbano.

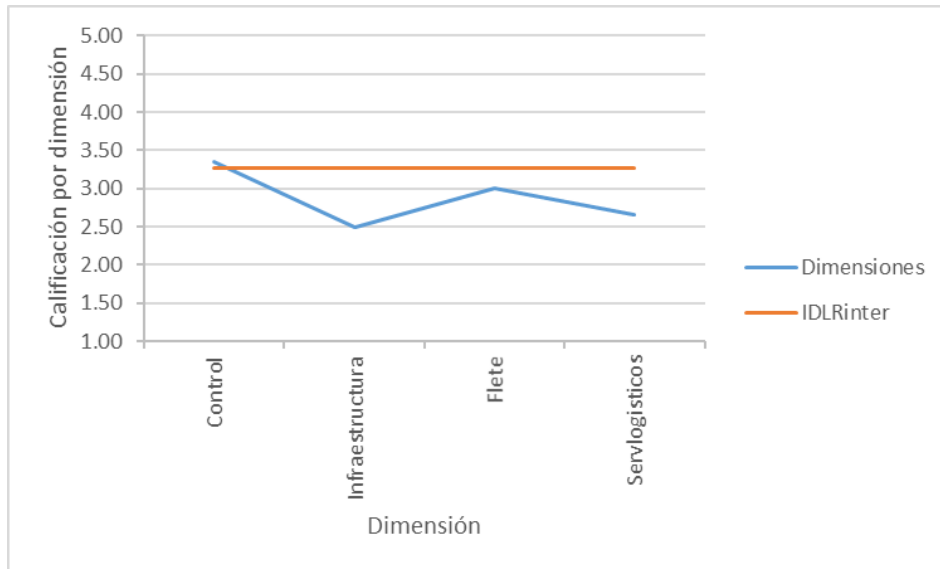
Análisis de la Altillanura

Los hallazgos expuestos en relación a las barreras que impactan la logística en Colombia corresponden en el mismo orden a los retos que enfrenta la región de la Altillanura; se observa que la infraestructura es la dimensión con menor calificación en la Encuesta, seguida de los servicios logísticos (ver Figura 5-4), lo cual puede ser explicado por la priorización de la inversión en vías del gobierno nacional en la zona centro y norte del país en los últimos gobiernos, dejando olvidada la Altillanura. Lo mismo sucede para las demás variables.

Por otro lado, aunque varios análisis muestran que un mayor desempeño logístico está fuertemente asociado con la expansión comercial, la diversificación de las exportaciones, el nivel de atracción de inversiones extranjeras y el crecimiento económico en los que los grandes costos logísticos y la baja calidad de los servicios pueden ser considerados como obstáculos del comercio (Faria, Souza y Vieira, 2015), lo cual también se refleja en la Figura 5-4, el crecimiento económico agrícola de la Altillanura de los últimos años no ha promovido el desarrollo de las otras dimensiones de menor calificación, por lo que se puede reconocer una oportunidad de mejora en materia de facilidad de negociación de fletes, existencia y calidad de servicios logísticos.

Al respecto, Fedesarrollo (2015) insiste en que la reducción de los costos generalizados de transporte depende no sólo de disponer de infraestructura física, sino de la gestión logística, en la que los costos logísticos tienen un impacto importante sobre el crecimiento y la competitividad de una región, lo cual es evidente en que estas dos dimensiones arrastran el valor del índice calculado hacia abajo.

Figura 5-4: Calificaciones promedio por dimensión para la región de la Altillanura



Fuente: Elaboración propia.

Si bien desde el punto de vista de la medición del desempeño logístico no se encontró una dimensión con una calificación alta para definirla como fortaleza, se resalta que la región de la Altillanura ha cobrado interés en el entorno nacional e internacional por su potencial de desarrollo ya explicado en capítulos anteriores, lo cual ha atraído a nuevas empresas que han jalonado la inversión en materia de infraestructura, servicios, telecomunicación y demás, así como el mismo crecimiento económico de la misma.

Adicionalmente, el hecho de que la región se haya abierto recientemente al resto del país y no cuente con infraestructura consolidada en toda su extensión, se ve como una oportunidad de planeación y estructuración del territorio de forma que se dispongan espacios para la construcción no sólo de vías de comunicación territorial sino también de nodos logísticos y conexiones intermodales en un futuro.

5.2 Escenarios de evaluación

5.2.1 Desarrollo socioeconómico

El escenario de desarrollo económico de Colombia planteado en el PMTI tiene una visión a 20 años que se expresa en tres escenarios económicos del PIB: alto, medio y bajo, y por

regiones y sectores, y el crecimiento del empleo en las 10 aglomeraciones más grandes del sistema de ciudades (Fedesarrollo y Steer Davies Gleave, 2015).

La visión a 2035 responde al efecto sobre el comportamiento inercial de la economía de lo que el equipo consultor denominó “choques” a la economía por Factores de Incidencia de Largo Plazo (FILP), como la profundización de la internacionalización, el dinamismo del pacífico, la reversión cambiaria y el aprovechamiento del potencial agropecuario, entre otros, que agregan un 2% anual del PIB a las 6 regiones del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 (Fedesarrollo y Steer Davies Gleave, 2015). Esto choques se atribuyen a los sectores construcción, agropecuario y manufactura, y su efecto en generación de empleo favorece principalmente al sector servicios. De esta manera, se definieron los tres escenarios de crecimiento económico de Colombia como se describe en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Escenarios para la economía colombiana en un horizonte de 20 años

Escenario alto	Escenario medio	Escenario bajo
Crecimiento del 3%, 3%, 4%, 4,4% y 4,8% en el 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente	Crecimiento del 3%, 3%, 4%, 4,4% y 4,8% en el 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente.	Crecimiento del 3%, 3%, 4%, 4,4% y 4,8% en el 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente.
Crecimiento promedio anual del 4,5% entre 2020 y 2035	Crecimiento promedio anual del 4,5% entre 2020 y 2035	Crecimiento promedio anual del 4,5% entre 2020 y 2035
Crecimiento adicional del 2% anual a partir de 2020	Crecimiento adicional del 2% anual a partir de 2025	Crecimiento adicional del 2% anual a partir de 2030

Fuente: (Fedesarrollo, 2015)

Con el fin de desagregar el crecimiento anual por sectores y regiones, se adicionaron una serie de restricciones asociadas a los mismos y al efecto de los Factores de Incidencia de Largo Plazo (FILP).

Tabla 5-2: Efectos esperados de los FILP sobre regiones y sectores económicos

Factores	Sectores				Regiones					
	Agropecuario	Industrial	Minero	Resto	Caribe	Centro Sur	Centro Oriente	Llanos Orientales	Eje Cafetero	Pacífico
Internacionalización	+	+			+		+		+	+
Reversión cambiaria	+	+	-				+	-	+	
Relocalización industrial		+		+	+		-		-	+
Pacífico	+	+		+		+			+	+
Venezuela	+	+					+	+		
Potencial agropecuario	+					+		+		
Acuerdos de paz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: (Fedesarrollo, 2015)

Los escenarios de crecimiento de PIB planteados para la región de los llanos muestran que el sector agropecuario es el que va a presentar un desarrollo mayor entre ellos, con un valor mínimo de 4,6% en el escenario bajo entre los años 2015 – 2025, y un máximo de 9.4% en el escenario alto entre los años 2026 – 2035 (Tabla 5-3).

Tabla 5-3: Escenarios de crecimiento de la economía para los Llanos Orientales

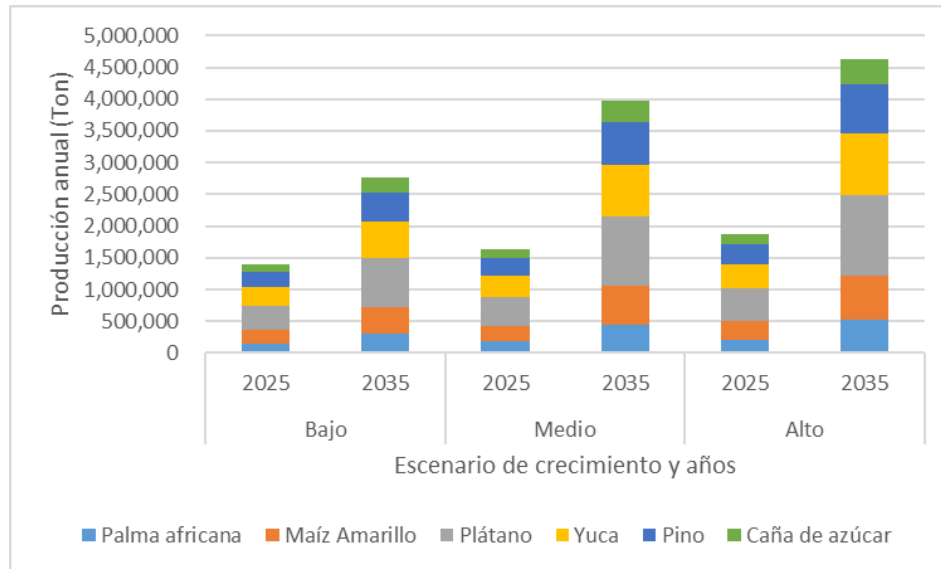
Escenario de crecimiento económico	Sectores					
	2015 - 2025					
	Agropecuario	Industrial	Minero	Servicios	Resto	Total
Alto	7,80%	3,50%	2,70%	5,10%	9,20%	4,90%
Medio	6,30%	3,10%	2,70%	3,60%	8,90%	4,30%
Bajo	4,60%	2,90%	2,60%	3,30%	8,80%	4,00%
2026 - 2035						
Alto	9,40%	5,20%	3,40%	6,10%	9,80%	6,40%
Medio	9,30%	5,20%	3,40%	6,10%	9,80%	6,30%
Bajo	7,10%	3,70%	3,60%	4,50%	7,50%	5,10%

Fuente: Elaboración propia a partir de (Fedesarrollo, 2015)

Con los escenarios de crecimiento de la economía nacional y, específicamente, el de la región de los Llanos Orientales, se proyecta el crecimiento de la producción anual de los cultivos principales de la Altillanura que son objeto de estudio en esta investigación. Dado

que no se conoce cuál fue la tasa de crecimiento entre 2014 y 2015, se utiliza el escenario medio para su proyección a este año. Los resultados a 2025 y 2035 presentados en la Figura 5-5 corresponden a la proyección de las toneladas reportadas en la Tabla 4-3.

Figura 5-5: Proyección de producción de anual de cultivos de interés en la Altillanura



Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, se resalta que los Llanos Orientales, incluida la Altillanura, tendrá un crecimiento de varios puntos porcentuales por arriba del promedio nacional en los próximos años; lo cual combinado con el aumento de la producción agrícola en términos supondrá mayor presión sobre la infraestructura, los servicios logísticos y de transporte, y demás actividades relacionadas a sus cadenas logísticas.

5.2.2 Transporte y logística

En el caso de la región de los llanos orientales, los lineamientos de inversión para la “Red básica”, cuya función es conectar el sistema de ciudades, puertos y pasos de frontera para la promoción del comercio exterior y el desarrollo regional (Fedesarrollo, 2015), propone la creación del corredor transversal que une Puerto Carreño en el Vichada con la ciudad de Buenaventura en el Valle del Cauca, atravesando el área al norte de los departamentos del Vichada y del Meta en la zona de interés de esta investigación, que también cumple la función de la red de integración, al conectar los dos departamentos para aumentar su

productividad y reducir la desigualdad espacial y, propiciando así su desarrollo regional e integración territorial.

La Red PMTI dos décadas de inversión (Ver Figura 5-1), muestra que el corredor transversal Puerto Carreño – Buenaventura se plantea en el área de estudio como proyecto vial y también vía fluvial aprovechando el cauce del río Meta; priorizó la adecuación de 851 km del río Meta y 14 km de carretera para ese proyecto en la primera década, así como la modernización del aeropuerto de Puerto Carreño; en la segunda década se priorizó el mantenimiento del río y la conexión multimodal, la pavimentación de la Central del Llano, y la conexión vial entre Puerto Gaitán y Puerto Carreño de 670 km.

Abordando el tema logístico, si bien la Política Nacional Logística afirma que éste es un tema de índice transversal a nivel sectorial (DNP, 2008) que involucra multiplicidad de actores, los lineamientos planteados no definen acciones claras articuladas con el sector productivo, industrial y comercial nacional y regional, aunque demandan apoyo de las tecnologías de la información y comunicación, para cumplir con los propósitos de recolección de información de logística para una mejor gestión del sector, así como innovación, evidenciando la necesidad de la formulación de políticas intersectoriales que propicien el avance de Colombia en el desarrollo.

En el PMTI se reconoce la necesidad de brindar un marco que apoye el desarrollo logístico nacional mediante el *“incentivo de la instalación de plataformas y puertos secos, seguimiento de calidad y desempeño de los corredores, coordinación con POT, generadores de carga y operadores, seguimiento de normativa, promoción de tecnología y multimodalidad”* (Fedesarrollo, 2015), para lo cual se generaron 5 medidas de bajo costo y alto impacto:

- Adelantar el plan estadístico sectorial de transporte y logística, acoplado a una política de datos abiertos y uso progresivo de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's).
- Estandarizar normatividad, infraestructura, recurso institucional, sistemas y procesos; y evolucionar hacia sistemas colaborativos público-privados en nodos de comercio internacional.

- Financiar y asesorar técnicamente a los entes regionales en la estructuración y ejecución de proyectos estandarizados de primer kilómetro rural, último kilómetro urbano y variantes urbanas.
- Fortalecer individualmente los modos de transporte alternativos (férreo, aéreo y acuático) y asegurar su conectividad y competitividad.
- Promover e incentivar la capacitación de capital humano, la modernización de los modelos de negocio y el emprendimiento e investigación en la industria de transporte y logística.

Según lo anterior, se concluye que las intervenciones en la región serán principalmente en la provisión de infraestructura para diferentes modos, mejorando la infraestructura vial del corredor transversal Puerto Carreño – Buenaventura, mejorando el aeropuerto de Puerto Carreño y la navegabilidad y puertos del río Meta.

5.3 Impacto de intervenciones

Dado que no se cuenta con información sobre el impacto real de cada una de las acciones sobre el desempeño: mejora de la infraestructura vial del corredor transversal Puerto Carreño – Buenaventura, mejora del aeropuerto de Puerto Carreño, y mejora de la navegabilidad y puertos del río Meta; se suponen cuatro escenarios de posibles impactos sobre el desempeño logístico en la región de la Altillanura:

- **Escenario 1:** Mejora de 25% en el desempeño logístico de la infraestructura intervenida
- **Escenario 2:** Mejora de 50% en el desempeño logístico de la infraestructura intervenida
- **Escenario 3:** Mejora de 75% en el desempeño logístico de la infraestructura intervenida
- **Escenario 4:** Mejora de 100% en el desempeño logístico de la infraestructura intervenida

Dado que estas acciones afectan puntualmente a una de las variables originales tenidas en cuenta en la Encuesta y no directamente a la calificación promedio de la dimensión, se aplicaron estos porcentajes de mejora en el desempeño a la calificación recibida a las variables originales y se calculó nuevamente el promedio de calificación de la dimensión.

La Tabla 5-4 ilustra los resultados de esta estimación de impacto en la que se evidencia que las acciones propuestas en la política nacional aumentarían la calificación de la dimensión infraestructura entre un 11% y un 26%.

Tabla 5-4: Mejora de la calificación de la dimensión infraestructura por escenario

	Calificación 2018	Impacto 25%	Impacto 50%	Impacto 75%	Impacto 100%
Calificación de la Infraestructura	2,50	2,78	2,90	3,03	3,15
Variación % de la dimensión		11%	16%	21%	26%

Fuente: Elaboración propia.

La mejora de la dimensión infraestructura según los escenarios descritos, y si todo lo demás se mantiene constante, generaría un cambio en el $IDLR_{inter}$ de la región aumentando su valor entre 3,17 a 3,23, lo que representaría una mejora en el desempeño logístico de la Altillanura entre 10% y 12% respectivamente.

Tabla 5-5: Mejora del $IDLR_{inter}$ por mejora en infraestructura por escenario

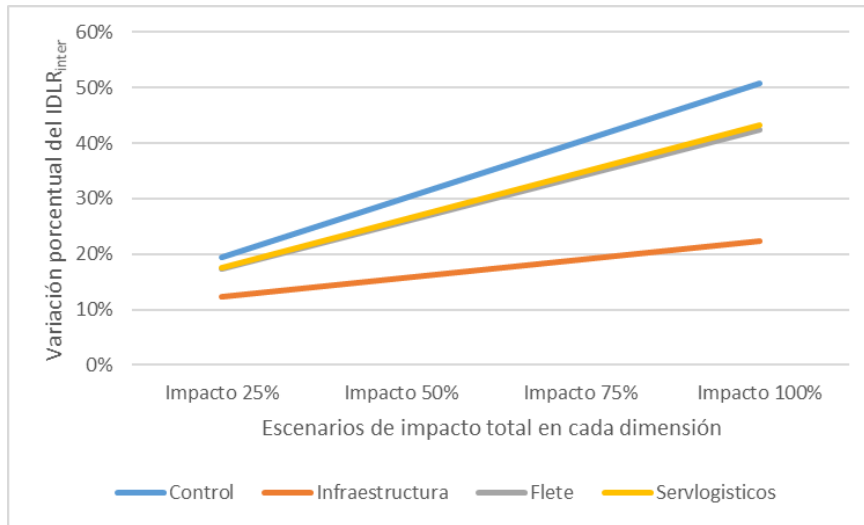
Escenario	control	infraestructura	flete	servicios logísticos	$IDLR_{inter}$
Impacto 25%	3,36	2,78	3,01	2,70	3,17
Impacto 50%	3,36	2,90	3,01	2,70	3,19
Impacto 75%	3,36	3,03	3,01	2,70	3,21
Impacto 100%	3,36	3,15	3,01	2,70	3,23

Fuente: Elaboración propia.

De manera complementaria, se realizó un análisis similar para evaluar el efecto de los cambios en la calificación de las cuatro dimensiones que definen el $IDLR_{inter}$, en su variación total, en el cual se asume una mejora directa del desempeño percibido para cada dimensión en los diferentes escenarios, es decir, se toma la mejora de la infraestructura en un 25% para el escenario 1 mientras las demás variables se mantienen constantes, mejora del 50% de la calificación en infraestructura en el escenario 2 conservando los

demás valores constantes, y así sucesivamente para todos los escenarios y variables. Con esto, se construye la Figura 5-6.

Figura 5-6: Proyección de la variación porcentual del $IDLR_{inter}$ en cuatro escenarios por efectos de la mejoría de las calificaciones en las dimensiones que lo definen

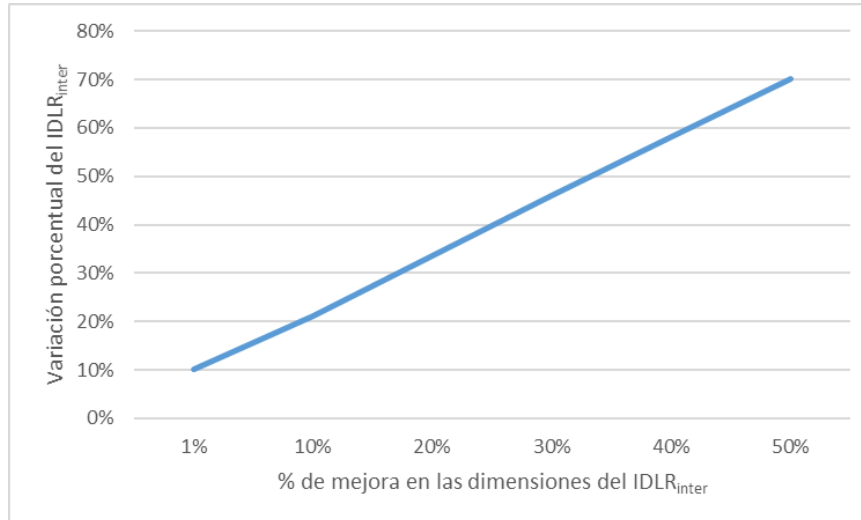


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores indican que las intervenciones que se lleven a cabo en la región aisladamente, aunque potencialmente tendrían un impacto positivo en el desempeño logístico general de la región, logrando una mejora máxima del $IDLR_{inter}$ del 51% y mínima de 12%.

Por último, se evaluó el efecto de una mejora homogénea en la calificación de cada una de las dimensiones que definen en índice desarrollado; en este caso no se emplearon los cuatro escenarios definidos anteriormente, sino que se consideraron seis escenarios de impacto cuyas variaciones porcentuales en calificación son: 1%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, representando mejoras en términos de eficiencia al disminuir tiempos de atención en los procesos de control, transporte y manipulación de la carga, y una reducción en el costo de transporte en términos de “flete”. De este análisis, se estima que una mejora del 1% transversal en todas las dimensiones alcanzaría un impacto del 10% en la calificación total del desempeño logístico de la Altillanura como se puede apreciar en la Figura 5-7.

Figura 5-7: Proyección de la variación porcentual del $IDLR_{inter}$ en 6 escenarios por efectos de la mejoría homogénea de las calificaciones en sus dimensiones



Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo anterior, se puede inferir que en la región de la Altillanura es necesario que las propuestas formuladas para el soporte de su desarrollo se planteen transversalmente a las dimensiones de la logística. Ejemplo de esto es la evidencia brindada con las evaluaciones presentadas en relación a la infraestructura, pues se estimó que las acciones puntuales propuestas por el Gobierno Nacional en su política logística y los planes de transporte tendrían un efecto similar sobre el desempeño logístico global de la región aún si se realizaran intervenciones que generaran una mejora generalizada de todas las dimensiones en un 1%. Esta conclusión va en línea con los planteamientos de Fedesarrollo (2015) en los que declara que en zonas rurales el problema principal de la infraestructura no es la construcción de nuevas vías, sino mantener y rehabilitar la red existente e incrementar la oferta de buenos los servicios logísticos ya que, en las distancias cortas dentro de las jurisdicciones municipales es dónde se materializan casi la mitad de los costos logísticos de todo el país.

Finalmente, se formulan las siguientes propuestas de mejora para la región de la Altillanura colombiana con base en los hallazgos y análisis presentados y las opiniones expresadas a través de la Encuesta aplicada en este estudio.

- Intervenciones para el mantenimiento y recuperación de la infraestructura de transporte existente en la región de manera que el transporte de carga sea posible a lo largo de todo el año y opere eficientemente.
- Construcción de infraestructura vial de integración en la región comprendiendo todo el territorio y no únicamente el eje transversal definido por el PMTI con el eje Puerto Carreño – Buenaventura, teniendo en cuenta que las vías internas en la zona de estudio son inexistentes o están en malas condiciones, por lo que no hay condiciones de fácil acceso a predios productivos o con potencial de serlo, como se evidencia en el mapa presentado en la Figura 3-8: Frontera agrícola y predios con posible agricultura familiar en la Altillanura.
- Intervenciones en relación a la infraestructura y procesos de almacenaje y manipulación de la carga en las etapas 2, 3 y 4 de la estructura de cadena logística presentada en la Figura 4-3, y que tienen que ver con el centro de transformación industrial inicial y secundaria o zonas de acopio y puertos. El 75% de los encuestados informaron que al movilizar su carga experimentan demoras por las actividades relacionadas este concepto.
- Simplificación de procesos relacionados a la inspección, control y autorización de movimiento de carga ya que el 75% de los encuestados reportaron demoras relacionadas a estos procesos, a pesar de también haber expresado una mejoría respecto a los procesos realizados en el año 2015.
- Adecuación y construcción de puertos fluviales a lo largo del tramo del río Meta que será intervenido para disminuir los tiempos de demora que se presentan en los transbordos fluviales, con base en los resultados de la encuesta que señala que uno de los retos a los que se enfrentan las empresas que transportan sus productos actualmente por el río Meta es la precaria condición de los puertos existentes y la ausencia de otros.

Para finalizar, cabe mencionar que, aunque las propuestas aquí formuladas pretenden la mejora transversal de las dimensiones que definen el desempeño logístico de la Altillanura en términos del IDLR desarrollado, la problemática de la región abarca aspectos que van más allá del ámbito de la ingeniería, la logística y el transporte, convirtiéndola en un lugar de incertidumbre y riesgo de inversión. Mello (2009) en su artículo “The Altillanura-Colombia’s Next Agricultural Frontier” expresa que los retos a enfrentar abarcan la tenencia y expropiación de tierras, las características físicas de los suelos y de sus habitantes, la

inseguridad y problemática social histórica y presente, así como la disponibilidad de servicios públicos básicos, entre otros.

6. Conclusiones y recomendaciones

La investigación llevada a cabo se formuló a partir del vacío encontrado en la literatura en relación a los estudios regionales que analizan conjuntamente las áreas del desarrollo y la logística y el transporte de las zonas rurales, tomando como caso de estudio a la región de la Altillanura colombiana, y buscando una aproximación desde la ingeniería a la problemática de la medición de su desempeño logístico, en el marco de su atraso evidente en términos económicos, sociales y de provisión de infraestructura, entre otros aspectos, frente a las zonas urbanas en países como Colombia, en los que su territorio es mayoritariamente rural. Esta investigación satisface la necesidad identificada de concebir una herramienta de apoyo a para el análisis de estas áreas y la formulación de política pública, basándose en el estudio de las cadenas agrícolas productivas más relevantes en la Altillanura, a partir del cual se identificaron cuatro tipos de cadenas logísticas diferentes en la producción y comercialización de productos agrícolas y derivados, y se formularon medidas de acción en el área de la ingeniería y el transporte para propiciar su desarrollo.

En este estudio se encontró que el enfoque en cadenas logísticas de productos específicos adoptado a partir de la revisión del estado del conocimiento y el establecimiento del marco teórico fue conveniente dado que involucra la medición de la efectividad y eficiencia del sistema logístico y transporte, considerando tanto los flujos materiales como los de información, según lo requerido por autores como Abu Bakar et al., 2014; Hamilton, 2015; y Sarache Castro y Morales Chávez, 2016; y abarcando la transversalidad de la logística en las cadenas productivas. Adicionalmente, al comprender la estructura de las mismas, sus eslabones y los procesos que comprenden, se llegó a la conclusión que, si bien la infraestructura juega un papel fundamental en la viabilidad del transporte de los productos estudiados, el atraso en logística y transporte de las zonas rurales no se debe únicamente a la carencia de infraestructura vial carretera, o a sus malas condiciones, sino a la falta de infraestructura logística complementaria para la manipulación de la carga, y a la baja

eficiencia de los demás procesos asociados a su transporte, tales como procesos control, que son relevantes en el desempeño logístico pero que no están disponibles en zonas rurales, o son ineficientes.

Por otra parte, los resultados obtenidos son válidos en la región y contexto de investigación, y relaciona las variables que definen en desempeño logístico de siete dimensiones o aspectos logísticos, simplificando su complejidad en un único valor. Las dimensiones se definieron considerando investigaciones precedentes e información provenientes de estudios previos y agrupando un total de 70 variables en las siguientes dimensiones: [1] procesos de control y autorización de carga, [2] infraestructura relacionada con el comercio y transporte, [3] fletes y su facilidad de negociación en los diferentes tramos y modos que se mueve la carga, [4] calidad de los servicios logísticos ofrecidos por los involucrados en las cadenas logísticas, [5] monitoreo y seguimiento a la carga, [6] puntualidad de entrega de la carga, y [7] costos en las diferentes etapas de las cadenas.

La técnica estadística de Análisis de Componentes Principales - ACP se encontró apropiada y útil en la definición del Índice de desempeño logístico al permitir la identificación de las dimensiones más relevantes en el desempeño logístico de la región de estudio, así como la estimación de los parámetros de la función del IDLR, y agrupar más del 60% de la variabilidad de los datos en el primer componente.

La metodología aplicada se desarrolló exitosamente dando cumplimiento a los objetivos general y específicos planteados para esta investigación; se caracterizó la Altillanura como una zona de alto potencial productivo agrícola con un papel relevante de los cultivos de la palma de aceite (africana), el maíz amarillo, plátano, yuca, pino y caña de azúcar en términos de área sembrada y toneladas producidas por año; se identificaron las características de su sistema logístico y de transporte resaltando la predominancia del transporte carretero y la baja oferta de infraestructura y servicios relacionados al comercio y transporte de carga en la región, que posteriormente permitió la inferencia de la función del índice de desempeño logístico rural o IDLR, que toma la forma siguiente:

IDLR

$$\begin{aligned} &= 0,5746 * (\text{Eficiencia de procesos de control y autorización}) + 0,2482 \\ &* (\text{Calidad de la infraestructura relacionada al comercio y el transporte}) + 0,5132 \\ &* (\text{Facilidad para negociar fletes}) + 0,5872 * (\text{Calidad de los servicios logísticos}) \end{aligned}$$

El valor estimado para la región de la Altillanura corresponde a 2,87 que, en una escala de 1 a 5, indica un nivel de desempeño logístico medio y fue encontrado mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales y un análisis de conglomerados posterior de los resultados obtenidos.

También dando cumplimiento a los objetivos planteados, se evaluaron distintos escenarios de sensibilidad de variables e impacto sobre el IDLR y, finalmente, se plantearon propuestas de mejora en el desempeño logístico de la Altillanura, formuladas transversalmente a las dimensiones logísticas definidas y teniendo en cuenta las opiniones y resultados de la Encuesta aplicada en este estudio:

- Intervenciones para el mantenimiento y recuperación de la infraestructura de transporte existente en la región.
- Construcción de infraestructura vial de integración en la región comprendiendo todo el territorio de la Altillanura.
- Intervenciones en relación a la infraestructura y procesos de almacenaje y manipulación de la carga en las etapas 2, 3 y 4 de la estructura de cadena logística que tienen que ver con el centro de transformación industrial inicial y secundaria o zonas de acopio y puertos.
- Simplificación de procesos relacionados a la inspección, control y autorización de movimiento de carga.
- Adecuación y construcción de puertos fluviales a lo largo del tramo del río Meta.

Es necesario acotar que debido a que los participantes de la Encuesta son de empresas de la región relacionadas a productos agrícolas, y que las preguntas también tuvieron una delimitación territorial, los parámetros estimados del IDLR sólo son válidos en la Altillanura colombiana y en el análisis de desempeño logístico relacionado a este tipo de productos; sin embargo, la metodología es aplicable también en el estudio de cualquier región rural si

revisan las estructuras de las cadenas logísticas de sus productos, se validan las variables de investigación e involucran los expertos logísticos de las cadenas de interés.

Cabe resaltar que en el desarrollo de esta investigación también se tuvieron hallazgos adicionales a los perseguidos en el logro de cada objetivo planteado. Del análisis de la estimación de los valores de IDLR para las empresas encuestadas se encontró que existe una relación positiva entre el tamaño de empresa y su desempeño logístico. Por otro lado, a partir de la evaluación del impacto de las variaciones en las calificaciones de las dimensiones sobre el valor del IDLR, se encontró que la formulación de políticas para el fortalecimiento del desarrollo logístico debe pretender un impacto transversal en todas las dimensiones para conseguir un mayor beneficio de manera global en la región, ya que con una mejora del 1% en todas las dimensiones del IDLR se obtiene un incremento del 10% en su valor.

Por último, y frente a la evidencia recaudada, se concluye que el índice construido cumple con los objetivos de la formulación de indicadores o índices compuestos de la OECD (2008) en los que se establece que el propósito de su concepción es la disminución de la complejidad y multidimensionalidad de la problemática estudiada, brindar una herramienta de fácil interpretación y de uso en diferentes contextos para apoyar la toma de decisiones.

Como recomendaciones finales, se sugiere que las investigaciones posteriores a este estudio profundicen en la definición de un método de ponderación de las variables originales de medición del desempeño logístico, ya que no se encontró información académica al respecto.

Por otro lado, dada la delimitación del alcance de la investigación al estudio de las cadenas logísticas de productos agrícolas y ámbito territorial, se considera que investigaciones futuras podrían enfocarse en otras áreas productivas complementando este estudio mediante el desarrollo de índices similares que abarquen otro tipo de productos y un territorio más amplio, con el fin de comparar la estructura de su función y avanzar hacia un índice que involucre los diferentes sectores de la economía de las zonas rurales.

A. Anexo: Encuesta

En este Anexo se presentan las preguntas incluidas en la Encuesta aplicada a las empresas mediante una plataforma en línea con opción de visualización en tableta. La mayor parte de las preguntas son de opción múltiple tipo matriz en la que se solicita la calificación de infraestructura, procesos, etc., que hacen parte de los eslabones de la cadena logística, de acuerdo al enunciado de cada pregunta.

1. ¿Cuál es el nombre de la compañía a la que pertenece?
2. ¿Cuál es su cargo en la compañía?
3. E-mail
4. ¿Dónde se encuentra localizada la compañía?
5. ¿Cuáles son los productos principales de la compañía?
6. ¿Cuántos empleados tiene la compañía?
7. ¿Con cuál modo de transporte se relaciona típicamente la compañía?
8. Área de comercio y transporte con la que trata su empresa principalmente. Seleccione todas las que aplican.
9. Califique la eficiencia del proceso de control y autorización (es decir, la simplicidad y conocimiento previo de formalidades) por los organismos de control en:
10. Evalúe la calidad de la infraestructura relacionada al comercio y el transporte (puertos, vías, tecnología de información) de:
11. Evalúe la facilidad para negociar fletes para el envío de carga a:
12. Evalúe la calidad de los servicios logísticos de:
13. Califique la calidad de su empresa para monitorear y hacer seguimiento a la carga cuando la envía a:

14. Cuando concreta envíos a los siguientes puntos, ¿qué tan frecuentemente llegan según horario o en el tiempo esperado de entrega?
15. Con base en su experiencia, seleccione la opción que mejor describa la operación logística en su empresa
16. Evalúe la calidad de la infraestructura relacionada al comercio y transporte en la región de la Altillanura (Departamento del Meta y Vichada)
17. Evalúe la calidad del servicio ofrecido en la región por
18. Evalúe la eficiente de los siguientes procesos en la cadena de su producto
19. En la Altillanura (Departamento del Meta y Vichada), ¿qué tan frecuente experimenta:
20. Desde 2015, ¿qué factores han mejorado o empeorado en la región de la Altillanura (Departamento Meta y Vichada)?
21. De acuerdo al esquema anterior, indique cuáles etapas de la cadena mejor describen la responsabilidad de su compañía en el transporte y servicios logísticos de los productos. Seleccione todas las que aplican.
22. Indique los tiempos (en días u horas) y distancias (en km) que toman en transportar o manipular la carga en cada una de las etapas de la cadena. Si alguna opción no aplica por favor escriba NA en la casilla.
23. En caso de comentarios sobre esta encuesta o sobre el transporte y la logística en la región de la Altillanura (Departamento Meta y Vichada) por favor escríbalos en el siguiente cuadro o al e-mail: amcruzo@unal.edu.co
24. Si le gustaría tener información relacionada a los resultados de esta investigación por favor diligencie los datos a continuación

Bibliografía

- Abu Bakar, M. A., Jaafar, H. S., Faisal, N., & Muhammad, A. (2014). Logistics Performance Measurements-Issues and Reviews. *MPRA*, (60918). Retrieved from <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/60918/>
- Acevedo, J., Bocarejo, J. P., Lleras, G. C., Echeverry, J. C., Ospina, G., & Rodríguez Valencia, Á. (2008). *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*. (Ediciones Uniandes, Ed.) (marzo de 2). Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- Anderson, P., Aronsson, H., & Storhagen, N. G. (1989). Measuring Logistics Performance. *Engineering Costs and Production Economics*, 17, 253–262.
- Barón, M., Huertas, I., & Orjuela Castro, J. A. (2013). Gestión de la cadena de abastecimiento del biodiésel: una revisión de la literatura. *Ingeniería (0121-750X)*, Vol. 18(Issue 1), p84-117. 34p.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2013.1.a05>
- Benavides, J. (2010). *El desarrollo económico de la Orinoquia Como aprendizaje y construcción de instituciones*. Bogotá D.C. Retrieved from <https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/El desarrollo económico de la Orinoquia.pdf>
- Caicedo, C., Beltrán, D., & Duarte, Y. (2014). El nuevo modelo de desarrollo rural de la Altillanura: agroindustria, re-campesinización y futuro de los Orinoquia. *Anales de Ingeniería*, 930, 56. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/269410497>
- Caplice, C., & Sheffi, Y. (1995). A review and evaluation of logistics performance measurement systems. *The International Journal of Logistics Magement*, 6(1), 61–74.
- Castellanos Ramírez, A. (2015). *Logística comercial internacional*. (ECOE

- Ediciones, Ed.). Barranquilla: Editorial Univerisdad del Norte.
- Cataño Rojas, J. G. (2011). Una aproximación amistosa con la historia a la competitividad de los departamentos y a las disparidades regionales en Colombia. *Trilogía*, (5), 43–56. Retrieved from <http://itmojs.itm.edu.co/index.php/trilogia/article/view/76>
- Cenipalma. (2018). Productos y usos de la palma de aceite. Retrieved September 5, 2018, from <http://www.cenipalma.org/productos-y-usos-de-la-palma-de-aceite>
- CEPAL. (2015). *Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional* (Vol. 17). <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i653.1000>
- CEPAL, FAO, & IICA. (2017). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018*. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018_es.pdf
- Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). Logistics Performance: Definition and Measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(1), 17–28. <https://doi.org/10.1108/09600039410055981>
- Clavijo, S., & Joya, J. S. (2015, April). Política para el desarrollo integral de la Altillanura. *Informe Semanal ANIF*, (1262), 1–5.
- Correa, Edelmira; Pérez Martínez, M. (2002). El sector rural en Colombia y su crisis actual. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 35–58.
- CRECE. (2014). *Propuesta para Desarrollar un Modelo eficiente de Comercialización y Distribución de Productos*. Bogotá D.C. Retrieved from https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapequarioforestal_y_pesca/Propuesta_para_desarrollar_un_modelo_eficiente_de_Comercialización_y_Distribución_de_Productos.pdf
- Cubillos Solano, M. F. (2015). *Logística humanitaria en las agrocadenas en América Latina*. Universidad del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11939/1071166928->

- 2016.pdf?sequence=1
- Dalmolen, S., Moonen, H., Iankoulova, I., & Van Hillegersberg, J. (2013). Transportation performances measures and metrics: Overall Transportation Effectiveness (OTE): A framework, prototype and case study. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 4186–4195. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.575>
- DANE. (2016). *Tercer Censo Nacional Agropecuario*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). Pobreza Monetaria y Multidimensional en Colombia 2016. Retrieved May 16, 2017, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2016>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Comunicado de prensa - Producto Interno Bruto (PIB) año 2017*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2008). Conpes 3547 Política Nacional Logística. Bogotá D.C.: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Documento Conpes 3797 - Política para el desarrollo integral de la Orinoquía: Atillanura - FASE I*. Bogotá D.C. Retrieved from <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=ApHLnAMQb/s=&tabid=1063>
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). *El Campo Colombiano: Un Camino Hacia El Bienestar Y La Paz*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016a). Conpes 3857 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LA GESTIÓN DE LA RED TERCIARIA.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016b). Misión de Logística y Comercio para Colombia. Bogotá D.C. <https://doi.org/https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/La%20poltica%20generacin%20de%20ingresos/Cartilla%20Plan%20de%20Desarrollo%20Territorial.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2003). *Conpes 3238 - Estrategias*

para el Fortalecimiento Departamental.

- Díaz Aguilar, M. M. (2002). *Palma africana en la costa caribe: Un semillero de empresas solidarias*. Cartagena.
- Díaz Monroy, L. G., & Morales Rivera, M. A. (2016). *Análisis estadístico de datos multivariados*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Duarte, C. (2016). *Desencuentros territoriales. Caracterización de los conflictos en las regiones de la Altillanura, Putumayo y Montes de María*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Echeverri Perico, R. (1998). *Misión Rural. Colombia en transición. De la crisis a la convivencia: una visión desde lo rural*. (IICA & TM Editores, Eds.) (TM Editore). Bogotá D.C. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9901e/A9901e.pdf>
- Edmonds, G. (1998). *Wasted Time: The Price of Poor Access*. Ginebra. Retrieved from http://www.oit.org/wcmssp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/---invest/documents/publication/wcms_142663.pdf
- EPYPSA S.A. (2011). *Definición de la solución óptima de transporte multimodal desde el punto de vista técnico, económico y socioambiental, para el desarrollo de la Orinoquía / Altillanura: zona conformada por los Departamentos del Meta, Vichada y Casanare*.
- Espinal G, C. F., Martínez C, H. J., & Peña M, Y. (2005). La cadena del plátano en Colombia, una mirada global de su estructura y dinamica 1991-2005. *Observatorio Agrocadenas Colombia*, (61), 40. Retrieved from http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112145659_caracterizacion_cacao.pdf
- FAO. (2018). Cadenas agroalimentarias. Retrieved September 2, 2018, from <http://www.fao.org/energy/agrifood-chains/es/>
- Faria, R. N. de, Souza, C. S. de, & Vieira, J. G. V. (2015). Evaluation of logistic performance indexes of Brazil in the international trade. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 1(16), 213–235. <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n1p213-235>

- Fedepalma. (2017). *Anuario Estadístico 2017. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia*.
- Fedesarrollo. (2015). *Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) 2015-2035*. Retrieved from <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2462>
- Fedesarrollo, & Steer Davies Gleave. (2015). *PMTI , Una política de estado para hacer de Colombia un país más competitivo*. Cartagena.
- Fernandes, S. M., Manuel, C., Rodriguez, T., & Bornia, A. C. (2018). Systematic literature review on the ways of measuring the of reverse logistics performance, 175–190.
- Flórez-Jiménez, M. Y., & Ramírez-Rojas, M. A. (2007). Academia y transporte fluvial rural: Reflexiones a partir de un estudio de caso. *Orinoquia*, 11(2), 26723–26726.
- Fontanilla, C., Nieto, D., & Urueta, J. (2015). Consideraciones sobre el transporte de fruto de palma de aceite en la Zona Norte de Colombia. *Palmas*, 36(1), 41–53.
- Gómez Restrepo, C. I. (2003). El Posconflicto en Colombia: Retrieved May 14, 2017, from http://www.imbiomed.com/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_revista=115&id_seccion=1782&id_ejemplar=2558&id_articulo=24831
- González Néstor Iván, Q., & Ramírez Patricia, G. (2005). CAMBIO ESTRUCTURAL Y COMPETITIVIDAD EN LOS DEPARTAMENTOS COLOMBIANOS. *DANE – Observatorio de Competitividad*. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/observatorio_competitividad/documentos/versio_n_articulo_Nivel_Dptal.pdf
- Gunasekaran, A., & Kobu, B. (2007). Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: A review of recent literature (1995-2004) for research and applications. *International Journal of Production Research*, 45(12), 2819–2840. <https://doi.org/10.1080/00207540600806513>
- Hamilton, T. (2015). The State of Logistics Performance Measurement : A Comparison of Literature and Practice, 1–33.
- Karayun, I., Aydin, H. I., & Gulmez, M. (2012). The role of logistics in regional

- development. *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu*, (4), 25–31. Retrieved from http://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2012-04.1/3_KARAYUN_Ismail.pdf
- Leiva, F., Contreras, M., Vélez, D., Molina, P., Aranda, Y., Parra, E., ... Parrado, Á. (2017). *Territorio en Vilo: Desarrollo rural para el posconflicto*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). <https://doi.org/978-958-775-891-7>
- Lotero, J., Mauricio, H., & Valderrama, D. (2009). La competitividad de los departamentos colombianos desde la perspectiva de la geografía económica. *Lecturas de Economía*, 71(71), 107–140. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155216290004>
- MADR. (2012). *Diagnóstico de la cadena de la yuca en Colombia. Generalidades y situación actual del cultivo de la yuca en Colombia*.
- MADR. (2014). Cadena de Plátano. *Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas*, (571), 28. Retrieved from <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/004 - Documentos Competitividad Cadena/D.C. 2014 Octubre - Indicadores platano.pdf>
- Mcfarland, M., & USDA Foreign Agricultural Service. (2015). *The Altillanura – An Uncertain Future*. Bogotá D.C.
- Mello, E. (2009). The Altillanura- Colombia ' s Next Agricultural Frontier, 17.
- Mincomercio industria y turismo. (2018a). *Información: Perfiles Económicos Departamentales - Meta. Mincomercio industria y turismo*.
- Mincomercio industria y turismo. (2018b). *Información: Perfiles Económicos Departamentales - Vichada. Mincomercio industria y turismo*.
- Ministerio de Transporte. (2015). Plan Maestro Fluvial de Colombia 2015, 108.
- Njenga, P., & Davis, A. (2003). Drawing the road map to rural poverty reduction. *Transportation Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 23(2), 217–241. <https://doi.org/10.1080/0144164032000070909>
- Observatorio Agreocadenas Colombia. (2005). *La cadena de las oleaginosas en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991 - 2005*. Bogotá D.C.
- Ocampo, J. A. (2001). *Agricultura y desarrollo rural en América Latina. Desarrollo*

- rural en América Latina y el Caribe: la construcción de un nuevo modelo?*
CEPAL, Alfaomega. Retrieved from
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/1662>
- Ocampo, J. A. (2014). *Misión para la Transformación del Campo. Saldar la deuda histórica con el campo*. Bogotá D.C.
- OECD. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Orrego, C. E., & Hernández Pérez, G. (2012). *Logística y cadenas de abastecimiento agroindustrial*. Retrieved from
<https://www.researchgate.net/publication/285586933>
- Özceylan, E., Çetinkaya, C., Erbaş, M., & Kabak, M. (2016). Logistic performance evaluation of provinces in Turkey: A GIS-based multi-criteria decision analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 323–337. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.020>
- Pachón, Á., & Ramírez, M. T. (2006). *La infraestructura de transporte en Colombia durante el siglo XX: una descripción desde el punto de vista económico*. Bogotá D.C.: Fondo de Cultura Económica, Banco de la República.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (n.d.). Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) | Human Development Reports. Retrieved May 16, 2017, from <http://hdr.undp.org/es/content/indice-de-pobreza-multidimensional-ipm>
- Revista Dinero. (2007). Usos del maíz. Retrieved September 5, 2018, from <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/recuadro/usos-del-maiz/41925>
- Rodríguez Borráy, G., Bautista Cubillos, R., Dias-Avila, F., Stachetti-Rodrigues, G., & Espinosa, C. (2015). *Diagnóstico socioeconómico y tecnológico de sistemas productivos agropecuarios de la altillanura colombiana: Línea de base año 2011-2012*.
- Ruiz Rojas, C. A. (2015). *Metropolización de las grandes ciudades en Colombia: una aproximación desde las instituciones subnacionales y el desarrollo*

económico. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from
<http://www.bdigital.unal.edu.co/49831/>

Sarache Castro, W. A., & Morales Chávez, M. M. (2016). *Localización, transporte e inventarios: tres decisiones estructurales en el diseño de cadenas de abastecimiento*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia (Sede Manizales).

Silva Moyano, A. (2016). Transporte y Estructuración Espacial Metropolitana: el caso de la Región Metropolitana de Bogotá, 180. Retrieved from
<http://www.bdigital.unal.edu.co/56470/>

Slavinska, I. (2009). *Promocijas darba kopsavilkums : Loģistika reģionu attīstībai = Logistics for Regional Development*. Latvia University of Agriculture. Retrieved from http://lufb.ltu.lv/dissertation-summary/regional-development/Inta_Slavinska_promocijas_darba_kopsavilkums_2009_LLUE_F.pdf

Superintendencia de Industria y Comercio. (2010). *Cadena Productiva del Maíz*. Retrieved from
http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf
[http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Cadena productiva del ma%EDz.pdf](http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Cadena_productiva_del_ma%EDz.pdf)

Vianchá Sánchez, Z. H. (2014). Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 32(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14482/inde.32.1.4577>

World Bank. (2018). *Connecting to Compete 2018: Trade Logistics in the Global Economy. The logistics performance index and its indicators*. <https://doi.org/doi:10.1596/24598>