

METODOLOGÍA INFORME GENERAL

Proyecto Análisis de las implicaciones sociales y económicas de las Autopistas para la Prosperidad en el departamento de Antioquia

Una iniciativa de la Gobernación de Antioquia como estrategia para promover el máximo aprovechamiento de las oportunidades y la mitigación de los impactos de las etapas de construcción y operación de las Autopistas para la Prosperidad en el Departamento.

Un proyecto ejecutado en convenio con la Universidad de Antioquia y la Universidad Pontificia Bolivariana, financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del **Sistema General de Regalías**.

Convenio especial de cooperación N° 4600000689



Universidad
Pontificia
Bolivariana



Medellín, 2015

EQUIPO DE TRABAJO

Gobernación de Antioquia

Sergio Fajardo Valderrama
Gobernador de Antioquia

Jaime Velilla Castrillón
Secretario de Productividad y
Competitividad

María Eugenia Ramos Villa
Directora Departamental de Planeación

Rafael Nanclares Ospina
Secretario de Infraestructura

Carlos Andrés Pérez Díaz
Secretario Privado

Claudia Cristina Rave Herrera
Directora de Planeación
Secretaría de Infraestructura

Alejandro Olaya Dávila
Ex-Director de Ciencia, Tecnología e
Innovación, Gobernación de Antioquia

Sol Martínez Guzmán
Supervisora del proyecto
Directora Ciencia Tecnología e Innovación

Dirección y Comunicaciones

Claudia Patricia Puerta Silva
Directora General del Proyecto
Antropóloga, Doctora en Antropología Social y
Etnología

Jaime Piedrahita
Ex Director del Proyecto (enero-octubre
2014)

Vladimir Montoya Arango
Representante Institucional UdeA
Director Instituto de Estudios Regionales (INER)
Antropólogo, Doctor en Antropología Social y
Cultural

Jairo Augusto Lopera Pérez
Representante Institucional UPB
Director de Investigación e Innovación (CIDI)
Ingeniero Eléctrico, Magister en Transmisión y
distribución de energía

Katerine Montoya Castañeda
Asistente de Dirección y Comunicadora
Comunicadora Social – Periodista, Magister en
Administración, MBA

José Olascoaga Ortega
Asistente de comunicaciones
Comunicador Social – Periodista

Equipo Administrativo

Rubiel Vargas Giraldo
Asistente Administrativo
Administrador de Empresas, Especialista en
Gestión Ambiental

Natalia Paulina Hernández Cano
Auxiliar Administrativa UPB
Técnica en Secretariado Ejecutivo

Giovanny Flórez Marín
Auxiliar Administrativo U de A
Trabajador Social

Componente Económico

Jorge Alonso Lotero Contreras

Coordinador componente

Economista, Magister Escuela de Altos Estudios en Socio Economía del Desarrollo

Carlos Antonio Londoño Yepes

Investigador

Economista. Especialista en Política Económica

Fernando José Restrepo Escobar

Investigador

Economista, Magister en Desarrollo con énfasis en Gerencia para el Desarrollo; Doctor en Filosofía

Iván de Jesús Montoya Gómez

Investigador

Economista, Magister en Ciencias Económicas

Osmar Leandro Loaiza Quintero

Investigador

Economista, Magister en Ciencias Económicas,

Yormy Eliana Melo Poveda

Asistente de Investigación

Economista, Candidata a Magister en Economía

Jessica Salazar Vásquez

Asistente de Investigación

Economista

Guillermo David Hincapié Vélez

Asistente de Investigación

Economista, Candidato a Magister en Ciencias Económicas

Mauricio Alviar Ramírez

Asesor

Economista, Magister en Políticas de Desarrollo, Doctor en Economía Agrícola y Recursos Naturales

Componente Sociodemográfico

Elizabeth Arboleda Guzmán

Coordinadora componente

Antropóloga, Magister en Hábitat

Katlina Guarín Rodríguez

Analista SIG

Ingeniera Catastral y Geodesta, Especialista en Sistema de Información Geográfico

Consuelo Vallejo Arboleda

Investigadora

Economista Agrícola

Elkin Muñoz Arroyave

Investigador

Economista, Maestría en Desarrollo Territorial

Julián de Jesús Pérez Ríos

Asistente de investigación

Antropólogo, Candidato a magister en estudios socioespaciales

Antonio Pareja Amador

Investigador

Licenciado en Sociología, Magister en Estudios Sociales de la Población

Eliana Martínez Herrera

Investigadora

Odontóloga salubrista, Doctora y Magister en Epidemiología, Especialista en Gestión y Planificación de la Cooperación Internacional

Guberney Muñetón

Economista, Magister en estudios socioespaciales (Enero-septiembre 2014)

Luz Stella Carmona

Asesora

Ingeniera Forestal, Magister en Estudios Urbano Regionales, Doctora en Geografía

Diego Fernando Franco Moreno

Asesor

Economista y sociólogo

Componente Físico Espacial

Bibiana Mercedes Patiño Alzate

Coordinadora componente

Arquitecta, Especialista en Planeamiento Paisajista y Medio Ambiente. Maestría en Paisaje, Medio Ambiente y Ciudad

Óscar Fernando Pérez Muñoz

Investigador

Ingeniero Civil, Estudios Avanzados en Proyectos de Ingeniería, Innovación y Desarrollo.

César Salazar Hernández

Investigador

Arquitecto, Magister Paisaje, Medio Ambiente y Ciudad. Especialista Planeamiento Paisajista y Medio Ambiente

Sebastián Muñoz Zuluaga

Investigador

Ingeniero Sanitario, Especialista en Gerencia de Proyectos.

Luis Felipe Cardona Monsalve

Investigador

Arquitecto, Maestría en Diseño del Paisaje

John Jairo Hurtado López

Investigador

Economista, Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos. Especialista en Prospectiva Organizacional.

Sara Patricia Molina Rodríguez

Investigadora

Ingeniera Forestal, Candidata a magister en Diseño del Paisaje

Ana María Hernández Giraldo

Analista SIG

Ingeniera Ambiental, Especialista en Sistemas de Información Geográfica,

Luis Miguel Ríos Betancur

Asistente de investigación

Arquitecto

Nelson Enrique Agudelo Vélez

Asistente de investigación

Arquitecto

Andrés Quintero Vélez

Asistente SIG

Arquitecto, Especialista en Diseño Urbano

Diana Catalina Álvarez Muñoz

Asesora

Arquitecta, Magíster en Planeación Territorial y Desarrollo Regional

Componente Político-Institucional

César Otálvaro Sierra

Coordinador Componente

Antropólogo, Magíster en Estudios Urbano Regionales

Paula Galeano Morales

Investigadora

Antropóloga, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo

Paula Hinestroza Blandón

Investigadora

Antropóloga, Candidata a Magister en Desarrollo

Eliana Sánchez González

Investigadora

Politóloga, Magíster en Claves del Mundo Contemporáneo

Clara Ceballos Misas

Investigadora

Trabajadora Social, Especialista en teorías, métodos y técnicas de Investigación social

César Molina Saldarriaga

Asesor

Abogado, Magíster en Diseño del Paisaje,

Alejandro Pimienta Betancur

Asesor

Sociólogo, Doctor en Educación

TABLA DE CONTENIDO

METODOLOGÍA GENERAL INFORME GENERAL	5
1. PERSPECTIVA Y DIMENSIONES DE ANÁLISIS	6
1.1. PERSPECTIVAS SOBRE EL DESARROLLO TERRITORIAL	6
2. TEMPORALIDADES Y ETAPAS DEL ANÁLISIS	9
2.1. ESCALAS Y UNIDADES ESPACIALES DEL ANÁLISIS	10
2.2. ÁREA DE INFLUENCIA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	14
2.3. ÁREA DE INFLUENCIA PUESTA EN MARCHA DE LAS AUTOPISTAS	16
3. VARIABLES E INDICADORES DE ANÁLISIS DESDE LAS DIFERENTES DIMENSIONES Y TEMPORALIDADES	19
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y PROCEDIMIENTOS DEL ANÁLISIS	25
3.1.1. Variables e indicadores físicoespaciales	25
3.1.2. Categorías y variables sociodemográficas	46
3.1.3. Categorías y variables de la dimensión económica	69
3.1.5. Categorías y variables de la dimensión político-institucional	81
4. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS PARA EL LARGO PLAZO	85
5. PROSPECTIVA TERRITORIAL: UN INSTRUMENTO METODOLÓGICO	88
5.1. PROSPECTIVA Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA TERRITORIAL	88
5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES TERRITORIALES DE CAMBIO	91
5.2.1. Criterios de identificación	91
5.2.2. Factores de cambio clave	93
5.3. LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS ESPACIALES	95
5.4. LOS COMPONENTES DEL MODELO DE SIMULACIÓN ESPACIAL	100
6. ADAPTACIONES Y DESARROLLOS METODOLÓGICOS NOVEDOSOS	120
6.1. ÍNDICE DE ACCESO A OPORTUNIDADES (IAO)	120
6.2. ÍNDICE DE RURALIDAD	120
6.3. GOBERNANZAS DIFERENCIADAS	120
6.4. LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESPACIAL PARA LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS	123

7. LIMITACIONES METODOLÓGICAS 124 (DATOS, INSTRUMENTOS)	124
7.1. PROBLEMAS DE INFORMACIÓN	124
7.2. LA HOMOLOGACIÓN DE LOS ANÁLISIS A PARTIR DE LA NATURALEZA DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	125
7.3. LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS, ENTRE LA PROSPECTIVA Y LAS SIMULACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	126
CIBERGRAFÍA	131

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y MAPAS

TABLAS

TABLA 1. CONEXIONES DE LAS AUTOPISTAS PARA LA PROSPERIDAD EN ANTIOQUIA	13
TABLA 2. MUNICIPIOS ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	14
TABLA 3. CABECERAS MUNICIPALES ÁREA DE INFLUENCIA ETAPA DE OPERACIÓN	16
TABLA 4. VARIABLES DEL ANÁLISIS POR DIMENSIONES Y TEMPORALIDAD	20
TABLA 5. VARIABLES E INDICADORES FÍSICO-ESPACIALES	27
TABLA 6. PLANETOIDE PERSONAL AJUSTADO Y SUS REFERENTES A NIVEL MUNDIAL	42
TABLA 7. PLANETOIDE PERSONAL PONDERADO	43
TABLA 8. PESOS PARA IDENTIFICAR OFERTA EDUCATIVA LOCAL	56
TABLA 9. PESOS PARA IDENTIFICAR OFERTA DE ESPARCIMIENTO LOCAL	59
TABLA 10. PESOS PARA LAS VARIABLES DEL IAO (ÍNDICE DE ACCESO A OPORTUNIDADES)	60
TABLA 11. JERARQUÍA DE ASENTAMIENTOS URBANOS DE ACUERDO CON SU FUNCIONALIDAD	63
TABLA 12. PESO OTORGADO A CADA CABECERA MUNICIPAL SEGÚN SU CATEGORÍA FUNCIONAL	64
TABLA 13. POBLACIÓN VÍCTIMA DE DESPLAZAMIENTO, ACUMULADO A 2014 PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA	67
TABLA 14. GOBERNANZAS DIFERENCIADAS	84
TABLA 15. NÚMERO DE CABECERAS POR DEPARTAMENTO Y POBLACIÓN	101
TABLA 16. PROYECTOS INCORPORADOS ESCENARIO AUTOPISTAS	103
TABLA 17. ASIGNACIÓN VELOCIDAD DE DISEÑO DE LOS TRAMOS HOMOGÉNEOS (VTR)	107
TABLA 18. FACTOR EMPÍRICO DE ACUERDO A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO	109
TABLA 19. FACTORES DE AJUSTE POR CARPETA DE RODADURA	109
TABLA 20. FACTORES DE AJUSTE POR ESTADO DE LA CARPETA DE RODADURA [F_{EV}]	110
TABLA 21. FACTORES DE AJUSTE A LA CAPACIDAD POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS EN PENDIENTES [F_{EC}]	111
TABLA 22. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN MAGDALENA 1	114
TABLA 23. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN MAGDALENA 2	114
TABLA 24. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN NORTE	115
TABLA 25. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN MAR 1	115
TABLA 26. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN MAR 2	115
TABLA 27. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN PACÍFICO 1	115
TABLA 28. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN PACÍFICO 2	116
TABLA 29. PORCENTAJE TPD ACTUAL Y PROYECTADO AL 2027. CONEXIÓN TÚNEL DEL TOYO	116
TABLA 30. DEFINICIÓN DE GOBERNANZAS DIFERENCIADAS	122

GRÁFICOS

GRÁFICO 1. ETAPAS DE ANÁLISIS	9
GRÁFICO 2. SECCIÓN TÍPICA DE VÍA CONSIDERADA PARA EL ANÁLISIS	10
GRÁFICO 3. MARCO CONCEPTUAL COMPONENTE FÍSICO-ESPACIAL	25

GRÁFICO 4. DISTRIBUCIÓN DE USOS DEL SUELO PARA PP PONDERADO	43
GRÁFICO 5. ESQUEMA RUTA DESPLIEGUE METODOLÓGICO DEL COMPONENTE SOCIODEMOGRÁFICO	51
GRÁFICO 6. RELACIONES EN UN DIAGRAMA DE DISPERSIÓN	86
GRÁFICO 7. CICLO METODOLÓGICO DE PROSPECTIVA	91
GRÁFICO 8. FACTORES DE TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA TERRITORIAL	93
GRÁFICO 9. ESQUEMA PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN	112
GRÁFICO 10. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE DEMANDA	114

MAPAS

MAPA 1. ÁREA DE INFLUENCIA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	16
MAPA 2. ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS IMPLICACIONES DE LAS AUTOPISTAS EN EL LARGO PLAZO	18
MAPA 3. ESCENARIO SISTEMA DE CIUDADES DNP A ESCALA NACIONAL	99
MAPA 4. ESCENARIO SISTEMA DE CIUDADES DNP A ESCALA NACIONAL	99
MAPA 5. RED VIAL 2013	102
MAPA 6. RED VIAL PROYECTADA	106
MAPA 7. VELOCIDADES DE OPERACIÓN PROMEDIO PARA LA RED ACTUAL	117
MAPA 8. VELOCIDADES DE OPERACIÓN PROMEDIO PARA LA RED ACTUAL	117
MAPA 9. ÁREAS DE SERVICIO CON RANGO DE 60 MINUTOS	119
MAPA 10. ÁREAS DE SERVICIO CON RANGO DE 90 MINUTOS	119

METODOLOGÍA GENERAL¹

INFORME GENERAL

Por su finalidad, esta es una investigación aplicada que busca aportar a la formulación de políticas públicas dirigidas al aprovechamiento de las oportunidades producidas por la construcción y operación de las Autopistas para la Prosperidad, así como a la mitigación y prevención de los riesgos que estas conllevan. Las preguntas de investigación buscan indagar por las implicaciones de las Autopistas desde varias dimensiones y a varias escalas. Este no es un estudio de impacto, tal y como está previsto por la normativa. Esta investigación, como se mencionó en la introducción, se concentra en entender que la nueva infraestructura vial 4G y otras iniciativas complementarias son materialidades físico-espaciales que favorecen la integración de asentamientos poblados urbanos y rurales, así como la conexión de áreas productivas y de mercado. En concreto, se entenderá que estas vías promoverán interacciones espaciales con incidencia en las dinámicas económicas, sociales, políticas, institucionales y urbano-rurales.

Tanto el fenómeno que se deriva de la construcción y operación de varias vías con estas especificaciones, como su investigación, no tiene antecedentes en el país, lo cual nos ha obligado a buscar otros referentes similares en Colombia y en otros países desde una lectura multidisciplinar. En este sentido, la metodología de este proyecto se configura desde los enfoques metodológicos y técnicas de varias disciplinas, tanto cuantitativas como cualitativas. Se hizo una revisión y adecuación de datos secundarios, pero también se levantaron datos primarios, especialmente cualitativos. La revisión de fuentes secundarias y bibliográficas, las entrevistas semiestructuradas en trabajo de campo, las mesas de trabajo con secretarías de la Gobernación, el análisis de indicadores y la proyección de datos, fueron las principales técnicas para construir contextos y escenarios de análisis.

La información elaborada para el proyecto, proveniente de datos de fuentes primarias y secundarias, fue espacializada en múltiples mapas. Se produjo una amplia cartografía que sirvió también de herramienta metodológica para la lectura de los resultados. Los mapas presentados en este informe deben ser comprendidos y leídos, no solo como un instrumento ilustrativo sino como un resultado argumentativo que aporta al entendimiento de los análisis expuestos.

En este apartado metodológico se exponen las dimensiones y las temporalidades, así como las escalas espaciales del análisis (áreas de influencia), las variables e indicadores estudiados, los instrumentos y métodos utilizados -como el análisis de correlaciones de las variables estudiadas con el fenómeno de investigación (infraestructura vial/accesibilidad) y la modelación de hipótesis y escenarios a partir de métodos como la prospectiva- y finalmente, las limitaciones y aspectos novedosos de las metodologías empleadas para la investigación.

¹ En este capítulo se presenta una síntesis del abordaje metodológico. Para un mayor desarrollo, remitirse a los documentos de cada componente de análisis.

1. PERSPECTIVA Y DIMENSIONES DE ANÁLISIS

Es necesario hacer de nuevo la claridad de las diferencias metodológicas en las dos temporalidades analizadas: en lo que concierne a la etapa de la construcción, los análisis identifican implicaciones que pueden ser transitorias, así como otras que pueden dar lugar a transformaciones estructurales; el fenómeno de la construcción se considera un shock, por su carácter de acontecimiento con una temporalidad delimitada. En esta parte del estudio, se identifican las variables que en cada dimensión podrían sufrir cambios repentinos y con una duración determinada y cuáles podrían ser modificadas permanentemente.

En cambio, para el análisis del largo plazo, el enfoque busca comprender las implicaciones que la reducción de tiempos y el favorecimiento de la accesibilidad y la proximidad tienen en variables sociodemográficas, económicas, físico-espaciales y político-institucionales, que a su vez pueden tener incidencia en el desarrollo territorial. Este enfoque permite dar una lectura integral a la interrelación de esas variables sensibles a los cambios en los patrones de accesibilidad y permite también vincular las transformaciones con su aporte al mejoramiento de las capacidades locales para aprovechar las ventajas ofrecidas por las vías.

1.1. Perspectivas sobre el desarrollo territorial

Aunque no existe una definición única de desarrollo territorial, para fines de este estudio se comprende como un proceso multidimensional y colectivo de transformación estructural conducente a elevar la calidad de vida de la población que habita en un territorio.

La noción se origina en los enfoques de desarrollo local (Alburquerque et al, 2002; Scott y Garofoli, 2007; Cepal, 2005; Helmsing, 2002; World Bank, 2004; Llorens et al, 2002) y el carácter multidimensional de este proceso proviene de la noción misma de territorio como un activo relacional (Storper, 1996) o espacio de interacción económica, sociocultural y político-administrativa (Vásquez, 2007).

En cuanto a su carácter colectivo, el desarrollo territorial se asume como la capacidad que posee una sociedad situada en un lugar específico para formularse propósitos colectivos de progreso material, equidad, justicia y sostenibilidad ambiental, movilizandolos recursos locales endógenos del territorio en articulación con dinámicas globales y que, de esta manera, se constituyen en el potencial para su desarrollo.

Desde esta perspectiva el desarrollo territorial es un proceso cualitativo de movilización de recursos en una dirección concertada por los actores locales, donde además de la acumulación de factores económicos, cuentan el aprovechamiento y fortalecimiento de los “recursos intangibles” (CAF, 2010: 152), tales como las capacidades sociales, económicas y funcionales (servicios sociales y otros).

Sin embargo, la mayor parte de los procesos de desarrollo territorial no logran una dirección concertada por los actores locales y, al contrario, se evidencian disparidades territoriales, las cuales desde algunas perspectivas son asumidas como “elemento[s] necesario[s] e inevitable[s] de procesos graduales y a largo plazo de convergencia regional impulsados por fuerzas de mercado” (Berdegué et al., 2012: 20). Tal vez esto sea lo más complejo de los procesos de desarrollo territorial: encontrar las sinergias entre el crecimiento y la reducción de la desigualdad y de la pobreza en un marco de sostenibilidad ambiental.

El análisis que aquí se presenta considera las dinámicas de escala que se producen con una estructura vial de 4G. Es necesario comprender las relaciones de mutua incidencia entre los distintos niveles territoriales, relaciones que son de subordinación, dependencia, aislamiento, tributación, etc. Tener la perspectiva escalar posibilita la integralidad, evitando el riesgo que plantean Cirio, Bozzano y Barrionuevo (2012) cuando mencionan que la articulación real y concreta entre políticas de transporte, movilidad y desarrollo no registra numerosos antecedentes exitosos y que las políticas de transporte generalmente están escindidas de las políticas territoriales.

El territorio, en tanto espacio de relaciones sociales y lugar de procesos colectivos localizados, posee intrínsecamente una dimensión política y específicamente institucional, y por ello su desarrollo desde este enfoque depende de la organización y de las agendas de los actores. Idealmente, estos orientan sus acciones y se organizan en función no solo de la asignación de los recursos, sino también de su creación, especialmente de aprendizaje colectivo y de innovación tecnológica.

La dimensión económica tiene que ver con la capacidad que poseen los actores locales para organizar eficiente y racionalmente los factores y recursos económicos del territorio, optimizando el uso de los insumos para reducir costos, mecanizando equitativamente las empresas y unidades de explotación, aplicando nuevos sistemas de producción y aprovechando las nuevas tecnologías de la información, con el fin de alcanzar niveles de productividad que les permita ser competitivos en los mercados.

La dimensión sociodemográfica alude al conjunto de oportunidades, capacidades y libertades de las que gozan las poblaciones para su bienestar. Se relaciona con las capacidades humanas entendidas como conjuntos de valores de confianza, cooperación y reciprocidad, y relacionados con la identidad y las convenciones sociales, que pueden considerarse como incentivos o restricciones para el acceso a oportunidades y para el desarrollo de las actividades económicas y sociales de la población.

La dimensión político-administrativa se identifica con la orientación de las políticas públicas en el territorio, con el propósito de crear un entorno local favorable para el desenvolvimiento de actividades económicas y sociales, proporcionarle sostenibilidad ambiental en el largo plazo y protegerlo de las interferencias externas. Esta dimensión comprende las ayudas públicas, la dotación de infraestructuras económicas y sociales que contribuyen con el aumento de la productividad, la generación de empleos de calidad y la dotación de capacidades y de recursos, así como la provisión de servicios sociales para el bienestar social. También incluye los incentivos para el desarrollo de las actividades existentes y para atraer capital físico y humano en nuevas actividades que, mediante las innovaciones y la diferenciación de los productos, contribuyen con el crecimiento y la transformación estructural. La coherencia entre los distintos niveles de gobierno y un conjunto de agentes sociales involucrados en intervenciones en distintos dominios –formación y capacitación, desarrollo tecnológico, infraestructura, participación, ciudadanía, etc– es fundamental para la organización del proceso de desarrollo territorial.

Finalmente, la dimensión espacial del territorio se relaciona con la organización y funcionamiento de la red de asentamientos y del sistema de soporte ambiental para el desarrollo. Desde una perspectiva geográfica está asociado con las fuerzas o tensiones hacia la aglomeración y localización de las actividades económicas y sociales, así como con las condiciones de acceso de la población a los bienes públicos y colectivos y a los mercados de bienes y servicios privados.

En el marco de estas ideas, el territorio es pues, a la vez producción social y lugar de creación de relaciones entre actores, sinergias y recursos específicos en un área geográfica para la organización social y la producción. Su potencial de desarrollo territorial, ligado al aprovechamiento de la infraestructura vial, se relaciona con el favorecimiento del acceso a oportunidades a través del fortalecimiento de áreas de servicio (oferta de servicios sociales), el reconocimiento y desarrollo de los potenciales económicos y la organización institucional, que sea el apoyo para el aprovechamiento de las capacidades existentes y la creación de oportunidades.

2. TEMPORALIDADES Y ETAPAS DEL ANÁLISIS

Esta investigación se realiza a partir de dos temporalidades de análisis: por un lado se evalúan las implicaciones en términos de las oportunidades y riesgos relacionados con el período en el que se realizan las obras de construcción de las vías (contemplado entre cinco y siete años) y luego se analizan las implicaciones espaciales, socio-demográficas, económicas e institucionales de la puesta en operación de las vías en el largo plazo (proyección al año 2032).

Para avanzar en el análisis, es necesario establecer las condiciones actuales de las variables identificadas, lo cual se constituye en la línea base que se presentará en el siguiente capítulo y que permitió identificar las potenciales transformaciones o implicaciones de las Autopistas y la proyección de posibles apuestas desde la política pública e institucional.

El siguiente gráfico ilustra las diferentes etapas de análisis del proyecto:

Gráfico 1. Etapas de análisis



Fuente: elaboración propia.

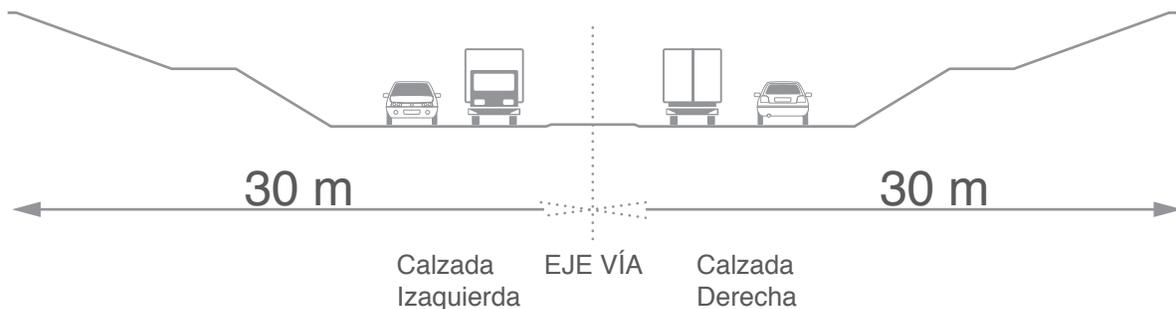
2.1. ESCALAS Y UNIDADES ESPACIALES DEL ANÁLISIS

Por área de influencia se asume la porción del territorio en el que se manifiestan con diferentes grados de intensidad las implicaciones físicas, socioeconómicas y político-institucionales ocasionadas por la construcción y puesta en funcionamiento del proyecto de infraestructura vial. Con el fin de que la interpretación de las implicaciones sea integral, objetiva, medible y documentada, se incluyen diferentes unidades de análisis espacial, entre ellas:

- **Faja de 60 m**

Corresponde a la porción de suelo que deberá comprar directamente el concesionario para la construcción de las dos calzadas de los diferentes tramos de las vías. Aunque no todos los tramos serán construidos en doble calzada, por normativa se indica que la gestión de predios inicial, debe ser realizada considerando la compra de la faja necesaria para acometer las dos calzadas, así la segunda sea construida en un tiempo diferente (una vez los tráficos ameriten su construcción).

Gráfico 2. Sección típica de vía considerada para el análisis



Fuente: elaboración propia.

- **Buffer de 10 km**

La mayoría de medidas de mitigación, reparación y/o compensación de los impactos ambientales relacionados con el proceso constructivo, incluidas en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y según lo establecido en el Decreto 2820 de 2010, son definidas para el área de influencia directa con un buffer de 10 kilómetros a eje de vía.

- **Área de servicio de una hora**

Los radios de acción para la localización del personal de la obra, de los suministros y de los servicios de apoyo en la fase de construcción de una infraestructura vial, se encuentran según los datos suministrados por los concesionarios en el rango de una hora de viaje, por lo tanto para los análisis de oferta y demanda de servicios se considera como área de influencia directa, el área de servicio de una hora generada desde los nodos principales de la red.

- **Cuencas hidrográficas**

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación, se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También es una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve.

Los límites de la cuenca o divisoria de aguas corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. Una cuenca no solamente abarca la superficie a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra.

Se presenta la cuenca como un verdadero sistema, ya que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan. De aquí la importancia de incorporar esta unidad, en especial en los análisis de tipo ambiental y productivo.

De igual forma en el análisis de los paisajes afectados por el proyecto Autopistas para la Prosperidad se incorpora la noción de cuenca visual, entendida como la porción del territorio que es vista desde un determinado punto, denominado punto de observación.

- **Unidades político- administrativas**

Una de las concesiones fundamentales de la Constitución Política de Colombia de 1991 a los departamentos, es la autonomía para la administración de los asuntos seccionales y la planificación y promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio, lo cual constituye un campo de actuación que no ha sido suficientemente aprovechado o capitalizado por los mismos como entidades territoriales intermedias. La carta política señala además que los departamentos ejercen funciones administrativas, de coordinación, de complementariedad de la acción municipal y de intermediación entre la nación y los municipios (CP 1991, artículo 298).

Para el cumplimiento de estas y otras funciones y de acuerdo con la Ordenanza 34 (24 noviembre de 2006), el Sistema Departamental de Planificación (SDP) de Antioquia surge como respuesta a la necesidad de coordinar los procesos de planeación que deben realizarse desde los diferentes niveles, tanto nacional, como departamental, subregional, zonal, municipal, corregimental y veredal, en el ámbito de un entorno que paulatinamente va instrumentando los principios de la participación y de la descentralización, pilares de la Constitución de 1991.

Los ámbitos territoriales obedecen al reconocimiento de las divisiones socioespaciales o de carácter administrativo y de las entidades territoriales existentes al interior del departamento, los cuales actúan en interacción dinámica. Estas mismas unidades administrativas territoriales sirvieron para el análisis, en cuanto los datos están presentados por ellas.

o Departamento

Entidad territorial del nivel intermedio a cuyo cargo se encuentra la administración de los asuntos seccionales, la planificación y la promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio. Con el Sistema Departamental de Planificación se busca que los ámbitos local, zonal, subregional y departamental se articulen y generen acciones a nivel supradepartamental que los vinculen al ámbito nacional.

o Subregiones

Divisiones de carácter administrativo para la acción departamental, en el interior de las cuales se identifican áreas o zonas homogéneas, con el propósito de conciliar la planificación integral con la gestión administrativa del territorio.

Entendiendo la subregión como el ámbito espacial de relacionamiento entre el municipio, descentralizado y autónomo, con el Departamento, se hace necesario crear mecanismos para comprender las implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad con el subsistema o componente institucional del SDP (Sistema Departamental de Planificación) ya que este constituye el espacio de interacción de las entidades territoriales y autoridades con competencias en materia de planeación, con las entidades públicas y privadas con incidencia en el desarrollo. Está conformado por los consejos departamentales de política, los consejos subregionales de concertación, los comités zonales de concertación de alcaldes y las unidades técnicas de planeación zonales y subregionales.

Se entiende a las subregiones como unidades funcionales para la gestión y el desarrollo territorial, cuyos principales objetivos son:

- Reducir los desequilibrios municipales y regionales y la concentración espacial de la población, la industria y las actividades urbanas.
- Incorporar algunos municipios o porciones del territorio que tienen un potencial económico importante, ampliando así la base territorial del desarrollo.
- Realizar una política coherente de desarrollo en los diferentes sectores, de acuerdo con la vocación socioeconómica de cada uno de los territorios.
- Crear mecanismos que faciliten el acercamiento y la cooperación entre la comunidad local y el Estado.

Son subregiones Bajo Cauca, Magdalena Medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste, Urabá y Valle de Aburrá. Se prevé que las Autopistas pueden aportar a la consolidación o a la reconfiguración de estas subregiones.

o **Municipios**

Entidades fundamentales de la división político-administrativa del Estado. Constituyen la unidad base a partir de la cual se construye el Sistema Departamental de Planificación.

o **Corregimientos y veredas:** Solo para el análisis sociodemográfico.

● **Las conexiones**

De conformidad con la estructura de las Autopistas para la Prosperidad, el análisis se concentra para el corto plazo en los municipios atravesados por las conexiones y en el largo plazo se sirve de su trazado para determinar los cambios en los patrones de accesibilidad.

Tabla 1. Conexiones de las Autopistas para la Prosperidad en Antioquia

CONCESIÓN	NOMBRE	CONEXIONES	KM
1	Autopista Conexión Norte	Remedios – Zaragoza Zaragoza – Caucasia (incluida conexión a las concesiones del grupo 4 norte).	146
2	Autopista al Río Magdalena 2	Remedios - Alto de Dolores. Alto de Dolores - Puerto Berrío. Variante Puerto Berrío - Conexión a Ruta del Sol.	150
3	Autopista Conexión Pacífico 1	Ancón Sur - Camilo C. Camilo C – Bolombolo	49
4	Autopista Conexión Pacífico 2	Bolombolo - La Pintada. La Pintada - La Primavera.	98
5	Autopista Conexión Pacífico 3	La Pintada – La Felisa. La Felisa – Irrá. Asia – La Virginia. La Felisa – Asia. Variante Tesalia. Irrá - Tres Puertas – La Manuela (incluida conexión Autopistas del Café).	142,2
6	Autopista Al Mar 1	San Cristóbal - Cañasgordas Santa Fe – Bolombolo	109
7	Autopista Al Mar 2	Cañasgordas – Tigre	139
8	Autopista al Río Magdalena 1	Bello - Alto Dolores	159
9	Santa Fe de Antioquia - Cañasgordas (Toyo)	Santa Fe - Cañasgordas (Túnel del Toyo)	50,33
10	Concesión Caucasia – Donmatías	Caucasia – Donmatías	202

Fuente: ANI (Agencia Nacional de infraestructura) 2014.

2.2. ÁREA DE INFLUENCIA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

El área de influencia directa está compuesta por los municipios que aportan predios efectivos para la construcción de la vía y sus obras complementarias. Sin incluir los municipios por donde cruzan los tramos de control, en total son **36** localidades con una población total a 2013 de **789.477** habitantes, equivalente al **7%** de la población del departamento de Antioquia (sin incluir Medellín que cuenta con 2.417.325 habitantes). En las siguientes tablas y mapa se muestran los municipios que hacen parte del área de influencia directa de cada uno de las conexiones de las Autopistas para la Prosperidad.

Tabla 2. Municipios área de influencia directa

CONEXIONES	MUNICIPIOS	KM AUTOPISTA
Pacífico 1	Amagá	11,71
	Titiribí	12,83
	Venecia	6,11
	Caldas	1,62
Total Km		32,27
Pacífico 2	Venecia	2,98
	Tarso	13,52
	Jericó	14,60
	Támesis	6,10
	La Pintada	3,25
	Valparaíso	0,30
Total Km		40,75
Pacífico 3	La Pintada	8,84
	Valparaíso	11,74
	Caramanta	11,13
Total Km		31,71
Magdalena 1	Cisneros	5,87
	Maceo	4,46
	San Roque	23,90
	Santo Domingo	25,55
Total Km		59,78
Magdalena 2	Maceo	28,48
	Puerto Berrío	43,03
	Remedios	22,08
	Vegachí	17,16
	Yalí	15,30
	Yolombó	5,20
Total Km		131,25

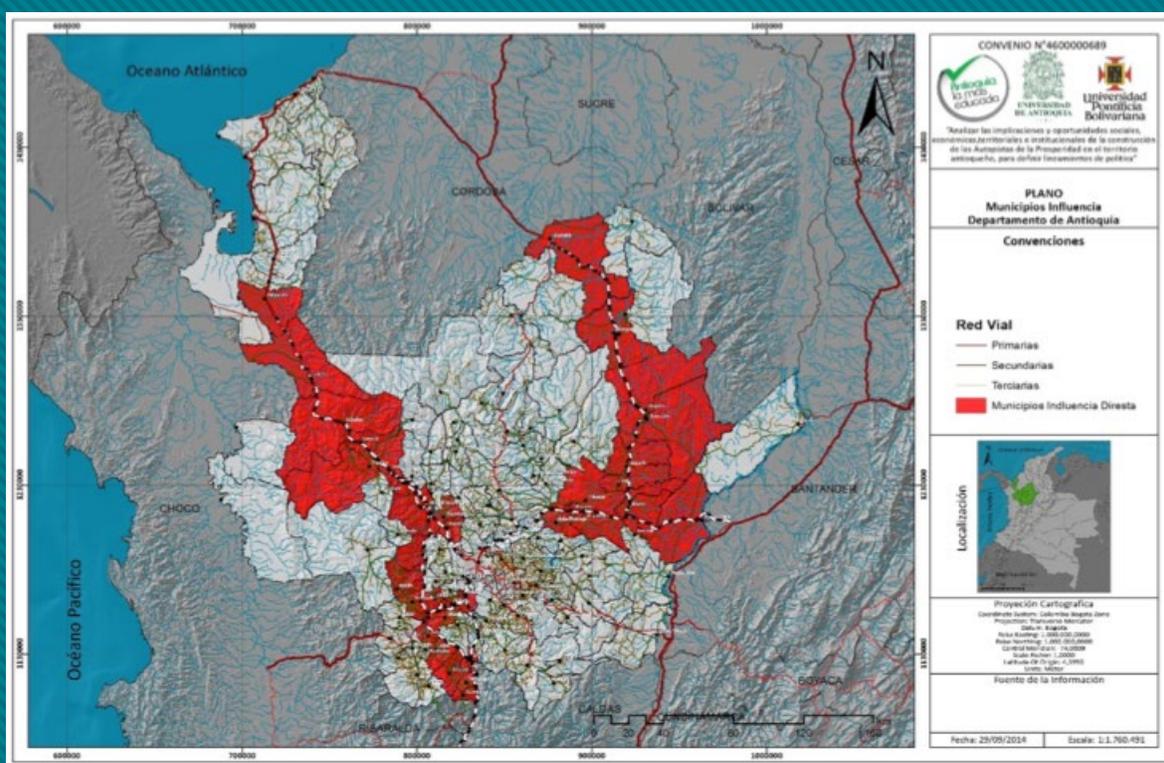
CONEXIONES	MUNICIPIOS	KM AUTOPISTA
Mar 1	Anzá	19,44
	Betulia	10,40
	Concordia	15,24
	Medellín	13,92
	San Jerónimo	16,26
	Santa Fe de Antioquia	10,00
	Sopetrán	12,68
	Venecia	1,82
Total Km		99,76
Mar 2	Cañasgordas	18,79
	Chigorodó	11,59
	Dabeiba	51,42
	Frontino	0,46
	Mutatá	42,92
	Uramita	23,46
Total Km		148,65
Túnel del Toyo	Cañasgordas	8,25
	Giraldo	11,05
	Santa Fe de Antioquia	20,68
Total Km		39,97
Norte	Caucasia	56,05
	Remedios	14,17
	Segovia	22,65
	Zaragoza	47,20
Total Km		140,07

Fuente: elaboración propia.

Para definir con un mayor grado de aproximación la población impactada en esta área de influencia en el corto plazo, se identificaron las cabeceras urbanas y los centros poblados y veredas localizadas en un corredor de 10 km a lado y lado de la vía, lo cual incluye las personas que estarían aproximadamente a una hora de recorrido por vías terciarias, y que coincide con el área donde se manifiestan en diferentes grados de intensidad los impactos socioeconómicos y ambientales según la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), en el proceso de implantación y ejecución de las obras del proyecto.

Se incluyen en esta área 41 cabeceras urbanas con una población de 801.361 habitantes, equivalentes al 16,3% de la población urbana del Departamento, mientras que en el área rural son un total de 1.267 veredas, con una población rural impactada de forma directa de 253.586 habitantes, equivalentes al 18,2% de la población rural del Departamento. En el siguiente mapa se puede identificar el área definida como de influencia directa durante la construcción del proyecto Autopistas de la Prosperidad.

Mapa 1. Área de influencia etapa de construcción



Fuente: elaboración del equipo de investigación.

2.3. ÁREA DE INFLUENCIA PUESTA EN MARCHA DE LAS AUTOPISTAS

Atendiendo a la dimensión y efecto nacional del proyecto Autopistas para la Prosperidad, se hace necesario para el análisis de las implicaciones de la etapa de operación observar los límites administrativos, tanto municipales como departamentales, pero también entender el territorio antioqueño en el marco del sistema urbano-regional nacional. Con este fin se incorpora al análisis la red vial primaria nacional y 460 cabeceras municipales directamente influenciadas por esta, como se puede ver en la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 3. Cabeceras municipales área de influencia etapa de operación

DEPARTAMENTO	(CD) Capital de Departamento	(CM) Cabecera Municipal	(DC) Distrito Capital	(DE) Distrito Especial	TOTAL
Antioquia	1	124			125
Arauca	1	6			7
Atlántico		12		1	13
Bogotá			1		1
Bolívar		25		1	26

DEPARTAMENTO	(CD) Capital de Departamento	(CM) Cabecera Municipal	(DC) Distrito Capital	(DE) Distrito Especial	TOTAL
Boyacá		41		1	42
Caldas	1	7			8
Caquetá	1	13			14
Casanare	1	8			9
Cauca		24		1	25
Cesar	1	18			19
Chocó	1	12			13
Córdoba	1	21			22
Cundinamarca		44			44
Guainía	1				1
Guajira	1	10			11
Guaviare	1	2			3
Huila	1	18			19
Magdalena		21		1	22
Meta	1	19			20
Nariño	1	19		1	21
Norte de Santander		14		1	15
Putumayo	1	10			11
Quindío	1	5			6
Risaralda	1	5			6
Santander		29		1	30
Sucre	1	10			11
Tolima	1	16			17
Valle del Cauca	1	20		1	22
Vichada		2			2
Total general	20	555	1	9	585

Fuente: elaboración propia.

Ampliar la escala departamental garantiza la identificación de las relaciones de frontera del sistema urbano-regional antioqueño y las implicaciones por los cambios de accesibilidad en los patrones de organización espacial, económica y social de sus municipios. La identificación de los cambios estructurales en términos de accesibilidad y los efectos en las variables analizadas con participación en el desarrollo territorial, le permitirá a la Gobernación de Antioquia precisar y enfocar sus políticas públicas de largo plazo.

Realizar el análisis de las implicaciones de largo plazo a escala nacional garantiza dar un contexto estratégico a la formulación de lineamientos de política pública e incorpora la noción de áreas funcionales en los instrumentos de planeación, como apoyo al esfuerzo que se ha hecho en los últimos años por superar la formulación de políticas sectoriales, que no interpretan ni articulan las dinámicas de los sistemas territoriales.

Mapa 2. Área de influencia de las implicaciones de las Autopistas en el largo plazo



Fuente: elaboración del equipo de investigación.

Con la expedición de la Ley 1454 del 2011 –LOOT-, en el artículo 29, se establecen y precisan las competencias en ordenamiento territorial correspondientes a la Nación, el Departamento, los Distritos Especiales, los municipios y las áreas metropolitanas. A la Nación le compete definir, la política general de ordenamiento territorial, a los departamentos formular directrices y planes de ordenamiento territorial departamental, con lo cual se espera estructurar un sistema multiescalar de planificación y ordenamiento territorial, que complemente lo que se viene haciendo en el ámbito municipal con la formulación de los planes de ordenamiento territorial en el marco de la Ley 388 de 1997.

3. VARIABLES E INDICADORES DE ANÁLISIS DESDE LAS DIFERENTES DIMENSIONES Y TEMPORALIDADES

Teniendo en cuenta la temporalidad diferenciada de las implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad y sus escalas espaciales, en primer lugar se analizan los efectos tipo shock o boom con una corta duración, alrededor de cinco o siete años mientras se construyen los diferentes tramos, efectos que tienen un área de influencia circunscrita a los municipios en los que se harán las obras. En segundo lugar, se abordan las transformaciones de largo aliento que producen tensiones o reconfiguraciones sociales, económicas, políticas, institucionales y, especialmente, físico-espaciales, gracias a las interacciones espaciales que propician o mejoran en términos de accesibilidad. Esta escala temporal se remite al horizonte posterior a 2032, año en el que todas las vías estarían funcionando.

Cada componente emprendió el análisis con base en los enfoques conceptuales y metodológicos pertinentes para sus preguntas de investigación. Existen entrecruzamientos de conceptos y variables que son abordados por dos o más componentes a la vez, pero que en el componente específico se gana mayor profundidad. Por ello no es extraño encontrar en el diseño metodológico del componente físico-espacial alusiones a la competitividad territorial, mientras que el componente económico la analiza a profundidad. Específicamente, el componente físico-espacial interpreta en su análisis el efecto espacial de las dinámicas sociales, económicas, institucionales y ambientales por ser un componente que integra los factores que dinamizan el territorio.

Tabla 4. Variables del análisis por dimensiones y temporalidad

Dimensión	Categoría	Variables	Indicadores	Escala Espacial	Escala Temporal
Dimensión físico- espacial	Tensión espacial – Indicadores de concentración urbana	Déficit cuantitativo de vivienda	% de hogares en déficit cuantitativo Hogares sin vivienda, según el DANE, para el déficit cuantitativo se toman los siguientes criterios para definir los hogares que habitan viviendas en déficit cuantitativo: estructuras (paredes), cohabitación y hacinamiento no mitigable Total de los hogares	Municipal	Corto plazo
		Déficit cualitativo de vivienda	% de hogares en déficit cualitativo Hogares sin vivienda, según el DANE, para el déficit cualitativo se toman los siguientes criterios para definir los hogares que habitan viviendas en déficit cualitativo: estructuras (pisos), hacinamiento mitigable, espacio (cocina) y servicios públicos Total de los hogares.	Municipal	Corto plazo
		Cobertura de servicios públicos domiciliarios	% de hogares con cobertura de servicios públicos domiciliarios Viviendas son conexión al servicio público estudiado Total de viviendas del municipio Cobertura de aseo urbana residencial Cobertura de acueducto urbana residencial Cobertura de alcantarillado urbana residencial.	Municipal	Corto y largo plazo
		Índice de Fragmentación Predial urbano- rural	Índice de Fragmentación Predial urbano- rural. Número de predios menores o iguales a 2 hectáreas. Número de predios totales. Área de predios menores o iguales a 2 hectáreas. Área total de los predios.	Municipal	Corto y largo plazo
	Tensión Espacial – Indicadores de atractividad urbana	Coefficiente consumo residencial de energía	Suscriptores urbanos residenciales a energía eléctrica. Suscriptores urbanos totales a energía eléctrica. Consumo urbano residencial de energía eléctrica. Consumo urbano. Total de energía eléctrica.	Municipal	Corto y largo plazo
		Índice de Capacidad Funcional	Servicios administrativos: ingresos municipales, división judicial, notarías, predios urbanos, funcionarios radicados en el municipio. Servicios públicos: teléfonos, transporte, matadero, energía, aseo, acueducto, alcantarillado. Servicios bancarios y financieros: bancos y corporaciones, comercio y servicios, industria manufacturera. Servicios sociales: educación, salud. Servicios culturales: casas de la cultura, bibliotecas, hoteles, residencias y otros, emisoras, religiosos, coliseos y estadios.	Municipal	Corto y largo plazo
		Índice de Capacidad Turística	Servicios bancarios y financieros, se tienen en cuenta aquellos servicios que atienden las actividades turísticas: bancos y corporaciones, comercio y servicios. Oferta del número de camas de hoteles, residencias y otros. Oferta del número de sitios de interés de los municipios (culturales y ambientales), llegada de viajes por motivo recreación, homicidios por cada 100 mil habitantes.	Municipal	Corto y largo plazo

Dimensión	Categoría	Variables	Indicadores	Escala Espacial	Escala Temporal
Dimensión físico-espacial	Dinámica espacial – Indicadores de accesibilidad	Índice de Accesibilidad Absoluta	Accesibilidad absoluta del nodo. Impedancia real a través de la red entre los nodos i y j. Población de la aglomeración urbana de destino.	Municipal	Corto y largo plazo
		Índice de Accesibilidad Relativa.	Impedancia real o tiempo de desplazamiento real desde el nodo i hasta la aglomeración j. Impedancia ² ideal o tiempo de desplazamiento ideal desde el nodo i hasta la aglomeración j. Población de la aglomeración urbana en destino.	Municipal	Corto y largo plazo
	Dinámica espacial – Indicadores de cobertura	Índice de Transitabilidad.	Índice de Transitabilidad de acuerdo con cada jerarquía vial. Longitud de cada una de las conexiones viales considerados. Coeficiente o factor de resistencia al desplazamiento de cada segmento considerado.	Municipal	Corto y largo plazo
		Densidad bruta vial	Longitud de las vías (en sus distintas jerarquías), dispuestas al interior del municipio [km]. Área o superficie económica neta del municipio [km ²].	Municipal	Corto y largo plazo
		Coeficiente de Engels	Longitud de las vías (en sus distintas jerarquías), dispuestas al interior del municipio [km]. Área o superficie del municipio [km ²]. Población del municipio descontando la que habita en el caso urbano.	Municipal	Corto y largo plazo
	Dinámica espacial – Indicadores de movilidad	Atractividad de pasajeros	Atractividad de pasajeros del municipio i. Pasajeros que llegan desde el nodo j a través de los modos terrestre y fluvial hasta el nodo i.	Municipal	Corto y largo plazo
		Generación de carga	Generación de carga desde el municipio i. Carga que es generada desde el municipio i hasta el nodo j.	Municipal	Corto y largo plazo
	Soporte ambiental y económico – Indicadores de presión	Índice de Vegetación Remanente	Área con vegetación remanente. Área total de la unidad.	Municipal	Corto y largo plazo
		Índice de Presión Demográfica	Densidad poblacional. Tasa de crecimiento poblacional para el periodo 2007-2012.	Municipal	Corto plazo
		Índice de Fragmentación Predial rural	Índice de Fragmentación Predial rural. Número de predios menores a la UAF. Número de predios totales. Área de predios menores a la UAF. Área total de los predios.	Municipal	Corto y largo plazo
	Soporte ambiental y económico – (i)Indicadores de sostenibilidad y balance	Índice de dependencia ecológica	Población municipal. Planetoide personal. Área total municipal.	Municipal	Corto plazo
		Coeficiente de balance por vocación natural	Área municipal con capacidad agrológica propicia para usos que prestan servicios de provisión. Área municipal con capacidad agrológica propicia para usos que prestan servicios de regulación.	Municipal	Corto y largo plazo

2 Tiempo mínimo de desplazamiento a través de la red de carreteras.

Dimensión	Categoría	VARIABLES	Indicadores	Escala Espacial	Escala Temporal
Dimensión socio-demográfica	Calidad de vida	Indicadores globales de condiciones de vida.	Índice Multidimensional de la Pobreza (DNP) Alkire-Foster. Cantidad de población en extrema pobreza (Sisbén). Cantidad de población en pobreza (Sisbén). Porcentaje de población con NBI. Cantidad de población con ingresos por debajo de la línea de pobreza. Índice de calidad de vida por zonas y subregiones Gini de ingresos Gini de la tierra.		Corto plazo
		Salud	Capacidad de los equipamientos de salud. Tasa de mortalidad por morbilidad. Tasa de desnutrición. Porcentaje de población en régimen contributivo. Porcentaje de población en régimen subsidiado. Embarazos de adolescentes por 1000 habitantes. Tasa de morbi-mortalidad infantil.		Corto plazo
		Educación	Porcentaje de jefes de hogares con nivel educativo menor a la primaria. Tasa de deserción escolar y cobertura por origen. Capacidad de los establecimientos educativos. Cantidad de población de otro municipio en las instituciones educativas. Pertinencia educativa en función de las Autopistas.		Corto plazo
		Condiciones habitacionales	Porcentaje de población con viviendas con pisos de tierra. Porcentaje de población sin acceso a agua potable. Tasas de hacinamiento Promedio de personas por hogar.		Corto plazo
	Dinámicas demográficas	Estructura poblacional	Razón de dependencia económica. Proporción de población en edad de trabajar. Proporción de población menor a 14 años. Índice de Envejecimiento. Porcentaje de hogares con jefatura femenina. Porcentaje de hogares con jefatura masculina. Índice de feminidad. Porcentaje de hombres. Porcentaje de mujeres. Porcentaje de población por grupos de edad.		Corto plazo
		Dinámica poblacional	Tasa de migración. Tasa de fecundidad. Tasa de mortalidad. Proyecciones poblacionales.		Corto plazo
		Grupos poblacionales	Participación de población indígena en el total de la población. Porcentaje de población afrodescendiente en el total de la población. Porcentaje de población en reservas campesina y otras figuras de reconocimiento territorial.		Corto plazo
		Relaciones urbanas-rurales.	Índice de Ruralidad. Densidad poblacional rural y urbana. Tasa de crecimiento intercensal de la población total. Tasa de crecimiento intercensal de la población rural. Tasa de crecimiento intercensal de la población urbana.		Corto plazo

Dimensión	Categoría	Variables	Indicadores	Escala Espacial	Escala Temporal
Dimensión socio-demográfica	Calidad de vida	Indicadores globales de condiciones de vida.	Índice de acceso a oportunidades actual por municipios. Índice de acceso a oportunidades con autopistas por municipios. Índice de acceso a oportunidades con autopistas por veredas. Índice de acceso a oportunidades relativo (con autopistas) por municipios. Índice de Pobreza Multidimensional con autopistas por municipios. Porcentaje de acceso a oportunidades destino con Autopistas.		Largo plazo
		Salud	Porcentaje de acceso a oportunidades de salud con Autopistas.		Largo plazo
		Educación	Porcentaje de acceso a oportunidades de educación superior con Autopistas.		Largo plazo
	Dinámicas demográficas Relaciones urbanas-rurales	Estructura poblacional.	Distribución municipal de la población.		Largo plazo
		Dinámica poblacional.	Tasa de crecimiento poblacional Proyecciones poblacionales 2030.		Largo plazo
		Índice de Ruralidad con Autopistas. Población movilizada por la reconfiguración territorial.	% población por gradiente de rural a urbano. % municipios por gradiente de rural a urbano. % de acercamiento de las veredas a las cabeceras municipales.		Largo plazo
Dimensión económica	N.A.	Valor agregado	Aumento del valor agregado departamental, y anual por escenarios territoriales.	Municipal	Corto plazo
		Empleo inducido por el valor agregado.	Tasas de ocupación estimadas. Número de personas ocupadas potenciales.	Municipal y concesión	Corto plazo
		Empleo no calificado generado por la construcción de las Autopistas.	Número de empleos generados. Tasa de desempleo y variación %	Concesiones	Corto plazo
		Ingresos fiscales por impuesto de Industria y Comercio.	Aumento anual promedio de los ingresos fiscales por impuesto de Industria y Comercio	Municipal y departamental	Corto plazo
		Remuneración esperada a los factores productivos.	Remuneración a los asalariados Remuneración a los grupos de ingresos mixtos Excedente bruto de explotación (ganancias y rentas).	Concesiones	Corto plazo
		Transacciones institucionales.	Asignación distribución y retribución del ingreso en los hogares, empresas no financieras e Instituciones sin ánimo de lucro al servicio de los hogares (ISFLSH).	Concesiones	Corto plazo
		Demanda final	Aumento potencial promedio anual de demanda total y por sectores económicos.	Municipal	Corto plazo

Dimensión	Categoría	Variables	Indicadores	Escala Espacial	Escala Temporal
Dimensión económica	N.A.	Demanda intermedia.	Aumento potencial promedio anual en la demanda intermedia total y por sector (DIP).	Municipal	Corto plazo
		Conectividad.	Índice de proximidad.	Municipal	Largo plazo
			Índice de alcance	Nodos	Largo plazo
		Accesibilidad económica.	Índice de accesibilidad económica. Clúster de accesibilidad con Autopistas para la Prosperidad.	Municipal	Largo plazo
		Crecimiento económico.	Tasa de crecimiento económico estimada escenario con Autopista. PIB de Antioquia con Autopistas para la Prosperidad.	Municipal	Largo plazo
		Potencial de mercado, áreas de mercado y flujos de comercio interno.	Potencial de mercado con Autopistas para la Prosperidad, con vecindario a 1,5 horas y local sin y con crecimiento económico.	Municipal, zonas	Largo plazo
			Áreas (clúster) de potencial de mercado en un escenario con crecimiento por Autopistas para la Prosperidad.		
			Áreas (clúster) de potencial de mercado local en escenario de crecimiento con Autopistas para la Prosperidad.		
		Potencial productivo	Aumento del volumen de comercio interno con Autopistas para la Prosperidad.	Departamental y municipal	Largo plazo
			Aumento promedio ponderado de los flujos de carga por concesiones.	Concesión y municipal	Largo plazo
			Incremento de la producción potencial agrícola según mano de obra disponible (ton).	Subregión	Largo plazo
		Aumento de la producción potencial forestal (m³).	Subregión	Largo plazo	
Dimensión político-institucional	Configuración de órdenes locales	Conflicto armado	Dinámica del conflicto latente. Dinámica del conflicto en descenso. Dinámica de conflicto armado bajo. Dinámica de violencias en aumento.	Municipal	Corto y largo plazo
		Poderes políticos locales	Nivel de atipicidad electoral normal. Nivel de atipicidad electoral intermedia. Nivel de atipicidad electoral alta.	Municipal	Corto y largo plazo
	Construcción institucional	Desempeño institucional gubernamental	Bajo desempeño institucional gubernamental con viabilidad fiscal en riesgo. Bajo desempeño institucional gubernamental con sostenibilidad financiera y fiscal. Mediano desempeño institucional gubernamental con recursos fiscales sostenibles. Satisfactorio desempeño institucional gubernamental con limitaciones fiscales y financieras. Satisfactorio desempeño institucional gubernamental con solvencia fiscal y financiera.	Municipal	Corto y largo plazo
		Luchas sociales y acción colectiva	Protestas intramunicipales. Protestas supramunicipales.	Municipal	Corto y largo plazo

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y PROCEDIMIENTOS DEL ANÁLISIS

Aunque las implicaciones de la construcción pueden tener algún tipo de relación con las implicaciones de la operación de las vías, su examen exigió tanto de enfoques conceptuales como de procedimientos e instrumentos distintos.

3.1.1. Variables e indicadores físicoespaciales

El componente físico-espacial tiene como objetivo estudiar la situación actual y tendencias de cambio del sistema urbano-regional antioqueño frente a la implementación del proyecto Autopistas para la Prosperidad. Este componente utilizó el término Sistema Urbano-Regional para referirse a la dimensión espacial de un sistema territorial donde los nodos son los asentamientos humanos, conectados por vínculos de naturaleza socioeconómica, que se dinamizan a través de infraestructuras vial y de transporte y que se soportan ambiental y económicamente en áreas de influencia de dimensión y características diversas, como se puede ver en el siguiente gráfico.

Gráfico 3. Marco conceptual componente físico-espacial



Fuente: elaboración propia.

La aplicación de métodos de análisis espacial bajo un enfoque de integración funcional, parten del tratamiento de la dimensión espacial de la planificación regional y de las estrategias para interpretar la intensidad de las relaciones urbano-rurales y su capacidad para generar mutuo beneficio económico–social e interacciones físicas dinámicas (Rondinelli, 1989, pág. 22, citado en Gobernación de Antioquia, 2006).

Desde este enfoque, los asentamientos urbanos no solo deben considerarse como puntos de concentración espacial de población y de actividades, sino también como dinamizadores de flujos. Estos nodos se relacionan espacialmente a través redes viales y de transporte conformando redes urbanas de diferentes características y jerarquías, las cuales se soportan en áreas de influencia o de servicios, cuyas características dependen de la intensidad y el tipo de vínculos establecidos entre los nodos, estos pueden ser: económicos, sociales, culturales, ambientales o históricos. En la tabla 2 se sintetiza el abordaje conceptual y metodológico del componente físico-espacial.

La interacción de estos tres elementos: nodos, redes y áreas de influencia, constituyen finalmente lo que se denomina regiones funcionales, las cuales se pueden definir como las áreas en donde se establecen relaciones estrechas, sociales y económicas, que pueden o no sobrepasar, por su interdependencia y vinculación, límites administrativos. Dentro de ella, los municipios interactúan, de forma fuerte o débil, delimitando otras unidades menores de áreas: nodos. Se dan relaciones de diferentes órdenes y sus vinculaciones están relacionadas, también, con los conectores y atractores, términos que provienen del análisis de la región, vista como subsistema de un sistema mayor.

Los límites de la región funcional, al igual que un ecosistema, son difusos, no corresponden a líneas rígidas, ni abstractas, ni reales, y pueden obedecer a espacios temporales manejables. Dadas las condiciones dinámicas del mundo, cobra inusitada importancia esta forma de ver, analizar y prospectar el territorio, pues el desarrollo implica integración, intercambios reales y virtuales, aprovechamiento de potencialidades regionales, conciencia de las limitaciones, nuevas formas de hacer políticas, organización con base en cooperación, arquitectura regional, reorganización y redistribución de población, transformaciones derivadas de las acciones sinérgicas.

Existen distintas formas de clasificación de las regiones: se habla de regiones homogéneas, así como polarizadas, concepto retomado de Perroux (1955), quien habla de un polo de desarrollo y de las áreas satelitales, cuyo dinamismo depende de su interacción con el centro motor; la periferia y su centro conforman un área de integrada, desde el punto de vista de los parámetros socioeconómicos, o bien otros criterios de tipo sociocultural.

De esta noción viene el criterio de región funcional que es el área que delimita la interacción del centro motor y la periferia dependiente y circundante. Aún contrastadas, las regiones polarizadas operan como regiones funcionales, como parte de un mismo fenómeno.

Dentro de las regiones funcionales se observan uno o varios centros urbanos que concentran industria, población, comercio y a donde concurren la mayor parte de las interacciones económicas, hay un centro gravitacional del desarrollo, o incluso se puede hablar abiertamente de un centro de desarrollo. En el mismo, se dan redes donde discurren los flujos financieros, migratorios, de servicio, entre otros.

Esta definición deja claro el carácter polisémico y pluriparadigmático del concepto región, lo que implica necesariamente una visión interdisciplinaria. En esta medida, el gran aporte del proyecto en materia de política pública, consiste en reavivar el espíritu de la Ley de Desarrollo Territorial, que se queda corto en su instrumentación a través de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), ya que estos solo ordenan “los nodos” y un “área de influencia territorial” (de soporte ambiental y económico) de carácter político administrativa (intramunicipal), que está lejos de considerar la red urbana vinculada y el área de soporte territorial bajo criterios de anexión funcional, dependencia ecológica, ordenamiento productivo del territorio y limitaciones en función de la gestión integral de las cuencas de agua.

Es por tanto prioritario identificar las unidades geográficas funcionales que emergen hoy, y que emergerán con las Autopistas para la Prosperidad puestas en funcionamiento, con el fin de dar un paso adelante en la organización territorial acorde con las dinámicas socio-económicas presentes en el territorio antioqueño y potenciar el desarrollo territorial, apoyado en un ordenamiento territorial que dé lineamientos a esta escala, en función de los criterios empleados para su identificación y redelimitación. Los principales efectos regionales de las áreas urbanas dinámicas son, desde el análisis particular de este componente:

- Las deseconomías o factores externos que afectan el funcionamiento normal de la economía, causados por el desarrollo económico que concentra la población, los servicios y el capital en los principales centros urbanos regionales.
- La dependencia ecológica por bienes y servicios ambientales prestados por el entorno para el funcionamiento urbano metropolitano con altas tasas de consumo: suelo, agua, biodiversidad y paisaje, especialmente.

Abordar el análisis de las implicaciones de las Autopista para la Prosperidad sobre el sistema urbano-regional exige construir una base de datos espaciales que permita, mediante técnicas de análisis espacial, establecer la situación previa a la ejecución, la cual ya está generando procesos especulativos, situaciones que puedan preverse durante la ejecución y finalmente, las modificaciones estructurales que serían apreciadas en el largo plazo.

Este análisis parte de la construcción de la línea base del sistema urbano-regional, visto desde la tensión, la dinámica espacial y el soporte ambiental y económico. Cada una de estas macro-variables, incluye un conjunto de indicadores que permitirán caracterizar el sistema y construir indicadores síntesis compuestos, con el fin de realizar simulaciones que pongan en evidencia los patrones espaciales de cambio que generará la implementación de las Autopistas para la Prosperidad en el territorio antioqueño, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 5. Variables e indicadores físico-espaciales

COMPONENTE FÍSICO -ESPACIAL	TENSIÓN ESPACIAL	Indicadores de concentración urbana	
		(DCTViv)	Déficit cuantitativo de vivienda
		(DCLViv)	Déficit cualitativo de vivienda
		(CSPDom)	Cobertura de servicios públicos domiciliarios
		(IFPreUR)	Índice de Fragmentación Predial urbano rural
		(CCREne)	Coeficiente consumo residencial de energía
		Indicadores de atracción urbana	
		(ICFun)	Índice de Capacidad Funcional
		(ICTur)	Índice de Capacidad Turística

COMPONENTE FÍSICO -ESPACIAL	DINÁMICA ESPACIAL	Indicadores de accesibilidad	
		(IAAbs)	Índice de Accesibilidad Absoluta
		(IARel)	Índice de Accesibilidad Relativa
		Indicadores de cobertura	
		(ITran)	Índice de Transitabilidad
		(DBVial)	Densidad bruta vial
		(CEng)	Coficiente de Engels
		Indicadores de movilidad	
		(APax)	Atracción de pasajeros
	(GCrg)	Generación de carga	
	SOPORTE AMBIENTAL ECONÓMICO	Indicadores de presión	
		(IVRem)	Índice de Vegetación Remanente
		(IPDem)	Índice de Presión Demográfica
		(IFPreR)	Índice de Fragmentación Predial Rural
Indicadores de sostenibilidad y balance			
(IDEco)		Índice de Dependencia Ecológica	
(CBVNat)	Coficiente de balance por vocación natural		

Fuente: elaboración propia.

- **La tensión espacial en el sistema urbano-regional**

La tensión espacial se refiere a la capacidad diferencial de concentración de personas y servicios que se presenta entre los núcleos urbanos del sistema y los niveles de atractividad que se dan a partir de la especialización funcional de algunos de ellos. Desde esta perspectiva, por concentración urbana se entiende el conjunto de características que hacen distinguibles los centros urbanos de las demás zonas de la región; especialmente se refieren a la aglomeración de población (densidad), superficie destinada al suelo urbano, la estructura predial, el stock habitacional y la destinación de suelo para el comercio, la industria y los equipamientos colectivos.

La atractividad urbana, por su parte, hace alusión a las condiciones físico-espaciales y geográficas que ofrecen los núcleos urbanos para ejercer atracción de inmigrantes, turistas y generación de infraestructura urbana. Estas condiciones se asocian a la posición que gozan en el territorio determinado por la

cercanía a los principales centros urbanos del país y los puertos, así como por la cantidad y complejidad de los servicios urbanos que se localizan en su suelo. Además por los atributos paisajísticos que los destacan en cuanto al patrimonio ecológico, urbanístico y arquitectónico, bienes inmuebles que constituyen el fomento de actividades turísticas y culturales, reconocibles en la región y en el país.

o Indicadores de concentración urbana

Déficit cuantitativo de vivienda (DCTViv)

Estima la cantidad de viviendas que se deben construir o adicionar para que exista una relación uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento, es decir, se basa en la comparación entre el número de hogares y el número de viviendas apropiadas existentes.

$$DCTViv = \frac{\sum_{j=1}^n Hsv_j}{Th}$$

- DCTViv: % de hogares en déficit cuantitativo.
- Hsv: Hogares sin vivienda, según el DANE, para el déficit cuantitativo se toman los siguientes criterios para definir los hogares que habitan viviendas en déficit cuantitativo: estructuras (paredes), cohabitación y hacinamiento no mitigable.
- Th: Total de los hogares.

Déficit cualitativo de vivienda (DCLViv)

Hace referencia a las viviendas particulares que presentan carencias habitacionales en los atributos referentes a la estructura, al espacio y a la disponibilidad de servicios públicos domiciliarios y por tanto, requieren mejoramiento o ampliación de la unidad habitacional en la cual viven.

$$DCLViv = \frac{\sum_{j=1}^n Hsv_j}{Th}$$

- DCLViv: % de hogares en déficit cualitativo.
- Hsv: Hogares sin vivienda, según el DANE, para el déficit cualitativo se toman los siguientes criterios para definir los hogares que habitan viviendas en déficit cualitativo: estructuras (pisos), hacinamiento mitigable, espacio (cocina) y servicios públicos.
- Th: Total de los hogares.

Cobertura de servicios públicos domiciliarios (CSPDom)

Es la relación entre las viviendas que poseen el servicio con respecto al total de viviendas (Indicadores obtenidos del Anuario Estadístico 2012). Se emplea el cálculo para servicio de aseo urbano, acueducto y alcantarillado.

$$CSPDom = \frac{\sum_{j=1}^n Vcsp_i}{Tv}$$

- CSPDom: % de hogares con cobertura de servicios públicos domiciliarios.
- Vcsp: Viviendas con conexión al servicio público estudiado.
- Tv: Total de viviendas del municipio.
- CSPaseoUR: Cobertura de aseo urbana residencial.
- CASPcueUR: Cobertura de acueducto urbana residencial.
- CSPAlcanUR: Cobertura de alcantarillado urbana residencial.

Índice de Fragmentación Predial urbano rural (IFPreUR)

Este índice relaciona los predios rurales que son iguales o están por debajo de las 2 hectáreas con el total de predios rurales del municipio y ajusta este valor con la relación entre el área que ocupan los predios que están en este rango y el área total de los predios rurales. Se asume 2 ha acorde con el Decreto 3600 de 2007, el cual la define como la superficie mínima de terreno en suelo rural que puede incluir una o varias unidades prediales para la ejecución de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación de inmuebles, de conformidad con los usos permitidos en el suelo rural suburbano.

Se considera que los predios que se encuentran por debajo de la unidad mínima de actuación pueden estar sujetos a altas presiones por las actividades de carácter urbano. Este indicador pretende identificar los municipios donde se evidencia la presión por el cambio en los usos del suelo rural.

$$IFPreUR = \frac{\sum_{j=1}^n P<2ha_i}{Pt} \times \frac{\sum_{j=1}^n Pa<2ha_i}{At}$$

- IFPreUR: Índice de Fragmentación Predial urbano rural.
- P<2ha: Número de predios menores o iguales a 2 hectáreas.
- Pt: Número de predios totales.
- Pa<2Ha: Área de predios menores o iguales a 2 hectáreas.
- At: Área total de los predios.

Coefficiente consumo residencial de energía (CCREne)

Este indicador relaciona el número de suscriptores de energía de uso residencial con la cantidad de kilovatios hora (kWh) de uso residencial totales, con los suscriptores totales en relación a los kilovatios hora (kWh) totales que se consume en el municipio. Este índice busca diferenciar los municipios con diversidad económica y funcional de los municipios con vocaciones netamente residenciales.

$$CCREne = \frac{\sum_{j=1}^n Ser_i}{Set} \times \frac{\sum_{j=1}^n Cer(Kwh)_i}{Cet(Kwh)}$$

- Ser: Suscriptores urbanos residenciales a energía eléctrica.
- Set: Suscriptores urbanos totales a energía eléctrica.
- Cer: Consumo urbano residencial de energía eléctrica.
- Cet: Consumo urbano total de energía eléctrica.

o Indicadores de atractividad urbana

Índice de Capacidad Funcional (ICFun)

El análisis de capacidad funcional permite identificar los servicios urbanos, clasificarlos por tipos y ponderarlos por los niveles de complejidad o nivel jerárquico. Los núcleos urbanos dependiendo del tamaño de la población, así como de la actividad económica principal y generación de empleo y capital, poseen diferentes niveles de complejidad. Algunos núcleos urbanos solo poseen servicios muy básicos, otros por el contrario localizan servicios de alta complejidad, de tal manera que no solo atienden a los habitantes del centro urbano en particular, sino incluso de pobladores de otros municipios. Muchas de las empresas que invierten en las regiones se ven especialmente atraídas por aquellos núcleos que poseen una buena cantidad y diversidad de servicios, como también del más alto nivel de complejidad.

El posicionamiento del municipio o localización relativa frente al conjunto de los otros núcleos urbanos también juega un rol importante en lo que a atracción se trata de emigrantes y de inversión pública y privada. Los habitantes de una región buscan localizarse en áreas que les garantice estar cerca de sus lugares de trabajo y de los servicios que demanda para garantizar un óptimo nivel de vida. El Estado privilegia la inversión en los centros urbanos identificados como relevantes en aglomeración de habitantes y como atractores de pobladores de la región, mientras que la inversión privada busca un equilibrio en la localización de sus empresas, de tal forma que el suministro de materias primas o aprovisionamientos de productos se encuentren cerca de los sitios de origen y de los principales centros de consumo.

El indicador se calcula con la metodología del escalograma de Guttman (Rondinelli, 1998).

$$ICFun = ICSA + ICSP + ICSBC + ICSS + ICSC$$

- ICSA: Servicios administrativos: ingresos municipales, división judicial, notarías, n° predios urbanos, funcionarios radicados en el municipio.
- ICSP: Servicios públicos: teléfonos, transporte, matadero, energía, aseo, acueducto, alcantarillado.
- ICSBC: Servicios bancarios y financieros: bancos y corporaciones, comercio y servicios, industria manufacturera.
- ICSS: Servicios sociales: educación, salud.
- ICSC: Servicios culturales: n° casas de la cultura, n° bibliotecas, n° hoteles residencias y otros, n° emisoras, religiosos, coliseos y estadios.

Índice de Capacidad Turística (ICTur)

Las actividades terciarias cada vez se expanden más sobre el territorio, especialmente las asociadas al fomento del turismo, incluso en las zonas rurales están tomando cada vez más cabida como alternativa frente a las actividades del sector primario. La apertura de nuevas vías o la recualificación de la infraestructura existente puede ser una oportunidad para la inversión en infraestructura para el turismo, especialmente en aquellos municipios que se destacan por su singularidad territorial.

Es probable que algunos de los municipios posean atributos que atraigan a turistas que en la actualidad no se desplazan a estos sitios por las dificultades de accesibilidad, o que el flujo y llegada de los mismos no reporte todavía un ingreso significativo, pero que con el escenario de las Autopistas de la Prosperidad pueda constituirse en una actividad social y económica relevante. El indicador se calcula con la metodología del escalograma de Guttman, haciendo énfasis en los servicios de apoyo al turismo.

$$ICTur = BSC + \sum_{j=1}^n Ch + Si + Vt + \frac{\sum_{j=1}^n Hm_i}{100.000}$$

- ICSBC: Servicios bancarios y financieros, se tienen en cuenta aquellos servicios que atienden las actividades turísticas: bancos y corporaciones, comercio y servicios.
- Ch: Oferta del número de camas de hoteles, residencias y otros.
- Si: Oferta del número de sitios de interés de los municipios (culturales y ambientales).
- Vt: Llegada de viajes por motivo recreación.
- Hm/100 mil Habitantes: Homicidios por cada 100 mil habitantes.

● La dinámica espacial en el sistema urbano-regional

Las vías terrestres cumplen un papel fundamental para estructurar el territorio en diferentes escalas. Establecer o ajustar la conectividad entre asentamientos del sistema urbano-regional permite modificar las condiciones de competitividad, propiciando cambios en el desarrollo económico. En términos territoriales la competitividad de una región o de una localidad se compone de la interacción de tres tipos de ventajas competitivas: empresariales, territoriales y distributivas.

Las ventajas empresariales están relacionadas con el funcionamiento, la organización interna y la eficiencia microeconómica de las unidades productivas localizadas en el territorio, atribuidas a los niveles de productividad, uso del recurso humano y la intensidad del capital vinculado al proceso productivo. Los indicadores utilizados para medir la competitividad empresarial son: productividad del trabajo, remuneración promedio al personal ocupado, relación capital trabajo, entre otros.

Las ventajas competitivas territoriales aluden a las condiciones materiales que ofrecen (las regiones o ciudades) para el desempeño eficiente de las unidades productivas, las cuales se asocian al tamaño poblacional, economías de aglomeración, mercado del trabajo, oferta de suelo urbanizado (para usos económicos) y estructura económica local. Los indicadores de competitividad territorial apuntan a identificar las condiciones de apoyo o de base para el desarrollo de actividades productivas, tales como: tasa de educación superior con respecto a la población total, disponibilidad de camas hospitalarias por cada 100 mil habitantes, índices de calidad de vida, ingresos per cápita, tamaño promedio de las empresas, estructura económica local, entre otros.

Las ventajas competitivas distributivas se refieren a las condiciones que ofrecen las ciudades o regiones en términos de localización estratégica o posición geográfica para la distribución de productos, tiene que ver con las condiciones externas que inciden directamente en los procesos productivos desde la demanda. Las ventajas distributivas están explicadas en función de la dotación del territorio en cuanto a: enlaces carreteros o número de ciudades con las cuales se conecta directamente, distancias promedio entre ciudades del sistema urbano, mercados potenciales de demanda final, mercados potenciales de demanda intermedia, pasajeros movilizados, vuelos y pasajeros internacionales, entre otros

Revisando estos conceptos, la dinámica espacial apunta a identificar y evaluar la articulación de los asentamientos urbanos que componen el sistema urbano-regional a partir de las categorías de: 1) Funcionalidad, que da cuenta de las especificaciones existentes de las infraestructuras para la movilidad vehicular, las cuales, en última instancia, determinan las velocidades y tiempos promedio de recorridos; 2) Conectividad, explicada como el nivel de articulación de un asentamiento urbano específico con el resto de nodos del sistema; 3) Accesibilidad en relación con las facilidades; y 4) Movilidad, entendida como la capacidad de desplazamiento de las personas y de las mercancías.

Para responder a la pregunta respecto a la reconfiguración del sistema urbano-regional debido a los impactos generados por la entrada en operación de las Autopistas para la Prosperidad, se indaga por los vínculos generados exclusivamente a través de las infraestructuras viales terrestres sobre las cuales recae la inversión directa (excluyendo los flujos que se establecen mediante otras modalidades de transporte: aéreas, fluviales, virtuales y de telecomunicación). Las infraestructuras viales analizadas incluyen todas las jerarquías, debido a que las de menor (terciarias), localizadas en el área de influencia, cumplen funciones esenciales para las áreas de soporte.

Los indicadores de dinámica espacial están encaminados a identificar y cuantificar tres elementos determinantes de la competitividad territorial en términos de la conectividad³, accesibilidad y movilidad que se establecen entre los diferentes nodos componentes del sistema urbano-regional.

o **Indicadores de accesibilidad**

Índice de Accesibilidad Absoluta (IAAbs)

La accesibilidad absoluta mide el grado de interconexión de un punto con el resto de puntos de la región estudiada, relacionando los potenciales de población y el tiempo mínimo a través de la red de los núcleos de población a las principales aglomeraciones urbanas. Se trata de calcular la media ponderada del tiempo mínimo que separa a cada núcleo de población con respecto a las diferentes aglomeraciones urbanas a través de la red, considerando la población de éstas como un factor de ponderación.

El Índice de Accesibilidad Absoluta es sensible a la localización geográfica de los núcleos de población, primando a las regiones centrales, lo que resulta fundamental desde el punto de vista del desarrollo regional, en el que la base territorial no puede obviarse (Gutiérrez Puebla, 1993).

Este indicador calcula el promedio de las impedancias (tiempos mínimos de desplazamiento) que separan a cada nodo con respecto a los principales centros de actividad económica (aglomeraciones urbanas) a través de la red (por el camino de mínima impedancia) considerando la población del nodo como factor de ponderación⁴.

$$IAAbs_i = \frac{\sum_{j=i}^n (IR_{ij} * P_j)}{\sum_{j=i}^n P}$$

- IAAbs_i: Accesibilidad absoluta del nodo i.
- IR_{ij}: Impedancia real a través de la red entre los nodos i y j (tiempo mínimo de desplazamiento a través de la red de carreteras).
- P_j: Población de la aglomeración urbana de destino.

Índice de Accesibilidad Relativa (IARel)

El Índice de Accesibilidad Relativa neutraliza el efecto de la localización geográfica, con el objetivo de resaltar más los efectos de la oferta infraestructural sobre la accesibilidad. Refleja al mismo tiempo los índices de rodeo (estructura geométrica de la red) y el tipo de infraestructura en la accesibilidad a los principales centros de actividad (Gutiérrez Puebla, 1993).

3 Entendido como la capacidad para crear vínculos y relaciones a través de una red de corredores que sirven para movilizar persona, bienes, servicios e información, entre diferentes nodos del sistema (asentamientos).

4 Algunos autores establecen la renta como factor de ponderación, pero en este proyecto se ha decidido utilizar la población.

La accesibilidad relativa es un indicador que muestra con gran nitidez el impacto de las infraestructuras sobre el territorio, debido a que cuantifica la calidad del trazado, analizando su grado de aproximación a la línea recta, la cual se entiende como el trazado ideal.

El Índice de Accesibilidad Relativa compara el tiempo mínimo existente entre un núcleo urbano y las aglomeraciones urbanas con el tiempo ideal, entendiéndose por tiempo ideal al que habría si se dispusiera de una unión en línea recta por medio de una vía entre el núcleo urbano y la aglomeración urbana. Para ello cada tiempo de desplazamiento (real e ideal) es multiplicado por la población de la aglomeración urbana con la cual es comparada.

$$IARel_i = \frac{\sum_{j=i}^n IR_{ij} P_j}{\sum_{j=i}^n II_{ij} P_j}$$

- IR_{ij} : Impedancia real o tiempo de desplazamiento real desde el nodo i hasta la aglomeración j .
- II_{ij} : Impedancia ideal o tiempo de desplazamiento ideal desde el nodo i hasta la aglomeración j .
- P_j : Población de la aglomeración urbana en destino.

o **Indicadores de cobertura**

Esta batería de indicadores cuantifica las condiciones de la infraestructura vial disponible para cada municipio en sus diferentes jerarquías, en términos de la cantidad y calidad de dicha infraestructuras, así como del cubrimiento del territorio y de la población.

Índice de Transitabilidad (ITran)

Este índice cuantifica el grado en que las diferentes vías con las que cuenta el municipio se acercan a un grado óptimo de operación (el cual se establece con relación a la velocidad óptima con la cual es posible transitar por ellas de acuerdo con su jerarquía) en función de las condiciones reales de dichas vías: pendiente del terreno, carpeta de rodadura y estado de la misma.

El indicador considera la dificultad real (R) que se presenta para poder transitar por ellas: resistencia (o fricción) al desplazamiento de acuerdo con las condiciones definidas.

$$ITran_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_i L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

- I_{Tran_j} : Índice de Transitabilidad de acuerdo a cada jerarquía vial.
- L: Longitud de cada uno de los tramos viales considerados.
- R: Coeficiente o factor de resistencia al desplazamiento de cada segmento o tramo considerado.

Densidad bruta vial (DBVial)

Este indicador muestra la relación de la longitud total de vías dispuestas para la movilidad terrestre en cada municipio en sus diferentes jerarquías (primarias, secundarias y terciarias), sobre el área total del municipio.

$$DBVial = \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{S}$$

- L: Longitud de las diferentes vías (en sus diferentes jerarquías) dispuestas al interior del municipio [km].
- S: Área o superficie económica neta del municipio [km²].

Coficiente de Engels (CEng)

Este coeficiente permite calcular la eficiencia vial a través de la relación entre la longitud de las vías, tanto con la superficie del área estudiada como con la población que se localiza en este territorio, por lo cual estima la cobertura de dichos servicios viales: cuánta población está servida por las diferentes vías disponibles, por lo tanto permite superar los sesgos de interpretación de la dotación del territorio en términos de densidad vial.

El indicador da cuenta de la posibilidad de una mayor capacidad para garantizar, tanto la circulación como el intercambio de bienes y personas de acuerdo con la población total y superficie involucrada

$$CEng = \frac{L \times 100}{\sqrt{S \times P}}$$

- L: Longitud de las diferentes vías (en sus diferentes jerarquías) dispuestas al interior del municipio [km].
- S: Área o superficie del municipio [km²].
- P: Población del municipio descontando la que habita en el caso urbano.

o Indicadores de movilidad

Las variables de movilidad evalúan las magnitudes de los desplazamientos, tanto de carga como de pasajeros. Estas variables reflejan el nivel de desarrollo funcional y económico alcanzado por las cabeceras o nodos, tanto de origen como de destino, en el sentido de cuantificar la capacidad para atraer pasajeros y generar carga.

Esta cuantificación se mide para cada nodo del sistema, sin considerar las condiciones específicas del origen o destino de dichos desplazamientos.

Atractividad de pasajeros (APax)

Se define como el número de pasajeros (semanales) que llega a cada municipio a partir de los diferentes puntos de origen (tanto departamentales, nacionales o incluso internacionales) en busca de la satisfacción de una necesidad (obteniones de bienes o servicios que ofrece).

Cuantifica la importancia del municipio para satisfacer estas demandas en virtud de las funcionalidades (en número y complejidad de las mismas) que este provee: en términos laborales, educativos, de asistencia médica, recreativos, de provisión de bienes y demás servicios demandados. De ello se deriva que los municipios más demandados (los que presentan un mayor número de viajes atraídos), presentan una mayor complejidad funcional a la par que su condición geográfica permite el acceso a ellos de un mayor número de usuarios de otros territorios.

Considera el número total de usuarios que acceden semanalmente al municipio a través del modo terrestre y fluvial. Los datos para la construcción de este indicador son procesados con base en los resultados arrojados por la Encuesta Origen-Destino en el departamento de Antioquia (Encuesta O-D 2014), elaborada en 2014 por la firma Transporte, Planeación y Diseño Ingeniería S.A para la Secretaría de Infraestructura Física del departamento de Antioquia.

$$APax_i = \sum_j^n Pax_j$$

- APax_i: Atractividad de pasajeros del municipio i.
- Pax_j: Pasajeros que llegan desde el nodo j a través de los modos terrestre y fluvial hasta el nodo i.

Generación de carga (GCrg)

Se define como la cantidad de carga (medida en toneladas semanales) que son emitidas o generadas desde cada municipio hacia los diferentes nodos de destino (tanto departamentales, nacionales o incluso internacionales). Determina la importancia económica del municipio en función de la carga bruta que genera (cuantificada en peso y no en valor económico de productos del sector primario –agropecuarios y mineros– y secundario –industriales y agroindustriales–).

Este indicador está relacionado con el nivel de desarrollo de la base económica del municipio en sus distintos sectores y su área de influencia, factores que determinan el flujo de carga, tanto de salida como de llegada, según el nivel de encadenamiento alcanzado de sus actividades productivas en la escala local, subregional o nacional.

Cuantifica la cantidad de carga (toneladas-semana) que es originada desde cada municipio a través del modo terrestre y fluvial. Los datos para la construcción de este indicador fueron procesados con base en los resultados

arrojados por la Encuesta Origen-Destino en el Departamento de Antioquia (Encuesta O-D 2014), elaborada en 2014 por la firma Transporte, Planeación y Diseño Ingeniería S.A para la Secretaría de Infraestructura Física del departamento de Antioquia.

$$GCrg_i = \sum_j^n Crg_j$$

- GCrg_i: Generación de carga desde el municipio i.
- Crg_j: Carga que es generada desde el municipio i hasta el nodo j.

● El soporte ambiental y económico del sistema urbano-regional

A los bienes y servicios ambientales primarios y recursos naturales es apropiado interpretarlos y entenderlos dentro del marco teórico del desarrollo sostenible, entendido según Talero et al. (2.000), como aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, sin deteriorar el medio ambiente ni el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

La dimensión ambiental es resultado de la intersección de los subsistemas técnico económico y sociocultural del sistema social, con el sistema natural. El reconocimiento de la existencia de la dimensión o sistema ambiental, permite la observación e interpretación de los bienes y servicios ambientales primarios –provistos por la naturaleza– y de los bienes y servicios ambientales secundarios –con intervención humana–, con los cuales se satisfacen necesidades sociales.

Para este trabajo, se agrupan los servicios ambientales en dos grandes categorías: servicios ambientales de provisión y servicios ambientales de regulación, que incluyen de forma general el abastecimiento de agua, alimento, energía y materias primas en la primera, y regulación del clima e hidrología, conservación de la biodiversidad y asimilación de desechos en la segunda, aunque en ésta última categoría no es posible realizar delimitaciones gráficas muy específicas de algunos servicios que son de jerarquía planetaria.

o Indicadores de presión

Índice de Vegetación Remanente (IVRem)

Expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma, es decir, qué tanto de la vegetación primaria permanece en el territorio evaluado. Para este trabajo se calculan tres valores de IVR de acuerdo con el objeto de análisis: el primero a partir de los ecosistemas naturales que deberían existir en el territorio para el cálculo del Índice de Criticidad Ambiental; otro que evalúa las coberturas terrestres relacionadas con

bosques y rastrojos para el análisis de la capacidad existente del territorio en relación con la prestación de servicios ambientales de regulación; y por último, se calcula el IVR para las cuencas abastecedoras de acueductos que se encuentran dentro del buffer de 10 km paralelo a los proyectos viales para el análisis del recurso hídrico.

$$IVRem = \frac{AVRem}{A_t} \times 100$$

Donde **AVRem** es área de vegetación remanente y **A_t** es área total de la unidad en kilómetros cuadrados. Se consideran 4 categorías de transformación, por modificación de la propuesta de Hannah et al. (op. cit), sobre una base cuantitativa. Los resultados se relacionan, por comparación con valores de referencia, con su capacidad para sostener funciones ecológicas y servicios para la sociedad, al tiempo que se relacionan con la sostenibilidad, así:

- NT o no transformado, cuando $IVR \geq 70\%$, esto es, al menos 70% de la vegetación primaria permanece en una unidad. NT corresponde a sostenibilidad alta (SA).
- PT o parcialmente transformado, cuando $70\% < IVR > 30\%$: sostenibilidad (M) media (SM).
- MT o muy transformado, cuando entre $10\% < IVR < 30\%$: sostenibilidad baja (SB).
- CT o completamente transformado, para $IVR < 10\%$: sostenibilidad improbable (NS).

● Índice de Presión Demográfica (IPDem)

Este índice mide las tasas de crecimiento en la densidad de la población humana, sobre la base de que a mayor densidad poblacional, mayor amenaza sobre los ecosistemas.

$$IPDem = DP_{2012} \times r$$

Dónde **DPN** es la densidad poblacional en 2012 (población por 100 ha) y **r** es la tasa de crecimiento poblacional para el período 2007 – 2012, el cálculo de **r** se realizó a partir de la fórmula de crecimiento poblacional:

$$N_{2012} = N_{2007} \times e^{rt}$$

Donde **N₂₀₀₇** es la población en 2007, **N₂₀₁₂** es la población en 2012, **e** es la base de los logaritmos naturales, **r** es la tasa de crecimiento de interés y **t** es el tiempo transcurrido entre los años tomados como referencia, los datos poblacionales se obtuvieron de las proyecciones realizadas por el DANE.

Interpretación del IPDem:

- IPD < 1, el territorio expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse
- 10 > IPD > 1, sostenibilidad media, población y amenazas crecientes pero normales.
- 100 > IPD > 10, sostenibilidad amenazada, crecimiento acelerado de la población.
- IPD > 100, grave amenaza a la sostenibilidad por crecimiento excesivo.

Índice de Fragmentación Predial rural (IFPreR)

La tenencia y fragmentación de la tierra, su papel en la estructura agraria y los conflictos de diverso tipo que se configuran a su alrededor, han estado presentes en la mayoría de los análisis sobre el problema agrario en Colombia. Este índice busca identificar la tendencia minifundista de las áreas rurales del departamento, relacionando el número de minifundios, definidos como todos los predios menores o iguales a una UAF⁵, con el total de predios rurales del municipio y ajustar este valor con la relación entre el área que ocupan los minifundios de cada municipio y el área total de los predios rurales.

Bajo estos mismos parámetros se analizará la estructura predial por tamaño de predio (fragmentación) en el área de influencia del proyecto. El cruce con el potencial (capacidad agrológica) y el uso actual de la tierra, permiten una mirada diferencial de la situación, de sus causas y de sus eventuales efectos, con la puesta en operación de la nueva red de infraestructura.

$$IFPreR = \frac{\sum_{j=1}^n P_{<UAF_i}}{Pt} \times \frac{\sum_{j=1}^n Pa_{<UAF_i}}{At}$$

- IFPreR: Índice de Fragmentación Predial Rural.
- P<UAF: Número de predios menores a la UAF.
- Pt: Número de predios totales.
- Pa<UAF: Área de predios menores a la UAF.
- At: Área total de los predios.

5 Unidad Agrícola Familiar (UAF) se define como “un fundo de explotación agrícola, pecuaria, forestal o acuícola que dependa directa y principalmente de la vinculación de la fuerza de trabajo familiar, sin perjuicio del empleo ocasional de mano de obra contratada”. La UAF es una unidad suficiente para suministrar cada año a la familia que la explote, en condiciones de eficiencia productiva promedio, ingresos equivalentes a 3 salarios mínimos legales. Ver Ministerio de Agricultura, Metodología para determinar la Unidad Agrícola Familiar U.A.F, Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, SINTAP, Santafé de Bogotá, 1992. A fines de 1996 el INCORA decidió cambiar la medición de la UAF a dos salarios mínimos para dar más cabida de beneficiarios.

o Indicadores de sostenibilidad

Índice de Dependencia Ecológica (IDEco)

Este indicador biofísico de sostenibilidad integra el conjunto de impactos que ejerce una comunidad humana sobre su entorno, considerando tanto los *recursos necesarios* para el funcionamiento de la actividad humana, como también los residuos generados en el proceso de consumo y uso de dichos recursos para el mantenimiento del modelo de consumo de la comunidad.

Es decir, es un indicador que facilita la medición del impacto que tiene un modo de vida determinado sobre un territorio específico. Representa el área de tierra o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesarios para generar recursos y además para asimilar los residuos producidos por la población de acuerdo a su modo de vida y de forma indefinida. Fórmula de cálculo del índice de dependencia ecológica:

$$IDEco = \frac{(N \times ef)}{Atm}$$

- N: representa la población municipal.
- Ef: Planetoide personal.
- Atm: área total municipal.

Con el objetivo de articular los ejercicios realizados, tanto a la escala nacional en torno a la configuración del sistema de ciudades para potenciar la competitividad del país, como departamental relacionados con el sistema urbano-regional, se decidió retomar algunos de los indicadores de sostenibilidad ecológica construidos en el trabajo “La ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el Área Metropolitana de Medellín, Colombia” de Agudelo (2010). En dicho trabajo se expone la dependencia ecológica de los municipios que conforman la metrópoli sobre el Valle de Aburrá considerándose como el centro gravitatorio del sistema urbano-regional departamental. Adicionalmente, dichos indicadores incorporan diferentes atributos del DS de manera sinérgica.

En dicha publicación, se realizó un ajuste al cálculo de este indicador, que para la comprensión y lectura correcta del mismo, es necesario retomar. Conocidas las grandes desigualdades sociales y económicas del país, y partiendo de la premisa de que el consumo es proporcional a los ingresos, el autor calculó el planetoide personal discriminado por estratos socioeconómicos en función de sus ingresos, de esta forma, es posible realizar un cálculo de la Huella Ecológica más objetivo (mediante la ponderación del consumo por parte de la población y su capacidad para dicho consumo en función del ingreso para cada estrato), evitando así la generalización del indicador para toda la población.

Se obtuvo un planetaide personal⁶ de 2,316 ha como promedio ponderado para los habitantes de los municipios del Valle de Aburrá, el cual fue tomado como referencia para dicha subregión. Para el resto de las subregiones se consideró un planetaide personal de 1,413 ha obtenido del promedio aritmético de los planetoides personales para los estratos 1, 2 y 3, extraídos del mismo trabajo, debido a que la gran mayoría de los municipios del Departamento tienen el mayor porcentaje de su población clasificado dentro de estos tres estratos, desde el punto de vista del nivel de ingreso promedio. Fórmula de cálculo para el planetaide personal (PP):

$$ef = \sum_{1=1}^n aa$$

Donde: **aa** representa el área apropiada para la producción de cada uno de los principales artículos de consumo.

Tabla 6. Planetaide personal ajustado y sus referentes a nivel mundial

ESTRATO	PLANETOIDE PERSONAL POR ESTRATO	PAÍS CON PP EQUIVALENTE
1	1,170	Indonesia (1,1), Perú, Filipinas, Turquía (1,2)
2	1,326	Colombia, Nigeria
3	1,744	China (1,5), Egipto, Tailandia y Jordania (1,5)
4	2.440	Brasil (2,4), México (2,5), Promedio mundial (2,3)
5	3,404	Corea (3,3), Chile (3,1)
6	3,812	Polonia (3,7), Italia (3,8)
Total	13,897	
Media	2,316	

Fuente: “La Ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el Área Metropolitana de Medellín, Colombia” (Agudelo. 2010).

De otro lado, para simplificar el análisis de las dependencias a partir de la Huella Ecológica se agrupan los servicios ecosistémicos en dos grandes categorías como se mencionó anteriormente: servicios de regulación, que se refieren a los servicios de regulación del clima, regulación y saneamiento del recurso agua, polinización, formación de suelos, producción primaria, entre otros de escala global; y los servicios de provisión, donde se encuentran los servicios de aprovisionamiento de alimentos, agua dulce, leña y fibras, entre otros elementos de consumo.

6 Que se define como la suma del área apropiada o usada por persona para la producción de cada uno de los principales artículos de consumo.

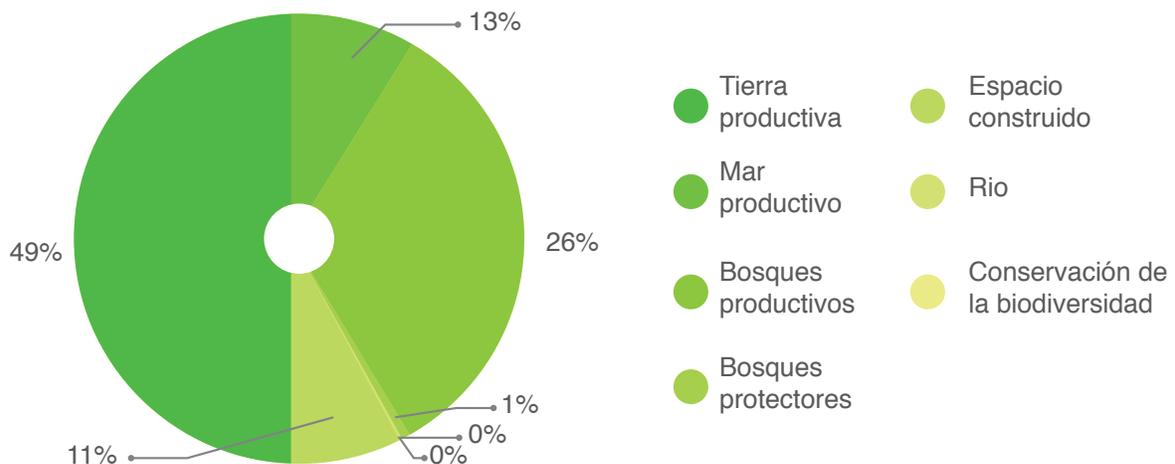
Se encuentra, que al relacionar las dos categorías de servicios ecosistémicos tenidas en cuenta, el 13% del planetoide hace referencia al área requerida para satisfacer a la población por demandas de servicios de regulación (aproximando los porcentajes de uso de río, conservación de la biodiversidad y bosques protectores) y en el 87% restante se ubican las áreas requeridas para la satisfacción de la demanda de provisiones impuesta por el consumo poblacional. Aunque lo anterior es una aproximación para efectos de la realización de análisis, es claro que en cada una de las categorías definidas se prestan también servicios ambientales de su par complementario, pero en magnitudes considerablemente más bajas.

Tabla 7. Planetoide personal ponderado

USOS DEL SUELO	HA/HABITANTE/AÑO	REPRESENTATIVIDAD
Tierra productiva	1.1387	0.4938
Mar productivo	0.2954	0.1281
Bosques productivos	0.6059	0.2627
Bosques protectores	0.0116	0.0050
Espacio construido	0.0071	0.0031
Río	0.0002	0.0001
Conservación de la biodiversidad	0.2471	0.1072
Planetoide personal	2.3060	1.0000

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4. Distribución de usos del suelo para PP ponderado



Fuente: tomado de La ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el Área Metropolitana de Medellín, Colombia (Agudelo, 2010).

Índice de dependencia ecológica para la regulación (IDER)

Teniendo en cuenta las categorías de servicios ecosistémicos considerados, a partir de los valores obtenidos de las Huellas Ecológicas municipales, se procede a calcular un estimativo de dependencia de cada municipio sobre los servicios ecosistémicos de regulación, que representa la relación porcentual entre las áreas necesarias, dedicadas a usos que contemplen los servicios que necesitaría cada municipio en relación a su población (componente de servicios de regulación de la Huella ecológica 13%) y las áreas municipales que se han destinado a dichos usos.

Para el caso de estudio, esta relación se configura desde dos perspectivas diferentes: en primera instancia, se construye la relación con el área que presenta una capacidad agrológica que posibilita este tipo de servicios ecosistémicos dentro del territorio municipal y en segundo lugar, se realiza respecto al área municipal que presenta usos con coberturas que prestan servicios ecosistémicos de este tipo. A continuación las fórmulas de cálculo correspondientes:

$$IDER_{ca} = \frac{PPr (ha) \times hab}{Acar}$$

- IDER_{ca}: Índice de Dependencia Ecológica para la regulación por capacidad agrológica.
- PPr (ha): Planetoide personal para la regulación en hectáreas.
- hab: Habitantes del municipio.
- Acar: Área con capacidad agrológica para la regulación.

$$IDER_{uso} = \frac{PPr (ha) \times hab}{Ausor}$$

- IDER_{uso}: Índice de dependencia ecológica para la regulación por uso
- PPr (ha): Planetoide personal para la regulación en hectáreas
- hab: Habitantes del municipio
- Ausor: Área con usos de regulación

Índice de Dependencia Ecológica para la provisión (IDEP)

Esta estimación es el complemento del índice de dependencia ecológica para la regulación, dado que consiste en la relación porcentual entre las áreas necesarias para satisfacer las necesidades de servicios ecosistémicos de provisión de la población (componente de servicios de regulación de la Huella Ecológica 87%) y las áreas municipales que se han destinado a dichos usos.

De la misma forma, el cálculo se realiza en las perspectivas mencionadas anteriormente, relacionando las áreas de dependencia de acuerdo a la Huella Ecológica con las áreas con clase agrológica que tendrían capacidad de prestar servicios ecosistémicos de provisión, como también con áreas de las coberturas presentes en el territorio que cuentan con la misma capacidad. A continuación las fórmulas de cálculo correspondientes:

$$IDEP_{ca} = \frac{PPp \text{ (ha)} \times \text{hab}}{Acap}$$

- IDEP_{ca}: Índice de dependencia ecológica para la provisión por capacidad agrológica.
- PPp (ha): Planetoide personal para la provisión en hectáreas.
- hab: Habitantes del municipio.
- Acap: Área con capacidad agrológica para la provisión.

$$IDEP_{uso} = \frac{PPp \text{ (ha)} \times \text{hab}}{Ausop}$$

- IDAP_{uso}: Índice de dependencia ecológica para la provisión por uso.
- PPp (ha): Planetoide personal para la provisión en hectáreas.
- hab: Habitantes del municipio.
- Ausop: Área con usos de provisión.

o **Indicadores de balance**

Se parte de la perspectiva de sostenibilidad del ecodesarrollo, que pretende dirigir el aprovechamiento de los recursos específicos para satisfacer las necesidades de la población en materia de alimentación, alojamiento, salud, educación, estando estas definidas de una manera realista y autónoma, para evitar los efectos nefastos de las manifestaciones del estilo de consumo de los países ricos (Jiménez, 1997 Citado por Agudelo, 2010). También de la articulación con los lineamientos construidos en el documento la misión del Sistema de Ciudades “Relación sistema de ciudades y entorno rural” (2012), que tiene como objetivo dirigir el aprovechamiento del territorio mediante la asignación de usos del suelo más acorde con la capacidad agrológica del mismo. En este sentido, es importante conocer las posibilidades de autonomía para la producción de los bienes y servicios que satisfagan las necesidades mencionadas, en función tanto de su potencial (capacidad agrológica), como de su uso actual (coberturas terrestres).

Teniendo en cuenta la distribución porcentual de usos para el planetoide personal se evidencia que la determinación de usos del suelo que prestan servicios ecosistémicos de provisión, genera presión sobre los usos del suelo que prestan servicios de regulación, razón por la cual se proponen las siguientes relaciones que permitan estimar la subutilización o sobreutilización del suelo, en función de la capacidad agrológica del territorio y las coberturas presentes en el mismo:

Coeficiente de balance por vocación natural (CBVNat)

Este indicador toma la capacidad agrológica del suelo (IGAC, 2007), una relación que hace evidente para qué tipo de usos es más propicio el territorio municipal en función de su potencial, asumiendo que los valores más cercanos a 1 (± 20%) denotan potencialidades territoriales equitativas para la prestación

de las dos grandes categorías de servicios ambientales, (provisión y regulación), de manera que para valores superiores a 1,2 se clasificarían como territorios con vocación para prestar servicios ambientales de provisión y para valores inferiores a 0,8 se clasificarían territorios con vocación para servicios ambientales de regulación:

$$CBNat = \frac{SAP_{Ca}}{SAR_{Ca}}$$

- SAP_{Ca} : Área municipal con capacidad agrológica propicia para usos que prestan servicios de provisión.
- SAR_{Ca} : Área municipal con capacidad agrológica propicia para usos que prestan servicios de regulación.

Coefficiente de balance por uso (CBUso)

Partiendo de las coberturas terrestres (IGAC, 2007), esta relación muestra el balance real de usos dentro del territorio municipal, independientemente de la capacidad agrológica sobre la cual se encuentra el uso, donde es posible estimar la sobreutilización y/o subutilización de los ecosistemas haciendo una lectura en paralelo con la vocación territorial.

$$CBUso = \frac{SAP_{COB}}{SAR_{COB}}$$

- SAP_{COB} : Área con coberturas terrestres que prestan servicios de provisión.
- SAR_{COB} : Área con coberturas terrestres que prestan servicios de regulación.

3.1.2. Categorías y variables sociodemográficas

Con el fin de comprender las implicaciones de las Autopistas en las dinámicas sociodemográficas, así como en las condiciones de vida de los habitantes de los territorios influenciados por la construcción de la obra, desde dicha dimensión se analizan las siguientes variables:

- **Dinámicas sociodemográficas**

Buscan proporcionar un conocimiento de la demografía de un grupo humano específico, a partir de la comprensión de cómo las dinámicas sociales la influyen de manera directa y determinante: procesos de crecimiento, decrecimiento, tamaño, estructura y movilidad poblacional, son totalmente dependientes de dinámicas físico-ambientales (equilibrio sistémico del entorno), económicas (presencia y aprovechamiento de los recursos), políticas (construcción de lo público y estrategias) y sociales (agentes y su producción

espacial). A su vez, las dinámicas sociales se entienden como aquellos procesos producto de las orientaciones que da una sociedad para organizar las acciones de sus individuos en función de una idea de bienestar y una meta de desarrollo material y no material por estos compartida⁷.

Las dinámicas sociodemográficas pueden entenderse como la construcción espacial, en relación a los procesos generados por una sociedad para el logro de su bienestar, de aquello que valoran. Estas dinámicas se concretan en el crecimiento, decrecimiento y localización espacial de su población, entendidas no como indicadores sino como procesos socioculturales. Una lectura desde lo sociodemográfico da cuenta de la relación bienestar y población, y su concreción espacial. Así, los procesos relacionados con educación, salud, ingresos, vivienda, alimentación, seguridad, entre otros, y también otros asuntos no medibles, pero sí posibles de leer en construcciones culturales, históricas y futuras, son determinantes en la demografía.

o **Atracción/expulsión/permanencia de población en el territorio**

Para el análisis demográfico, los resultados de la atracción/expulsión/continuidad que pueden ser producidos por las autopistas de la prosperidad están estrechamente relacionados con la calidad de vida, en la medida que su aumento y la garantía de la vida se dé, si no en mejores, por lo menos en las mismas condiciones, así que la continuidad y atracción de población puede ser uno de los principales resultantes. De igual modo, la falta de garantías sobre el respeto a la calidad de vida termina generando la salida de población del territorio y el desestímulo para la localización, por lo menos de residentes, y un posible cambio de usos y población a ellos asociados.

Estos procesos están relacionados con el concepto demográfico de migración que se abordará en el análisis. Se propone este énfasis en los análisis demográficos, pues las Autopistas de la Prosperidad pueden considerarse como un factor generador, de gran magnitud.

La lectura de la atracción/expulsión/continuidad territorial será medida para dos momentos: el corto plazo, referido al lapso que dura la construcción de la obra, en este caso será un tipo la población atraída, las actividades que la población realiza para responder y las medidas que cada territorio adopta para responder a las demandas e impactos que esto trae; y, en el largo plazo que es la puesta en marcha, serán otros los pobladores atraídos, los expulsados y las consecuencias en el territorio.

⁷ Guía para análisis de dinámicas poblacionales. Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo. Bogotá, 2005. Guía para análisis demográfico local. herramientas para incluir el enfoque poblacional en los procesos de población en los procesos de planeación del desarrollo integral. UNFPA y Universidad Externado de Colombia, Colombia, 2009.

- **Calidad de vida**

Los estudios sobre las condiciones de vida de las personas han derivado en identificar los aspectos que le permiten a las sociedades alcanzar mejores niveles de vida, cambios que se logren evidenciar en aumentos de su calidad. La discusión se ha centrado en la forma de medirla, pasando por la tradicional corriente utilitarista, dominante de la economía neoclásica, en la cual se consideran los recursos como fuente del bienestar y utilidad, hasta los planteamientos de la justicia de John Rawls y posteriormente el enfoque de las capacidades Amartya Sen, quien se pregunta por la capacidad de las personas para transformar los bienes en funciones del ser y el estar. Actualmente, al menos en la economía política, se acepta que la calidad de vida trasciende los resultados de la producción y el estándar de vida, al permitir la coexistencia de una cantidad de factores que afectan lo que las personas valoran para su vida (Stiglitz, Sen y Fitoussi, 2008).

Sin embargo, el problema se evidencia en las mediciones que privilegian los resultados en la cantidad de recursos disponibles. El enfoque tradicional de la medición del bienestar se centra más en identificar la cantidad de recursos que los individuos tienen, la cantidad de dinero y activos para consumir, menos en lo que los bienes hacen a los seres humanos. El componente sociodemográfico adquiere la postura de analizar el bienestar en función de responder ¿Cómo le va a las personas en su vida?, en lugar de identificar ¿Cuántos recursos tiene el territorio para mejorar y sostener altas tasas de crecimiento económico? El centro de atención en la expansión de capacidades de las personas para ser y hacer lo que consideran como valioso para la vida, permite enfocar los esfuerzos en identificar los resultados en la calidad de vida en función de las Autopistas. Así, las autopistas se conceptúan como un recurso, una expansión de oportunidades que debe evaluarse en función de las capacidades para lograr bienestar.

Bajo esta perspectiva, se indaga por las capacidades de los grupos sociales para hacer de las autopistas de la prosperidad un activo que permita mejorar la calidad de vida y, también, su contraparte, cuando en algunas circunstancias llevan a su deterioro. Las Autopistas se presentan como un recurso y los individuos son quienes lo usan y se apropian de él para convertirlo, según sus capacidades, en elementos valiosos para la vida. El foco de atención se hace en las oportunidades, en tanto las Autopistas transforman las dinámicas territoriales y favorecen posibilidades diferenciadas en el espacio. Dichas diferencias, en conexión con las capacidades para convertir esas oportunidades en resultados valiosos, serán la forma de identificar la calidad de vida que promueve el proyecto en los diferentes territorios.

La cara de la oportunidad, que se percibe como positiva en el territorio, trae consigo la necesidad de completar el análisis con aquellas implicaciones ne-

gativas de las Autopistas sobre el espacio social. Mediante la postura teórica de la justicia espacial, el componente aborda las diferencias en la producción espacial que trae el proyecto de Autopistas para la Prosperidad.

● Relaciones urbano-rurales

La ruralidad se asume aquí como una situación compleja y diversa más allá de la dicotomía urbano-rural, de la diferenciación cabecera y resto, o de la mirada de lo rural solo como subsidiario de las dinámicas urbanas. Se parte de reconocer la ruralidad como resultado de la tendencia a complejizaciones territoriales asociadas a:

- La estructura productiva en el campo cada vez más diversificada, no exclusivamente dependiente de las actividades agropecuarias, con evidente crecimiento significativo de actividades de transformación y de servicios, que generalmente —pero no siempre— están vinculadas a la agricultura o a la base de recursos naturales (Rodríguez Adrian, 2008)⁸.
- La creciente integración funcional entre lo rural y lo urbano con el consecuente aumento de los flujos de personas, bienes e información, entre las áreas rurales y urbanas y aumento de las interrelaciones de todo tipo entre ambas áreas (movilidad, fluidez y adaptabilidad; descompartimentación).
- Creciente revalorización y resignificación de paisajes naturales, culturales agrarios, en función de los nuevos imaginarios colectivos de futuro del patrimonio paisajístico y cultural y en torno a la función social y ecológica del sistema de asentamientos rurales, a la diversidad ecológica-cultural como patrimonio, con incremento en la demanda por los atractivos que ofrece el espacio rural, tanto para recreación como para residencia (Terrha- DNP, 2011).
- La transformación en los estilos de vida y valores tradicionalmente asociados con lo rural, principalmente por el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación y a las emergentes formas de la sociedad virtual.
- La descentralización política y la pugna por cohesión social y territorial de instancias locales y regionales. A su vez surgen nuevas modalidades económicas, ecológicas (los encadenamientos urbano-rurales, el empleo rural no agrícola, la provisión de servicios ambientales, las certificaciones agroambientales o “sellos verdes”, el comercio justo, los pueblos como centros de servicios), modalidades autogestoras y autoorganizativas de una gran cantidad de comunidades que actualmente presentan una combinación entre métodos tradicionales con innovaciones técnicas, que posibilitan una mejora en sus términos de intercambio y por tanto, un incremento en su nivel de vida (Barkin y Rosas, 2006; Toledo y Altieri, 2011; Toledo, 2006 Martínez-Alier, 2004; Santiago y Barkin, 2006; Zuluaga 2011).

⁸ Los sectores más directamente ligados a los recursos naturales, que marcan la esencia de la ruralidad, hace tiempo han superado lo agropecuario. La minería, el turismo, la agroindustria, las artesanías, la comercialización, la construcción, la infraestructura, los servicios a las empresas, los servicios personales, inclusive los servicios de gobierno y financieros, dan cuenta de un esquema complejo y diverso de inversiones y mercados laborales.

- El salto del control del territorio a la explotación empresarial de la tierra con megaproyectos sin desarrollo rural, tendencia acentuada en el país. El Estado ofrece seguridad, confianza inversionista y estímulos a la explotación empresarial en grandes proyectos. Se invierte y especula con las tierras. No hay reforma agraria ni desarrollo rural con agricultura familiar. Se propugna por la explotación competitiva de los activos adquiridos. El proceso de legalización del despojo avanza (Machado, 2013).

Desde el enfoque de las capacidades diferenciales, la perspectiva de la vulnerabilidad tiene un interés sobre la relación rural-urbano.

Operacionalmente se parte de la diferenciación entre suelo rural y suelo urbano, entendiendo que son categorías en principio de orden administrativo, pero que contrastan con la disponibilidad de los requisitos ambientales totales (biofísicos, económicos, sociales, culturales, etc.) para el establecimiento, el desarrollo y el despliegue de los modos de vida como forma de ocupar y transformar el espacio o para que sean reemplazados por otros.

La indivisible relación local-cotidiano, es el punto de partida. Así, lo local, en este caso es entendido como un entramado de relaciones cotidianas (espacio-temporales) que concretan en lo inmediato los sentidos y las valoraciones del mundo, e implica una manera distinta de desempeño cotidiano, lo cual es precisamente lo que se vería comprometido en uno u otro sentido con la llegada del proyecto de Autopistas para la Prosperidad. Lo cotidiano se comprende entonces como las prácticas en el espacio inmediato, que en la dimensión sociodemográfica tienen que ver con cómo se resuelven los asuntos diarios de: educación, salud, alimentación, recreación, congregación, creación, entre otros.

A partir de las variables identificadas se definieron una serie de instrumentos para recolectar información, analizarla y generar resultados que permitan identificar estas implicaciones y acciones a proponer.

Como producto de esto se realizó un rastreo de experiencias en el mundo, trabajo que se complementó con el análisis a partir de fuentes secundarias de tres casos de control: Autopista Medellín-Bogotá, Vía a Urabá, Rutas del Sol. Para ello se revisaron aproximadamente 300 documentos entre artículos, prensa, libros, tesis.

Al tiempo, se ordenó la información para la línea base de dinámicas demográficas y se buscó información que permitiera construir el contexto social de los tramos, con el fin de poder cruzar y generar análisis calificados. A partir de lo anterior se identificaron conclusiones provenientes de otros casos y que con el contexto claro se pudieron analizar, relativizar, descartar o replantear según la realidad propia del territorio antioqueño.

Después de este primer análisis, se construyeron hipótesis que fueron sometidas a discusión durante las entrevistas y las salidas de campo realizadas a algunos de los municipios implicados en las rutas del sol: Puerto Salgar, Puerto Boyacá, Honda, Villeta, lo cual permitió verificar cuáles se aplicaban o no en experiencias y contexto colombiano.

Las hipótesis corroboradas, a partir de la experiencia en campo, entrevistas y consultas, y donde se pudo identificar un contexto similar al de Antioquia, se convirtieron en hipótesis propias, específicamente en lo referente a la etapa de construcción. Finalmente, se asumieron criterios para identificar los municipios en donde hay mayor o menor posibilidad de ocurrencia de estas implicaciones.

El análisis de estas implicaciones identificadas, según el contexto, las leyes, y también otras experiencias, finalmente permiten construir propuestas que para el corto plazo, deberían ser acciones inmediatas y para el largo plazo acciones de largo aliento que en algunos casos deben comenzar a activarse desde ahora.

A continuación se presentan las herramientas e instrumentos principales utilizados para el análisis sociodemográfico:

Gráfico 5. Esquema ruta despliegue metodológico del componente sociodemográfico



Fuente: elaboración propia.

- **Técnicas e instrumentos**

- Revisión de experiencias en infraestructura. Se hizo el levantamiento de experiencias similares, se compiló y se realizó una lectura cuya entrada se restringió a las implicaciones y/o impactos en la calidad de vida y las dinámicas demográficas con el fin de buscar supuestos e hipótesis iniciales.
- Análisis de casos de control. Se detectó la información disponible relacionada con los casos de control seleccionados con el fin de identificar a las implicaciones y/o impactos en la calidad de vida y las dinámicas demográficas, con la pretensión de buscar supuestos e hipótesis iniciales.
- Consulta con actores en los municipios del área de influencia directa. Se consideró importante construir una aproximación a implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad desde la indagación de las expectativas de los actores sociales frente a la construcción e implementación de este proyecto, lo cual partió de tópicos identificados por el equipo técnico desde el estudio y revisión de investigaciones realizadas por diferentes autores sobre megaproyectos viales en varios países. El trabajo de campo fue realizado en algunos municipios del área de influencia, a partir de una selección buscando obtener una muestra cualitativa que validara establecer posibles implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad.

Buscando conocer aspectos de la realidad local a partir de la experiencia de los actores sociales, se obtuvieron lecturas de la realidad actual y de las expectativas frente a la construcción e implementación de las Autopistas para la Prosperidad. Para ello, se realizó un trabajo de campo siguiendo algunas de las propuestas principales de la estrategia de investigación conocida como teoría fundada o fundamentada.

Se realizó una serie de entrevistas semiestructuradas en los municipios del área de influencia directa del proyecto, con actores locales cualificados (actores sociales) que se considera tienen un conocimiento de la realidad de su municipio y están interpretando las tendencias de cambio en el que están inmersos desde dinámicas locales y regionales. Se indagó por la forma como las personas relacionan la construcción de las Autopistas para la Prosperidad con sistemas productivos, condiciones de vida asociadas a calidad de vida, educación y salud, habitabilidad, dinámicas demográficas y relaciones urbano-rurales de la realidad actual y futura de las localidades. Así, se entrevistaron personas tanto de las administraciones municipales (secretarios de Educación, Desarrollo (Comunitario y Rural), Salud, Cultura y Turismo), como de organizaciones de base, sectores religiosos y económicos. A su vez, se realizaron recorridos de lectura e interpretación del paisaje en las zonas urbanas y rurales, que permitieran reconocer y contrastar la dinámica socioespacial en cada municipio. Se realizaron 129 entrevistas en 30 municipios a actores cualificados (actores sociales).

En un primer nivel de análisis, las entrevistas fueron examinadas buscando la información pertinente para generar unidades de análisis que agruparan patrones y/o excepciones, las cuales quedaron registradas en una base de datos con registros anidados por cada municipio, estableciendo tópicos que se constituían en patrones o en excepciones de las expectativas de la población frente a las implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad. En un segundo nivel, se depuraron las diferentes unidades de análisis de los municipios de cada coenxión buscando reagrupamientos de patrones y excepciones por mayor singularidad, hasta lograr una matriz global para todos los municipios, diferenciando implicaciones de corto y largo plazo y de mayor, mediana y baja influencia, a partir del trabajo de análisis y síntesis.

Los resultados de este proceso se ponen en diálogo con los resultados del trabajo cuantitativo, es decir del cálculo de indicadores.

Como parte de este componente se desarrollaron tres herramientas fundamentales para la obtención de resultados: Índice de Acceso a Oportunidades, Índice de Ruralidad y proyecciones demográficas 2020-2030.

- **Índice de Acceso a Oportunidades (IAO)**

El Índice de Acceso a Oportunidades busca, a partir de la puesta en relación de las situaciones sociales de la población y las condiciones de movilidad (infraestructura y transporte), identificar los niveles de accesibilidad física de las personas, de un lugar en específico, a una serie de bienes y servicios, pero además y sobre todo, hace posible comparar entre regiones el impacto de las autopistas, es decir, aporta a la construcción de la respuesta sobre qué tanto aportan las Autopistas para la Prosperidad a la disminución de brechas en el departamento de Antioquia.

El IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) tiene como finalidad identificar el conjunto de oportunidades a los que puede acceder una persona dentro de un municipio determinado. Ese conjunto de oportunidades no solo se debe ligar a la división administrativa que se hace del territorio, pues las personas se pueden movilizar y de esta manera, alcanzar un conjunto de oportunidades un poco mayores. Tal situación es la que se trata de mostrar con el IAO, las oportunidades locales y las oportunidades a las que puede acceder a través del transporte.

Para ello, el IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) parte de algunos supuestos que en futuras aplicaciones se podrían comenzar a disminuir: el primero de ellos, y quizás el más fuerte, es que toda la población de un mismo municipio presenta exactamente las mismas opciones de acceso a una oportunidad, si bien es un supuesto fuerte, con los análisis posteriores de pobreza y su relación con el IAO, se trató de tener en cuenta las diferencias internas de los municipios.

Un segundo supuesto, con fines de encontrar lineamientos de política, es hacer que algunos servicios generadores de oportunidades mantengan su oferta fija en el tiempo, con ello se puede identificar si se crea la necesidad de mejorar tales implementos y además permite simplificar un poco la manera de proyectar información. Un último supuesto del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) es definir el conjunto de oportunidades de la población a través de seis variables, las cuales tratan de representar aquellos elementos que pueden tener injerencia en los cambios de calidad de vida de la población. Estas variables son: educación, salud, inversión del sector público local, importancia del sector privado, esparcimiento y destinos disponibles.

Los resultados del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) permiten identificar los impactos que tienen los medios de transporte sobre las oportunidades de la población, ya sea porque las aumente, o porque las disminuya debido a una mayor demanda. De igual forma, permite identificar posibles brechas entre regiones frente al acceso que puede tener su población a oportunidades y cómo pueden influenciar las Autopistas para la Prosperidad en esta configuración. Por esta razón, el índice se desarrolla en dos partes, una primera identificando la configuración actual y una segunda con la configuración generada a partir de la puesta en marcha de las Autopistas. A continuación se detalla la metodología empleada para el cálculo de este índice, comenzando por la descripción de cada variable y posteriormente la agregación en el IAO.

o **Educación**

Esta variable representa la oportunidad que tiene la población para formarse y calificarse con la idea de acceder al mercado laboral, lograr una mayor remuneración, pero principalmente ampliar su visión del mundo y fomentar el crecimiento personal a partir de los conocimientos adquiridos. Esta es una dimensión definida como fundamental desde los determinantes objetivos de la calidad de vida de una población, es decir, técnicamente siempre está incluida como favorecedora del desarrollo humano. Desde el punto de vista de la realidad colombiana y más específicamente del departamento de Antioquia, se puede decir que la cobertura y en general, la prestación de este servicio en la educación primaria y secundaria está prácticamente resuelto, pues en los últimos años ésta ha sido una meta de los gobiernos locales y nacionales, lo que se ratifica a partir de la información estadística en cuanto a cobertura. En este sentido, así en calidad y pertinencia se puedan tener problemas, aquí se va a partir del supuesto que este servicio se puede resolver directamente en cada municipio, por ello el enfoque de esta variable es respecto a la educación superior.

Se tiene en cuenta, entonces, la presencia de instituciones de educación superior que ofrecen programas en los diferentes municipios de Antioquia. Es importante aclarar que no se considera el número de programas que se ofrecen, la cantidad de cupos, la pertinencia de los programas ni los estudiantes

matriculados, porque desde el punto de vista del IAO lo que interesa es la posibilidad u oportunidad que tenga la población de acceder a este servicio, cuál es la oferta y calidad educativa como tal. Sin embargo, sí es importante hacer diferenciaciones entre la naturaleza de las instituciones que hacen presencia en los municipios, pues según esto pueden atraer más o menos población.

No se puede esperar que haya una oferta de educación superior permanente en cada uno de los municipios del departamento, pues no es viable financieramente ni para el Estado, ni para el sector privado. Así que no se puede castigar a un municipio porque no tenga la presencia de este tipo de instituciones en su territorio, así que para solucionar esto, es fundamental un sistema de transporte y comunicaciones que permita el acceso a esta oportunidad. Pero este tratamiento es tenido en cuenta para el cálculo final del IAO, en esta variable se mostrará solo la presencia de instituciones en cada municipio. Teniendo en cuenta los aspectos anteriores a continuación se describe la manera en que se hace la calificación de esta variable según el tipo de institución localizada en el municipio.

En primer lugar, el Sena es la institución que más presencia tiene en los diferentes municipios del Departamento y dado que los programas que ofrece son de tipo técnico y tecnológico se supone aquí, a partir de los resultados del trabajo de campo, que éste no tiene un incentivo fuerte para atraer población. En segundo lugar, existen algunas instituciones privadas que hacen presencia en las regiones del departamento, estas ofrecen programas de pregrado y posgrado, pero debido a los costos de matrícula y las condiciones económicas de la población de esas subregiones, no permiten una movilidad importante hacia estas sedes, pues quienes tengan la posibilidad económica para este tipo de instituciones, muchas veces en vez de dirigirse a municipios cercanos a ellos, suelen ver a Medellín como una mejor opción, así que estas instituciones si bien son importantes y atraen más que el Sena, no tienen la fuerza suficiente para atraer un poco más allá del municipio sede y aquellos más inmediatos.

Por último, se puede hablar de las instituciones de educación superior públicas que también ofrecen programas de pregrado y de posgrado, pero tienen una diferencia sustancial frente a las privadas y son los costos de matrícula, pues son más bajos y por tanto la posibilidad de ingresar a este tipo de institución y permanecer allí se aumenta, por lo tanto, estas instituciones pueden atraer población por fuera del municipio en que se localice la institución. Teniendo en cuenta estos parámetros y partiendo de la información brindada por el Anuario Estadístico de Antioquia para el año 2012 sobre la presencia de instituciones de educación superior en los municipios del Departamento, se califica la oferta educativa local con base a los pesos definidos en la tabla siguiente.

Tabla 8. Pesos para identificar oferta educativa local

NATURALEZA DE LA INSTITUCIÓN	PESO
Pública	7
Privada	6
Sena Sede	4
Sena Tecnología	2
Sena Técnica	1

Fuente: elaboración propia.

Con base en esto, la presencia de una institución pública y una sede del Sena le otorgan a ese municipio 11 puntos, los cuales por sí solos no tienen una unidad de medida, representan más magnitudes y diferencias entre unos y otros a partir de la explicación anterior. De esta forma, cada municipio obtiene un valor determinado, lo que se procede a calcular es un índice de educación que vaya de cero a uno, a partir de la metodología empleada para el cálculo del Índice de Desarrollo Humano (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Mexico, 2012), esta transformación se realiza con todas las variables para que sean comparables entre sí y poder calcular el IAO fácilmente.

Finalmente, para el caso del modelo pos-autopistas se hace el supuesto que esta oferta educativa se mantiene, esto por dos razones básicamente, en primer lugar, porque no hay fuentes oficiales que permitan conocer hacia qué nuevos municipios las instituciones de educación superior estarían dispuestas a ofrecer sus servicios y en segundo lugar, porque esta es una oferta que no tiene grandes variaciones en el tiempo, pues el costo es alto para llevar nuevas instituciones a los municipios, lo que puede variar es el número de programas ofrecidos, pero aquí se está teniendo en cuenta es cantidad de instituciones y no de programas.

o **Salud**

Salud es una variable que puede incluir una gran cantidad de información, pues se puede hablar de la prevención, los cambios de hábitos culturales y de la atención de las enfermedades. Para este índice se toma la visión de la prestación del servicio en salud, es decir, se toma en cuenta la oferta del servicio que se encuentra en cada municipio de Antioquia, en este caso el grado de complejidad de los servicios prestados en las IPS de los municipios.

Para la medición de esta variable se parte de los tres niveles que existen desde la legislación colombiana, nivel uno con una complejidad baja, nivel dos con una complejidad media y nivel tres con una complejidad alta. El sistema de salud define según las cercanías de los municipios en cuál de ellos debe tenerse un nivel dos, que es a donde se remiten los pacientes con enfermedades que no pueden ser resueltas en uno de nivel uno, mientras que aquellas

enfermedades que no puedan ser atendidas en un nivel dos son remitidas al nivel tres. Por costos de cada uno de estos niveles, solo se presenta un municipio con nivel tres en el sector público en el departamento que es Medellín, los demás tienen nivel uno o dos. Sin embargo, en el sector privado se han dado iniciativas que han llevado a tener hospitales de nivel tres tanto en Rio-negro como en Apartadó, los cuales son tenidos en cuenta para este cálculo.

Cada municipio entra a la variable con el nivel de complejidad que presenta y de allí se calcula el índice de cero a uno. Finalmente, para el modelo pos-autopistas, se supone que la oferta de salud no varía, pues es bastante estable en el tiempo, por los altos costos de creación de nuevas IPS.

o **Sector público**

En municipios pequeños con pocas oportunidades laborales, el sector público representa el mayor empleador y dinamizador de la economía local, de igual forma, es quien presta diferentes servicios fundamentales para el desarrollo de la población como el alcantarillado, el acueducto, la energía, la construcción de vías, los subsidios y demás. Así, cuando las comunidades no son capaces de autogenerar recursos para satisfacer sus necesidades, el Estado y sobre todo, el local que conoce más claramente las necesidades de su población, tiene un papel preponderante para la generación de oportunidades en las personas.

En este sentido, el presupuesto de cada municipio es un dato que representa las posibilidades de inversión de la Alcaldía y en cierta medida, la posibilidad de generación de oportunidades por parte del sector público local. Sin embargo, este presupuesto se dedica tanto para la inversión como para el funcionamiento de las mismas, de allí que el monto a tener presente es el de la inversión, porque es lo que efectivamente ese municipio invierte en la generación de oportunidades para su población. La forma de cálculo parte de deflactar los datos para que todos queden a precios de 2005. Dadas las diferentes categorías de municipios y de sus recursos disponibles, existe una variabilidad alta en el monto invertido total, por ello se decide tomar la inversión per cápita para que sean comparables. Esta información también se transforma en un índice de cero a uno.

Para la versión pos-autopistas se toma la información de inversión municipal desde 1984 hasta el 2012, con esto se hace una regresión lineal que permite identificar la tendencia de esta variable. A partir de esta regresión se hace una predicción para la inversión que se podría tener en el año 2030, que se convierte en per cápita a partir de las proyecciones de población realizadas, se transforma en índice y esta es la inversión que se utiliza para el cálculo del IAO pos-autopistas.

o **Sector privado**

El sector privado en una economía es el encargado de la generación de empleos, ingresos y bienes y servicios necesarios en la sociedad. En algunas ocasiones al no ser tan fuerte el aparato productivo de los municipios, el sector público es el que tiende a ser el mayor empleador. Una de las oportunidades es sin duda la generación de ingresos, por ello un sector privado fuerte va a propiciar que la población tenga más opciones de empleo y por tanto de ingresos. En este sentido, dentro del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) se necesita identificar la importancia del sector privado de los municipios, para lo que normalmente se utiliza el número de establecimientos o algún tipo de aproximación a partir de la energía eléctrica, las captaciones bancarias, entre otros. Para este caso se va a utilizar el impuesto de industria y comercio, con el cual se tiene la idea de identificar la parte formalizada de la economía local que ofrece un empleo formal y que se busca fomentar.

Para su cálculo se deflacta a precios del 2005 y se calcula el índice de cero a uno, como en las demás variables. En el modelo pos-autopistas se utiliza nuevamente la información desde 1984 para realizar una regresión lineal que permita identificar la tendencia de los datos para cada uno de los municipios del departamento y con base a esto se hace una proyección de la variable para el año 2030. Se debe tener presente que esto es una tendencia de la variable pero no su dato concreto, pues altos crecimientos económicos o caídas, van a tener una influencia directa en estos recursos, lo mismo ocurre si se presenta una llegada o salida de empresas al municipio o cambios en cuanto a la definición de montos o exenciones por parte de cada Alcaldía.

o **Esparcimiento**

La utilización del tiempo libre, las actividades culturales, las actividades deportivas y el compartir con las personas cercanas, debe ser una oportunidad a la que las personas también puedan acceder para tener una calidad de vida mejor. Dado que las Autopistas provocarán una reducción de los tiempos de viaje, esto les entregará un tiempo adicional a las familias para compartir y desarrollar otro tipo de actividades, por tanto es importante identificar qué tipo de oferta se le entrega a la población para que desarrolle actividades de esparcimiento en cada uno de los municipios del Departamento.

Debido a la disponibilidad de la información para la totalidad de los municipios del Departamento, se cuentan con las siguientes categorías de espacios para actividades culturales y de esparcimiento: bibliotecas, casas de cultura, escenarios deportivos, teatros y parques educativos. Sería importante tener en cuenta parques, plazas y demás, pero no existe la información unificada para todos los municipios de Antioquia, por ello se toman estas infraestructuras como una aproximación a la oferta que tendría una persona para realizar este tipo de actividades.

Para realizar la medición de esta variable se tiene en cuenta la posibilidad de atracción que tiene cada uno de estos espacios. Así, las bibliotecas tienen una clasificación según su ubicación (municipal, corregimental o veredal), con lo que se supone que por servicios prestados y accesibilidad las primeras son las que más atraen, seguidas por las corregimentales y por último las veredales. De igual forma, se supone que los teatros atraen en la misma proporción que una biblioteca municipal, pero las casas de la cultura atraen más que ellos, pues ofrecen más variabilidad de actividades culturales. Los escenarios deportivos se entienden como los que más atraen población y una de las formas más utilizadas para ocupar el tiempo libre.

Por último, se encuentran los parques educativos, los cuales al incluir espacio público, lugares de encuentro, bibliotecas, espacios para el emprendimiento, la utilización de TIC's, entre otras actividades, se identifican como los que más posibilidades tienen de atraer población, pues prácticamente sintetizan a los demás espacios para el esparcimiento. En este orden, los parques educativos son los que reciben una mayor proporción de atracción. Estas consideraciones sobre cada tipo de espacio se traducen en unas calificaciones para cada uno de ellos, pero teniendo presente nuevamente, que no tienen una unidad de medida determinada, sino que tienen la finalidad de representar la diferencia en atracción entre ellos.

A continuación, según la oferta de espacios en cada municipio se hace la calificación de ellos para identificar la oferta local. En el caso de los escenarios deportivos, dado que se presentan unas cantidades muy superiores al número de los demás lugares para el esparcimiento, se maneja como espacios por cada 100 habitantes. Los Parques Educativos por su parte, solo son tenidos en cuenta para el modelo pos-autopistas, debido a que la mayoría se encuentran en construcción y los que ya fueron entregados, muy probablemente no han terminado de ser apropiados por la población, por lo que sus verdaderos aportes se van a ver en el mediano plazo. Se supone que los demás espacios permanecen constantes debido a la baja disponibilidad de información para dar algún tipo de aproximación a lo que sucedería con ellos.

Tabla 9. Pesos para identificar oferta de esparcimiento local

TIPO DE ESPACIO	PESO
Escenarios deportivos	7
Casas de la Cultura	5
Teatros	3
Bibliotecas municipales	3
Bibliotecas corregimentales	2
Bibliotecas veredales	1
Parques educativos	20

Fuente: elaboración propia.

o Destinos

La última variable dentro del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades) tiene en cuenta la posibilidad de movilizarse en un momento de emergencia o incluso simplemente tener opciones de desplazamiento a localidades cercanas como un elemento subjetivo. Se refiere también a la autonomía que puede tener la población: no es lo mismo un municipio donde la única forma de salida sea en helicóptero, que por sus costos no es asequible a toda la población, que tener un municipio intercomunicado con otros cercanos a través de vías y rutas de transporte público. Tener una mayor comunicación genera libertades a la población para tomar decisiones frente a empleo, educación, adquisición de bienes y servicios, relaciones sociales, entre otras.

La medición de esta variable se hace a partir de contabilizar el número de municipios a los cuales puede acceder una persona en un municipio, en hora y media. Para el modelo actual se contabilizan a través de los tiempos actuales de movilización y para el modelo pos-autopistas se tiene en cuenta los nuevos tiempos de viaje. Esta variable también se convierte en un índice de cero a uno.

Construcción del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades)

Una vez se tienen las variables definidas para cada uno de los municipios del departamento, se procede a la agregación en el IAO, para esto a partir de los resultados del trabajo de campo, se dieron unos pesos para cada una de estas variables, que en total representan el conjunto de oportunidades de la población localizada en un municipio determinado. Estos pesos se presentan en la tabla 3.

Tabla 10. Pesos para las Variables del IAO (Índice de Acceso a Oportunidades)

VARIABLE	PESO
Educación	21
Salud	15
Sector público	12
Sector privado	22
Esparcimiento	10
Destinos	20

Fuente: elaboración propia.

Con esto, el dato de cada variable se multiplica por su peso y se suman dando como resultado el IAO para el municipio. Ahora bien, este resultado es un primer elemento para el IAO, pues allí solo se están teniendo en cuenta las oportunidades que el municipio le genera a su población, hace falta indicar las áreas de oportunidades que se crean a través de la movilidad de las personas. Para ello, lo que se hace es sumar el conjunto de posibilidades de los municipios que se encuentran a menos de hora y media de distancia, pues se identificó que la población está dispuesta a recorrer este tiempo de ida y vuelta para acceder a algún tipo de servicio u oportunidad. Sin embargo, el costo de desplazamiento también se debe observar, pues si bien es una opción que la educación se encuentre cercana, se crean unos costos de transacción importantes frente a ese recorrido adicional que se deba realizar. Por ello, la oferta de los municipios vecinos, no se suma al 100% sino a una proporción inferior definida por los investigadores en 30%. Este resultado nuevamente se define en valores de cero a uno y se multiplica por 100 para que sea más clara su lectura.

Finalmente, es importante resaltar que cuando se habla de acceso se tienen en cuenta dos elementos fundamentales: por un lado, la posibilidad física de llegar al lugar donde se ofrece el servicio y, por otro, que esa oferta sí sea capaz de satisfacer toda la demanda que se tiene allí. Por ejemplo, puede que el transporte genere un mayor acceso físico para un servicio determinado, pero si la persona llega a este lugar y ya la oferta está ocupada a su máxima capacidad, esa persona no va a poder acceder al servicio y por tanto se puede decir que, a pesar de haber mejorado el sistema de transporte, su acceso a ese servicio u oportunidad no mejoró, es decir, el acceso no solo se garantiza con un mejor nivel de transporte sino también con una mejora en la oferta de servicios.

- **Índice de Ruralidad**

El Índice de Ruralidad relaciona la densidad de población con distancias a grupos de centros urbanos agrupados de acuerdo al número de habitantes. Mediante la técnica estadística llamada “componentes principales” se obtiene la expresión para el indicador, llevada al logaritmo natural de estas dos variables⁹.

Para la investigación de implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad, se propone aplicación a la medición del indicador con la siguiente expresión:

$$\text{Índice de Ruralidad} = \ln \left(\frac{\text{Promedio ajustado de tiempo de viaje a mayores centros urbanos}}{(\text{Densidad poblacional})^2} \right)$$

9 El índice desarrollado por OCDE: **Índice de Ruralidad**= $\ln(\text{distancia}/(\text{densidad poblacional})^2)$. Donde la **distancia promedio a las ciudades “grandes” (km)** es calculada como distancia euclidiana promedio en kilómetros, desde un municipio a las ciudades consideradas “grandes”; y la **densidad poblacional (personas/km²)** es el número promedio de personas que habitan en un kilómetro cuadrado del municipio y del Departamento.

La propuesta otorga mayor relevancia a la variable accesibilidad sobre la variable distancia. La accesibilidad referida al promedio ajustado de tiempo de viaje a centros urbanos de categoría mayor de funcionalidad. Se elude así considerar como variable determinante la distancia a centros mayores medida como distancia euclidiana, que para nuestra geografía resulta ser de gran sesgo. Esta variable además permite observar el grado de sub-urbanización o dependencia de estos municipios. Así, se considera el acceso a los principales centros urbanos con mayor grado de funcionalidad como un aspecto del gradiente urbano rural que determina importantes oportunidades y restricciones para los habitantes. Se reconoce que aquellas áreas que se encuentran dentro del radio de influencia de una ciudad principal presentan características más urbanas y tienen más opciones de beneficio de todos los servicios, ventajas y tamaño de los mercados propios de la gran ciudad (Osses, 2006).

La densidad poblacional se retoma como se define en PNUD-OCDE: número promedio de personas que habitan en un kilómetro cuadrado del municipio y del Departamento. La variable se calcula utilizando la población proyectada por el DANE dividida por el área total en kilómetros cuadrados del municipio y el cálculo de las áreas se realiza a partir de la malla de los municipios.

Los centros urbanos o asentamientos mayores a considerar como referencia a tiempo de viaje, son tomados desde las cuatro primeras jerarquías de funcionalidad urbana establecida en la clasificación del IGAC, implementada por la Gobernación de Antioquia (DAP, 2006) y ajustada por el componente físico-espacial de la presente investigación como son: centro metropolitano, centro subregional, centro de relevo principal, centro de relevo secundario.

Para el cálculo del promedio ajustado de tiempo de viaje a mayores centros urbanos a cada municipio, se calculan las distancias a tres de los centros de mayor jerarquía funcional urbana con los que presenta mayor accesibilidad, partiendo de la mayor jerarquía de la capital del Departamento. Para los municipios de frontera se incluye entre los asentamientos a considerar, aquellos con los que tiene una relación cercana que presentan un nivel significativo de funciones y con los cuales se cuenta con mayor accesibilidad, como es el caso de Cauca con Montería; Puerto Berrío y Yondó con Barrancabermeja; municipios del norte de Urabá (Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí, San Juan de Urabá, Apartadó y Turbo) con Montería; y Vigía del Fuerte y Murindó con Quibdó; Medellín con Bogotá.

Tabla 11. Jerarquía de asentamientos urbanos de acuerdo con su funcionalidad

Jerarquía	Características funcionales generales	Nro. Asentamientos	Asentamientos
I	Metrópoli regional: ejerce funciones diversificadas en servicios financieros, comerciales, industriales y especializados.	1	Medellín.
II	Centros subregionales: poseen un grado sobresaliente de bienes y servicios especializados, los cuales sirven de apoyo a la Metrópoli Regional.	1	Rionegro.
III	Centros de relevo principal: función predominantemente económica de impacto subregional con apoyo financiero, servicios administrativos, comerciales y sociales.	18	Bello, Envigado, Itagüí, Apartadó, Caucasia, Turbo, Caldas, Copacabana, Marinilla, La Ceja, Yarumal, Sabaneta, Santa Rosa de Osos, Girardota, Puerto Berrío, Andes, La Estrella, Barbosa.
IV	Centros de relevo secundario: función económica con énfasis en lo agropecuario, servicios administrativos, comerciales y sociales. Influencia próxima.	19	Sonsón, Santa Fe de Antioquia, El Carmen de Viboral, Ciudad Bolívar, Guarne, Chigorodó, El Santuario, Amagá, El Bagre, Fredonia, Carepa, Segovia, Támesis, Santa Bárbara, Urao, Abejorral, Jericó, San Pedro de los Milagros, El Retiro.
V	Centros locales principales: funciones económicas y comerciales de apoyo a centros de nivel superior; servicios básicos en lo público y social local.	49	Amalfi, Arboletes, Belmira, Betania, Betulia, Buriticá, Cañasgordas, Carolina del Príncipe, Cisneros, Cocorná, Concordia, Dabeiba, Donmatías, Ebéjico, Entrerrios, Frontino, Gómez Plata, Granada, Guatapé, Ituango, Jardín, La Pintada, La Unión, Liborina, Maceo, Mutatá, Necoclí, Pueblorrico, Puerto Nare, Puerto Triunfo, Remedios, Salgar, San Carlos, San Jerónimo, San Luis, San Pedro de Urabá, San Rafael, San Roque, San Vicente, Santo Domingo, Sopetrán, Taraza, Titiribí, Valdivia, Vegachí, Venecia, Yolombo, Yondó, Zaragoza.
VI	Centros locales secundarios: funciones económicas y comerciales básicas. Se abastece de poblaciones próximas de mayor importancia; poseen servicios básicos locales.	1	El Peñol.
VII	Unidades o poblaciones urbanas básicas: funciones de autoabastecimiento, comercio y servicios elementales e insuficientes.	36	Caramanta, Angostura, Montebello, Cáceres, Anorí, San Andrés de Cuerquia, Nariño, Valparaíso, Armenia Mantequilla, Argelia, Campamento, San José de la Montaña, Caracolí, Concepción, Angelópolis, Alejandría, Nechí, Guadalupe, Heliconia, Tarso, Yalí, Caicedo, Hispania, Briceño, San Juan de Urabá, San Francisco, Toledo, Anzá, Olaya, Sabanalarga, Vigía del Fuerte, Giraldo, Peque, Abriaquí, Uramita, Murindó.

Fuente: elaboración propia.

El tiempo de viaje promedio de cada municipio a centros funcionales se retoma del ejercicio de cálculo de tiempo mínimo de recorrido establecido por el componente físico-espacial del presente proyecto, a partir de tiempo de recorrido y velocidad del tramo. En su modelo para estimar el tiempo de desplazamiento mínimo para cada tramo vial considerado en las diferentes jerarquías, se cuentan con dos datos de velocidades:

- La que considera el ajuste de acuerdo al estado de la vía (V_{ec_i})
- La que considera el ajuste de acuerdo a la densidad de vehículos pesados (V_{Tp_i})

Con base en ambas velocidades estimadas y teniendo en cuenta la longitud de cada ramo evaluado, se procedió a calcular el tiempo de recorrido para cada tramo vial.

$$t_{r_i} = \frac{d_i}{V_i}$$

- Donde: t_{r_i} = Tiempo recorrido tramo i.
- d_i = Longitud tramo i.
- V_i = Velocidad tramo i.

Desde la malla de municipios se retoma el tiempo de viaje calculado. Con el fin de otorgar un peso diferencial a las categorías funcionales se introduce un factor de corrección en el cálculo de las horas de viaje promedio, recurriendo a la Escala de Saaty así¹⁰:

Tabla 12. Peso otorgado a cada cabecera municipal según su categoría funcional

CATEGORÍA FUNCIONAL	FACTOR DE CORRECCIÓN
Metrópoli regional	9
Centro subregional	7
Centro de relevo principal	5
Centro de relevo secundario	3
Centro local principal y centro local secundario I	1

Fuente: elaboración propia.

La densidad poblacional (personas/km²) se calcula utilizando la población proyectada por el DANE (2012) y dividida por el área total, en kilómetros cuadrados, del municipio o departamento. El cálculo de las áreas se realiza a partir de la malla de municipios.

10 El Método Analytic Hierarchy Process (AHP) se clasifica en el grupo de análisis multicriterio discreto y es capaz de emplear variables cualitativas y cuantitativas frente a múltiples objetivos. Fue desarrollado por el doctor en matemáticas Thomas L. Saaty a fines de la década de los 70. El Proceso Analítico Jerárquico es un método de descomposición de estructuras complejas en sus componentes, ordenando estos componentes o variables en una estructura jerárquica, donde se obtienen valores numéricos para los juicios de preferencia que sintetiza para determinar qué variable tiene la más alta prioridad.

Así, el índice se incrementa cuanto el tiempo de viaje es mayor y la densidad menor. Y mientras más alto sea el índice, la ruralidad del municipio es de mayor grado.

Para facilitar la lectura, el indicador se escala nuevamente operando sobre los valores extremos de la variable logrando expresarlo en valores entre 0 y 100, aplicando la siguiente fórmula:

$$IR=100(IR_{1-125}-\text{Min}(IR))/\text{Max}(IR)-\text{Min}(IR)$$

Una vez obtenido el dato de logaritmo de la fracción, se procede a la agrupación de datos por desviación estándar que permite agrupar los municipios y facilitar el análisis y la espacialización. El resultado que arroja el índice son municipios con mayor o menor grado de ruralidad, o rangos del gradiente de ruralidad: intensamente rural, rural, transición urbano rural, urbano e intensamente urbano.

Es preciso aclarar que el cálculo del Índice de Ruralidad posee las siguientes características:

- Reconoce que no existe una ruralidad única sino varios grados.
- Adopta como unidad de análisis el municipio como un todo y no solo el tamaño de las aglomeraciones (cabecera, centro poblado y rural disperso en el mismo municipio).
- Asume la ruralidad como un continuo (se refiere a municipios más o menos rurales, antes que a urbanos y rurales).

● **Proyecciones demográficas (2020-2030)**

Teniendo como punto de partida el trabajo elaborado del DANE que se ha reportado previamente, se procedió a las siguientes consideraciones para preparar los cálculos de la población total municipal por año, para el período de 10 años comprendido entre 2021 y 2030, cuando deben estar en operación las autopistas para la prosperidad.

Para los años previos, el DANE utilizó una metodología de proyección de población que se denomina Relación de Cohortes¹¹, que permite trabajar por sexo y edad áreas administrativas y geográficas como los municipios de Antioquia. El método se apoya en la estructura de la población que viene dada por la información censal y el análisis particular de elementos como la fecundidad, cuyo cambio en el tiempo es de mediano y largo plazo.

Las diferencias entre las estructuras poblacionales municipales y el departamento tampoco están disponibles más allá de lo que se obtiene al final de la proyección efectuada hasta el año 2020.

11 DANE. Proyecciones de Población. Proyecciones municipales 2006-2020. Metodología. 2008. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/MProyeccionesMunicipalesedad sexo.pdf. Consultado el 7 de agosto de 2015.

Un hecho importante que adopta la metodología usada por el DANE y que se mantuvo en la idea de las proyecciones para 2021 -2030, es que la tendencia en el comportamiento de las variables municipales sigue la misma del Departamento. Este es un hecho a considerar, pues es obvio que existen diferencias importantes entre subregiones del departamento o, entre lo que ocurre en los 9 municipios del área metropolitana Valle de Aburrá y las zonas más apartadas y rurales de Antioquia.

En este caso no se dispone de nueva información censal que permita establecer relaciones de sobrevivencia al nacimiento, ni calcular las tasas específicas de fecundidad.

Con los elementos de juicio disponibles se procedió a calcular tasas de crecimiento quinquenal en los años proyectados de 2006 a 2020 y encontrar en ellas una tendencia o divergencias en los tres momentos identificables 2010, 2015 y 2020. Se dispuso de una tasa de crecimiento –o decrecimiento– que permita sustentar un punto de partida para los 10 años siguientes a proyectar.

La revisión de la literatura sobre la ocurrencia de fenómenos específicos que pudiesen haber afectado la dinámica de la población desde el momento en que se hizo la primera proyección fue el paso siguiente. El hecho más relevante y que sin duda alguna afectó la información censal del año 2005 y las tasas derivadas de los cálculos del período intercensal, es el desplazamiento forzado de la población, que tal como se indicó previamente, ubica al Departamento de Antioquia en una situación demográfica muy compleja y sobre la cual hay muy poco registro y menos análisis.

Los desplazamientos forzados son significativamente distintos en el movimiento poblacional a las migraciones que se dan por razones socioeconómicas, producto de transformaciones productivas, expectativas de vida o decisiones culturales. Al desplazamiento forzado le antecede un hecho violento, que involucra, en un buen número de casos, la muerte.

La mayoría de las víctimas del desplazamiento forzado han sido mujeres con sus hijos pequeños que afectan la estructura y dinámica de crecimiento de las poblaciones de donde salieron. Los muertos también han sido predominantemente hombres jóvenes y aunque hoy la tasa de muertes por homicidio se ha reducido, la tendencia se arrastra a medida que van avanzando las cohortes de población.

Por considerarlo de vital importancia para reconocer el impacto de estos movimientos poblacionales sobre la proyección que puede construirse a partir del 2021, se transcribe el estado de la información disponible en el Unidad Nacional de Atención y Reparación Integral a las Víctimas.

Tabla 13. Población víctima de desplazamiento, acumulado a 2014 para el departamento de Antioquia

TERRITORIAL ANTIOQUIA						
Edad actual	Mujer	Hombre	LGBTI	No Informa	No Definido	TOTAL
Entre 0 y 5	27.298	29.163	10	78	67	56.616
Entre 6 y 12	57.078	60.710	16	97	190	118.091
Entre 13 y 17	48.651	51.420	14	95	166	100.346
Entre 18 y 26	81.990	82.073	34	224	353	164.674
Entre 27 y 60	201.741	178.240	102	1.663	1.873	383.619
Entre 61 y 100	44.210	40.710	8	602	485	86.015
ND	43.712	69.105	7	2.639	208	115.671
TOTAL	504.680	511.421	191	5398	3342	1.025.032

Fuente: Reporte Unidad de Víctimas.

Para el hecho del desplazamiento forzado, la estimación es de 850.000 víctimas, teniendo presente que la territorial Antioquia del SNIV excluye varios municipios de la zona de Urabá, donde el fenómeno se presenta con mayor fuerza.

Posterior a la revisión de literatura, se procedió a evaluar la información proveniente del trabajo de campo realizado por el componente sociodemográfico, a través de las entrevistas a actores clave en más de 30 municipios con relación directa en la construcción de las autopistas. Con ellos se identificaron factores que pudieron haber alterado la dinámica del municipio en los últimos años en relación con modelos productivos, desarrollos urbanísticos, economía local, etc.

Para cada uno de los municipios con afectación directa se marcaron los hechos positivos que pudiesen generar incrementos poblacionales vía inmigración, retorno de población desplazada, macroproyectos productivos que generen empleo, relación con la red vial. En idéntica forma se identificaron los factores negativos que pueden conducir a un decrecimiento poblacional vía emigración, cambios en el uso del suelo, distanciamiento de las nuevas autopistas, etc.

Se evaluó la tendencia concentradora del área metropolitana y los cambios que a futuro se puedan dar por escasos o disponibilidad de suelos urbanizables, precios de la vivienda, oferta de servicios de diversa naturaleza, comunicación y estrategias de vida adoptada por algunos sectores de la población en relación con su definición de calidad de vida. Se trabaja sobre la hipótesis de una desconcentración en el municipio de Medellín en favor de los municipios periféricos del área metropolitana, particularmente lo que viene ocurriendo y podrá pasar en los años siguientes en Caldas, Sabaneta, Copacabana y Girardota principalmente.

Las dinámicas subregionales de Antioquia a partir de la división establecida de tiempo atrás por el Departamento Administrativo de Planeación también entran en consideración, vinculándolas con las afectaciones que en su conectividad interna y externa puedan tener por efecto de las autopistas de la prosperidad.

Para cada municipio en particular se evalúa la estructura de la distribución espacial de la población en términos de la relación cabecera, centros poblados y áreas rurales. Entra también en la valoración la densidad poblacional sobre el territorio municipal, toda vez que hay elementos facilitadores o perturbadores que hacen que algunas decisiones de carácter económico como la concentración de la tierra para proyectos forestales o mineros, que producen expulsión, esta se vaya más allá de sus fronteras.

Para la proyección matemática del departamento de Antioquia al año 2030 se optó por el método de la curva logística, cuya característica es que evita las poblaciones sobreestimadas de los métodos geométrico y exponencial en el largo plazo y “supone que la tasa de crecimiento cambia en la medida en que la población crece” (Banguero Lozano, 2005, pág. 571), pero que se va haciendo relativamente más lenta con el paso de los años y por tanto la curva tiende a tener una forma de S.

Esta proyección se convierte en un referente de control para las proyecciones municipales, donde no es posible aplicar la logística pues las tasas obtenidas de los cálculos de la proyección del DANE dan en algunos casos tendencias encontradas y, en otros, se tomó la decisión de modificar la tendencia que trae dicha población ante la identificación que hace esperar un comportamiento distinto por algunas implicaciones derivadas del trazado de las autopistas o de las consideraciones que se han expuesto previamente. Bajo estas circunstancias, se espera que la población de Antioquia al año 2030 sea aproximadamente de 7.594.554 personas, un valor que se toma como el referente para los ajustes de las poblaciones municipales proyectadas linealmente con tasas diferenciadas para cada municipio.

Otro elemento importante en los ajustes poblacionales de cada municipio está dado por la importancia que tiene Medellín, que según el reporte censal del año 2005 concentra el 38.97% de la población del departamento y que en las consideraciones realizadas, debe reducir su tasa de crecimiento y por ende la capacidad concentradora, lo cual hace muy sensible lo que ocurra con cualquiera de los 124 municipios restantes.

Finalmente, es posible establecer que la construcción y puesta en funcionamiento de las Autopistas para la Prosperidad generarán algunos movimientos poblacionales en el territorio departamental, particularmente por desplazamientos temporales durante la fase de la construcción, que deben ser amonados con la política de contratación de mano de obra local, lo cual se constituye en una expectativa de todas las comunidades consultadas. En el largo plazo, las nuevas vías serán potenciadoras de aquellos municipios con mayor capacidad de atracción que se corresponde con aquellos localizados en el área metropolitana del Valle de Aburrá y los de mayor capacidad funcional por su tamaño en relación con las subregiones de Urabá, Bajo Cauca y Magdalena Medio, que son en su orden el eje Apartadó-Chigorodó, Caucasia y Maceo-Puerto Berrío.

3.1.3. Categorías y variables de la dimensión económica

Para el análisis de las implicaciones económicas de la etapa de construcción de las Autopistas para la Prosperidad, se procedió a estimar dos modelos de vectores autorregresivos (VAR), con el fin de dar soporte empírico a las hipótesis del efecto de este proyecto en el sector de obras civiles y sus implicaciones en la dinámica de la economía de Antioquia y de sus municipios.

Estos vectores se definen como un conjunto de variables cuya conducta individual está explicada, tanto por su propia historia como por la historia de los demás sectores, a partir de información obtenida de las cuentas departamentales elaboradas por el DANE, para el periodo 1975-2012.

El análisis de las implicaciones de la construcción de las Autopistas para la Prosperidad y los efectos directos e indirectos en la demanda global y por sectores, se realizó mediante el uso de la matriz SAM o de Contabilidad Social. Los resultados permiten observar las oportunidades económicas que se generan en la economía antioqueña por un aumento de la demanda, final e intermedia, así como para los hogares, las empresas, el gobierno y los propietarios de los factores de producción¹². Con este instrumento se obtuvieron los efectos sobre el valor agregado, el consumo intermedio, la producción bruta o ventas totales por sector y agregados para Antioquia, considerando los distintos tramos o trayecto de las Autopistas para la Prosperidad. Cabe señalar que los aumentos del valor agregado y la producción son equivalentes a los impactos de la construcción de las obras civiles en las demandas final e intermedia respectivamente, tanto para el agregado para Antioquia como para cada uno de los ocho tramos considerados.

Como también se buscó obtener resultados sobre los efectos de las Autopistas para la Prosperidad en los distintos municipios del Departamento, se procedió a distribuir el aumento en la demanda final de acuerdo a la capacidad que posee cada municipio. Se consideró como medida de la capacidad la participación del valor agregado municipal en el total de Antioquia, para lo cual se utilizó información del DANE (2011). Hecha la distribución de la demanda, se procedió a construir tres escenarios.

En el primer escenario se supone que de acuerdo con su capacidad económica y la disponibilidad de recursos, todos los municipios están en capacidad de participar de las oportunidades.

En el escenario dos se supone que los municipios se benefician de acuerdo con sus ventajas: los cercanos al área de influencia contarían con mayores posibilidades que los más lejanos para vender bienes y servicios a las empresas constructoras.

¹² La SAM puede definirse como una presentación matricial de datos macro, cuyo objetivo es ofrecer una descripción del sistema económico que permita el análisis de los aspectos estructurales de la economía, la distribución del ingreso y el gasto de los sectores institucionales, haciendo una desagregación especial del sector de los hogares, en la que captura las interdependencias que existen dentro de un sistema socioeconómico (DANE, 2012, p. 13). Cabe señalar que al utilizar este instrumento se supone que la estructura económica de Antioquia es similar a la del país, supuesto que se consideró no muy alejado de la realidad.

En el escenario tres, los beneficios se distribuyen de acuerdo con capacidad productiva, así como su localización dentro del área de influencia directa del proyecto, esto es, serán afectados directamente de las obras, recibiendo beneficios por ingresos fiscales, ventas y servicios y gestión social.

Para examinar las implicaciones en el empleo, se siguió un procedimiento consistente en un cálculo indirecto del empleo que puede ser generado por el efecto multiplicador que produce el choque de inversión en infraestructura vial en toda la economía, obtenido con la matriz SAM. Para ello se estableció una relación entre el valor agregado y el número de personas ocupadas en Antioquia, en otras palabras, se calculó la productividad del trabajo para el conjunto de la economía de Antioquia o la relación inversa empleo-producto. Por lo tanto, suponiendo que esta relación permanece constante a través del tiempo, se procede a calcular el aumento en el empleo como consecuencia de un aumento en el valor agregado por el proyecto.

Para estimar esta relación se utiliza la información del DANE para el año 2012 sobre la población ocupada (PO) y del PIB de Antioquia para el mismo año. Las cifras sobre el aumento del PIB son las que arroja el estudio con la aplicación de la matriz SAM para Antioquia.

Las fórmulas empleadas son:

$$PR = \frac{VA}{PO}$$

- *PR*: Productividad del trabajo.
- *VA*: Valor agregado para Antioquia (2005).
- *PO*: Número de personas ocupadas en Antioquia según el DANE de 2012.
- Por lo tanto, un aumento en el valor agregado implica un aumento en el empleo igual a

$$\Delta VA = PR * \Delta PO$$

$$\Delta PO = \frac{\Delta VA}{PR}$$

El supuesto más importante que subyace en este cálculo es el de la productividad constante. El aumento de la población ocupada en Antioquia se distribuyó de acuerdo con la participación del valor agregado potencial de cada municipio en el departamental.

Por último, para distribuir la población ocupada y desocupada de Antioquia por municipios, se procedió de la siguiente manera: primero, se deduce la población ocupada y desocupada del Valle de Aburrá, puesto que se cuenta con la información necesaria por parte del Dane (Gran Encuesta Integrada de Hogares); el resto se distribuye entre los demás municipios (distintos al Valle de Aburrá) de acuerdo con su participación en el empleo y desempleo registrado en la información del SISBEN para el año 2012.

En cuanto a los efectos de las Autopistas para la Prosperidad en los fiscos municipales, específicamente en los impuestos de industria y comercio, fue conveniente distinguir dos fuentes de recaudos: por un lado, el que proviene de la aplicación de

la tarifa del 8 por mil al aumento de las ventas brutas que, en este caso, se asimila al aumento del valor bruto de la producción, que se obtienen con la ayuda de la matriz SAM, distribuido por municipios de acuerdo con su participación en el valor agregado departamental; por otro lado, está el impuesto que deben pagar las firmas de ingeniería que desarrollan las obras.

Para el primer caso, se emplean las siguientes fórmulas:

$$VBP_i = VPB * \frac{VA_i}{VA_{Dptal}}$$

- Donde - VBP_i : Aumento del valor bruto de la producción en el municipio i .
 - VPB : Aumento del valor bruto de la producción departamental.
 - VA_i : Valor agregado del municipio i .
 - VAD : Valor agregado departamental.

De esta manera, se obtiene el valor bruto de la producción en cada uno de los municipios, el cual constituye la base gravable del impuesto de industria y comercio y se le puede aplicar la tarifa de 8 por mil:

$$\Delta ICA_i = VPB * 0,008$$

Ahora bien, los concesionarios deberán tributar a los municipios una tarifa establecida por los Concejos Municipales, en el marco del estatuto tributario. Para este efecto, se considera la participación de los municipios en la longitud de cada tramo, y así, se calcula el valor capex correspondiente al municipio, un dato que arrojaría la base gravable del Impuesto de Industria y Comercio, al cual se le aplica una tarifa de 8 por mil y se obtiene una estimación del monto que en promedio debe tributar la concesión al municipio. Para este fin, se empleó la siguiente fórmula:

$$\Delta ICA_i = \left[Capex_j * \frac{Lmun_i}{Ltramo_j} \right] * 0,008$$

- Donde - ΔICA_i : Aumento del impuesto de Industria y Comercio derivado de las concesiones.
 - $Capex_j$: Valor de la inversión en el tramo j .
 - $Lmun_i$: Longitud del municipio i que atraviesa por el tramo j .
 - $Ltramo_j$: Longitud del tramo j .

Todos los estimativos se presentan a precios del 2012, con el fin de poderlos comparar con los datos más recientes sobre el valor agregado del Departamento y de los municipios. Se señala que se decidió dividir los montos de los impactos por año, considerando un período de cinco años de construcción de las obras.

Por último, para la construcción de los distintos escenarios, así como para el análisis, se consideró la información obtenida de entrevistas realizadas con las firmas Concreto y Arquitectos e Ingenieros Asociados (AIA) precalificadas para la licitación de la ANI para las Autopistas para la Prosperidad y del Consorcio Helios, concesionario del sector 1 en la Ruta del Sol. Así mismo, se consideró la información cualitativa recogida en el trabajo de campo realizado en el área de influencia en la Ruta del Sol.

El análisis de las implicaciones de la puesta en marcha de las Autopistas y sobre la accesibilidad en el desarrollo económico, se realizó considerando tres aspectos: el potencial de mercado y las áreas de mercado; el crecimiento económico; y el potencial productivo. Por consiguiente, para analizar las implicaciones económico-espaciales de las Autopistas para la Prosperidad sobre el departamento de Antioquia se detallan cada uno de ellos y se hace una revisión de las técnicas de estadística espacial utilizadas.

● La ecuación de crecimiento y las disparidades

Para el análisis de la relación del crecimiento con la influencia de las Autopistas a través de la distancia, se recurre a lo que se denomina regresión de crecimiento inspirada por los trabajos de Barro (1991, 1989) y Barro y Sala-i-Martin (1992a, 1992b, 1991), adaptada para el presente estudio a la información disponible sobre los municipios de Antioquia.

La ecuación de crecimiento permite observar el comportamiento económico de los municipios en un lapso importante de tiempo, comprobando además la existencia o no de convergencia, es decir, de reducción de brechas de ingreso.

El modelo a estimar se puede expresar como sigue:

$$e = \alpha + X\beta + \varepsilon$$

Donde:

- E: la tasa de crecimiento del PIB en el periodo 2000-2013.
- X: vector de las variables explicativas incluidas en el modelo de regresión.
- ε : una variable aleatoria, que captura todos los cambios no predecibles en la variable dependiente, conocida también como el término de perturbación.
- α y β : parámetros cuyos valores se desconocen, pero se logran aproximar mediante un método de estimación apropiado como es el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

En este estudio el vector X de variables independientes o explicativas está compuesto por:

- Consumo total de energía eléctrica per cápita como *proxy* del PIB per cápita en el período inicial, es decir para el año 2000, lo cual permite conocer la condición de convergencia entre los municipios del Departamento.
- Capital humano.
- Infraestructura.
- Condiciones geográficas.
- Distancia, densidad vial o proximidad: variables que pueden considerarse de control que permiten realizar simulaciones en torno a una característica próxima a cambios en gran escala, como lo es el proyecto Autopistas para la Prosperidad.

Con el fin de considerar variables explicativas que inciden en el crecimiento económico y que individualmente resultan importantes pero a la vez son redundantes, se optó por construir indicadores mediante la metodología de Análisis de Componentes Principales. Este método estadístico tiene la capacidad de capturar las características relevantes de cada indicador mediante una combinación lineal de varias variables o indicadores explicativos del mismo fenómeno. Adicionalmente, considerar indicadores compuestos evita la presencia de problemas en la estimación a causa de fuertes correlaciones entre las variables explicativas, es decir de multicolinealidad imperfecta.

- **El potencial de mercado y las áreas de mercado**

El examen económico se hace considerando la accesibilidad como variable explicativa de la organización espacial de la actividad económica, tanto en potenciales como áreas de mercado.

El Potencial de Mercado (PM) es una medida relativa de las ventajas o capacidad que posee una región, un municipio o centro urbano para atraer recursos, humanos y de capital, y desarrollar mercados de bienes y servicios. Puede considerarse como un indicador de las ventajas de aglomeración de una región, a partir su cercanía (lejanía) relativa respecto de otras regiones, es una medida de la interacción entre fuerzas hacia la aglomeración y la distancia o los costos de transporte.

En términos matemáticos el PM para una región i , se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$PM_i = \sum_{j \neq i}^n \frac{M_j}{D_{ij}^a}$$

Donde:

- M_j : es la variable de masa que representa la atracción de las demás regiones o municipios, medida por la población o el valor agregado.
- D_{ij}^a : es la impedancia o fricción de la región con respecto a los demás municipios medida por el tiempo de desplazamiento.

La ecuación de Harris también puede transformarse en función del criterio de accesibilidad económica. Al respecto, Gutiérrez y Urbano (1996) obtienen un índice a partir de la ponderación de las distancias que debe interpretarse en un sentido inverso, es decir, un mayor valor del indicador reflejará una mayor distancia económica relativa del municipio i y en consecuencia, una menor condición de acceso a los centros económicos j . La fórmula para su cálculo está dada por la siguiente expresión matemática:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (I_{ij} * M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j}$$

Donde:

- A_i : mide la accesibilidad del municipio i al municipio de mayor importancia económica (nodo) j .
- $I_{i,j}$: es la distancia en tiempo de viaje del municipio i al centro económico j .
- M_j : es la capacidad de atracción del centro económico, el cual suele ser medido por el nivel de población de dicho centro o por el nivel de ingreso.

Según estos autores, este índice posee ventajas frente al PM_i , ellas son:

- El PM es una medida del potencial económico de cada lugar y no de la separación de lugares asociado con redes viales y detección de nodos.
- La medida de PM resulta adecuada solo en distancias cortas.
- Comparativamente al PM, el índice de accesibilidad es más adecuado a la interpretación por ser un promedio ponderado.

El Indicador de Accesibilidad (IA) representa un complemento para el análisis de potencial de mercado hasta ahora desarrollado, y permite considerar además el aspecto espacial que sugiere la infraestructura vial, para lo cual se hace necesaria la definición de los municipios que representan los nodos económicos en referencia de los cuales se calcularán las distancias medidas en tiempos de viaje, sugeridas por el término I_{ij} . En suma, se trata de comparar la estructura de la distribución espacial de la accesibilidad del Departamento en el marco de una economía cerrada al país, con los resultados cuando se considera al departamento como una economía abierta. En otras palabras el ejercicio consistió en comparar los resultados del Índice de Accesibilidad calculado para los municipios del departamento de Antioquia, con base en el valor agregado y tomando como nodos económicos los municipios que integran el Valle de Aburrá; con los resultados del Índice de Accesibilidad con base en el valor agregado y considerando ahora como nodos las trece principales ciudades del país.

El uso de modelos gravitacionales con flujos de carga complementa el análisis del PM, proporcionando elementos para determinar la dirección que toman las fuerzas centrípetas y centrífugas con las Autopistas para la Prosperidad. Los modelos gravitacionales son ampliamente conocidos en la literatura económica para predecir flujos comerciales y movimiento de pasajeros y trabajadores.

Se apoya en la Ley de la Gravitación Universal de Newton, según la cual la fuerza de atracción gravitacional (comercio bilateral o movilidad) es directamente proporcional a la masa (PIB y población) de dos cuerpos (países o regiones) e inversamente proporcional a la distancia entre ellos. En los modelos gravitacionales de comercio también es común utilizar otras variables llamadas variables “ficticias” para captar efectos geográficos (como la referencia a una frontera común entre zonas, similitudes culturales e históricas).

La ecuación siguiente define el modelo gravitacional para el flujo de carga por toneladas:

$$FCT_{ij} = \delta_0 + \delta_1 \log(VA_i) + \delta_2 \log(VA_j) + \delta_3 \log(A_i + A_j) + \delta_4 (G_i) + \delta_5 \log(T_{ij}) + \varepsilon$$

Donde

- FCT_{ij} : es el flujo de carga medida en toneladas con origen en el municipio i y destino al municipio j.
- VA_i : Valor agregado del municipio i que expresa la capacidad de la oferta.
- VA_j : Valor agregado del municipio j que expresa la demanda.
- A_i, A_j : Altura sobre el nivel del mar de los municipios i y j como variable proxy de las condiciones geográficas.
- G_i : Gini de distribución de la tierra.
- T_{ij} : Tiempo de desplazamiento o distancia entre municipios i, j.
- ε : Término de error.

o Análisis exploratorio de datos espaciales

El examen del PM (Potencial de Mercado) y del IA (Índice de Accesibilidad) efectuado se complementa con el análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), con el fin de identificar conjuntos o grupos de municipios que configuran áreas con alto y bajo potencial de mercado.

Se recurre entonces al AEDE como una herramienta descriptiva que permitirá identificar eventuales patrones y sugerir hipótesis sobre posibles relaciones entre variables involucradas en el análisis (Baronio, Vianco y Rabanal, 2012).

Este análisis suele ser aplicado a datos tipo vector (*lattice*), y recurre a herramientas tales como:

- El Box Map, para detectar la ubicación de datos atípicos en el mapa.
- El diagrama de dispersión de Moran (DDM), para detectar la dirección positiva o negativa de la dependencia espacial.
- Cálculo del índice local de Moran que está dado por la siguiente expresión matemática.

$$I_i = \frac{Z_i}{m} \sum_{j \neq i} w_{ij} Z_j \quad \text{Con } m = \sum_{j=1}^n \frac{Z_j^2}{n}$$

Donde:

Z_i : es la desviación de la variable de interés respecto a la media.

w_{ij} : es un peso espacial que pondera la relación entre el municipio i y el municipio j.

- Cálculo de los índices locales de asociación espacial (LISA, por su sigla en inglés), representados principalmente por el índice local de Moran (ILM), que permite identificar agrupaciones de municipios en el espacio de acuerdo a una característica o variable de interés.

Para los propósitos de este estudio se consideró pertinente la construcción de una matriz de pesos espaciales, que dé cuenta de la fricción o la impedancia que generan los costos de transporte derivados de la deficiente infraestructura vial del departamento de Antioquia. Esta matriz se construye generalmente con base en algún criterio de contigüidad o vecindad. En este caso, se utilizó un criterio de vecindad basado en los tiempos de desplazamiento entre municipios. Así, por ejemplo, se pueden considerar como vecinos del municipio *i* aquellas poblaciones a un tiempo de viaje inferior a una hora. Por consiguiente, la matriz se construye con información sobre la red vial proporcionada por la Secretaría de Infraestructura de Antioquia. En concreto se utiliza un archivo *shape* o *network*, que es una base de datos geo-referenciados, contando así con información, tanto del trazado vial como sobre el tipo de vía (primaria, secundaria y terciaria) según sus características en cuanto a pendiente, estado (buena, regular, mala) y superficie (asfalto, tierra).

La mayoría de cálculos realizados se basan en un criterio de cero a una hora y media como distancia estadísticamente significativa.

El valor agregado y la población son las variables a analizar mediante este índice y la metodología AEDE. Por otra parte, a partir de la aplicación de un test estadístico de permutaciones sobre los LISA calculados, con un nivel de significancia del 95%, será posible identificar los clúster o conglomerados de grados distintos de potencial de mercado y pueden interpretarse como áreas de mercado.

- **El potencial productivo agroforestal**

El potencial productivo es el factor clave para examinar las implicaciones de las Autopistas para la Prosperidad en el aprovechamiento de los recursos ociosos o subutilizados en las regiones de Antioquia.

En este estudio de las implicaciones económicas solo se consideraron los recursos naturales y humanos, como parte del potencial productivo por dos razones: primera, la concentración de las implicaciones directas de las Autopistas para la Prosperidad en las subregiones rurales de Antioquia; segunda, la carencia de información y estudios sobre el potencial basado en subutilización de capital físico, público y privado, y humano.

En relación con las Autopistas para la Prosperidad el examen del potencial productivo permite identificar la especialización por ventajas comparativas y la transformación productiva de las regiones rurales de Antioquia con fundamento en el aprovechamiento de recursos naturales al mejorar las posibilidades de acceso al mercado interno y externo. Así mismo permite inferir el volumen de negocios a realizar para aprovechar el efecto de las Autopistas.

o El cálculo del potencial agrícola

La producción agrícola potencial fue estimada considerando un escenario inicial que tiene en cuenta los volúmenes y rendimientos productivos por producto con el estado actual de las vías, es decir, sin las Autopistas para la Prosperidad, prescindiendo además de cambio técnico. Los escenarios restantes fueron construidos considerando como criterio dicha transformación medida por los rendimientos promedio por hectárea, así, se consideró el municipio de mayor rendimiento en la subregión (escenario 1) y el mejor a nivel nacional (escenario 2).

Para la selección de los productos se revisó la literatura existente sobre potencial productivo y se consideró la información obtenida en los talleres realizados en las subregiones.

Finalmente, los productos se seleccionaron de acuerdo con los criterios de aptitud de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), así como la proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para la realización del estudio “De que vivirán los pobladores rurales” elaborado por la Gobernación de Antioquia en 2013.

El IGAC clasifica la calidad de las tierras en aptas (A), moderadamente aptas (MA) y marginalmente aptas (MgA). Para efectos de este trabajo, se escogieron solamente los productos correspondientes a las tierras aptas (A) (sin considerar café), en razón a que dada la escasez de recursos es racional optimizar el uso de las tierras con el fin de obtener los mayores retornos posibles y alcanzar mayores niveles de competitividad, tanto por reducción de los costos de producción como de transporte por los mayores volúmenes de producto.

En este sentido, la aptitud de la tierra se considera una ventaja comparativa o “un factor tecnológico natural” de la que se benefician los productores de un territorio, que se traduce parcialmente, en menores costos de producción, requiriendo un menor esfuerzo en recursos. Así, el esfuerzo tecnológico y su costo son inversos a la aptitud de la tierra. Este debe ser un criterio básico para reorientar la asignación de recursos y para el fomento de la productividad. Adicionalmente, en la selección se tuvieron en cuenta los productos más representativos o con mayor peso en el número de hectáreas aptas para su producción.

Con el fin de determinar la incidencia que pudiera tener el aprovechamiento del potencial productivo en el empleo, se tomó el número de hectáreas potenciales o aptas para cada rubro y se multiplicó por el número de empleos por hectárea. Posteriormente, se estimó el empleo requerido para la producción alcanzable con el uso del potencial y se comparó con la mano de obra disponible. Esta se obtuvo de tomar el número de personas posibles de emplear según la importancia relativa del área potencial por producto y se dividió entre

el número de personas necesarias para aprovechar el potencial productivo total por rubro.

Considerando como una restricción la mano de obra disponible, se procedió a calcular la superficie que podría dedicarse a cada cultivo, para cuyo cálculo, se tomó el número de empleos posibles a generar según la importancia relativa del área potencial por producto, dividiéndose por el número de personas ocupadas por hectárea según el tipo de cultivo. Con base en estos cálculos, se pudo identificar en cada subregión, el máximo y mínimo número de hectáreas posibles de aprovechar según la fuerza laboral disponible. Con este cálculo y con la información de rendimientos, se estimó la producción, en metros cúbicos o toneladas.

La producción potencial con mano de obra disponible se calculó con cada uno de los rendimientos definidos para cada uno de los escenarios, y se multiplicó por el número de hectáreas posibles de aprovechar en cada rubro y para cada subregión.

Como un ejercicio adicional se calculó el potencial agrícola con rendimientos internacionales. Para este cálculo, se tomaron como referencia solo aquellos productos que disponían de información internacional y que estaban definidos con alto potencial productivo en tierras aptas en el departamento antioqueño. Las diferencias o brechas de rendimientos se calcularon de la siguiente forma: rendimiento internacional, menos rendimiento subregional sobre el rendimiento internacional por cada rubro, multiplicado por 100.

o El cálculo del potencial forestal

Para el cálculo del potencial forestal de Antioquia, en términos de volumen de madera en metros cúbicos, se parte de la información suministrada por la Secretaría de Agricultura y la Cadena Forestal para 2005 en términos de la aptitud de los suelos para desarrollo forestal por subregiones y expresada en hectáreas. La aptitud se clasifica entre apta, moderadamente apta y marginalmente apta.

Para el cálculo del volumen de producción potencial se tomaron únicamente las categorías de apta y moderadamente. De acuerdo con el concepto de expertos forestales y revisando la literatura disponible, se estimó un rendimiento promedio de cada una de las especies mencionadas en metros cúbicos por hectárea por año. El valor promedio estimado se multiplicó por el número de hectáreas en cada subregión de acuerdo a las categorías apta y moderadamente apta, con el objeto de obtener el potencial del volumen de producción. Es importante señalar que el potencial se refiere a un rodal en permanente aprovechamiento de su turno óptimo, lo cual es apropiado para determinar el volumen de carga que se transportaría por las vías carretables.

Para complementar y recopilar información cualitativa se llevó a cabo un trabajo de campo con entrevistas y talleres a los actores subregionales, con este fin se consultaron las percepciones de los actores sobre el impacto de las Autopistas para la Prosperidad en el potencial productivo de los distintos territorios que conforman la geografía económica del departamento de Antioquia con el fin de articularlas con la estimación del potencial agroforestal antioqueño.

Se efectuaron seis entrevistas con expertos y seis talleres subregionales (Suroeste, Occidente, Bajo Cauca y Nordeste, Magdalena Medio, Urabá y norte del Valle de Aburrá) con asistencia de líderes empresariales y representantes de las entidades de apoyo a las actividades productivas, así como algunos funcionarios públicos.

La temática de los talleres giró en torno a tres aspectos principales: a) el potencial productivo y los obstáculos para su aprovechamiento, especialmente los obstáculos relacionados con el transporte b); la contribución de las Autopistas para la Prosperidad al incremento y utilización de potencial productivo; y c) los impactos de orden territorial (localización de las empresas y de los apoyos logísticos, concentración o dispersión de la población y de las actividades económicas), que desencadena dicho proyecto.

o El cálculo de los costos de transporte

Para observar los ahorros en gastos de transporte se calcularon los costos del mismo con y sin red vial con Autopistas para la Prosperidad.

Para este fin se tomaron los datos del estudio de Mesquita (2013) según el tipo de carretera, divididas entre plana, ondulada y montañosa. Dichos datos se definieron para un camión tipo C-2, distinguiéndose los costos por distancia (\$/km/Ton) y en tiempo (\$/h/Ton): el cálculo por distancia considera los costos desde el punto de vista de los insumos, es decir, combustibles, llantas y mantenimiento, y que resultó ser de \$ 168 km/Ton a precios de 2006; el costo por tiempo está valorado en términos de los salarios, los seguros, la depreciación, los impuestos y el estacionamiento y su valor corresponde a \$1.465 por hora y se divide entre 30, que es la velocidad promedio actual de un camión C-2. De esta forma, se estimó que los costos totales de transporte en 2011, se constituyen a partir de la suma de los costos de transporte en distancia y en tiempo, cuyo valor es de \$ 217 km/h. Para actualizar los costos al 2011 año de referencia del cálculo del potencial productivo, se utilizó el Índice de Precios al Productor (IPP) reportado por el DANE.

Para el cálculo de la red con Autopistas para la Prosperidad, se asumió que los costos de transporte en terreno plano podían asimilarse a los costos que pudieran tener con las Autopistas para la Prosperidad considerando la producción potencial.

El costo total se calculó con base en una velocidad 80 km/h, que es la que se supone se tendrá en las autopistas, en comparación con una velocidad de 30 km/h, con el cual se estimó el costo sin efecto de las autopistas. El costo promedio total en un terreno plano y con una velocidad de 80 km/h, se estimó en \$153 km/h.

Adicionalmente se obtuvo la variación en costos totales de transportar la producción actual, sin y con Autopistas para la Prosperidad, esto es, con el promedio de costos de todo tipo de terreno y los costos con terreno plano. Este ejercicio se hizo para la producción potencial en cada uno de los escenarios. Para el cálculo de los costos de la producción potencial, se tomó el costo unitario total para todo tipo de terreno (sin autopistas) y se multiplicó por la producción potencial de cada subregión y para cada uno de los escenarios.

La información

- **Estimación de potenciales y áreas de mercado**

El valor agregado municipal del año 2012 y la población censal en los años 1993 y 2005 constituyen las proxies que dan cuenta del nivel de actividad económica. Por su parte, la impedancia es captada a través de una matriz de tiempos de desplazamiento entre los municipios de Antioquia, las 13 principales ciudades, y las poblaciones intermedias fuera del departamento de Antioquia que son accesibles a través de la red primaria nacional, incluyendo en total 304 municipios.

Se apeló a dos criterios de elección de los nodos. En primer lugar, se realizó un análisis de estadística espacial para determinar los clúster de alto valor agregado, con el fin de establecer a los municipios que lo integran como los nodos principales, el cual condujo a la determinación de los municipios del Valle de Aburrá como los nodos principales económicos, esto desde luego en el marco de una economía antioqueña cerrada al país. En segundo lugar, y con el fin de dilucidar las relaciones económicas del departamento con el país, se eligieron las trece principales ciudades del país como los nodos económicos principales.

La información sobre población fue obtenida de los censos de población y vivienda de los años 1993 y 2005 del DANE. Por su parte, el valor agregado se obtuvo del estudio sobre la metodología para elaborar el indicador de importancia económica municipal, elaborado también por el DANE para el año 2011.

Para los modelos gravitacionales se utilizó la información de la matriz Origen-Destino de 2014 de la Secretaría de Infraestructura de Antioquia, la cual fue procesada para el transporte de carga por toneladas y unidades.

- **Ecuación de crecimiento**

Los datos de las distintas variables se obtuvieron principalmente del Anuario Estadístico de Antioquia y del DANE para los años 2000 y 2012. Cabe señalar que la disponibilidad de información condicionó el que se considerara este período. A continuación se muestran las variables más importantes que se tienen en cuenta para hacer el análisis de regresión.

En relación con las variables explicativas se señala que: i) el capital humano incluye solo la educación básica debido a que para el año 2000 no se contaba con información para educación superior; ii) la infraestructura solo tiene en cuenta la cobertura a servicios públicos, excepto la cobertura al servicio de energía eléctrica; iii) la altura sobre el nivel del mar como un aproxi de las condiciones geográficas; iv) la gestión pública según metodología de cálculo del estudio de Lotero, Moreno y Diaz (2006); v) un índice de accesibilidad, lejanía o aislamiento que permite observar el impacto de las vías, en particular, las Autopistas para la Prosperidad en el crecimiento económico del Departamento.

- **Estimación del potencial productivo**

Las variables correspondientes a producción actual anual por toneladas, los rendimientos actuales, el número de empleos generados por hectárea y por cultivo, y del número de empleos actuales anuales por cultivo, se tomaron de la información proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el estudio “De que vivirán los pobladores rurales” realizado para la Gobernación de Antioquia en 2013. Esta información está disponible hasta el año 2012, sin embargo, se seleccionó como año de referencia para los análisis el 2011, en razón a la no disponibilidad de datos para algunas subregiones en el año 2012.

3.1.5. Categorías y variables de la dimensión político-institucional

Este componente se pregunta por las condiciones y dinámicas político-institucionales de los municipios en el área de influencia del proyecto, con el fin de determinar el grado de preparación de los gobiernos locales y de la ciudadanía para aprovechar las oportunidades que generará la puesta en marcha del proyecto Autopistas para la Prosperidad, a partir de una gestión territorial eficiente y pertinente a las realidades locales. Parte de la noción de gobernanza local, entendida como “el conjunto de procesos, regulaciones e interacciones sociales y políticas que encuadran y que constituyen la vida política del país” (Launay-Gama & González, 2010). De esta manera, la gobernanza da cuenta de interacciones multidireccionales en las que intervienen diferentes actores (gobiernos, sociedad civil, sector privado), los cuales configuran redes y estrategias de acción que dinamizan los procesos político-institucionales de las localidades, redes que además, actúan en diferentes escalas (multilocal, regional, nacional e internacional).

Para la comprensión de la forma en que se han configurado los procesos de gobernanza local, fue necesario reconocer la diversidad inherente a los territorios antioqueños, por lo que se acoge la noción de órdenes locales, reconociendo en ella su capacidad operativa para comprender las dinámicas territoriales y las complejas relaciones entre los actores con incidencia en los procesos de gobernanza, al generar regulaciones sociales en las que intervienen diferentes dinámicas históricas¹³.

En esta ruta analítica se priorizan cuatro temas: desempeño institucional gubernamental, poderes políticos locales, luchas sociales y acción colectiva, y conflicto armado. El análisis del desempeño institucional gubernamental se circunscribe a las instituciones de tipo estatal, busca determinar los alcances de las administraciones municipales para ejercer sus funciones de ley, y de esta manera brindar las condiciones básicas a la población dentro de su jurisdicción político-administrativa; por su parte, luchas sociales y acción colectiva permite leer el alcance y capacidad de agencia de las movilizaciones sociales registradas; el conflicto armado se resalta como un proceso que históricamente ha influenciado diferentes dinámicas de regulación territorial, que han incidido en la capacidad institucional y en los procesos de participación de orden local. Por último, los poderes políticos locales se configuran como una entrada para comprender y contextualizar su proceso, a través del ejercicio de participación ciudadana en elecciones y las dinámicas del enfrentamiento político en dicho contexto.

Se procedió a un análisis de los temas priorizados, combinando métodos cualitativos y cuantitativos que permitieron dar cuenta de la complejidad de los procesos de gobernanza y de las condiciones de las localidades en que estos se dan. Como punto de partida se reconstruyeron los contextos regionales de los municipios en el área de influencia del proyecto, esto para identificar los órdenes locales configurados y sus elementos más relevantes.

Para el tratamiento de cada tema, se definieron los insumos de importancia para su análisis. Así, el desempeño institucional gubernamental se abordó a partir del Índice de Desempeño Integral Municipal (IDIM) y del Índice de Desempeño Fiscal (IDF), indicadores que anualmente construye Departamento Nacional de Planeación (DNP). El primero está disponible para el período 2005-2013 y da cuenta de las condiciones y capacidades de los gobiernos municipales para desarrollar sus políticas básicas de atención a la población en su jurisdicción (agua potable, salud, educación y saneamiento básico), en concordancia con las funciones que les otorga la legislación en el marco de la política de descentralización político-administrativa del país. Por su parte, el IDF está disponible para el período 2000-2013 y refleja la condición fiscal y financiera de los gobiernos territoriales. Cada índice se leyó, comparó e interpretó a partir de los promedios históricos de cada municipio, generando una idea del estado de las

13 Se parte de la consideración de algunos elementos de contexto que han incidido en la configuración de órdenes locales en Antioquia, entre ellos: 1) la presencia diferencial del Estado en los territorios y los vacíos institucionales que ello deja; 2) la presencia de grandes élites políticas que han reproducido y perpetuado su dominio en localidades específicas; 3) el conflicto armado, sus actores asociados y las dinámicas impuestas; 4) las formas de movilización y acción colectiva de las poblaciones locales; 5) la ubicación de las localidades en términos de desarrollo económico a nivel departamental.

capacidades de la gestión institucional en la provisión de servicios y la ejecución de recursos. Las condiciones de capacidad institucional resultantes se ubicaron en las siguientes categorías:

- Baja capacidad de gestión institucional con viabilidad fiscal en riesgo.
- Baja capacidad de gestión institucional con sostenibilidad financiera y fiscal.
- Mediana capacidad de gestión pública con recursos fiscales sostenibles.
- Mediana capacidad de gestión pública con recursos fiscales sostenibles.
- Mediana capacidad de gestión pública con recursos fiscales sostenibles.

El tema del conflicto armado se analizó para todo el Departamento teniendo en cuenta el total de acciones armadas por parte de grupos armados legales e ilegales, registrada en la base de datos Noche y Niebla del CINEP para el periodo 2001-2013. Estas se agruparon por modalidades (violación de DDHH, infracciones al DIH, acciones bélicas, ataque a infraestructura y extorsiones¹⁴) y se analizaron considerando la ubicación de los municipios en relación a la media departamental para todo el periodo de estudio. Con este tratamiento se reconoció la historicidad del conflicto armado y las dinámicas y lógicas de ordenamiento que instala en los territorios, así como los cambios y adaptaciones que se presentan en la actualidad. El resultado del análisis arrojó las siguientes categorías:

- Dinámica de conflicto prolongado.
- Dinámica de conflicto instalado.
- Dinámica de conflicto en descenso.
- Dinámica de conflicto bajo.
- Dinámica de violencias en aumento.

Por su parte, las luchas y acción colectiva se abordaron desde los registros históricos del CINEP, se realizó un rastreo entre 1990 y 2014¹⁵, complementando la fuente institucional utilizada para el caso específico de los municipios de influencia directa del proyecto, con revisión de prensa local y regional para recolectar datos de los años 2013-2014. Se hizo una lectura de la “**capacidad de acción colectiva**” a partir del “**alcance geográfico de la protesta**”, resultando la siguiente agrupación de municipios:

- Municipios con menor tendencia a la protesta social de amplia cobertura geográfica: predominio de luchas intramunicipales.
- Municipios con mayor tendencia a la protesta social de amplia cobertura geográfica: predominio de luchas supramunicipales.

14 Las extorsiones se analizaron para el último período de gobierno presidencial (2010-2014).

15 Para hacer seguimiento a la protesta social se abordó el período 1990-2014, considerando fundamentales en el mismo, la dinamización de los siguientes procesos: 1. Reforma de descentralización que comenzó en la década del 80, lo cual implica traslado de competencias desde la administración central del Estado a los gobiernos locales, se dota de personalidad jurídica al órgano descentralizado, se promueve la autonomía municipal desde el manejo de los recursos propios. 2. Adopción a principios de los 90 por parte del Estado del modelo de apertura económica para inserción del país en la economía global, con incidencia en la demanda de obras de infraestructura física (vías, puertos, etc.) que intervienen y transforman los territorios locales para establecer canales comerciales. 3. Promulgación de la Constitución Política de 1991, y con ella el desarrollo de nuevos marcos normativos respecto a autonomía territorial municipal, participación ciudadana, reconocimiento de derechos colectivos (ambientales -normatividad ambiental regulatoria- y étnicos).

El tema de los poderes políticos locales se focalizó en los municipios del área de influencia del proyecto y tuvo en cuenta la participación en elecciones, analizando la según el comportamiento electoral de los últimos cinco períodos de gobierno: se centró en el comportamiento de las votaciones –porcentajes y partidos– y los niveles de atipicidad presentados durante el período seleccionado, configurándose como un elemento complementario del análisis, con el fin de coadyuvar a generar el contexto político en el que se analizaron los otros temas de interés para el componente.

Después de analizadas las temáticas por separado, se hizo un relacionamiento entre ellas para identificar los pesos que cada una de ellas tiene en las condiciones de gobernanza de los municipios de Antioquia, resultando las siguientes categorías:

Tabla 14. Gobernanzas diferenciadas¹⁶

GOBERNANZAS DIFERENCIADAS	DESEMPEÑO INSTITUCIONAL GUBERNAMENTAL	CONFLICTO ARMADO	LUCHAS SOCIALES Y ACCIÓN COLECTIVA
Gobernanzas híbridas	Bajo IDIM (Índice de Desempeño Integral Municipal) con viabilidad fiscal y financiera en riesgo.	Prolongado Instalado En descenso	Mayor cantidad de luchas sociales de tendencia supramunicipal regional y subregional. Incidencia significativa del conflicto armado en la protesta social.
Gobernanzas en vulnerabilidad	Bajo IDIM (Índice de Desempeño Integral Municipal) con viabilidad fiscal y financiera en riesgo.	En aumento	Bajos o inexistentes registros de luchas sociales, con tendencia supramunicipal. Incidencia del conflicto armado en la protesta social.
Gobernanzas en inercia	Bajo IDIM (Índice de Desempeño Integral Municipal) con viabilidad fiscal y financiera en riesgo.	Bajo	Bajos o inexistentes registros de luchas sociales, con tendencia intramunicipal. Poca incidencia del conflicto armado en la protesta social.
Gobernanzas nodales	Mediano a favorable IDIM (Índice de Desempeño Integral Municipal) con recursos fiscales y financieros sostenibles.	Prolongado y en aumento	Bajos o inexistentes registros en un grupo de municipios, en otra mediana frecuencia. Tendencia a la protesta supramunicipal subregional y regional. Incidencia significativa del conflicto armado en la protesta social.
Gobernanzas favorables	Mediano a favorable IDIM (Índice de Desempeño Integral Municipal) con recursos fiscales y financieros sostenibles a solventes.	Bajo	Bajos registros, con ocurrencia de algunos hechos coyunturales de tendencia supramunicipal nacional y subregional. No se observa incidencia del conflicto armado en la protesta social.

Fuente: elaboración propia.

Ya, para los municipios en el área de influencia, el análisis se refinó con la información que arrojaron las variables: poderes políticos locales, y luchas sociales y acción colectiva, encontrando así particularidades territoriales de importancia para el diseño de lineamientos de política pública propuestas por este proyecto.

¹⁶ Para ver más sobre las gobernanzas diferenciadas remitirse en este mismo documento a la sección de “Adaptaciones y desarrollos metodológicos novedosos”.

4. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS PARA EL LARGO PLAZO¹⁷

Las variables de estudio descritas anteriormente fueron analizadas a partir de un procedimiento de correlaciones, para determinar la fuerza de una relación lineal y la proporcionalidad entre dos variables estadísticas, así como identificar la relevancia y coherencia de las variables seleccionadas para el análisis de un fenómeno de infraestructura vial, como el proyecto de las Autopistas para la Prosperidad. Este procedimiento fue clave para determinar la relación existente entre variables como la calidad de vida, el desempeño institucional o el valor agregado, con variables como la accesibilidad, efecto determinante de las Autopistas en funcionamiento.

Se realiza análisis de correlación cuando existe interés por saber si hay o no algún tipo de relación entre dos variables aleatorias, en particular el interés de cuantificar la posible intensidad de la relación lineal existente entre dos variables, de manera que el análisis de correlación estudia el nivel de asociación entre variables para conocer el grado o la intensidad en que se asocian dos o más variables, para ello se emplean diversos métodos de correlación.

Los resultados provenientes del análisis de correlación son independientes de las unidades en que se miden las variables, lo que en general, se concluye de la siguiente manera: dos o más variables están altamente correlacionadas cuando el coeficiente de correlación es grande (cerca de 1 o de -1); y las variables no están correlacionadas o poco correlacionadas cuando el coeficiente de correlación es cercano a cero; adicional a lo anterior en presencia de correlación alta, existe correlación positiva o negativa, cuando el coeficiente de correlación tiene signo positivo indica que las variables tienen una asociación directa, puesto que toman el mismo rumbo, es decir valores altos en una variable corresponden a valores altos de la otra variable, lo mismo ocurre para casos cuyos valores son bajos; de otro lado, si el coeficiente de correlación tiene signo negativo, indica que valores altos en una variable corresponden a valores bajos en la otra variable, y viceversa. Finalmente, si el coeficiente de correlación es cero indica la no existencia de asociación entre variables.

En resumen, existe correlación si al aumentar los valores de una variable, aumentan los de la otra también y viceversa. Es importante resaltar, que cuando existe correlación alta, es decir cercana a 1 o -1, no necesariamente indica la existencia de causalidad entre las variables.

¹⁷ Ver documento temático que contiene todo el desarrollo del análisis de correlaciones.

El coeficiente de correlación de Pearson, indica correlación positiva o directa cuando las variables presentan la misma tendencia (cercano a 1) porque a medida que aumenta una variable se espera que la otra también lo haga; se habla de correlación negativa o inversa (cercano a -1) cuando una variable aumenta y la otra disminuye, puesto que muestra tendencias opuestas, mientras que es nula cuando el coeficiente de correlación es cercano a cero. Se mide de la siguiente manera:

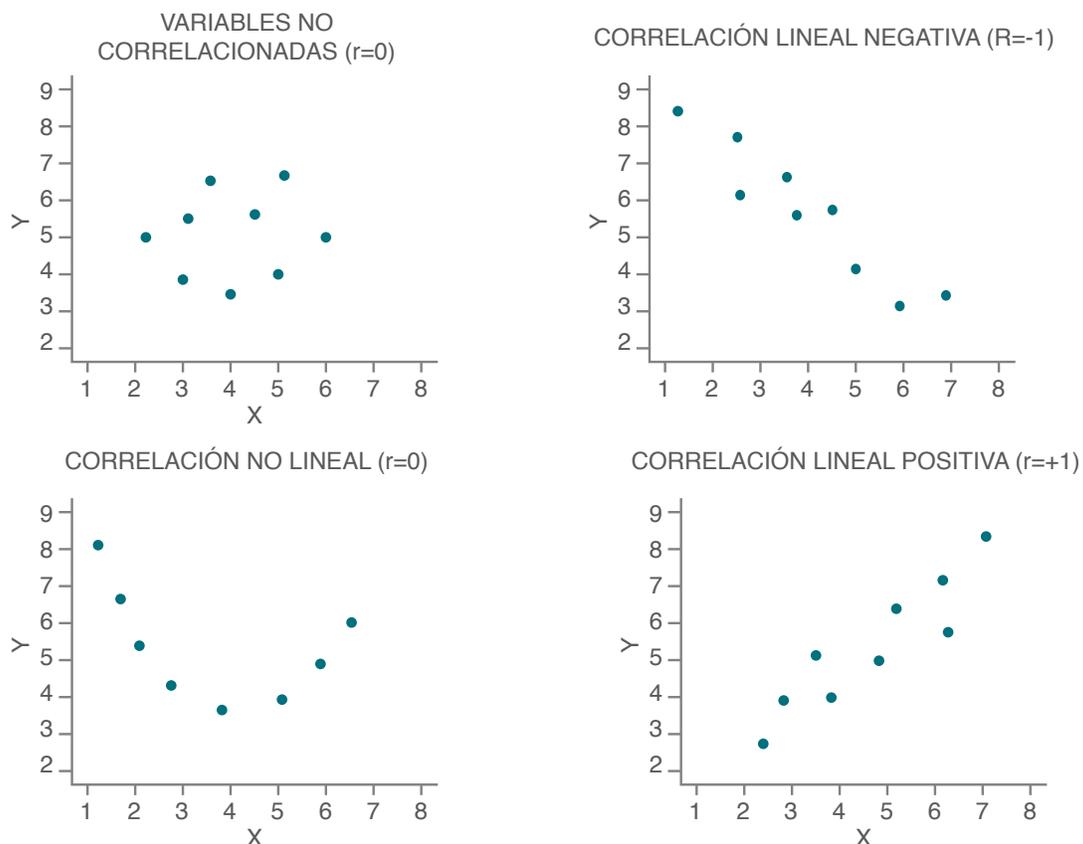
$$r_{xy} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

En el numerador se tiene la fórmula de covarianza (X,Y), mientras que en el denominador se tiene la raíz cuadrada de la varianza (X,Y).

La correlación Bootstrap es una técnica de remuestreo de los datos que permite resolver problemas de estimación de intervalos de confianza y significancia estadística, siendo menos restrictiva que las técnicas de correlación clásicas.

El diagrama de dispersión ubica una de las variables en la coordenada X y la otra en la coordenada Y, ubica el valor X y Y de una misma observación y permite identificar mediante un gran número de observaciones la tendencia que dichas variables aleatorias adoptan entre sí. Se clasifican dichas relaciones como se muestra a continuación:

Gráfico 6. Relaciones en un diagrama de dispersión



Para este análisis de correlaciones se contemplaron las cuatro dimensiones del estudio. Los componentes político-institucional y económico son los que ofrecen la menor cantidad de variables para el análisis, por lo cual para estos casos no fue necesario llevar a cabo el análisis de componentes principales con el fin de resumir la información. En lo que atañe a los otros dos componentes, son numerosas las variables aportadas por lo que se justificó el ejercicio de resumir la información.

- **Componentes principales**

La metodología de componentes principales es un procedimiento estadístico cuyo objetivo consiste en resumir un conjunto de datos, a través de un procedimiento matemático que tiene como finalidad captar las principales fuentes o direcciones de variabilidad de los datos. El resultado es un conjunto de indicadores, llamados componentes, que son una combinación lineal de las variables presentes en el conjunto de datos. Cada componente refleja una dirección o fuente de variabilidad de los datos. De este conjunto de indicadores o componentes se suelen elegir aquellos que reflejan la mayor parte de la variabilidad de los datos. En muchas ocasiones el primer componente por sí solo refleja el 90% de la variabilidad de los datos, por lo cual se suele elegir tan solo un indicador. Además, los coeficientes que poseen las variables dentro de cada componente relevante permiten establecer el peso que tiene cada variable dentro del componente respectivo (el peso de una variable se calcula como el cuadrado del coeficiente en cuestión). De esta manera, el análisis de componentes principales ofrece dos vías para resumir la información: 1) permite construir un conjunto reducido de indicadores (componentes) que dan cuenta de las principales direcciones de variabilidad de la información; 2) en caso de que, en honor al principio de la parsimonia, se desee dispensar el uso de un indicador, pero aun así se busca identificar unas variables críticas, la metodología de componentes principales permite establecer cuáles son las variables que aportan más a la configuración de los componentes más importantes, estas variables, al captar la mayor parte de la variabilidad que exhiben los componentes, pueden ser el objeto de análisis.

5. PROSPECTIVA TERRITORIAL: UN INSTRUMENTO METODOLÓGICO

5.1. PROSPECTIVA Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA TERRITORIAL

Los procesos que posibilitan, impulsan o potencian el desarrollo territorial, deben basarse u originarse en ejercicios de planeación estratégica que, según el Departamento Nacional de Planeación (2010) tiene dos connotaciones generales:

- “Construir participativamente un ‘mapa’ que permita entender de manera sistémica la ubicación y las interrelaciones entre las dimensiones de desarrollo y facilite identificar los asuntos clave (interdimensionales) con mayor potencial transformador.
- Orientar sobre la forma de estructurar la cadena de acciones (intersectoriales e interinstitucionales), con referencia a un territorio determinado que permitirá alcanzar los objetivos y metas que concretarán los cambios definidos”

El desarrollo territorial no debe estar aislado de procesos de concertación con diferentes actores, cuya acción conjunta o individual se consolida como base para desencadenar una transformación territorial que oriente hacia unos objetivos preestablecidos mediante la planeación estratégica. En términos generales, Guzmán (2005) indica que es importante identificar las variables y los actores que influyen y propician el cambio en el sistema territorial objeto de estudio.

Los procesos de planeación estratégica territorial deben consultar las expectativas e intereses (convergentes, divergentes, contradictorios) que tienen sobre el territorio los diferentes actores, y por lo tanto deben procurar establecer un objetivo común a alcanzar a través de la diversidad de futuros deseables y posibles.

Estos ejercicios de concertación sobre el futuro son adecuadamente desarrollados mediante metodologías de prospectiva territorial, con herramientas de apoyo a la decisión en la planificación estratégica territorial.

La prospectiva territorial aporta a la identificación de elementos clave de futuro, como propuesta metodológica promueve la reflexión colectiva y la construcción de escenarios probables de futuro, de tal forma que se vislumbren acciones o estrategias que permitan anticiparse o inducir cambios en el entorno, sobre la base de análisis de capacidades y oportunidades probables y viables.

En este sentido, Planeación Nacional afirma que el desarrollo territorial se consolida a partir del aporte desde diversos ámbitos o sectores y que:

- Desde lo político se contribuye a aumentar la autonomía de los territorios, la disposición de proyectos políticos a largo plazo y el logro de consenso entre autoridades y ciudadanos para abordar un compromiso en la construcción de futuro del territorio.
- Desde lo económico se promueve el aprovechamiento óptimo de los recursos teniendo en cuenta su sostenibilidad y se posiciona competitivamente al territorio.
- Desde lo estratégico territorial se crea la imagen atractiva del territorio y se ubica destacadamente en la red urbano-regional.
- Desde la inteligencia colectiva se contribuye al constituir una sociedad informada, actualizada y conocedora de las opciones de futuro.

Se busca planificar para el cambio, es decir, para crear las condiciones que permitan transformar o actuar sobre asuntos cruciales para el desarrollo, lo que implica articular los múltiples intereses y proyectos en procura de acuerdos sobre un futuro deseable y posible, usar más eficientemente los recursos y fortalecer tanto la cohesión social como la identidad.

La propuesta de un proceso de planificación estratégica de un fenómeno de implicaciones territoriales y socioespaciales, alude a las transformaciones del desarrollo territorial en contextos, escalas e interacciones concretas en sentido espacio-temporal, con el fin de proveer una estructura analítica que identifique las fuerzas que interactúan y estructuran el futuro del territorio, enfocándose en reconocer las tendencias fuertes y los hechos portadores de futuro.

Asimismo, debe constituirse en una guía de lineamientos y procedimientos para adelantar el proceso de planificación y enfatizar en la construcción social del cambio y en la creación de los arreglos institucionales, indispensables para alcanzar transformaciones trascendentales en los factores motrices del desarrollo.

● **Objetivos específicos para la prospectiva territorial**

- Identificar los escenarios posibles de cambio territorial derivados de las transformaciones asociadas al proyecto de Autopistas para la Prosperidad en el largo plazo (15 años).
- Definir el escenario probable-deseado para potenciar el bienestar social y promover el emprendimiento económico y el desarrollo urbano y regional de los territorios y poblaciones impactados por esta obra.

Para lograr estos objetivos del estudio, fue propuesto el siguiente enfoque de trabajo:

- Análisis de las tendencias e implicaciones de largo plazo de las Autopistas en el sistema territorial en Antioquia.
- Identificación de los escenarios espaciales causados por la construcción de las Autopistas.
- Clasificación de escenarios según sus probabilidades.
- Identificación del escenario probable deseado o concertado.
- Los equipos de trabajo, a partir de estos escenarios, pueden definir las recomendaciones y lineamientos de política pública a partir de los factores estratégicos de impulso y transformación del sistema.

● **Etapas de la prospectiva territorial de las Autopistas para la Prosperidad**

Para establecer una visión de futuros posibles y deseables, concertados mediante diferentes análisis prospectivos, fue necesario asumir al menos los siguientes procedimientos analíticos:

- **Identificar** los factores de cambio que permiten sintetizar el sistema territorial en su estructura de integración, dinámica competitiva, desarrollo institucional y acceso a oportunidades. Esta identificación es resultado de diagnósticos, análisis de implicaciones, simulaciones estadísticas, matemáticas y cartográficas, consultas sociales, revisión de tendencias y focalización en variables síntesis o factores críticos, que pueden ser transformados o potenciados para incidir en cambios de futuro del sistema territorial en cuestión.
- Realizar un **análisis** de los factores de cambio que apoye la identificación de los factores clave en el sistema Autopistas para la Prosperidad.
- Establecer el **escenario apuesta** o concertado de desarrollo territorial futuro, a partir de los escenarios posibles definidos por las probabilidades de control, gestión y transformación de los factores prioritarios o líderes en la conducción multidimensional del sistema territorial en cuestión.
- Identificar escenarios espaciales de cambios por los efectos de las Autopistas para la Prosperidad sobre los potenciales de desarrollo territorial, teniendo en cuenta un modelo de incidencia soportado en factores de cambio definidos como clave en el sistema.

Una vez realizados estos procedimientos metodológicos de la prospectiva territorial, se pudo establecer la formalización de los lineamientos de políticas que contribuyen a la estructuración futura del sistema territorial influenciado por las Autopistas para la Prosperidad.

Este ciclo metodológico se ilustra a continuación:

Gráfico 7. Ciclo metodológico de prospectiva



Fuente: elaboración propia.

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES TERRITORIALES DE CAMBIO

5.2.1. Criterios de identificación

Los factores de transformación identificados como parte del sistema territorial de las Autopistas cumplen con al menos tres características de partida o criterio base: a) son el resultado de datos, simulaciones, mediciones y/o tendencias constatables; b) representan una síntesis de variables, índices, indicadores, o conjunto de subfactores constitutivos de un fenómeno que es, de partida, dimensional; y c) son esencialmente

factores de potencial capacidad de transformación del sistema territorial y no predeterminan por sí solos la realidad futura del sistema por cuanto este gobierna la inter-dimensionalidad de los mismos¹⁸.

Así, un factor de cambio o de futuro territorial es un subsistema en el territorio que, junto con otros, contribuye a producir un cambio en el sistema (cambios en procesos de integración, dinámica, sostenibilidad, capacidad, etcétera). Definirlos es importante porque ayuda a formalizar el conjunto de acciones de intervención en el territorio. Estos factores no son, en sentido estricto, variables sectoriales simples, sino que al ser territoriales poseen incidencias y, a su vez, pueden ser influenciados por las dimensiones del desarrollo: política, cultural, social, ambiental, económica y tecnológica.

Se trabaja con la prospectiva de factores de cambio en tanto se les asigna una capacidad de transformación en el modelo actual de configuración multidimensional del territorio. A estos factores se les puede establecer un proceso de gradualidad en la gestión de su capacidad de transformación.

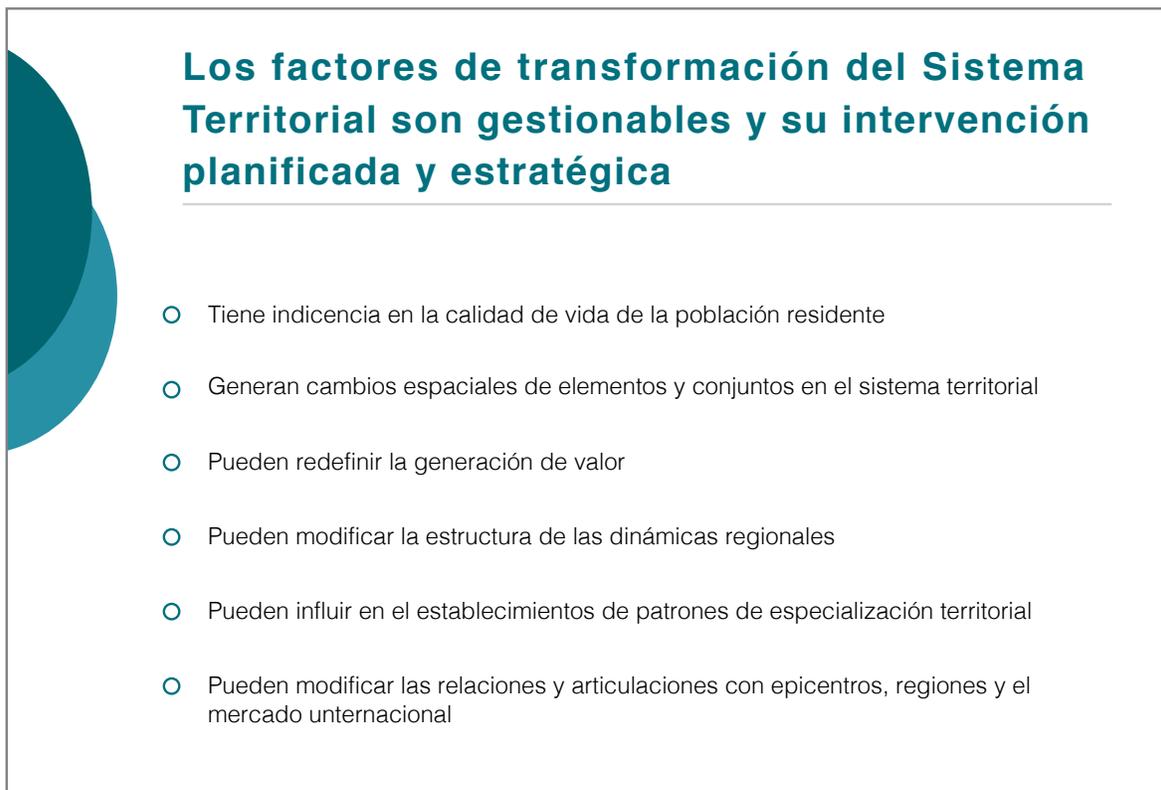
Cuando son establecidas aproximaciones a la definición de los criterios de identificación de los factores territoriales de cambio, no se pretende que se cumplan “todos” o al menos *x* número de criterios, sino que sean considerados en el “sistema de factores de cambio” que se quiere analizar, aquellos aspectos que tengan que ver con el potencial de reordenamiento del sistema territorial y su futuro estado probable si las tensiones fuesen positivamente inducidas.

Para ello, tal vez el primer criterio es que no se trata de la formulación de un plan de desarrollo funcional o una planeación sectorial, sino de una prospectiva de factores a los que se les asigna la capacidad de transformación en el modelo de organización actual del territorio, y a los que se les puede establecer un proceso de gradualidad en la gestión y concreción de su capacidad de transformación mediante un método de escenarios probables y concertados. Esta capacidad depende de movilizadores (controles/motores) políticos, económicos, sociales y tecnológicos¹⁹.

Así que podríamos decir que cuando hablamos de los siguientes criterios de identificación de un factor de cambio territorial, nos podríamos aproximar a ideas como:

18 Los enfoques en la prospectiva de sistemas territoriales aquí planteados hacen parte de procesos metodológicos ad hoc, aplicados en la planeación estratégica territorial trabajada en diferentes proyectos de desarrollo y ordenamiento territorial, en el marco de la línea de estudios territoriales del Grupo Hábitat, Territorio y Medio Ambiente, entre los años 2006 y 2014.

19 A estos controles/motores se les conoce como factores PEST por su sigla y se trata de un análisis del macro entorno estratégico externo, en el que estos factores son específicos de un país, región, ciudad o sector, por lo tanto un análisis PEST busca entender las oportunidades y amenazas de los factores externos al sistema. Véase, entre otros, a Santucci, L. Oele, J. Rahmawati, A. Khambud, R. Barth, B. Spencer, R. (2011). Strategic Planning Tools for eco-efficient and socially inclusive infrastructure. UNITED NATIONS ESCAP - IUTC - UN HABITAT. Disponible en: <http://www.unescap.org/esd/environment/infra/daproject/bangkok/documents/Strategic-Planning-Toolkit.pdf>



Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Factores de cambio clave

Para cada componente del estudio, se procedió a establecer un conjunto de factores de cambio que permitiese destacar aquellos con capacidad de dinamizar el sistema territorial, en tanto pertenecen al conjunto de prioridades en la transformación y creación de condiciones a favor de los escenarios probables para el desarrollo territorial a partir de las Autopistas para la Prosperidad.

La complejidad de la realidad territorial requiere de un análisis riguroso de todos los factores incorporados al sistema, de modo que se establezcan aquellos de mayor incidencia en el mismo y que sean identificados con claridad y perspectiva los esfuerzos, recursos e intervenciones que son necesarias para propiciar resultados estratégicos, a fin de alcanzar objetivos de futuro en el desarrollo territorial propuestos por las Autopistas.

Los factores de cambio como sistema, actúan como un todo articulado y por lo tanto su grado de incidencia puede ser de tendencia, de giro medio o de transformación significativa del sistema. Lo anterior, quiere decir que en el sistema territorial todos los factores juegan y de cada uno de ellos se derivan objetivos y lineamientos estratégicos, que pueden soportar a futuro ejercicios en detalle y con mayor información

y análisis, como el provisto por este estudio para la planeación y gestión estratégica territorial de orden local, subregional y departamental.

No obstante, haber identificado un conjunto de factores de cambio para el sistema, el análisis de interacciones y correlaciones entre sus variables, permitió definir un grupo reducido de factores de mayor peso como potenciales de transformación, por lo que fueron asumidos como aspectos clave, desde los cuales se partió para hacer el respectivo ejercicio técnico de identificación del escenario probable concertado.

● **La identificación del escenario probable concertado**

Con base en los factores de cambio fundamental en el sistema, se realizó un ejercicio técnico participativo mediante taller de expertos, con el fin de hacer un análisis, validación y calificación de las hipótesis de los factores considerados clave por cada componente de trabajo. Es decir, teniendo como perspectiva el desarrollo territorial estratégico de las Autopistas para la Prosperidad, y definidos los factores críticos prioritarios (a partir de las interacciones identificadas y del análisis de correlaciones de variables), se buscó construir el escenario futuro más probable concertado.

Se estableció la valoración de escenarios de futuro mediante la calificación concertada de la probabilidad de ocurrencia del evento, -en términos de porcentaje (%)- de las hipótesis de futuro definida para los factores más críticos del sistema.

Teniendo como base los dos (2) o tres (3) escenarios de futuro del sistema Autopistas en orden jerárquico, se consideró una síntesis para determinar el escenario apuesta o de concertación para las Autopistas.

Como base para los análisis de estos ejercicios fue recomendable tener en cuenta las plataformas que sustentan las capacidades y decisiones políticas, económicas, sociales y tecnológicas en el territorio, para movilizar y desarrollar cada uno de los factores, con foco en la prospectiva departamental y con alineación de inversiones nacionales y locales. Se trata de los ya planteados factores PEST, a saber:

- Políticos: considera la política pública, voluntades políticas, planes de desarrollo, CONPES sectoriales, lobby intergubernamental, programas de gobierno.
- Económicos: considera la inversión pública programada, empréstitos programados, inversión privada nacional y/o extranjera, concurrencia de recursos de niveles públicos, CONPES, planes de desarrollo, estrategias privadas.
- Sociales: considera los acuerdos institucionales, redes sociales de apoyo, apropiación y participación social, CONPES sociales, planes de desarrollo, veeduría ciudadana, consejos locales, subregionales y departamental de planeación.

- Tecnológicos: considera la capacidad instalada, innovaciones y/o mejoramientos tecnológicos, transferencias tecnológicas, inversiones en conocimiento, planes de ciencia y tecnología, CONPES sectoriales.

Como preguntas orientadoras para la realización de este ejercicio, se planteó tener en cuenta cuestiones como las siguientes:

- ¿Qué potencia real en el tiempo tiene el factor considerado clave para el desarrollo territorial del sistema Autopistas?
- ¿Qué condiciones o capacidades políticas, económicas, sociales y tecnológicas –PEST- se requieren en el territorio para dinamizar el factor y con ello el sistema Autopistas?
- ¿Cuáles son las implicaciones que tiene el despliegue y concreción del factor?
- ¿Qué significa pensar o construir un ciclo de desarrollo del factor de cambio?

Luego de calificadas las hipótesis fue definido el escenario probable concertado y se obtuvo así un contexto general de las transformaciones básicas esperadas a partir del sistema Autopistas para la Prosperidad hacia el año 2030.

5.3. LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS ESPACIALES

Pensando en superar el reto de evaluación prospectiva que exige la identificación de las implicaciones del proyecto Autopistas para la Prosperidad en el territorio antioqueño, se propone la construcción de un modelo espacial para la simulación de escenarios, que permita leer con un énfasis eminentemente territorial los efectos de la puesta en marcha que las infraestructuras viales tienen sobre el sistema urbano-regional antioqueño en cuanto a su posición, tensión y dinámica frente al sistema de ciudades nacional, entendido este como “un conjunto organizado de ciudades que comparten relaciones funcionales de orden económico, social, cultural y ambiental, y que interactúan entre sí, para maximizar los beneficios de la urbanización y minimizar los costos sociales” (CONPES 3819, 2014).

Como se refleja en el documento CONPES 3770 de 2013 que define la cuarta generación de concesiones viales, es decir las Autopistas para la Prosperidad, su construcción tiene como objetivo de largo plazo mejorar la competitividad de la economía local, acelerar el crecimiento económico y el bienestar de la población, mediante la inserción de Colombia en los mercados internacionales. En el ámbito regional busca generar la interconexión vial entre Medellín y los principales centros de intercambio comercial (costas Caribe y Pacífica), como también con el río Magdalena con el fin de incrementar los niveles de competitividad de Medellín, identificada como una de las principales aglomeraciones del país.

El documento CONPES 3819 de 2014 plasma la política del gobierno nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia. Dicha política está fundamentada en la Ley 1454 de 2011, Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (LOOT) y en el Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para todos”, mediante los cuales se le determinó a la Nación la competencia para determinar los lineamientos del proceso de urbanización, así como la política a largo plazo para consolidar un Sistema de Ciudades mediante el cual se maximicen las oportunidades creadas por el proceso de urbanización.

Para cumplir estos mandatos de Ley, el DNP conformó en 2012 la “Misión del Sistema de Ciudades” compuesta por un equipo de expertos nacionales e internacionales, que produjo un documento técnico con un completo análisis y diagnóstico del proceso de urbanización en Colombia, soportado en 17 estudios temáticos, que incluye también una propuesta de caracterización del Sistema de Ciudades, y lineamientos de política estructurados desde seis ejes estratégicos.

La Misión de Ciudades, con el antecedente de la existencia de una relación positiva entre la urbanización y el crecimiento económico, la mayor innovación, aumentos en competitividad y el incremento de la calidad de vida, tuvo el objetivo de identificar aquellos territorios que “aprovechan los beneficios de la aglomeración y la urbanización”, por medio del cual se logró establecer un Sistema de Ciudades que sirve como instrumento para cerrar las brechas regionales en materia de equidad y pobreza, gracias a que son puntos de convergencia de los servicios públicos y sociales (DNP, 2014).

El Sistema de Ciudades está constituido por municipios (núcleos) y sus respectivas aglomeraciones, según los siguientes criterios:

- Municipios que presentan dinámicas de desplazamiento diario de al menos el 10% de la población trabajadora a otro municipio (este elemento se encuentra asociado a la premisa de conmutación laboral).
- Municipios con una población en cabecera igual o superior a 100 mil habitantes.
- Municipios con menos de 100 mil habitantes en cabecera pero que tienen importancia estratégica en el ámbito subregional en términos de prestación de servicios.

La Misión de Ciudades estableció que 151 municipios hacen parte del Sistema de Ciudades de Colombia, la existencia de 18 aglomeraciones (asociado a 129 municipios) y 22 municipios de importancia subregional, estructuradas espacialmente bajo las siguientes formas:

- **Aglomeraciones de ciudades**

En términos del estudio de la Misión, se definen como la conjunción de ciudades que comparten ciertas características. Para el estudio se definen a partir de la tasa de conmutación de la población trabajadora entre municipios

(viajes por trabajo); en torno a un núcleo central o nodo, que atrae población trabajadora de otros municipios cercanos (no necesariamente limítrofes con el nodo pero sí en un espacio contiguo geográficamente).

- **Ciudades funcionales**

Conformadas cuando las relaciones funcionales se extienden por fuera de las fronteras administrativas y una/s terminan por absorber a otras ciudades más pequeñas, proceso en el que también es absorbido el suelo semiurbano y el rural, y en algunos casos se presentan casos de fusión con otras ciudades intermedias lo cual resulta en grandes conurbaciones (ONU Hábitat, 2011). También se conocen como “Áreas urbanas funcionales” relacionadas con indicadores de densidad poblacional para identificar las ciudades centrales o nodos, y flujos de viaje con motivos laborales para identificar las zonas alrededor de las ciudades cuyos mercados laborales están altamente integrados con ciudades centrales (OCDE, 2013).

- **Ciudades uninodales**

Corresponden a aquellas ciudades cuya área funcional aún se mantiene dentro del límite político administrativo que define su municipio (*Misión de Ciudades*).

- **Ejes, corredores o subsistemas urbano-regionales**

Conjunto de ciudades agrupadas bajo tres tendencias: 1) Ejes que se caracterizan por la asociación de ciudades uninodales o aglomeraciones a una aglomeración principal. 2) Ejes que se conforman por la sucesión de aglomeraciones o ciudades compartiendo servicios en un encadenamiento funcional y económico. 3) Ejes existentes que se fortalecen (*Misión de Ciudades*).

Dentro de las principales conclusiones de la Misión se pueden resaltar: las ciudades colombianas están aisladas, presentando poco intercambio y economías poco especializadas; el fenómeno de la urbanización ha superado la escala eminentemente municipal y se viene configurando en una escala supramunicipal; las ciudades enfrentan retos para mejorar sus productividad con mercados laborales fraccionados y problemas de altos costos de transporte; la planeación del territorio ha correspondido a visiones sectoriales con diversos instrumentos y niveles de desarrollo que no se han articulado; el marco institucional relacionado con las ciudades no logra una adecuada coordinación entre los diferentes niveles de gobierno y; los niveles de financiación no son consecuentes con las necesidades de las ciudades y las aglomeraciones urbanas.

Posterior a este ejercicio de identificación y caracterización del sistema de ciudades nacional, el DNP y el equipo de la Misión para la Transformación del Campo establecieron las categorías de ruralidad del resto de los municipios del país, bajo los siguientes criterios, para establecer las categorías de ruralidad expuesta a continuación.

- La ruralidad dentro del Sistema de Ciudades.
- La densidad poblacional.
- La relación de población urbano-rural.

- **Municipios intermedios**

Son aquellos municipios que tienen una importancia regional y con acceso a diversos bienes y servicios. Se caracterizan por tener entre 25 mil y 100 mil habitantes en la cabecera o que, a pesar de tener cabeceras menores, presentan alta densidad poblacional (más de 10 hab/km²). En 2013 este grupo lo conforman 314 municipios, asociado a una población rural de 3.337.839 y el área corresponde al 8,9% del total nacional.

- **Municipios rurales**

Corresponde a los municipios que tienen cabeceras de menor tamaño (menos de 25 mil habitantes) y presentan densidades poblacionales intermedias (entre 10 hab/km² y 100 hab/km²). En total son 373 municipios para 2013 con población rural de 5.402.735 y el área municipal es 19,8%.

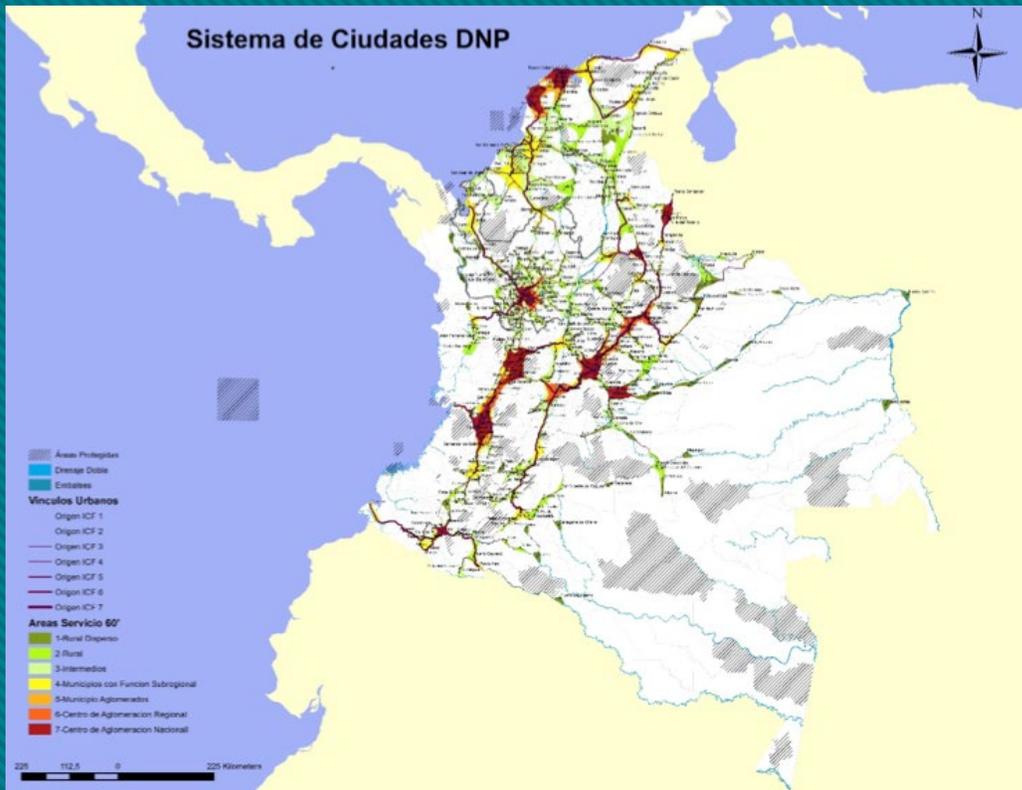
- **Municipio rural dispersos**

Son aquellos municipios y Áreas No Municipalizadas — ANM— que tienen cabeceras pequeñas y densidad poblacional baja (menos de 50 hab/km²). 318 territorios son considerados en la categoría de rural disperso para el 2013, están asociados a una población rural de 3.658.702 y el área es del 64,9% del total nacional.

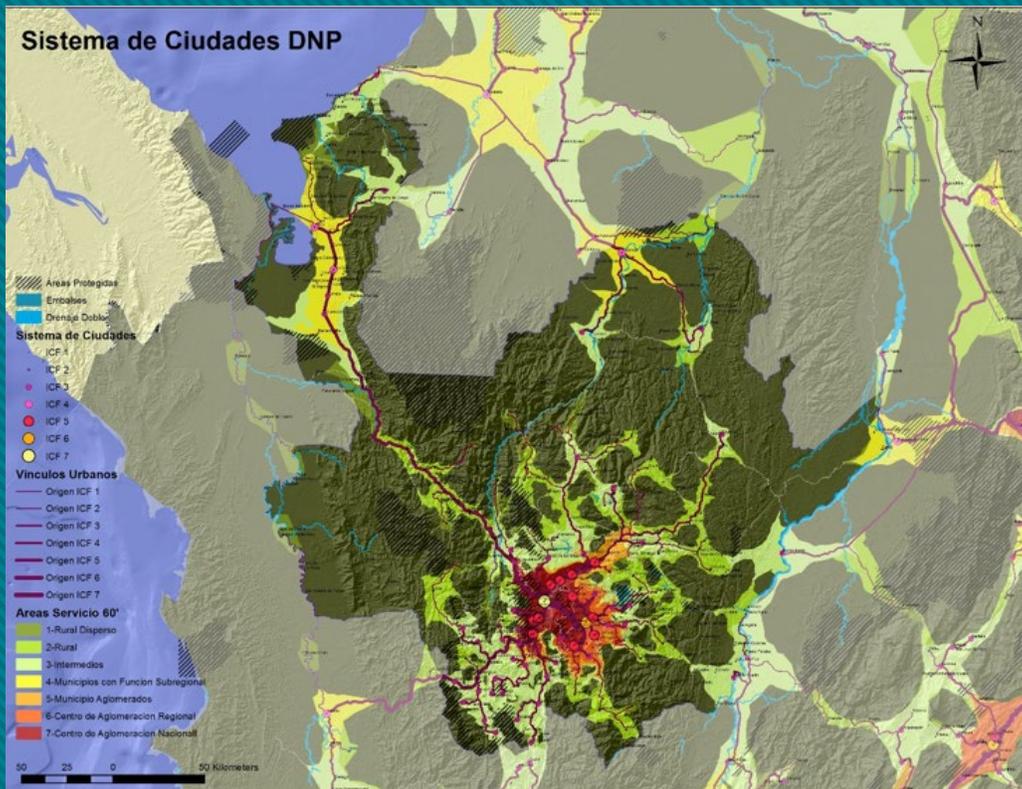
De manera consecuente con los avances que la Nación tiene sobre la caracterización, comprensión y visión de futuro del sistema urbano-regional colombiano, nuestra investigación asume el escenario construido por Misión Ciudad y ajustado en el marco de la Misión para la Transformación del Campo, como el “escenario cero”, como se puede ver en los siguientes gráficos y sobre el cual se deben medir las implicaciones del proyecto Autopistas para la Prosperidad, entendiendo y reiterando que dicho proyecto hace parte de las estrategias emprendidas desde el orden nacional para la consolidación de este sistema. De esta forma, la lectura de las implicaciones y la propuesta de lineamientos de política tendrán un énfasis territorial y posibilidades efectivas de aplicación.

Plantear la posibilidad de identificar las implicaciones de la puesta en marcha en el territorio colombiano del sistema de Autopistas 4G, exige la construcción de criterios para la localización, caracterización y jerarquización de los elementos que componen el sistema urbano-regional, se propone para este fin la construcción de un *modelo de simulación espacial*, teniendo como soporte los Sistemas de Información Geográfica.

Mapa 3. Escenario Sistema de Ciudades DNP a escala nacional



Mapa 4. Escenario Sistema de Ciudades DNP a escala nacional



Fuente: elaboración propia.

El modelamiento cartográfico o espacial es un conjunto de operaciones de análisis y comandos interactivos donde los mapas actúan como una pila u *overlay* cuyo fin es procesar decisiones de tipo espacial²⁰. Este tipo de modelamiento está orientado a la identificación de procesos y no de productos.

Todos los procedimientos de modelamiento espacial se basan en los datos tomados de dos o más capas de información iniciales, para generar una nueva capa o mapa. Los modelos espaciales se pueden agrupar en: descriptivos, simulación y predictivos. El modelo descriptivo trata de presentar la información directamente mostrando patrones y distribuciones de rasgos o elementos espaciales.

Los modelos de simulación tratan de crear escenarios ficticios o potencialmente reales simulando un fenómeno complejo. Este modelamiento puede ser utilizado para evaluar diferentes características y formas de interacción de los datos. El modelamiento predictivo es una técnica SIG de gran potencial, que trata de generar escenarios futuros de acuerdo a tendencias o modelamiento estadístico a partir de datos de ocurrencia histórica, es decir de datos reales. El modelo predictivo analiza como intervienen los factores en el tiempo, cómo están asociados, identifica cuales factores son decisivos en el proceso de la solución de un problema. El modelo utiliza análisis de regresión y emplea métodos inductivos o deductivos.

En el primer caso a partir de hechos individuales obtiene conceptos o patrones generales. En el caso de la formulación deductiva a partir de conjuntos de datos específicos se deducen o concluyen hechos o soluciones específicas. Una vez probado el modelo con datos conocidos, se aplican y se manejan estadísticamente nuevos datos con el propósito de predecir resultados.

Se utiliza en este caso un modelo de simulación espacial deductiva, que busca identificar espacialmente los cambios en el potencial de desarrollo territorial de los municipios que integran el sistema urbano-regional antioqueño, siempre puesto en el contexto de las tensiones y dinámicas del sistema urbano nacional.

5.4. LOS COMPONENTES DEL MODELO DE SIMULACIÓN ESPACIAL

Un modelo espacial es una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades. De esta definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo queda representada por otros objetos o sistemas de menos complejidad, en este caso puntos (nodos), líneas (redes) y polígonos (áreas de servicio) que ayudan a comprender la dimensión espacial del sistema de urbano-regional.

²⁰ Tomlin, 1990, citado por Demers, 1997. Disponible en: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Mortara-M-O-2000/cap1a3.pdf>. Consultado el 7 de agosto de 2015.

- **Los nodos del sistema urbano-regional**

Representan 585 cabeceras municipales colombianas, entre las cuales se incluyen 125 de Antioquia y 460 de otros departamentos, como se puede ver en la siguiente tabla. Las cabeceras que están por fuera del Departamento se seleccionan según los siguientes requerimientos del análisis:

- Tener relaciones fronterizas con el Sistema de Ciudades del departamento de Antioquia.
- Conectarse al sistema de ciudades a través de la red vial primaria.
- Hacer parte del Sistema de Ciudades nacional propuesto por el DNP (Departamento Nacional de Planeación).

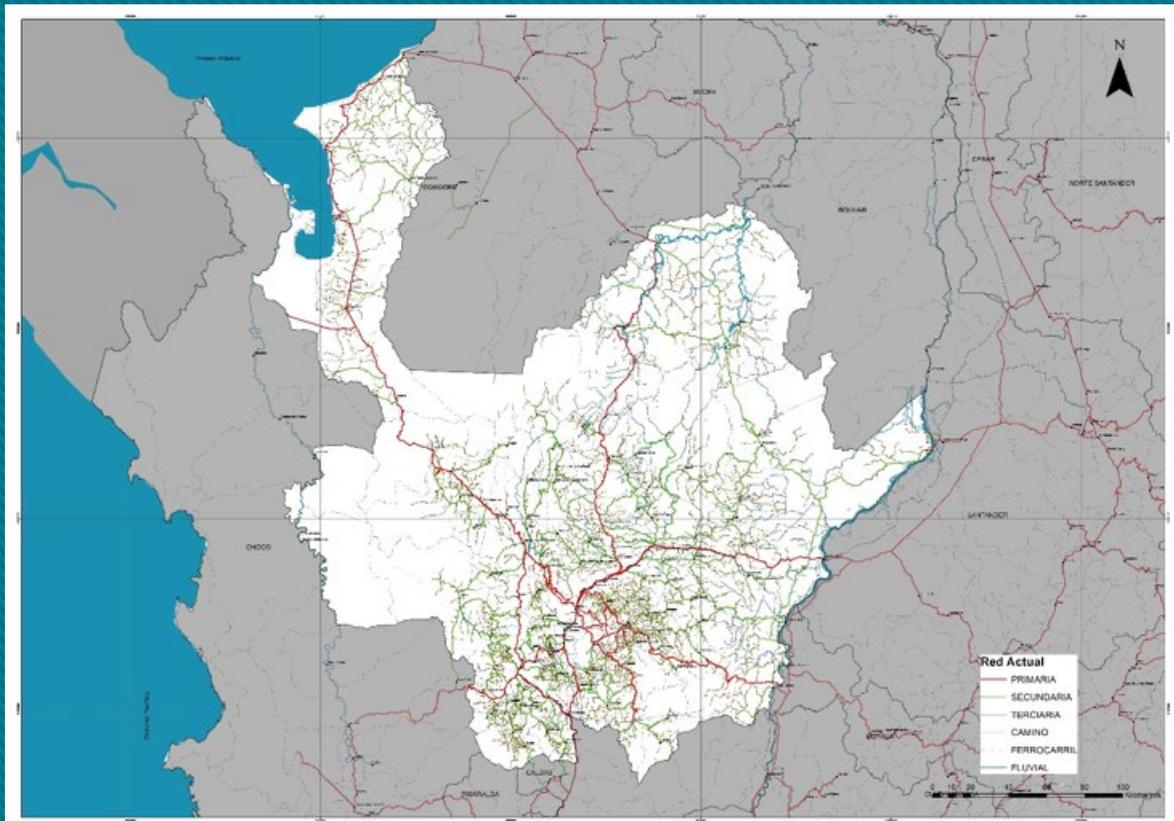
En el modelo se incorporan el 52% de los municipios del país, los cuales concentran el 86% de la población. Se considera una muestra altamente representativa, pues de las 151 ciudades identificadas como parte del sistema de ciudades se incorporan 126, incluyendo todos los centros de aglomeración tanto nacional como regional.

Tabla 15. Número de cabeceras por departamento y población

Departamento	Número de municipios	Población 2013	%
Antioquia	125	6.299.990	15,49%
Arauca	7	256.527	0,63%
Atlántico	13	2.264.549	5,57%
Bogotá	1	7.674.366	18,87%
Bolívar	26	1.697.763	4,17%
Boyacá	42	818.272	2,01%
Caldas	8	708.457	1,74%
Caquetá	14	447.534	1,10%
Casanare	9	263.956	0,65%
Cauca	25	1.014.910	2,50%
Cesar	19	891.586	2,19%
Chocó	13	299.704	0,74%
Córdoba	22	1.448.920	3,56%
Cundinamarca	44	1.898.802	4,67%
Guainía	1	19.464	0,05%
Guajira	11	610.183	1,50%
Guaviare	3	94.148	0,23%
Huila	19	865.117	2,13%
Magdalena	22	1.102.209	2,71%

Departamento	Número de municipios	Población 2013	%
Meta	20	837.827	2,06%
Nariño	21	1.052.301	2,59%
Norte de Santander	15	1.091.975	2,68%
Putumayo	11	263.204	0,65%
Quindío	6	515.851	1,27%
Risaralda	6	795.052	1,95%
Santander	30	1.675.554	4,12%
Sucre	11	580.041	1,43%
Tolima	17	1.000.650	2,46%
Valle del Cauca	22	4.164.729	10,24%
Vichada	2	19.135	0,05%
Total general	585	40.672.776	100,00%

Mapa 5. Red vial 2013



Fuente: elaboración propia.

- **La redes del sistema urbano-regional**

Representan espacialmente la red vial primaria del país e incluye para el departamento de Antioquia la red vial secundaria y terciaria, de acuerdo con la circular 8 entregada por la Secretaría de Infraestructura Física de la Gobernación de Antioquia. Complementan la red vial, la red fluvial (IGAC, 2007) y de caminos que conectan centros poblados, en total la red contiene 66.630 segmentos, como se puede ver en la siguiente gráfica.

Para obtener los tiempos y distancias entre todas las cabeceras municipales y centros poblados de Antioquia y las cabeceras municipales ubicadas sobre la red primaria de Colombia (nodos), se trabaja en el entorno *network analyst*, que permite la construcción de indicadores usando redes geográficas.

El procedimiento para la construcción del entorno de trabajo (*dataset*) involucra la creación de topología; cálculo de las propiedades geométricas de la red y determinación de la impedancia de los tramos de la red de vías.

Para la red proyectada se retoma la red actual consolidada y se adjuntan los tramos de proyectos viales tanto para Antioquia como para Colombia. Los trazados preliminares de las Autopistas para la Prosperidad ingresados en el modelo se toman del cuarto de datos de la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura); la referencia gráfica utilizada para ingresar los proyectos en el ámbito nacional, tiene en cuenta información de fuentes oficiales como el INVIAS, con lo cual se procura un mejor detalle de la red de transporte. Finalmente, se obtiene una red compuesta por 71.374 segmentos, donde se identifican los proyectos y la intervención a realizar, como se puede ver en la siguiente tabla y figura.

Tabla 16. Proyectos incorporados escenario Autopistas

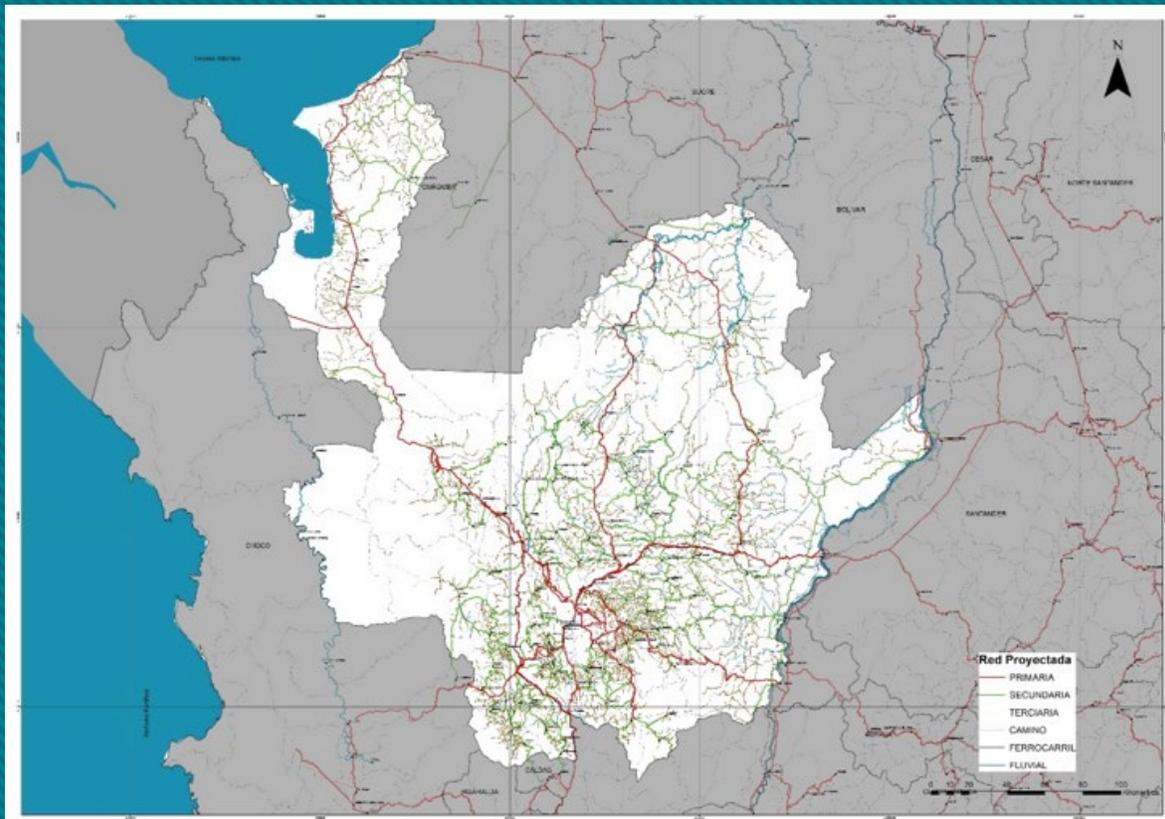
Nombre Proyecto	km	Velocidad promedio
ANILLO DEL MACIZO COLOMBIANO	280	63
AUTOPISTA AL MAR 1	460	70
AUTOPISTA AL MAR 2	628	68
AUTOPISTA MAGDALENA 1	430	72
AUTOPISTA MAGDALENA 2	726	62
AUTOPISTA NORTE	454	72
AUTOPISTA PACÍFICO 1	282	75
AUTOPISTA PACÍFICO 2	195	75
AUTOPISTA PACÍFICO 3	287	72
BUENAVENTURA - LOBOGUERRERO	229	75
CÚCUTA - PUERTO SANTANDER	86	58

Nombre Proyecto	km	Velocidad promedio
CALARCÁ - CAJAMARCA (SEGUNDO TÚNEL DE LA LÍNEA)	9	75
CARRETERA DE LA SOBERANÍA	100	60
CIRCUITO DE LOS EMBALSES	1,331	37
CONCESIÓN GIRARDOT IBAGUÉ CAJAMARCA	104	66
CONCESIÓN IBAGUÉ - LA PAILA	268	70
CONCESIÓN NEIVA - GIRARDOT	191	72
CONCESIÓN VIAL BOGOTÁ - EL TABLÓN	1,265	71
CONCESIÓN VIAL BRICEÑO-SOPÓ-LA CALERA- CHOACHÍ	44	75
CONCESIÓN VIAL CARTAGENA - BARRANQUILLA	201	75
CONCESIÓN VIAL CAUCASIA - CARTAGENA	448	75
CONCESIÓN VIAL CHACHAGUI S. DE QUILICHAO	686	75
CONCESIÓN VIAL CHIRAJARA - VILLAVICENCIO	32	75
CONCESIÓN VIAL GIRARDOT - PUERTO SALGAR - IBAGUÉ	92	66
CONCESIÓN VIAL MANIZALES - HONDA - VILLETÁ	368	75
CONCESIÓN VIAL MOCOA - NEIVA	572	60
CONCESIÓN VIAL PUERTO GAITÁN - PUERTO CARREÑO	80	61
CONCESION ARMENIA PEREIRA MANIZALES	408	74
CONECTIVIDAD REGIONAL BELÉN - LA CABUYA	175	59
CONECTIVIDAD REGIONAL CÚCUTA - OCAÑA - AGUACLARA	666	69
CONECTIVIDAD REGIONAL CERRITOS - LA VIRGINIA	43	75
CONECTIVIDAD REGIONAL CIUDAD PORFÍA - VILLAVICENCIO	17	65
CONECTIVIDAD REGIONAL CUATROVIENTOS - CODAZZI	50	61
CONECTIVIDAD REGIONAL LA BODEGA -YALÍ	7	66
CONECTIVIDAD REGIONAL LA VEGA - SANTA ROSA	92	57
CONECTIVIDAD REGIONAL MOCOA - SANTA ANA	110	62
CONECTIVIDAD REGIONAL PLATO - PALERMO	131	63
CONECTIVIDAD REGIONAL POPAYÁN - EL ROSARIO	130	60
CONECTIVIDAD REGIONAL SAN JUAN DE ARAMA - GRANADA	11	61
CONECTIVIDAD REGIONAL SAN ROQUE-SAN JUAN DEL CESAR	119	62
CONECTIVIDAD REGIONAL SANTA MARTA - RIOHACHA	294	75
CONECTIVIDAD REGIONAL VÍA SAN JOSÉ DEL GUAVIARE-	84	62
CONECTIVIDAD REGIONAL VÍA SAN VICENTE DEL CAGUÁN	356	57
CONEXIÓN VALLE - TOLIMA - HUILA	53	66
CONTROL DESARROLLO VIAL DEL NORTE	74	46
CONTROL MAR 1	238	57
CONTROL PACÍFICO 2	262	52
CORREDOR DE LAS PALMERAS	117	64
CORREDOR DEL PALETERÁ	231	62

Nombre Proyecto	km	Velocidad promedio
CORREDOR DEL SUR	161	62
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA- BARRANCABERMEJA-YONDÓ	338	67
CORREDOR VIAL RUMICHACA PASTO	65	75
CORREDORES DE LA PROSPERIDAD - POPAYÁN - LA PLATA	220	65
CORREDORES DE PROSPERIDAD- EL EMPATE - HIGUERONES	243	63
CORREDORES DE PROSPERIDAD - SAN JOSÉ DEL FRAGUA	349	62
CORREDORES DE PROSPERIDAD_TADÓ - MUMBÚ	30	37
CONCESIÓN VIAL VILLAVICENCIO- ARAUCA	739	67
CRUCE DE LA CORDILLERA CENTRAL	91	75
DESARROLLO VIAL DEL NORTE	419	64
DESARROLLO VIAL DEL NORTE DE BOGOTÁ - DEVINORTE	36	75
DOBLE CALZADA BARRANQUILLA SANTA MARTA	103	59
DOBLE CALZADA BOGOTÁ- VILLAVICENCIO	119	75
DOBLE CALZADA BUCARAMANGA CÚCUTA	276	75
HIDROITUANGO EJE	317	60
HIDROITUANGO PUENTE	4	60
MALLA VIAL DEL META	201	50
MARGINAL DE LA SELVA	225	61
MEDELLÍN –QUIBDÓ	121	57
PUERTO GAITÁN AGUAZUL	201	75
RUTA CARIBE	124	75
RUTA DEL SOL	1,199	75
TRANSVERSAL CENTRAL DEL PACÍFICO	257	55
TRANSVERSAL DE BOYACÁ	224	65
TRANSVERSAL DE LA MACARENA	138	62
TRANSVERSAL DE LAS AMÉRICAS	779	71
TRANSVERSAL DEL CARARE	233	48
TRANSVERSAL DEL CUSIANA	225	57
TRANSVERSAL DEL LIBERTADOR	254	58
TRANSVERSAL DEL SISGA	225	66
TRANSVERSAL DEL SUR	222	57
TRONCAL CENTRAL DEL NORTE	167	51
TÚNEL DE ORIENTE	12	75
TÚNEL DEL TOYO	136	62
TUNJA - CHIQUINQUIRÁ - PUERTO BOYACÁ	61	59
Total general	71,772	36

Fuente: elaboración propia

Mapa 6. Red vial proyectada



Fuente: elaboración propia.

Para la asignación de atributos a la red se crea en primera instancia el mapa de pendientes con base en el MDT construido con curvas de nivel cada 30 m, se reclasifica de uno a tres, asignando el valor de uno a zonas planas (pendiente menor al 3%), dos a zonas con características de terreno ondulado (pendientes entre 3% y 8%) y tres a zonas consideradas por su pendiente como montañosas (pendiente mayor al 8%), con el fin de transmitir estas características a la red para determinar las velocidades base de los tramos.

En esta etapa se verifican y anexan los datos necesarios para la estimación de la velocidad de operación (velocidad base, estado de la vía, tipo de carpeta, presencia de vehículos pesados, número de carriles).

- **Velocidad de diseño**

Es un parámetro técnico que contribuye a determinar las características físicas de operación de una vía proyectada y que condiciona las características de la carretera, tales como: curvatura, peralte y distancia de visibilidad, condiciones de las cuales depende una operación segura y cómoda de los vehículos. Por lo tanto, se considera como la máxima velocidad a la que se puede circular con seguridad en un tramo vial, con características homogéneas según el tipo de terreno.

Las Autopistas para la Prosperidad cumplirán con los más altos estándares, de tal manera que se pueda obtener una velocidad promedio de 80 km/hora (para un camión de cinco ejes); para ello estas vías tendrán una pendiente promedio del 6% y un radio de curvatura mínimo de 229 m.

Para esta estimación, se utilizan los parámetros de clasificación o categoría de las vías, así como el tipo de terreno de cada tramo analizado (en función de la pendiente del mismo):

- Terreno plano: pendiente longitudinal menor al 3%.
- Terreno ondulado: pendiente longitudinal entre el 3% y el 8%.
- Terreno montañoso: pendiente longitudinal mayor al 8%.

Con base en estos dos parámetros, el “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras” define la velocidad de diseño de un tramo homogéneo, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 17. Asignación velocidad de diseño de los tramos homogéneos (VTR)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Primaria de una calzada										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Secundaria										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Terciaria										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS 2008.

Para efectos de la determinación de la velocidad de diseño, los valores de velocidad para las vías primarias de una calzada que aparecen en la tabla anterior, fueron disminuidos en 10 km/hora.

En la red proyectada si bien se cuenta tanto con la categoría de la carretera como la pendiente, por las características del diseño tanto de las conexiones de las Autopistas para la Prosperidad como de los proyectos nacionales, tales como, la Ruta de Sol; la velocidad de diseño se establece en 80 km/h.

- **Velocidad de operación**

Corresponde a la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en una carretera con una velocidad de diseño dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y de acuerdo con las características del estado de la vía (especialmente el de carga pesada) y el grado de su relación con otras vías y con las propiedades adyacentes en función del tipo de uso predominante. En la medida que las interferencias sean bajas las velocidades pueden alcanzar valores cercanos a la velocidad de diseño.

Para determinar esta velocidad para cada conexión, se realiza un ajuste a la velocidad de diseño (velocidad base) anteriormente determinada, donde se aplican factores de ajuste como:

- Carpeta de rodadura.
- Estado de la vía.
- Presencia de vehículos pesados.

- o **Ajuste de acuerdo con la carpeta de rodadura [f_t]**

El ajuste que se realiza, tiene un sustento teórico en la fricción diferencial que se realiza entre la llanta del vehículo y los diferentes materiales de los que se puede componer la carpeta de rodadura que recubren las vías. Según el Manual de proyecto geométrico de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México²¹, se especifica que “la resistencia al rodamiento depende del tipo de superficie de rodamiento, medida, dibujo, presión y velocidad de las llantas y peso del vehículo. Estas variables se pueden representar por un factor K_R que multiplicado por el peso del vehículo, define la resistencia al rodamiento” de acuerdo a la siguiente formula:

$$R_R = K_R W$$

En donde:

- R_R = Resistencia al rodamiento, en kg.
- W = Peso total del vehículo, en kg.
- K_R = Factor empírico. Para las condiciones usuales de las llantas, este factor varía entre 0.008 y 0.160, según el tipo de superficie de rodamiento.

²¹ Ministerio de Transporte y Comunicaciones de México. Instituto nacional de vías (1991). Manual de proyecto geométrico de carreteras.

Tabla 18. Factor empírico de acuerdo a la superficie de rodamiento

Tipo de superficie de rodamiento	KR
Asfalto o concreto	0.008 a 0.010
Revestimiento	0.020 a 0.025
Tierra	0.080 a 0.160

“Así pues, se ha encontrado que la diferencia en la velocidad para caminos pavimentados con diferentes materiales, es de 5 a 6 kilómetros por hora; sin embargo, la diferencia de velocidades entre un camino revestido (afirmado) y uno pavimentado, es del orden de los 15 kilómetros por hora” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de México. Instituto nacional de vías, 1991).

Para efectos de esta estimación, el ajuste de acuerdo con el tipo de carpeta ha sido determinando considerando una disminución en la velocidad de diseño para las vías terciarias.

Se realiza un ajuste a la velocidad de diseño, con una reducción de acuerdo a diferentes tipos de carpetas de rodadura:

- Pavimento: 0 km/hr.
- Afirmado: 15 km/hr.
- Tierra: 20 km/hr.
- Rieles u otros: 25 km/hr.

Finalmente, se aplica para todos los tramos viales considerados, independientemente de la categoría de la vía, así como del tipo de terreno.

Tabla 19. Factores de ajuste por carpeta de rodadura

Tipo carpeta	Ajuste velocidad (f_{cr})
PAVIMENTO	0
AFIRMADO	0,15
TIERRA	0,20
RIELES	0,25
OTROS	0,25

Fuente: elaboración propia.

La velocidad ajustada por carpeta para cada conexión, resultará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{cr_i} = Vd_i \times (1 - f_{cr})$$

Donde:

- V_{cr_i} = Velocidad corregida por la CARPETA DE RODADURA tramo i
- Vd_i = Velocidad de diseño tramo i.
- f_{cr} = Factor de ajuste por carpeta rodadura.

o **Ajuste de acuerdo al estado de la vía [f_{Ev}]**

El estado de la carpeta de rodadura de la vía, es determinante para establecer la velocidad de operación que puede ser desarrollada sobre ella; la disminución de esta velocidad, depende del nivel de deterioro en que se encuentre.

Para estimar dicho factor de ajuste se realizó una contrastación empírica, teniendo como referencia un tramo de vía terciaria que ha sido mejorado recientemente por parte de la Secretaría de Infraestructura del Departamento de Antioquia.

La vía en cuestión se ubica en el altiplano del norte de Antioquia, específicamente el que une el centro poblado de El Chaquiro, el corregimiento de Aragón (ambos ubicados en el municipio de Santa Rosa de Osos) y el corregimiento de Labores (ubicado en el municipio de Belmira). El tramo analizado tiene una longitud de 27,2 km. Como se especificó anteriormente, en el tramo seleccionado se realizaron acciones de rehabilitación: drenajes y muros de contención, se conformó la banca de la vía y se mejoró el afirmado de la misma.

Como resultado de la mencionada intervención, los tiempos de desplazamiento para recorrer todo el tramo descrito, disminuyeron en 35 minutos: este tiempo pasó de una hora y 50 minutos a una hora 15 minutos y las velocidades pasaron de 15 km/hr a 22 km/hr. Es decir, se dio un incremento del 30 % de la velocidad promedio con la intervención realizada, rehabilitando la carpeta de rodadura en afirmado.

De acuerdo con lo anterior, se considera que la velocidad promedio de operación, puede verse afectada en un rango de entre el 25 hasta el 50 %.

Tabla 20. Factores de ajuste por Estado de la Carpeta de rodadura [f_{Ev}]

ESTADO CARPETA	% Velocidad
Bueno	0%
Regular	25%
Malo	50%
Sin información	50%

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la velocidad ajustada para cada conexión, resultará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_{ec_i} = Vcr_i \times (1 - f_{ec})$$

Donde:

- V_{ec_i} = Velocidad corregida por el ESTADO de la carpeta de rodadura tramo i.
- Vcr_i = Velocidad corregida por la carpeta de rodadura tramo.
- Vd_i = Velocidad de diseño tramo i.
- f_{ec} = Factor de ajuste por el estado de la carpeta.

o **Ajuste de acuerdo a la densidad de vehículos pesados [f_{dv}]**

Otro factor de ajuste que se aplica para llegar a la velocidad de operación, es el que se presenta debido a la presencia e interferencia que realizan los vehículos sobre los demás, generando congestiones en especial en los tramos con pendientes muy importantes. Cuando el volumen del tráfico aumenta, la velocidad de operación disminuye debido a la interferencia entre los vehículos.

El Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles, presenta un factor de correlación a la capacidad de la vía, debido a la presencia de vehículos pesados (factor determinado por el porcentajes de vehículos pesados en los diferentes tramos viales) en pendientes ascendentes. Para efectos de realizar la corrección por dicho flujo de vehículos pesados, se utiliza este factor de corrección: aplicándolo a la velocidad corregida por el estado de la carpeta de rodadura.

Tabla 21. Factores de ajuste a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes [f_{ec}]

PENDIENTE	PORCENTAJE VEHÍCULOS PESADOS		Fp	FpMin	FpProm
PLANO	0	10	94	94,0	90,0
PLANO	10,1	20	90	90,0	87,0
PLANO	20,1	30	85	85,0	83,0
PLANO	30,1	40	83	83,0	80,0
PLANO	40,1	50	80	80,0	78,0
PLANO	50,1	60	77	77,0	75,0
ONDULADO	0	10	92	92,0	82,0
ONDULADO	10,1	20	86	86,0	78,0
ONDULADO	20,1	30	82	82,0	75,0
ONDULADO	30,1	40	78	78,0	71,0
ONDULADO	40,1	50	75	75,0	69,0
ONDULADO	50,1	60	73	73,0	66,0
MONTAÑOSO	0	10	87	87,0	73,0
MONTAÑOSO	10,1	20	81	81,0	69,0

PENDIENTE	PORCENTAJE VEHÍCULOS PESADOS		Fp	FpMin	FpProm
MONTAÑOSO	20,1	30	76	76,0	65,0
MONTAÑOSO	30,1	40	73	73,0	62,0
MONTAÑOSO	40,1	50	70	70,0	58,0
MONTAÑOSO	50,1	60	67	67,0	56,0

Fuente: elaboración propia con base en el Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles.

La velocidad ajustada para cada tramo, resultará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{Tp_i} = Vec_i \times (1 - f_{Tp})$$

Donde:

- V_{Tp_i} = Velocidad corregida por el Tráfico pesado tramo i
- Vec_i = Velocidad corregida por el estado de la carpeta de rodadura tramo i.
- f_{Tp} = Factor de ajuste por la densidad del tráfico pesado.

El porcentaje de vehículos pesados (densidad del tráfico pesado), para la situación actual, se hace a partir del documento “Volúmenes de Tránsito y costos de operación 2010 – 2011” del Instituto Nacional de Vías; la recolección de la información que sirve como base en la elaboración de este estudio se realizó a partir de conteos manuales en las principales carreteras a cargo del Instituto, durante siete días consecutivos las veinticuatro horas del día²². En el estudio se relaciona para cada uno de los tramos que tiene a cargo el Instituto, el número total de vehículos y el porcentaje que corresponde a cada tipología vehicular, como se puede ver en la siguiente gráfica.

Gráfico 9. Esquema presentación de la información



Fuente: Volúmenes de tránsito y costos de operación 2010-2011. Inviás.

22 Volúmenes de tránsito 2010-2011. Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías.

El siguiente gráfico muestra los registros para diferentes tramos de la regional Antioquia (vías primarias exclusivamente). Como puede observarse, los mayores niveles de utilización del sistema vial se presentan en la región central del Departamento, zona en la cual las relaciones de dependencia y complementariedad son mayores (valles de Aburrá y San Nicolás) fruto de los procesos activos de conurbación y de la ampliación del espacio apto para la localización industrial (Norte Girardota-Barbosa y oriente Guarne–Marinilla–Rionegro). Cabe mencionar que las vías primarias de acceso a Medellín, son los tramos en los cuales la velocidad de operación se ve más afectada por el nivel de ocupación del sistema.

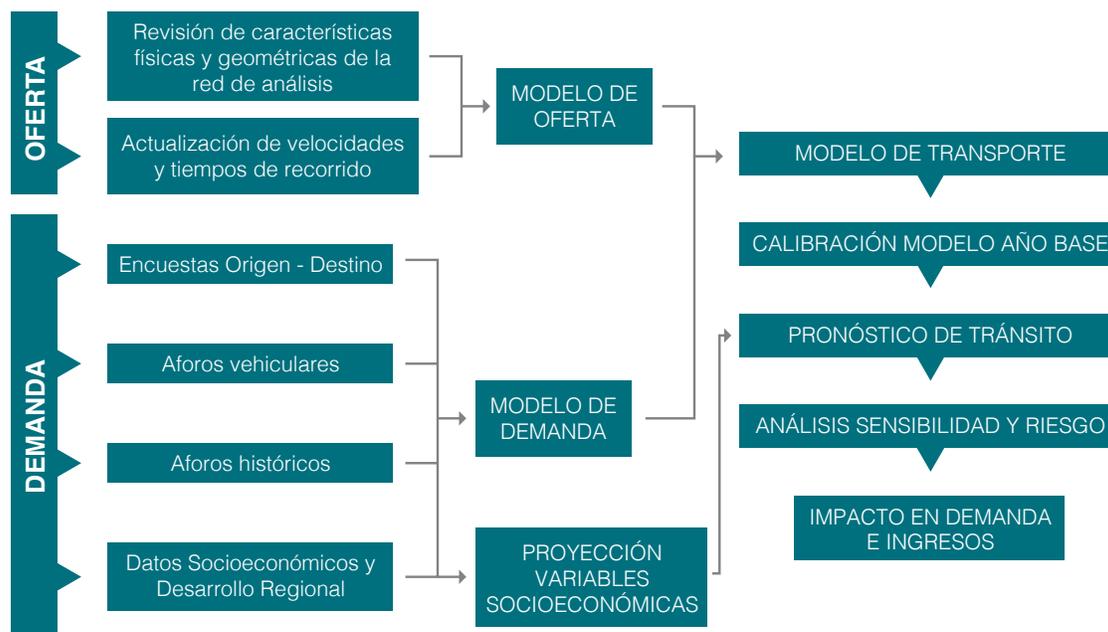
La información de TPDs sólo está disponible para la mayoría de las vías primarias; en consecuencia, este factor solo puede ser aplicado a dichas vías. Para las vías secundarias y terciarias, el Departamento no dispone de dicha información, por lo tanto el factor de ajuste por la densidad del Tráfico pesado (TPD) no se integra en la ecuación.

o **Proyección del tráfico pesado**

Para las proyecciones del Tráfico Promedio día, se tomó como base el documento “Estudios de tráfico y estimaciones de la demanda actual y futura a nivel Fase II para determinar la viabilidad técnica y financiera del Proyecto Corporativo Autopistas de la Montaña”, elaborado por Cal y Mayor asociados, para Interconexión Eléctrica S.A. (ISA).

Para la elaboración de las proyecciones del tráfico, Cal y Mayor, estudió “la población y sus tendencias de crecimiento (sin personas no hay transporte) y aspectos de la producción, como motores del crecimiento de tráfico. Se parte de la premisa de que el PIB es un buen indicador del crecimiento del tráfico, en la mayoría de las economías, pero especialmente en un país en vía de desarrollo como Colombia, donde, además, la población continua creciendo” (Cal y Mayor, 2011, pág. 10). La metodología empleada en el estudio se resume en la siguiente figura.

Gráfico 10. Metodología de estudio de demanda



Fuente: Estudio Cal y Mayor asociados.

o Relación entre el porcentaje de TPD Pesado Actual y Proyectado

Para el cálculo de la velocidad proyectada de operación, Cal y Mayor definen el año 2027 como el momento en el que estarán operando todas las autopistas. Así pues, se tiene el porcentaje correspondiente al TPD, tanto actual como proyectado para cada uno de los municipios de los distintos tramos del proyecto.

Tabla 22. Porcentaje TPD Actual y proyectado al 2027. Conexión Magdalena 1

MAGDALENA 1	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
CISNEROS	34,0	60,0
MACEO	34,0	62,0
SAN ROQUE	34,0	62,0
SANTO DOMINGO	34,0	62,0

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 23. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Magdalena 2

MAGDALENA 2	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
MACEO	34,0	62,0
PUERTO BERRIO	34,0	53,9
VEGACHÍ	1,0	60,0
YALÍ	1,0	60,0
YOLOMBÓ	34,0	54,2
REMEDIOS	1,0	60,0

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 24. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Norte

NORTE	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
CAUCASIA	49,6	58,1
SEGOVIA	1,0	60,0
ZARAGOZA	1,0	60,0
REMEDIOS	1,0	60,0

Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Tabla 25. Porcentaje TPD Actual y Proyectado al 2027. Conexión Mar 1

MAR_1	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
ANZÁ	31,0	37,0
BETULIA	31,0	37,0
CONCORDIA	31,0	37,0
MEDELLÍN	20,0	20,0
SAN JERÓNIMO	20,0	37,0
SANTA FE DE ANTIOQUIA	20,8	37,0
SOPETRÁN	20,0	36,7
VENECIA	22,0	50,8

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 26. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Mar 2

MAR_2	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
CAÑASGORDAS	39,8	35,9
CHIGORODÓ	31,6	38,0
DABEIBA	40,8	37,2
FRONTINO	41,0	40,3
MUTATÁ	38,0	37,0
URAMITA	41,0	37,2

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 27. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Pacífico 1

PACÍFICO 1	TPD_Pesado Actual (%)	TPD_Pesado Proyectado (%)
AMAGA	30,0	50,5
CALDAS	30,0	40,5
TITIRIBI	10,0	48,3
VENECIA	28,0	50,8

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 28. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Pacífico 2

PACÍFICO 2	TPD_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
JERICÓ	32,0	54,8
LA PINTADA	30,1	38,4
TÁMESIS	32,0	52,4
TARSO	32,0	56,9
VALPARAÍSO	52,0	60,0
VENECIA	28,0	50,8

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

Tabla 29. Porcentaje TPD actual y proyectado al 2027. Conexión Túnel del Toyo

TÚNEL DEL TOYO	TP D_Pesado actual (%)	TPD_Pesado proyectado (%)
CAÑASGORDAS	39,8	35,9
GIRALDO	33,4	30,6
SANTA FE DE ANTIOQUIA	20,8	37,0

Fuente: elaboración propia con información secundaria.

En caso de no contar con el dato del INVIAS para algún tramo de vía primaria, se le asigna el menor valor del % TPD para camiones asignado a los demás tramos de la red, en el caso actual. Para el proyectado, se le asigna un aumento del 5%.

o Asignación de tiempos

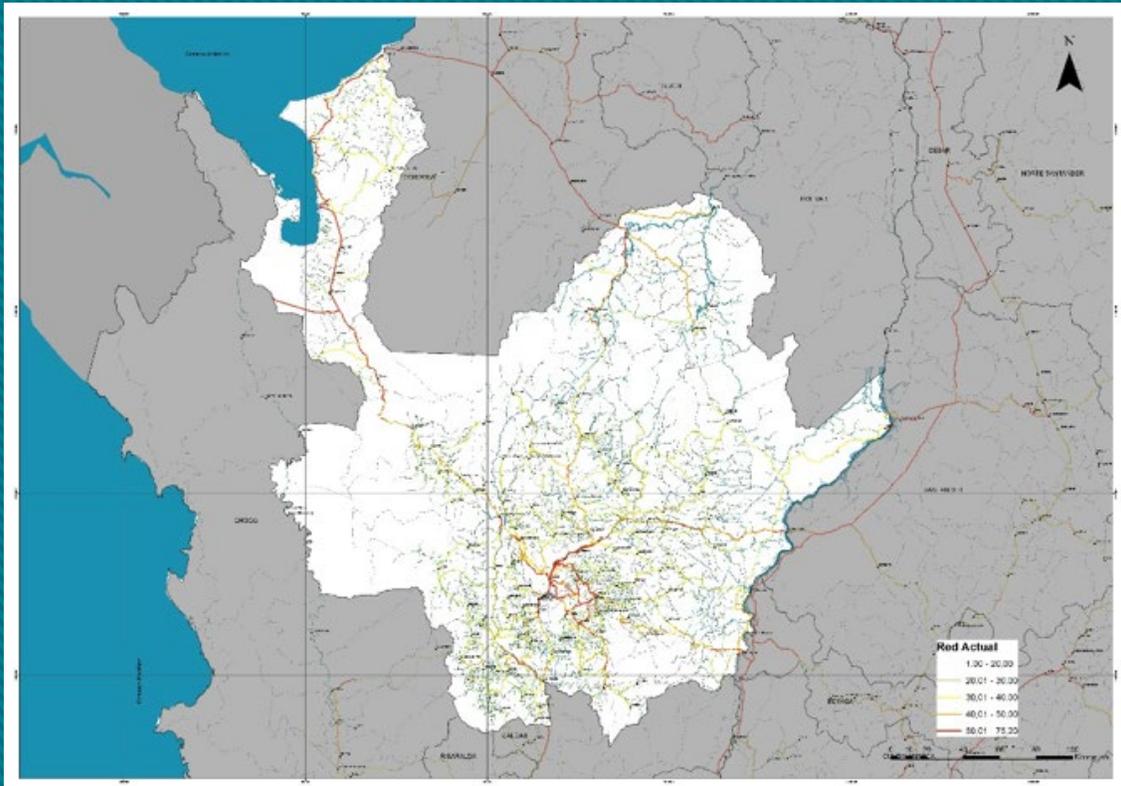
Dado que se establece como impedancia el tiempo, con el fin de encontrar las rutas de menor costo en minutos; se debe incorporar la variable tiempo dentro de la red. Por lo tanto, una vez definidos los atributos de la red y la velocidad de operación, se determina la longitud y se calcula para cada segmento el tiempo en minutos mediante la siguiente relación:

$$FT \text{ MINUTES} = \frac{\text{Long Segmento}}{\text{Velocidad de Operación}} \times 60$$

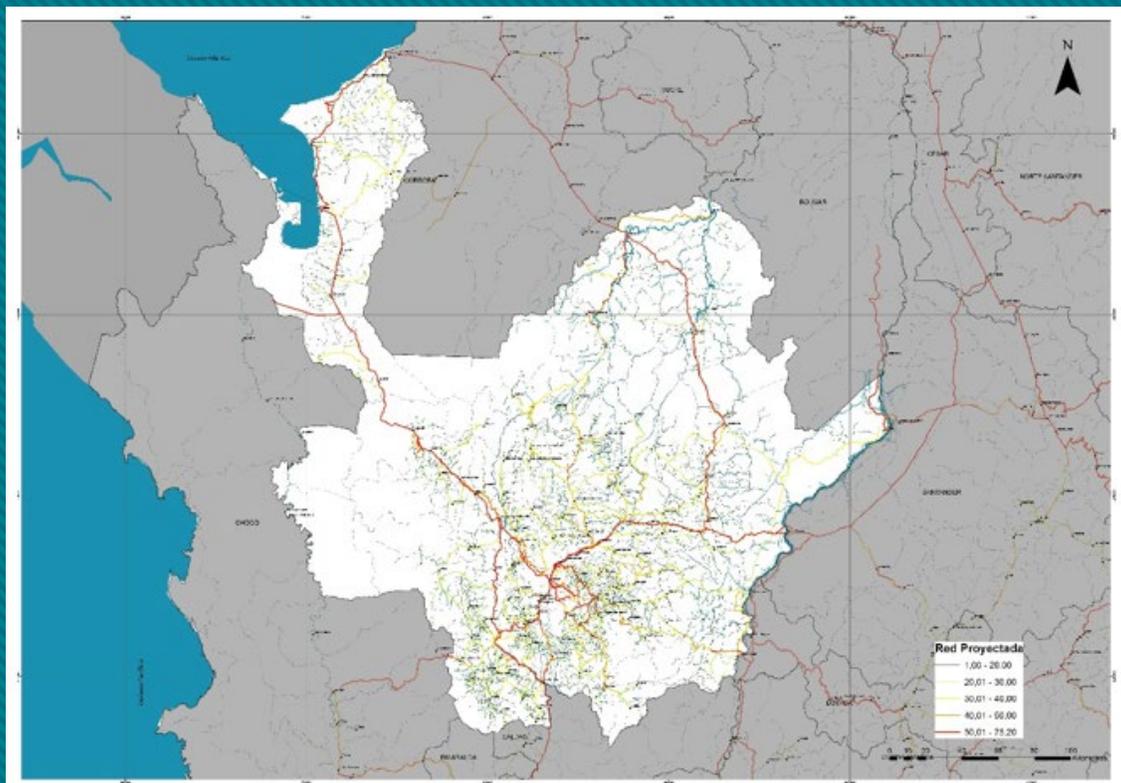
Donde:

- FT MINUTES = impedancia de la red, es decir el tiempo de ruta o minutos de viaje que se tarda en atravesar cada segmento.
- Long Segmento= longitud de cada segmento expresada en kilómetros.
- Velocidad Operación = es la Velocidad asociada al segmento según tipo de vía y castigos expresada en km/h.

Mapa 7. Velocidades de operación promedio para la red actual



Mapa 8. Velocidades de operación promedio para la red actual



Fuente: elaboración propia.

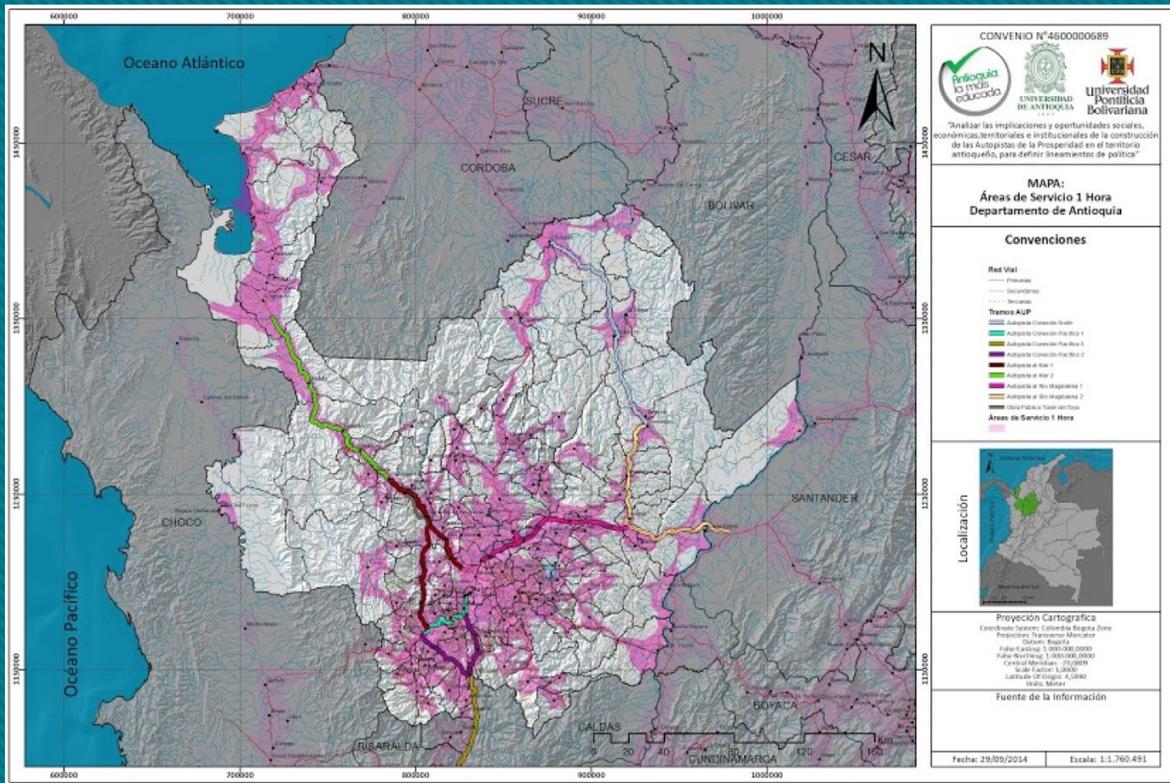
- **Las áreas de servicio del sistema urbano-regional**

Las áreas de servicio son polígonos o regiones que abarcan todos los segmentos accesibles dentro de una impedancia específica. Las localizaciones a las cuales se les realiza el análisis de áreas de servicio son los nodos (cabeceras municipales) y se caracterizan según su potencial de desarrollo territorial.

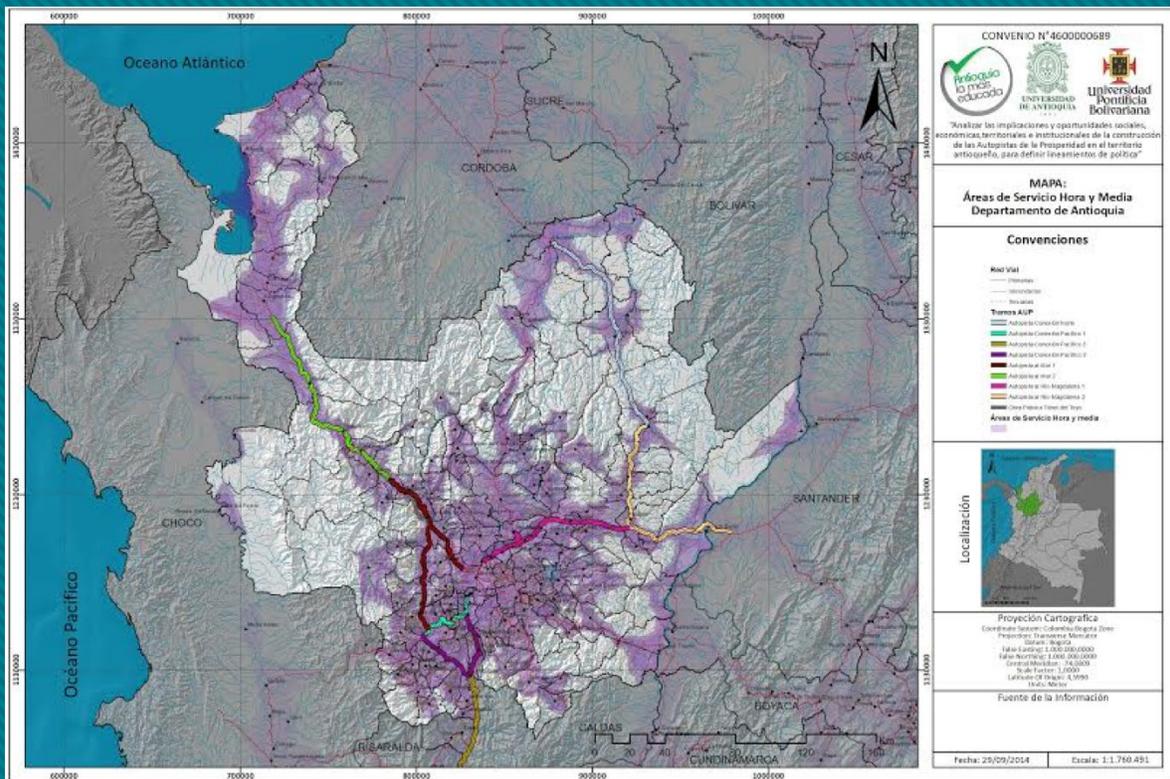
Para cada nodo se pueden generar áreas de servicio diferentes, el polígono representa el área que puede cubrir o atravesar en un determinado tiempo o distancia. Para el caso del modelo de simulación espacial se trabaja con dos rangos temporales:

- 60 minutos: Espacio temporal donde se surten la mayor cantidad de interacción relacionadas con las dinámicas urbanas, según la Encuesta Origen/Destino de 2014, realizada por la Gobernación de Antioquia, más del 90% de los viajes por motivo de trabajo se realizan en el rango de 1 hora y dan cuenta de las áreas donde se produce conmutación laboral, uno de los criterios utilizados para definir la aglomeración urbana según el DNP (Departamento Nacional de Planeación), en el siguiente mapa se pueden ver las áreas de servicio de 60 minutos.
- 90 minutos: Mediante Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) se analizaron los clúster o áreas de mercado con significancia estadística para Antioquia, teniendo la población y valor agregado como variables de masa se consideró los 90 minutos de viaje como el área con potencial de mercado local (PML), en la siguiente figura se observan las áreas de servicio de 90 minutos.

Mapa 9. Áreas de servicio con rango de 60 minutos



Mapa 10. Áreas de servicio con rango de 90 minutos



Fuente: elaboración propia.

6. ADAPTACIONES Y DESARROLLOS METODOLÓGICOS NOVEDOSOS

6.1. ÍNDICE DE ACCESO A OPORTUNIDADES (IAO)²³

Este índice es un desarrollo novedoso, pues concreta en una medición, además con posibilidad de anticiparse a la construcción de la vía misma, las ganancias y pérdidas de los municipios, logrando así establecer cuáles son por ejemplo los municipios o centros que recibirán más presión y así prepararse para esta. Es un índice sencillo y a partir de variables concretas con información básica de los municipios, además, se puede correr con software libres de procesamiento de información geográfica, lo que hace posible que pueda ser calculado por cualquier municipio del país en sus proyectos.

En términos académicos, concreta diversas conceptualizaciones entre la relación calidad de vida y movilidad con un proceso ya aplicado, revisada y puesto a prueba con datos reales, que según pruebas y controles presenta resultados para los escenarios actuales muy cercanos a la realidad.

6.2. ÍNDICE DE RURALIDAD²⁴

Si bien este índice se ha calculado para el sistema de países por parte de Naciones Unidas y para Colombia por el DNP (Departamento Nacional de Planeación), la aplicación novedosa realizada por esta investigación, partió de depurar la aplicación del modelo, pues si se aplicaba tal como en las otras escalas, lo que se demostró es que no daba cuenta totalmente de la realidad del Departamento, a lo cual se sumó el factor de vías existentes y oportunidades. De ahí que se afinó teniendo en cuenta por un lado, las grandes ciudades como Medellín, sino otras ciudades de menor jerarquía, pero con determinada capacidad funcional; y por otro, no utilizando la distancia euclidiana sino la real medida por el recorrido por las vías y caminos existentes, esto es, más que la distancia, la accesibilidad real. Bajo las pruebas que mostraban hoy resultados similares al escenario real, este índice por primera vez se proyectó en cómo sería su transformación a partir de las vías.

6.3. GOBERNANZAS DIFERENCIADAS

El componente político institucional asumió el concepto de **gobernanza** como la noción que permite construir una ruta de análisis de las condiciones y dinámicas político-institucionales, especialmente de los municipios del área de influencia del proyecto

²³ Para ver su desarrollo completo remitirse al documento Análisis sociodemográfico

²⁴ Para ver su desarrollo completo remitirse al documento Análisis sociodemográfico

vial. Su utilidad radica en que pone el acento en las interacciones y regulaciones de la vida política en los territorios, desde una perspectiva multiescalar y multicentrada, permitiendo reconocer los diferentes actores que intervienen y dinamizan los procesos de gestión local, así como la complejidad de sus interacciones. De esta manera, administraciones municipales, ciudadanía, poderes políticos y, en el caso particular de algunas regiones de Antioquia, actores armados, se identifican como los principales actores intervinientes en los procesos de gobernanza local.

Esta propuesta se ubica en una postura que reconoce, en primera instancia, los aportes que puede hacer la gobernanza a un nuevo ejercicio de la política territorial (Launay, 2005), a partir de renovados análisis de la política y de lo político, así como en nuevos ejercicios de su praxis más horizontales y participativos. En segunda instancia, reconoce que esta no responde a una fórmula única para lograr una mayor eficiencia de los gobiernos, sino que, por el contrario, apela al reconocimiento de dinámicas diversas con anclaje territorial. Por ello, la noción de territorio cobra relevancia en esta postura e introduce una suerte de heterogeneidad a la noción de gobernanza. Aunque se identifiquen elementos comunes, la gobernanza no puede ser abordada como un modelo universal, pues las dinámicas territoriales determinan sus expresiones diversas²⁵.

Deriva la propuesta del componente político institucional, en poner acento en esa expresión plural desde la configuración de **gobernanzas diferenciadas**, o si se quiere, prácticas de regulación político institucional diferenciadas (Bolívar, 2010, pág. 19)²⁶.

El Proyecto Autopistas para la Prosperidad atraviesa fundamentalmente la ruralidad antioqueña, cuya característica primordial es la diversidad socioespacial, por lo cual un abordaje que reconozca la pluralidad, incorpora la comprensión diferencial de territorios que en mayor o menor proporción han ubicado como referente y centro a Medellín y el Valle de Aburrá. El nivel de acercamiento y relacionamiento con el centro, incide sobre el acceso y calidad de las dotaciones territoriales de bienes y servicios, así como en la presencia o abandono institucional, y en el relacionamiento con la ciudadanía y los gobiernos locales, con mayor o menor injerencia e interlocución respecto a centros de decisión departamental y nacional, sobre factores de transformación de sus territorios municipales como los grandes proyectos.

Basándose en análisis cualitativos y cuantitativos de los temas priorizados por el componente político-institucional, y de su lectura cruzada a partir del uso de herramientas SIG, se generaron las siguientes categorías para la lectura de las dinámicas de gobernanza en el departamento de Antioquia:

25 Para ver su desarrollo completo remitirse al anexo metodológico del componente político-institucional o para el resumen de su explicación en este mismo documento.

26 La gobernanza diferenciada es un concepto que han abordado en principio autores como Launay –Gama y Bolívar (2010) para comprender las prácticas de regulación política, especialmente en contextos de conflicto armado, donde los actores que protagonizan la disputa, tienen fuerte incidencia en la configuración de órdenes sociales. Se considera que la noción de gobernanza diferenciada también puede ser aplicable a otros órdenes en los cuales el conflicto no es transversal a las interacciones políticas, pero se pueden observar otros arreglos político-institucionales.

Tabla 30. Definición de gobernanzas diferenciadas

Gobernanzas diferenciadas	Definición
Gobernanzas híbridas	<p>Son contextos municipales donde se desarrollan procesos de gestión y regulación sociopolítica, que se han configurado en territorios periféricos y desconectados de la centralidad departamental, afectados por un conflicto armado prolongado. Ambos hechos, su condición de periferia y el conflicto, han incidido en el establecimiento de instituciones estatales débiles y en la participación directa e indirecta de actores ilegales en el control social, político, económico y militar de las localidades. Su carácter híbrido se da precisamente por la dualidad en la naturaleza de la regulación, la cual se desliza entre lo legal y lo ilegal. Es el contexto de gobernanza más desfavorable, por cuanto se refiere a condiciones de inseguridad en amplio sentido, para el ejercicio de la participación democrática y la garantía del bienestar de las poblaciones. Sus débiles cimientos institucionales en el nivel local dificultan la incidencia de los actores en sus condiciones de vida y en su gestión territorial. Sin embargo, es la gobernanza con mayor número de luchas sociales y de mayor alcance geográfico en el período estudiado.</p>
Gobernanzas en vulnerabilidad	<p>Territorios históricamente afectados por conflicto armado y dinámicas delincuenciales, en los cuales los indicadores de violencias habían descendido y a partir de la mitad del período de estudio (2001 -2013) se encuentran (en) otra vez en aumento. La vulnerabilidad hace alusión a la menor capacidad de un territorio para anticiparse y hacer frente a la amenaza que representa el aumento de la violencia, para la estabilidad político institucional. Los gobiernos manifiestan baja capacidad de gestión pública, y la ciudadanía evidencia pocos procesos de movilización social y acción colectiva, las cuales se caracterizan por ser coyunturales y esporádicas.</p>
Gobernanzas en inercia	<p>Es la agrupación de municipios más numerosa que a pesar de manifestar características diversas, comparten el hecho de tener instituciones estatales y sociales con condiciones persistentes de inercia, comprendida esta como un estado de relativa falta de acción en ausencia de fuerzas o agentes externos que promuevan iniciativas, especialmente en el ámbito de gobiernos locales con baja capacidad de desempeño. No obstante, se reconocen en esta dinámica de gobernanza, particularidades diferenciales como expresiones territorializadas diversas, especialmente dadas por la acción colectiva de ciudadanías que se activan en mayor o menor proporción, encontrando gobiernos débiles-ciudadanías débiles y gobiernos débiles-ciudadanías fuertes. Un aspecto favorable de estos municipios en la actualidad, son sus bajos indicadores de violencia, lo que da un margen de mayor acción y fortalecimiento de sus actores locales.</p>
Gobernanzas nodales	<p>Históricamente estos municipios han jugado un papel importante como dinamizadores de procesos socioeconómicos y políticos territoriales. Algunos de ellos están interconectados por ejes viales significativos, y en parte por esta y otras razones, se constituyen en nodos territoriales definidos como espacios de enlace, inclusión y referencia entre actores y sectores para el desarrollo local. Aunque presentan violencias en aumento que corresponden en gran medida a hechos de criminalidad, el desempeño de sus gobiernos locales es de capacidad mediana a favorable, lo cual representa una oportunidad de fortalecimiento para agenciar procesos de desarrollo y gestión territorial. Algunas poblaciones manifiestan dinámicas significativas de acción colectiva, pero es preciso indagar por sus particularidades.</p>
Gobernanzas favorables	<p>Municipios que han configurado condiciones favorables en cuanto al desempeño institucional de sus gobiernos y procesos económicos de alcance subregional. Algunos de ellos, como Rionegro, lideran esquemas asociativos que convocan y articulan municipios vecinos (MASORA). Tienen además cercanía con la centralidad del Valle de Aburrá y buena dotación en infraestructura vial, (vías concesionadas como la Autopista Medellín- Bogotá, Ruta del Sol, Túnel de Occidente), lo cual favorece su conectividad y acceso a bienes y servicios. La dinámica de acción colectiva se observa poco activa en términos de frecuencias de hechos, sin embargo, actores sociales de estos municipios parecen tener mayor poder de incidencia en sus logros reivindicativos, lo cual procede tal vez de contar con gobiernos con mejor desempeño, mejores conocimientos e información respecto a las problemáticas que consideran les afectan, y recursos humanos, técnicos y financieros para cualificar sus demandas.</p>

Fuente: elaboración propia.

Esta estrategia metodológica se construyó a partir de la revisión de diversos modelos y metodologías nacionales e internacionales²⁷, que pretenden medir y caracterizar fenómenos de gobernabilidad y gobernanza, para lo cual hacen uso de variedad de índices e indicadores (construidos a partir de información primaria y secundaria) que se adecuan según la propuesta en cuestión.

En este sentido el componente político-Institucional de esta investigación se vio en la necesidad de aproximarse al fenómeno de la gobernanza desde una propuesta que, basándose en la revisión de antecedentes mencionada, se adecuara a las características de la investigación y a la disponibilidad de información secundaria, dando como resultado la propuesta ya expuesta, con la que se pretende aportar al campo de estudio a partir de la “categorización de gobernanzas”.

Este tipo de trabajo no fue reconocido dentro de la revisión de antecedentes, por lo que se espera sea un paso más en el abordaje y comprensión de los fenómenos asociados a la gobernanza, como categoría conceptual que busca dar cuenta de las relaciones entre actores socio-políticos, y sus consecuencias en los órdenes territoriales que se establecen y se transforman. Aunque hay que advertir que la propuesta presentada solo contiene validez para el caso de Antioquia, pues fue diseñada para dar cuenta de sus dinámicas particulares, esta no pierde capacidad adaptativa y por tanto, validez explicativa para otros contextos territoriales, lo que hace parte fundamental de su proceso de cualificación.

6.4. LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESPACIAL PARA LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS²⁸

Se construyó un modelo espacial que permitiera leer con énfasis territorial los efectos de la puesta en marcha que las infraestructuras viales tienen sobre el sistema urbano-regional antioqueño en cuanto a su posición, tensión y dinámica frente al sistema de ciudades nacional. Se usó un modelo de simulación espacial deductiva para identificar espacialmente los cambios en el potencial de desarrollo territorial de los municipios que integran el sistema urbano-regional antioqueño, siempre puesto en el contexto de las tensiones y dinámicas del sistema urbano nacional.

27 Fue especialmente útil retomar, analizar y adecuar la propuesta de indicadores de gobernabilidad del Banco Mundial.

28 Para conocer su desarrollo completo remitirse al anexo metodológico o para el resumen de su explicación en este mismo documento.

7. LIMITACIONES METODOLÓGICAS (DATOS, INSTRUMENTOS)

Si bien el proyecto presenta aplicaciones y desarrollos metodológicos novedosos que han sido resaltados por el aporte que hacen a análisis relacionados con fenómenos de infraestructura vial, algunas de las expectativas que se tuvieron al comienzo de la investigación se fueron transformando por diferentes razones:

7.1. PROBLEMAS DE INFORMACIÓN

Los problemas de información fueron un importante escollo que implicó un esfuerzo importante e inversión de tiempo y recurso de los equipos. Esta dificultad se caracterizó básicamente por:

- La ausencia de información a escala municipal: considerada de mayor pertinencia por la tipología del proyecto y por el marco conceptual definido. Ocurrió, por ejemplo, con la Encuesta de Calidad de Vida, cuya escala está por zonas del Departamento, lo que implicó tratar de conciliar estadísticamente una serie de datos. Esto se relaciona con la deficiencia de la información para el suelo rural, que en algunos casos permite información ambiental y física espacial, pero en los componentes social, económico e institucional no permite el detalle que se requiere para abordar el tema con la profundidad analítica necesaria.
- La poca actualidad de los datos: como ocurre con la Matriz Insumo-Producto que tiene como fecha de elaboración el año 2005, dejando por fuera efectos de ciertos procesos del Departamento. El Censo del DANE con año 2005, que tiene problemas en la proyección de población, no solo debido a los cambios ocurridos en el país en estos 10 años, sino por la homogeneización para todos los municipios de Colombia.
- La confiabilidad técnica de los datos: algunos insumos no cumplen con requisitos técnicos mínimos por ser levantados, por ejemplo, en días atípicos, o por ser metodologías participativas. En este caso, la información tuvo que ser revisada a la luz de otras fuentes y complementadas para poder ser utilizada por este proyecto.

- **A tener en cuenta:**

De acuerdo con lo anterior y siguiendo en la lógica de las limitaciones de información, en cuanto a la disponibilidad, actualización o calidad de la misma, es importante tener en cuenta que debido a que esta investigación no contó con la información de los trazados, diseños y especificaciones técnicas definitivos de las Autopistas para la Prosperidad por parte de la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura), seguramente en algunos casos y después de la entrega de esta investigación, se presentarán áreas para las cuales no se realizaron análisis, o por el contrario, áreas para las cuales sí se hicieron y no harán parte del trazado final, principalmente en lo estudiado en las dimensiones físico-espacial y sociodemográfica en las que se llegó a un mayor detalle en la localización.

Los problemas de información sumados a la novedad del tema, que implicó construir nuevas herramientas analíticas, se tomó un poco más del tiempo considerado para adelantar la línea base y el diagnóstico de la situación actual del departamento.

7.2. LA HOMOLOGACIÓN DE LOS ANÁLISIS A PARTIR DE LA NATURALEZA DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación abordada a partir de cuatro componentes o dimensiones de análisis, se dificultó la mirada conjunta e integral de las implicaciones, en gran medida por el reto que significó el abordaje desde una mirada comprensiva del problema de investigación, de las preguntas y del marco de referencia conceptual. Esta tarea arrojó cuatro entradas conceptuales diferentes que terminaron en cuatro abordajes disciplinares distintos. Sin embargo, el esfuerzo durante los últimos meses de la investigación buscó unificar las lecturas del problema que den una imagen holística, y aunque se logró avanzar en ello, es importante comprender que hay elementos del análisis que deben ser abordados y leídos de manera individual, pero no necesariamente desarticulada.

7.3. LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS, ENTRE LA PROSPECTIVA Y LAS SIMULACIONES

La prospectiva es una importante herramienta de planificación que ha sido de gran utilidad en procesos políticos, sin embargo, tiene una serie de exigencias para su construcción. Uno de los primeros asuntos es que precisamente es una técnica que depende de la participación directa, no solo de quienes poseen información, sino de quienes pueden tomar decisiones, y en esa medida se pueden identificar las rupturas y continuidades de las tendencias a partir de acciones y la posibilidad de que ellas ocurran.

De modo que en esta investigación se abordó esta herramienta a partir de una serie de simulaciones a partir de la información técnica con la cual se contaba, planteando los escenarios que, dependiendo de las acciones que se adopten, podrán o no ser realidad. Esto es diferente a los ejercicios que involucran no solo expertos sino tomadores de decisiones políticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramovitz, A. (1986). Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. *The Journal of Economic History*, 46 (2), p. 385-406.
- Agudelo, C. (2010). La ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el área metropolitana del Medellín, Colombia.
- Aguirre, K. (2006). Convergencia en indicadores sociales en Colombia. Una aproximación desde los enfoques tradicional y no paramétrico. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (56), p. 147-176.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis*, 27 (2), Ohio, The Ohio State University, p. 93-115.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, Luc (2010). Thirty years of spatial econometrics. *Papers in Regional Science*, 89 (1), p. 3-25.
- Barón J. D. (2003). ¿Qué sucedió con las disparidades económicas regionales en Colombia entre 1980 y el 2000? *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*, Cartagena: Banco de la República de Colombia.
- Barro, R. J. (1989). A cross-country study of growth, saving and government. NBER Working Paper, (2855), Massachusetts: Cambridge.
- Barro, R. J. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries, *The Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), p. 407-443.
- Barro, R. J. y Sala-i-Martin, X. (1995). *Economic growth*. Nueva York: McGraw-Hill.
- _____(1991). Convergence Across States and Regions; Comments and Discussion, *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, p. 107-158.
- _____(1992). Convergence, *The Journal of Political Economy*, 100 (2), p. 223-251.
- _____(1992). Regional growth and migration: a Japan-US comparison, NBER Working Paper, (4038), Massachusetts: Cambridge.
- Baumol, W. J. (1986). Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show, *The American Economic Review*, 76 (5), p. 1072-1085.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Muy lejos para exportar. Los costos internos de transporte y las disparidades en las exportaciones regionales en América latina y el Caribe*. Washington, Buenos Aires.

- Breisinger, C., Thomas, M. y Thurlow, J. (2010). Social Accounting Matrices and Multiplier Analysis. IFPRI.
- Bonet, J. A. y Meisel, A. (1999). La convergencia regional en Colombia: una visión de largo plazo, 1926-1995, Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Cartagena: Banco de la República de Colombia.
- Bonilla, L. (2008). Diferencias regionales en la distribución del ingreso en Colombia. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República de Colombia. (108)
- Branisa, B. y Cardozo, A. (2009). Revisiting the Regional Growth Convergence Debate in Colombia Using Income Indicators. Ibero-American Institute for Economic Research Discussion Paper. (194)
- Cárdenas, M. y Pontón, A. (1993). Growth and convergence in Colombia: 1950-1990. Journal of Development Economics. 47(1), p. 5-37.
- Cal y Mayor asociados. (2011). Estudios de tráfico y estimaciones de la demanda actual y futura a nivel Fase II para determinar la viabilidad técnica y financiera del Proyecto Corporativo Autopistas de la Montaña. Interconexión Eléctrica S.A. (ISA).
- Charlot, S. (2000). Economie géographique et secteur public: des infrastructures de transport à la concurrence fiévreuse. Revue d'Economie régionale et urbaine. (1)
- Chandra, A., Thompon, E. (2000). Does public infrastructure affect economic activity? Evidence from the rural interstate highway system. Regional Science and Urban Economics. 30, p. 457-490
- Chasco, P. (2000). Modelos de gravitación comercial: una aplicación al anuario comercial del España. Madrid: Instituto L. R Klein. Universidad Autónoma de Madrid.
- Corporación Andina de Fomento. (2010). Desarrollo local: hacia un nuevo protagonismo de las ciudades y regiones. Caracas: CAF.
- Cliff, A.D. y Ord, J.K. (1973). Spatial autocorrelation. Londres: Pion.
- CONPES 3819. (2014). Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Cordi, A. (1999). Estimación de Matrices de Contabilidad Social Regionales. Cuarto Informe de Avance, Contrato con el Departamento Nacional de Planeación, para apoyar técnicamente a las Unidades de Planificación Regional y Urbana, de Desarrollo Territorial y de Análisis Macroeconómico.
- Corporación Andina de Fomento. (2010). Desarrollo local: hacia un nuevo protagonismo de las ciudades y regiones. Caracas: CAF.
- Departamento Nacional de Planeación (2013). Documento CONPES 3770. Cuarta generación de concesiones viales: Autopistas para la prosperidad, DNP, DIES, OAJ, DIFP, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Transporte, Agencia Nacional de Infraestructura, Bogotá.
- De Lucio, J. (1997). Geografía económica: aglomeración, localización y externalidades. Documento de Trabajo 97-21. FEDEA: Madrid.

- _____ (1997) Geografía económica y crecimiento. Resumen 97-01. FEDEA: Madrid.
- Departamento Administrativo de Planeación DAP. (2006). Análisis funcional del sistema de asentamientos urbanos en el departamento de Antioquia. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2010). Orientaciones conceptuales y metodológicas para la formulación de visiones de desarrollo territorial. Bogotá D.C.: Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible. Subdirección de Ordenamiento y Desarrollo Territorial.
- Diggle, P. y Ribeiro, P. (2007). Model Based Geostatistics. Nueva York: Springer.
- Faiña, A., Lopez-Rodriguez, J., Varela, L. (2007). La Euroregión Galicia-Norte de Portugal y las prioridades de los fondos estructurales europeos en el nuevo período 2007-2013. Revista de Eurorexión Galicia-Norte de Portugal. (12)
- Fujita, M., Krugman, P., Venables, A. (2000). Economía espacial. Las ciudades, las regiones y el comercio internacional. Ariel Economía: Barcelona.
- Fisher, M. y Getis, A. (2010). Handbook of Applied Spatial Analysis. , Berlín: Springer.
- Galvis, A. y Meisel, A. (2010). Persistencia de las desigualdades regionales en Colombia: un análisis espacial. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República de Colombia. (120)
- _____ (2000). El crecimiento económico de la ciudades colombianas y sus determinantes, 1973-1998. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Cartagena: Banco de la República de Colombia.
- Gallup, J. (1998). Geography and economic development. En Annual World Bank Conference on Development Economics. Washington D.C.: The World Bank.
- Gobernación de Antioquia. (13 y 14 de agosto de 2013). Memorias Foro internacional "De que vivirán los pobladores rurales". Medellín.
- Gómez, C. (2006). Convergencia regional en Colombia: un enfoque en los agregados monetarios y el sector exportador. Ensayos sobre Economía Regional, Cali: Banco de la República de Colombia y Centro Regional de Estudios Económicos. (43).
- Gómez de Antonio, M. (2003). Un modelo para cuantificar el impacto de las variables territoriales en el crecimiento de la renta per cápita de las provincias españolas. Revista de Estudios Regionales. (65), p. 107-132.
- Gkritza, K., S. Labiy K. C. S. (2007). Economic Development Effects of INDOT Transportation Projects. Publication FHWA/IN/JTRP-2006/37. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana. doi: 10.5703/1288284313365.
- Guarta, N., Contreras, J. (2011). Introducción a los modelos de multiplicadores de las matrices de contabilidad social para la jerarquización de actividades económicas. Caracas, Venezuela: Banco Central de Venezuela, Colección Economía y Finanzas, Serie documentos de trabajo. (130).

- Guzmán V., Alexander, Malaver R., Marleny y Rivera R., H. (2005). Análisis Estructural: Técnicas de la Prospectiva. Documento de Investigación. Bogotá: Facultad de Administración, Universidad del Rosario.
- Hanson, G. (2005). Market potential, increasing returns and geographic concentration. *Journal of International Economics*. 67 (1)
- Henderson, V. (2000). *Geography and development*. Washington: World Bank.
- IGAC. (2007 – 2009). Coberturas terrestres clasificadas bajo la metodología CorineLand Cover. Cartografía digital.
- Instituto Nacional de Vías. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras.
- _____(2011). Volúmenes de tránsito y costos de operación 2010 – 2011. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (1991). Manual de proyecto geométrico de carreteras. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de México.
- Krugman, P. (1997). *Desarrollo, geografía y teoría económica*. Barcelona: Editorial Antoni Bosch.
- _____(1998). The role of geography in development. Annual World Bank Conference on Development Economics. Washington D.C.: The World Bank.
- Lotero, J., Moreno, A., Díaz, W. (2006). *Indicadores de Antioquia y sus regiones*. Medellín: Centro de Investigaciones Económicas, Comisión Tripartita.
- LeSage, J. y Pace, K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group.
- Llorens, J., Albuquerque, F., del Castillo, J. (2002). *Estudio de casos de desarrollo económico local en América Latina*. Washington, D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Machado, A. (2013). *Caracterización del problema agrario y rural en Colombia*. Medellín: S.E., p.16.
- Mesquita Morerira, M. (2013). *Muy lejos para exportar. Los costos internos de transporte y las disparidades en las exportaciones regionales en América Latina y el Caribe*. Mauricio Mesquita Moreira, Juan Blyde, Christina Volpe, Danielken Molina (Ed) Washington: BID.
- Moretti, E., Thulin, P. (2013). Local multipliers and human capital in The United States and Sweden *Industrial and Corporate Change*. 22 (1), p. 339-362.
- Muñiz, I. (1998). Externalidades, localización y crecimiento: Una revisión bibliográfica. *Revista de Estudios Regionales*. Universidades de Andalucía. 52, sep-dic.
- Murillo, M. y Gaviria, A. (2008). *Convergencia en capital humano en Colombia: un análisis para el periodo 1993-2005*. *Revista Gestión y Región*. 6, p. 91-126.
- OCDE. (2013). *Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database*. París.

- Perdomo, A. (2009). Inversión pública sectorial y crecimiento económico. Una aproximación desde la metodología VAR. Departamento Nacional de Planeación. Dirección de Estudios Económicos. Archivos de Economía.
- Pérez, G. (2005). La dimensión espacial de la pobreza. Ensayos sobre política económica. Banco de la República. 48, p. 234-293.
- Ptaff, B. (2008). Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R. Springer.
- Rey, S. (2004). Spatial Analysis of Regional Income Inequality. En Michael F. Goodchild y Donald G. Janelle (Eds.), Spatially Integrated Social Science: Examples in Best Practice, Oxford: University Press.
- Rondinelli, D. (1988). Método aplicado de análisis regional. La dimensión espacial de la política de desarrollo. Medellín: Tercer mundo editores.
- Royuela, V. y García, A. (2010). Economic and social convergence in Colombia. Working Paper. Universidad de Barcelona.
- Sayago, T. (2009). The spatial agglomeration of educated people in Colombia. Working Paper. Data Mining Lab, Università Degli Studi di Pavia.
- Scott, A., Garofoli, G. (2007). The regional question in economic development En A.J. Scott y G.Garofoli(Ed) Development on the ground. Clusters, networks and regions in emerging economics. Nueva York, Londres: Routledge.
- Secretaría de Infraestructura Física del Departamento de Antioquia con Transporte, Planeación y Diseño Ingeniería S.A. (2014). Encuesta Origen-Destino en el departamento de Antioquia, escenarios 2030 de la infraestructura para el transporte y la movilidad en Antioquia.
- Storper, M. (1996). Regional economies as relation alassets. Revue d'Économie Regional et Urbaine. (4).
- Tukey, JW. (1977). Exploratory data analysis. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Sala-i-Martin. (2000). Apuntes de Crecimiento Económico, España: Antoni Bosch.
- Sánchez, L. M. (2006).Efectos del cambio de los costos de transporte por carretera en el crecimiento regional colombiano. Revista ESPE. 50, p. 98-153.
- Wang, J. y Charles, M. B. (2010). IO Based Impact Anlysis: A method for Estimating the Economic Impacts by Different Infrastructure Investments in Australia. CRC for Rail Innovation. Australia: Souther Cross University.
- Vásquez, A. (2007). Endogenous development En A.J. Scott y G.Garofoli (Ed) Development on the ground. Clusters, networks and regions in emerging economics. Nueva York, Londres: Routledge.
- World Bank. (1997). Roads and the environment: a handbook. Washington: HobanC. y Tsunokaw K.

CIBERGRAFÍA

- Berdegúe, J., Bebbington, A., Escobal, J., Favareto, A., Fernández, I., Ospina, P., MunkRavnborg, H., Aguirre, F., Chiriboga, M., Gómez, I., Gómez, L., Modrego, F., Paulson, S., Ramírez, E., Schejtman, A., Trivelli, C. (2012) Territorios en Movimiento. Dinámicas Territoriales Rurales en América Latina. Documento de Trabajo N° 110. Programa Dinámicas Territoriales Rurales. Rimisp, Santiago, Chile. Recuperado de: http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1366233526N1102012TerritoriosenMovimientoBerdegueBebbingtonEscobalFavaretoetal.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2005). Documento Metodológico Matriz de Contabilidad Social (MCS). Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/investigaciones-especiales>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2005). Matriz de Contabilidad Social (MCS). Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/investigaciones-especiales>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Matriz Insumo-Producto 2005 – 2010 (MIP). Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/investigaciones-especiales>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2013). Metodología de la Matriz Insumo-Producto (MIP). Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/investigaciones-especiales>
- Glaeser, E., Kolhahase, J. (julio de 2003). Cities, regions and the decline de cost de transport. National Bureau Of Economic Research Cambridge. Working Paper 9886. Recuperado de: <http://www.nber.org/papers/w>
- Ottaviano, G. (2008). Infrastructure and economic geography: An overview of theory and evidence. EIB Papers. ISSN 0257-7755. 13. Iss. 2, p. 8-35, Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10419/44891>
- Tomlin. (1990). citado por Demers, 1997. Recuperado en: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Mortara-M-O-2000/cap1a3.pdf>.