

ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS

INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES

A NIVEL **SUBREGIONAL** DE 116 MUNICIPIOS EN CUNDINAMARCA

FASE 2. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FLUJOS FUNCIONALES

ENTREGABLE 2. DOCUMENTO IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FLUJOS FUNCIONALES

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN, ALCANCE Y CONVENCIONES 14

1.1 OBJETO Y ALCANCE 14

1.2 RELACIÓN CON EL ESTUDIO PRECEDENTE Y APORTE DE LA CONSULTORÍA 15

1.3 PREGUNTAS ANALÍTICAS 15

1.4 GUÍA DE LECTURA 15

1.5 CONVENCIONES Y NOTACIÓN 17

2 MARCO CONCEPTUAL Y CADENA METODOLÓGICA 19

2.1 DEFINICIONES OPERATIVAS 19

2.2 DEL SISTEMA MONOCÉNTRICO AL SISTEMA MULTIPOLAR 19

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ESTADÍSTICA 20

2.3.1 Regionalización funcional 20

2.3.2 Medición multidimensional por conteo 20

2.3.3 Modelos de interacción espacial 21

2.3.4 Análisis de redes aplicado al territorio 21

2.3.5 Puntos de corte y su verificación 21

2.3.6 Normalización y comparabilidad 22

2.3.7 Transparencia y reproducibilidad 22

2.4 LA CADENA METODOLÓGICA EN CINCO PASOS 23

2.5 ALCANCE DEL PRODUCTO 2 DENTRO DE LA CADENA 24

2.6 PRINCIPIOS RECTORES 24

3 REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS DATOS DE PARTIDA 26

3.1 ALCANCE DE LA REVISIÓN 26

3.2 PROTOCOLO DE REVISIÓN 26

3.3 CONSOLIDACIÓN DEL ÁMBITO V116 27
3.4 RECÁLCULO DE LOS UMBRALES POR VARIABLE 27
3.5 CONTROL DE COMPLETITUD DE FUENTES Y SOPORTE DE EVIDENCIA FUNCIONAL OBSERVADA 27
3.6 FICHAS DE REVISIÓN POR VARIABLE 28
3.6.1 Movilidad 30
3.6.2 Equipamientos sociales y del hábitat 31
3.6.3 Seguridad alimentaria 32
3.6.4 Desarrollo económico 33
3.6.5 Servicios públicos domiciliarios 34
3.6.6 Ambiental 35
3.6.7 Seguridad ciudadana 36
3.7 REFORMULACIÓN DE LA VARIABLE DE AFINIDAD DE PERFILES EXPORTADORES 37
3.7.1 Reconstrucción y denominación 37
3.7.2 Ajuste de confiabilidad 37
3.7.3 Efecto sobre el sistema 38
3.7.4 Tratamiento de los municipios con valor nulo 38
3.7.5 Filtro de proximidad y coherencia territorial 38
3.8 TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES DIRIGIDAS 39
3.8.1 Reglas de simetrización 39
3.8.2 Conservación de las matrices originales 40
3.8.3 Componente direccional complementario 40
3.9 ESQUEMA DE PONDERACIÓN 40
3.9.1 Escenarios comparados 41
3.9.2 Resultados de la comparación 41

3.9.3 Decisión adoptada 42
3.9.4 Validación multivariada complementaria 43
3.10 COBERTURA, DENSIDAD Y NOTA DE LECTURA 43
3.11 RESULTADO DEL PASO 1 43
4 ÍNDICE DE RELACIONES BILATERALES ENTRE MUNICIPIOS 45
4.1 DEFINICIÓN Y PREGUNTA QUE RESPONDE 46
4.2 FORMULACIÓN, PARÁMETROS Y PROPIEDADES 46
4.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO Y TRAZABILIDAD 47
4.4 REGLA ORDINAL DE CLASIFICACIÓN DE PARES 47
4.4.1 Construcción de la regla 47
4.4.2 Regla adoptada 49
4.5 ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA 50
4.6 PRIMER NIVEL DE LECTURA. LOS PARES DEL SISTEMA 52
4.6.1 Lectura territorial 53
4.7 SEGUNDO NIVEL DE LECTURA. LOS MUNICIPIOS 53
4.7.1 Alcance funcional 54
4.7.2 Lectura territorial 55
4.7.3 Robustez funcional 56
4.7.4 Lectura territorial 57
4.8 TERCER NIVEL DE LECTURA. LAS DIMENSIONES TEMÁTICAS 57
4.8.1 Movilidad 59
4.8.2 Desarrollo Económico 61
4.8.3 Seguridad Alimentaria 63
4.8.4 Equipamientos Sociales y del Hábitat 65

4.8.5 Ambiental 67
4.8.6 Seguridad Ciudadana 68
4.8.7 Servicios Públicos Domiciliarios 70
4.8.8 Síntesis de la lectura territorial temática 72
4.9 CUARTO NIVEL DE LECTURA. LA COMPOSICIÓN POR VARIABLE 74
4.9.1 Conmutación laboral 75
4.9.2 Migración 77
4.9.3 Tiempos de viaje 79
4.9.4 Manufacturas 81
4.9.5 Turismo 83
4.9.6 Perfiles exportadores 85
4.9.7 Transporte de alimentos 87
4.9.8 Transporte de cárnicos 89
4.9.9 Salud 91
4.9.10 Educación 93
4.9.11 Zonas protegidas 95
4.9.12 Hidrología 97
4.9.13 Homicidios 99
4.9.14 Hurtos 101
4.9.15 Acueducto 103
4.9.16 Residuos 105
4.9.17 Síntesis de la lectura territorial por variable 107
4.10 VALIDACIÓN Y PRUEBAS DE ROBUSTEZ 109
5 TIPOLOGÍA JERÁRQUICA DE POLOS SUBREGIONALES 111

5.1 FUNCIÓN DEL CAPÍTULO Y ALCANCE DE SUS RESULTADOS 111
5.2 CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL FUNCIONAL MUNICIPAL 112
5.2.1 Redundancia entre indicadores 114
5.3 SÍNTESIS MULTIVARIADA 114
5.4 IDENTIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LAS CENTRALIDADES 117
5.4.1 Primera etapa. Detección de centralidades candidatas 117
5.4.2 Segunda etapa. Jerarquización interna 118
5.5 TIPOLOGÍA RESULTANTE 119
5.6 LECTURA TERRITORIAL DE LA JERARQUÍA FUNCIONAL DE POLOS 120
5.6.1 Los polos estructurantes 121
5.6.2 Los polos intermedios 121
5.6.3 Las centralidades emergentes 121
5.6.4 Los ámbitos sin centralidad identificada 122
5.7 ÍNDICE DE ASOCIACIÓN MUNICIPIO-POLO SUBREGIONAL 122
5.8 GRADO PONDERADO Y PERFIL DE INTEGRACIÓN FUNCIONAL POR MUNICIPIO 123
5.9 SUBREGIONES FUNCIONAL-TERRITORIALES Y SUBPOLOS REGIONALES DE ARTICULACIÓN 126
5.9.1 Distinción entre polo, municipio bisagra y subpolo 126
5.9.2 La provincia como referente territorial institucional 126
5.9.3 Delimitación de las subregiones funcional-territoriales 126
5.9.4 Identificación y consolidación de los subpolos 128
5.9.5 Subregiones y polos resultantes 128
5.9.6 Estabilidad y alcance de la lectura 129
5.10 LECTURA TERRITORIAL SUBREGIONES FUNCIONAL-TERRITORIALES Y SUBPOLOS REGIONALES DE ARTICULACIÓN 130
5.10.1 Una geografía de tres regímenes de articulación 131

5.10.2 Los subpolos revelan la estructura oculta de la periferia 131
5.10.3 La subregión funcional no reproduce la provincia 131
5.10.4 El polo funcional no siempre coincide con la capital provincial 131
5.10.5 Síntesis 132
5.11 VALIDACIÓN DEL CARÁCTER JERÁRQUICO Y ROBUSTEZ 132
5.11.1 Progresión entre categorías 132
5.11.2 Estabilidad bajo perturbación 132
6 LECTURAS DERIVADAS, CARTOGRAFÍA Y GEOVISOR 135
6.1 EL ENCADENAMIENTO DE LAS LECTURAS 135
6.2 MODELO DE DATOS Y PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA 136
6.3 GEOVISOR DE RESULTADOS 136
7 SÍNTESIS, DECISIONES Y AGENDA 138
7.1 PRINCIPALES HALLAZGOS 138
7.2 DECISIONES METODOLÓGICAS Y CUESTIONES ABIERTAS 140
7.3 LIMITACIONES 142
7.4 INSUMOS TRANSFERIDOS AL PRODUCTO 3 142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico del índice de relaciones bilaterales 45
Figura 2. Categoría de la relación funcional entre pares de municipio 52
Figura 3. Alcance funcional: n° de pares activos por municipio 54
Figura 4. Dimensiones Temáticas 58
Figura 5. Movilidad 59
Figura 6. Desarrollo Económico 61
Figura 7. Equipamientos Sociales y del Hábitat 65
Figura 8. Ambiental 67
Figura 9. Seguridad Ciudadana 68
Figura 10. Servicios Públicos Domiciliarios 70
Figura 11. Composición por variable 74
Figura 12. Conmutación laboral 75
Figura 13. Migración 77
Figura 14.Tiempos de viaje 79
Figura 15. Manufacturas 81
Figura 16. Turismo 83
Figura 17. Perfiles exportadores 85
Figura 18. Transporte de alimentos 87
Figura 19. Transporte de cárnicos 89
Figura 20. Salud 91
Figura 21. Educación 93
Figura 22. Zonas protegidas 95
Figura 23. Hidrología 97
Figura 24. Homicidios 99
Figura 25. Hurtos 101
Figura 26. Acueducto 103
Figura 27. Residuos 105
Figura 28. Jerarquía funcional de Polos 120
Figura 29. Subregiones funcionales 130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contraste entre el ejercicio precedente y el presente estudio 14
Tabla 2. Estructura del documento 16
Tabla 3. Métricas de red y su interpretación territorial 21
Tabla 4. Momentos de aplicación de los puntos de corte 21
Tabla 5. Cadena metodológica de la consultoría 23
Tabla 6. Tratamiento de cada paso en el presente entregable 24
Tabla 7 Protocolo de revisión aplicado a las dieciséis variables 26
Tabla 8. Estructura de las fichas de revisión 28
Tabla 9. Dimensiones temáticas, variables y vínculos activos resultantes 29
Tabla 10. Movilidad 30
Tabla 11.Equipamientos sociales y del hábitat 31
Tabla 12. Seguridad alimentaria 32
Tabla 13. Desarrollo económico 33
Tabla 14. Servicios públicos domiciliarios 34
Tabla 15. Ambiental 35
Tabla 16. Seguridad ciudadana 36
Tabla 17. Efecto del ajuste sobre la clasificación de pares 38
Tabla 18. Reglas de simetrización evaluadas 39
Tabla 19. Indicadores del componente direccional propuesto 40
Tabla 20. Síntesis de la comparación entre escenarios de ponderación 41
Tabla 21. Propiedades del índice bilateral 46
Tabla 22. Evaluación del número de niveles activos 48
Tabla 23. Ternas admisibles y puntaje de calidad ordinal 48
Tabla 24. Regla ordinal adoptada y distribución resultante 49
Tabla 25. Dimensiones activas por categoría de vínculo 50
Tabla 26. Estructura del sistema en cifras 50
Tabla 27. Tabla de resultados: Nivel de interdependencia funcional entre pares del municipio 52
Tabla 28. Municipios con mayor alcance funcional 54
Tabla 29. Municipios con mayor robustez funcional 56
Tabla 30. Robustez funcional: n° de vínculos consolidados por municipio 56

Tabla 31. Perfil funcional de la dimensión de Movilidad 60
Tabla 32. Perfil funcional de la dimensión de desarrollo económico 62
Tabla 33. Seguridad Alimentaria 63
Tabla 34. Perfil funcional de la dimensión de seguridad alimentaria 64
Tabla 35. Perfil funcional de la dimensión de Equipamientos Sociales y del Hábitat 66
Tabla 36. Perfil funcional de la dimensión de Seguridad Ciudadana 69
Tabla 37. Perfil funcional de la dimensión 71
Tabla 38. Estructura de la red por dimensión temática 72
Tabla 39. Perfil funcional de la variable de Conmutación laboral 76
Tabla 40. Perfil funcional de la variable de Migración 78
Tabla 41. Perfil funcional de la variable de Tiempos de Viaje 80
Tabla 42. Perfil funcional de la variable de Manufacturas 82
Tabla 43. Perfil funcional de la variable de Turismo 84
Tabla 44. Perfil funcional de la variable de Perfiles exportadores 86
Tabla 45. Perfil funcional de la variable de Transporte de alimentos 88
Tabla 46. Perfil funcional de la variable de Transporte de cárnicos 90
Tabla 47. Perfil funcional de la variable de Salud 92
Tabla 48. Perfil funcional de la variable de Educación 94
Tabla 49. Perfil funcional de la variable de Zonas protegidas 96
Tabla 50. Perfil funcional de la variable de Hidrología 98
Tabla 51. Perfil funcional de la variable de Homicidios 100
Tabla 52. Perfil funcional de la variable de Hurtos 102
Tabla 53. Perfil funcional de la variable de Acueducto 104
Tabla 54. Perfil funcional de la variable de Residuos 106
Tabla 55. Síntesis por dimensión y variable 107
Tabla 56. Validación y pruebas de robustez 109
Tabla 57. Indicadores que componen el perfil funcional municipal 112
Tabla 58. Correlación entre los principales indicadores nodales 114
Tabla 59. Varianza explicada por los componentes principales 114
Tabla 60. Cargas del primer componente principal 116
Tabla 61. Evaluación de soluciones de agrupamiento en la primera etapa 117
Tabla 62. Evaluación de soluciones en la segunda etapa 118

Tabla 63. Tipología jerárquica de centralidades funcionales *119*
Tabla 64 Resultados de la asociación municipio-polo *123*
Tabla 65 Municipios con mayor integración funcional *124*
Tabla 66 Tipología de integración funcional municipal *124*
Tabla 67. Composición de la matriz de disimilitud funcional-territorial *127*
Tabla 68. Condiciones de consolidación del subpolo *128*
Tabla 69. Subpolos regionales de articulación *128*
Tabla 70. Referentes locales no consolidados *129*
Tabla 71. Progresión de los centroides por categoría *132*
Tabla 72. Estabilidad de la clasificación bajo quinientas réplicas *133*
Tabla 73. Decisiones adoptadas *140*
Tabla 74. Cuestiones abiertas y propuestas *141*
Tabla 75. Tabla de anexos *145*

01

INTRODUCCIÓN, ALCANCE Y CONVENCIONES

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

1 INTRODUCCIÓN, ALCANCE Y CONVENCIONES

El presente documento constituye el Producto 2 del estudio de identificación y análisis de las interdependencias y relaciones funcionales a nivel subregional. Su objeto es establecer qué pares de municipios de Cundinamarca sostienen una asociación funcional verificable, en cuántas dimensiones del territorio la sostienen, con qué grado de solidez, y qué municipios ejercen una función de centralidad dentro del sistema resultante, una vez retirada del análisis la influencia de Bogotá D.C.

1.1 OBJETO Y ALCANCE

El ejercicio caracteriza los flujos funcionales entre los 116 municipios de Cundinamarca a partir de dieciséis variables organizadas en siete dimensiones temáticas. El universo de análisis está compuesto por los 6.670 pares únicos que resultan de combinar esos municipios sin repetición, correspondientes al triángulo superior de una matriz simétrica de 116 por 116.

El documento desarrolla con resultados los cinco pasos de la cadena metodológica: ajuste de los datos de partida, cálculo del índice bilateral, tipología jerárquica de polos subregionales, asociación municipio-polo y grado ponderado de integración municipal. El Producto 3 toma estos resultados analíticos como insumo para su traducción cartográfica, lectura territorial y contraste con referentes institucionales y de planeación. La interpretación de los resultados se apoya en supuestos explícitos de validez metodológica. El modelo asume que las fuentes utilizadas ofrecen cobertura suficiente para el ámbito v116, que los umbrales por variable permiten identificar asociaciones funcionales relevantes dentro de cada distribución empírica, y que la agregación binaria de evidencias permite integrar variables de distinta naturaleza sin atribuirles magnitudes físicas equivalentes. En consecuencia, los resultados deben leerse como evidencia de asociación funcional y organización territorial derivada del modelo, no como prueba directa de causalidad, dirección de flujo, dependencia institucional o magnitud física de las relaciones.

Tabla 1. Contraste entre el ejercicio precedente y el presente estudio

Criterio	Estudio ONU Hábitat 2025	Producto 2 de la consultoría
Ámbito	117 unidades, con Bogotá D.C. como nodo del sistema	116 municipios de Cundinamarca, sin Bogotá D.C.
Unidad de análisis	Relación de cada municipio con la capital	Relación entre pares de municipios
Parámetros de referencia	Umbrales calculados sobre la distribución con capital	Umbrales recalculados sobre la distribución empírica del ámbito v116
Producto de agregación	Índice sintético único de interdependencia	Índice bilateral por par, con lecturas temáticas y por variable
Lectura de centralidades	Jerarquía derivada de la relación con la capital	Tipología construida sobre la estructura observada de la red
Pregunta de investigación	Qué municipios dependen funcionalmente de Bogotá	Qué subsistemas funcionales emergen y qué centralidades los estructuran

Fuente: IDOM, 2026.

1.2 RELACIÓN CON EL ESTUDIO PRECEDENTE Y APORTE DE LA CONSULTORÍA

El estudio se apoya en la información producida por el ejercicio de ONU Hábitat de 2025, cuyo diseño respondía a una lectura monocéntrica organizada alrededor de la capital. El aporte propio de esta consultoría no consiste en repetir aquel ejercicio sobre un universo menor, sino en revisar críticamente la base heredada, readecuarla a un sistema sin nodo dominante y diseñar los instrumentos de agregación que permiten leer el territorio en clave multipolar.

1.3 PREGUNTAS ANALÍTICAS

- Qué información de partida resulta utilizable sin ajuste, cuál requiere recalibración y cuál exige revisión conceptual.
- Qué pares de municipios sostienen asociación funcional y en cuántas dimensiones del territorio lo hacen.
- Qué estructura territorial revela cada dimensión temática por separado y qué aporta su lectura conjunta.
- Qué subsistemas y ejes funcionales emergen una vez retirada la centralidad de la capital.
- Qué municipios concentran una posición de centralidad suficiente para actuar como referentes funcionales del sistema, y con qué jerarquía entre ellos.

1.4 GUÍA DE LECTURA

El documento admite tres recorridos. La lectura ejecutiva puede concentrarse en los resultados del capítulo 4, en la tipología de polos del capítulo 5 y en la síntesis del capítulo 7. La lectura técnica recorre la totalidad del documento en su orden. La revisión metodológica encontrará en el capítulo 2 la cadena completa con su fundamentación, y en el anexo metodológico el desarrollo íntegro de cada paso con sus formulaciones, procedimientos y referencias.

Relación entre el documento y el anexo metodológico

Este entregable concentra los resultados, su interpretación territorial y las decisiones adoptadas. La metodología se presenta con el detalle suficiente para seguir el razonamiento y evaluar la solidez de cada elección, sin reproducir el desarrollo completo de cada procedimiento.

El anexo metodológico general, entregado como volumen independiente, recoge para cada uno de los cinco pasos la formulación matemática íntegra, los procedimientos de cálculo, las figuras de soporte, las pruebas estadísticas y las referencias bibliográficas. Las remisiones aparecen señaladas a lo largo del texto.

Tabla 2. Estructura del documento

Capítulo	Contenido	Paso de la cadena
1	Alcance, preguntas analíticas y convenciones	Transversal
2	Marco conceptual y cadena metodológica	Los cinco pasos
3	Revisión y ajuste de los datos de partida, con fichas por variable	Paso 1
4	Índice de relaciones bilaterales y resultados	Paso 2
5	Tipología jerárquica de polos subregionales	Paso 3
6	Lecturas derivadas, cartografía y geovisor	Pasos 4 y 5
7	Síntesis, decisiones y agenda de trabajo	Transversal
Anexos	Anexo metodológico general y catorce anexos técnicos	Soporte

Fuente: IDOM, 2026.

1.5 CONVENCIONES Y NOTACIÓN

Los términos que se enuncian a continuación se emplean con el mismo significado en todo el documento, en las tablas, en las leyendas cartográficas y en el geovisor.

- **Asociación funcional.** Denominación del vínculo medido. El estudio opera sobre matrices simétricas y mide asociación entre pares, no dependencia dirigida.
- **Ámbito v116.** Submatriz de 116 por 116 municipios, con codificación DIVIPOLA validada contra la cartografía oficial del DANE.
- **Notación de matrices.** Matriz A de volumen, matriz B simétrica relativizada y matriz C binaria de asociación, definidas por variable.
- **Vínculo activo.** Par que supera el umbral de identificación en una variable. El conteo de vínculos activos de un par se denota como N y varía entre 0 y 16.
- **Índice bilateral.** Medida continua acotada entre 0 y 1, calculada bajo el esquema de ponderación adoptado y denotada como I.
- **Par pleno en una dimensión.** Par que comparte vínculo activo en todas las variables que integran esa dimensión temática.
- **Alcance e intensidad funcional.** El alcance corresponde al número de municipios o pares vinculados; la intensidad funcional corresponde a la fuerza acumulada o promedio del índice bilateral en esos vínculos. Esta intensidad no equivale a magnitud física de flujos, volúmenes, frecuencias o cantidades transportadas.
- **Afinidad de perfiles exportadores.** Denominación adoptada para la variable antes referida como Internacionalización, conforme a la reformulación del apartado 3.7.
- **Dieciséis variables.** Recuento uniforme en todo el documento, dado que la variable reformulada se conserva dentro del sistema.

02

MARCO CONCEPTUAL Y CADENA METODOLÓGICA

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

2 MARCO CONCEPTUAL Y CADENA METODOLÓGICA

En una frase. Qué mide el estudio, sobre qué fundamento teórico y estadístico, y mediante qué secuencia de operaciones encadenadas se obtiene cada resultado.

2.1 DEFINICIONES OPERATIVAS

La relación funcional se entiende como vínculo observable, estimado o inferido entre dos municipios, expresado en flujos, accesibilidad, similitudes, servicios compartidos o condiciones territoriales comunes. La asociación funcional aparece cuando esa evidencia supera el umbral definido sobre la distribución empírica de cada variable, sin que ello implique necesariamente magnitud física, dirección del flujo o causalidad entre municipios.

La distinción entre asociación y dependencia resulta central para interpretar correctamente los resultados. Una matriz simétrica registra la existencia de un vínculo entre dos municipios sin establecer cuál de ellos atrae, expulsa, envía o recibe. Un municipio con numerosos vínculos presenta alta centralidad relacional, condición que no equivale a ser receptor de los flujos ni acredita jerarquía funcional en sentido direccional.

La limitación es inherente al diseño y no constituye un defecto del procedimiento. La medición simétrica resulta apropiada para delimitar áreas funcionales, identificar subsistemas y reconocer territorios de articulación, que son los objetivos del estudio. Las preguntas que dependen del sentido del flujo requieren una lectura complementaria, cuya formulación se desarrolla en el apartado 3.8.

Las técnicas empleadas tienen un alcance asociativo y descriptivo. Identifican patrones de asociación funcional, similitud, accesibilidad compartida y agrupamiento territorial entre municipios, pero no estiman relaciones de causa y efecto. Por tanto, un vínculo entre dos municipios debe interpretarse como evidencia de relación funcional bajo los criterios del modelo, no como prueba de causalidad, dependencia directa ni transmisión de un fenómeno de un municipio a otro.

2.2 DEL SISTEMA MONOCÉNTRICO AL SISTEMA MULTIPOLAR

Retirar Bogotá del universo de análisis no constituye un recorte matricial sino un cambio de objeto de estudio, del que se derivan tres consecuencias analíticas encadenadas.

1. **Modificación de las distribuciones**. La exclusión del principal nodo altera la distribución estadística de todas las variables, dado que la capital concentraba la mayor parte de los flujos en la mayoría de ellas. Los umbrales calculados sobre el sistema anterior pierden vigencia y deben recalcularse.
2. **Desplazamiento de la unidad de referencia**. La lectura interpretativa deja de organizarse alrededor del vínculo con la capital y pasa a organizarse alrededor del vínculo entre pares de municipios, lo que exige redefinir qué significa una relación intensa.
3. **Cambio del esquema de agregación**. Un sistema sin nodo dominante requiere una construcción que admita pertenencias múltiples y subsistemas superpuestos, en lugar del índice sintético único que resultaba adecuado cuando existía un referente común a todos los municipios.

La literatura sobre sistemas urbanos policéntricos documenta que una primacía urbana marcada enmascara las relaciones de segundo orden, y

que su exclusión hace visibles estructuras subregionales previamente inadvertidas. El ejercicio se sitúa en esa línea y traslada al caso de Cundinamarca una lectura que el diseño monocéntrico no permitía formular.

> **Efecto observado de la exclusión**
>
> La retirada de la capital no reduce la densidad de la red sino que la redistribuye. El sistema resultante conserva 3.893 pares con vínculo activo sobre 6.670 posibles, y hace emerger agrupaciones organizadas alrededor de centros de provincia que la lectura anterior no permitía identificar.
>
> El efecto es particularmente visible en las variables construidas mediante modelos de interacción, donde la masa de la capital dominaba la estimación y comprimía las diferencias entre el resto de municipios.

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ESTADÍSTICA

El estudio articula cuatro tradiciones metodológicas. Cada una aporta un componente específico de la cadena y ninguna resulta suficiente por sí sola para el objetivo planteado. El apartado precisa qué se toma de cada una, cómo se adapta al caso y qué limitación se reconoce.

2.3.1 Regionalización funcional

La tradición de delimitación de áreas funcionales a partir de flujos de conmutación establece que la región funcional se define por la intensidad de las interacciones observadas y no por los límites administrativos. De ella se toma el principio rector del estudio: las unidades de análisis territorial deben derivarse de la evidencia de relación y no de la división político administrativa preexistente.

El estudio se aparta de esa tradición en un punto sustantivo. Sustituye el criterio único de conmutación laboral por una medición que integra siete dimensiones temáticas, con el fin de evitar que una sola forma de interacción determine la lectura territorial. La decisión responde a la constatación de que un territorio puede presentar integración funcional en servicios, en abastecimiento o en gestión ambiental sin que ello se traduzca en desplazamientos laborales significativos.

2.3.2 Medición multidimensional por conteo

La adaptación territorial del método de identificación y agregación por conteo opera en tres momentos sucesivos: definición de un umbral por variable, binarización de la condición de asociación y agregación de las evidencias resultantes. El procedimiento convierte información de escalas heterogéneas en una base comparable sobre la que puede construirse un indicador sintético.

Sus propiedades relevantes son tres. La descomponibilidad permite atribuir el valor agregado a cada variable y auditar cualquier resultado hasta su evidencia de origen. La robustez frente a escalas heterogéneas se garantiza mediante la binarización, que elimina el problema de comparar magnitudes expresadas en unidades distintas. La interpretabilidad directa hace que el resultado admita una lectura en términos de número de evidencias que respaldan el vínculo.

Su coste es la pérdida de la magnitud original de la variable. Dos pares que superan el umbral en la misma variable reciben idéntico tratamiento dentro de la matriz binaria, con independencia de que uno registre un valor original superior al otro. Esta limitación es conocida y aceptada en la fase de identificación. El Paso 5 no recupera magnitudes físicas, sino que desarrolla indicadores de intensidad funcional derivados del índice bilateral, como la fuerza acumulada y la intensidad promedio.

2.3.3 Modelos de interacción espacial

Las variables que carecen de registro directo de flujo se construyen mediante modelos gravitacionales, que estiman la interacción entre dos unidades a partir de sus masas respectivas y de un factor de impedancia asociado a la distancia o al tiempo de viaje. La forma funcional adoptada, el significado de las masas y la calibración del factor de impedancia se explicitan en la ficha de cada variable.

Conviene advertir que la retirada de la principal masa del sistema modifica el comportamiento del modelo. Cuando una unidad concentra un volumen muy superior al resto, la estimación tiende a producir valores elevados en todos los pares que la incluyen y valores comprimidos en los demás. Su exclusión descomprime la distribución y hace visibles diferencias que antes quedaban ocultas, razón por la cual estas variables reciben verificación específica en el capítulo 3.

2.3.4 Análisis de redes aplicado al territorio

La representación del sistema municipal como grafo no dirigido y ponderado permite movilizar un conjunto de métricas con interpretación territorial precisa. Los municipios constituyen los nodos, los vínculos funcionales las aristas, y el valor del índice el peso de cada arista.

Tabla 3. Métricas de red y su interpretación territorial

Métrica	Lectura en el estudio
Grado	Alcance funcional del municipio
Grado ponderado	Fuerza funcional acumulada, base del Paso 5
Densidad	Cohesión del sistema en su conjunto
Detección de comunidades	Identificación de subsistemas funcionales
Centralidad	Posición relacional del municipio en la red

Fuente: IDOM, 2026

2.3.5 Puntos de corte y su verificación

Los puntos de corte intervienen en dos momentos del estudio con funciones distintas, de modo que su tratamiento no puede ser uniforme.

Tabla 4. Momentos de aplicación de los puntos de corte

Momento	Función	Procedimiento
Umbral por variable, Paso 1	Determinar si un par sostiene asociación funcional en una variable	Media de la distribución empírica del ámbito v116
Clasificación de resultados, Pasos 2, 3 y 5	Agrupar pares o municipios en categorías de lectura	Procedimiento específico según la finalidad de cada paso

Fuente: IDOM, 2026

La elección de la media de la distribución empírica como umbral de identificación se sustenta en tres razones convergentes: la continuidad con el ejercicio precedente, que empleaba el mismo criterio; la transparencia, dado que no requiere parámetros adicionales ni supuestos sobre la forma de la distribución; y la reproducibilidad por parte del Observatorio, que puede recalcularla en cualquier actualización sin recurrir a decisiones discrecionales.

Se reconoce su principal limitación. En distribuciones marcadamente asimétricas la media se desplaza hacia los valores altos y puede resultar

más exigente que la mediana, lo que reduce el número de pares identificados. Por esa razón el ejercicio se acompaña de la caracterización de la asimetría de cada variable y de la prueba que documenta el comportamiento de la red ante desplazamientos moderados del umbral.

En el segundo momento no se aplica un método común a los tres pasos. Cada uno persigue una finalidad distinta y el procedimiento se selecciona en función de ella. El Paso 2 requiere una regla ordinal interpretable sobre el conteo de evidencias, el Paso 3 requiere una clasificación multivariada sobre perfiles municipales, y el Paso 5 requiere una lectura bidimensional que no admite reducción a categorías únicas.

> **Criterio de verificación de la estabilidad**
>
> La verificación se apoya en la coincidencia entre los métodos aplicados, en el índice de Jaccard entre los conjuntos seleccionados, en el examen individualizado de los casos divergentes y en los cambios observados sobre la densidad y la estructura de la red.
>
> Los umbrales de aceptación se presentan como parámetros exploratorios cuando no existe referencia bibliográfica o antecedente comparable que permita sustentarlos. Ninguna decisión del estudio depende de superar un valor aislado, sino de la convergencia de varios criterios independientes.

2.3.6 Normalización y comparabilidad

Los procedimientos de relativización, la elección del denominador y la regla de normalización previa a la agregación de valores se documentan por familia de variables. La relativización busca evitar que el tamaño del municipio determine mecánicamente la magnitud del flujo registrado, lo que produciría una lectura en la que los municipios de mayor población aparecerían sistemáticamente más integrados.

Conviene precisar el alcance real de cada transformación. Un reescalamiento entre mínimo y máximo modifica la escala del indicador pero no altera las diferencias relativas entre municipios, de modo que no atenúa el efecto de los valores extremos. Cuando se estime necesario moderar la influencia de valores particularmente altos, se propone evaluar transformaciones logarítmicas, escalamiento robusto basado en mediana y rango intercuartílico, o conversión a rangos, documentando en cada caso el procedimiento adoptado y su efecto sobre la distribución.

2.3.7 Transparencia y reproducibilidad

El sistema de organización de la información comprende la nomenclatura de archivos, el control de versiones, el diccionario de datos, la correspondencia entre matrices y anexos, y la ruta de auditoría que conduce desde el resultado agregado hasta el registro primario.

Las rutinas de cálculo se entregan documentadas y ejecutables, con indicación de las semillas empleadas en las simulaciones, del número de inicializaciones de los procedimientos de agrupamiento y de las reglas de desempate aplicadas. El objetivo es que el Observatorio pueda replicar íntegramente el ejercicio, obtener resultados idénticos y actualizar los indicadores en el tiempo sin depender del equipo consultor.

2.4 LA CADENA METODOLÓGICA EN CINCO PASOS

Los cinco pasos constituyen un encadenamiento y no un conjunto de análisis independientes. El producto de cada paso es el insumo del siguiente, de modo que la calidad del resultado final depende de la trazabilidad de toda la cadena. Un error en la definición de un umbral del Paso 1 se propaga hasta la delimitación de áreas funcionales del Paso 4.

Tabla 5. Cadena metodológica de la consultoría

Paso	Qué hace	Insumo que recibe	Qué produce	Pregunta que responde
Paso 1. Ajuste de los datos de partida	Traslada las dieciséis variables al ámbito multipolar, recalibra umbrales y define el esquema de ponderación	Matrices del estudio precedente en su versión de 117 unidades	Dieciséis matrices binarias ajustadas y una regla de agregación validada	Qué información es utilizable y con qué peso participa
Paso 2. Índice bilateral por par	Sintetiza en una cifra por par la asociación acumulada en las dieciséis variables agrupadas en siete dimensiones	Matrices binarias y esquema de ponderación del Paso 1	Matriz de 116 por 116, clasificación ordinal de los pares y rankings temáticos	Qué municipios se asocian y en cuántas dimensiones
Paso 3. Tipología jerárquica de polos	Identifica los municipios que actúan como cabeceras funcionales mediante síntesis multivariada y agrupamiento en dos etapas	Índice bilateral y clasificación ordinal del Paso 2	Clasificación jerárquica de centralidades con sus pruebas de robustez	Qué municipios estructuran el sistema
Paso 4. Asociación municipio y polo	Mide el nivel de asociación funcional de cada municipio con cada polo identificado y resuelve las asignaciones	Índice bilateral y tipología de polos	Delimitación de áreas funcionales y reconocimiento de territorios de articulación	A qué subsistema se asocia cada municipio
Paso 5. Grado ponderado de red	Sitúa a cada municipio en el sistema mediante una lectura bidimensional de cobertura e intensidad funcional	Índice bilateral y matrices relativizadas continuas	Ranking bidimensional y tipología de posiciones funcionales	Con qué cobertura e intensidad funcional se inserta cada municipio

Fuente: IDOM, 2026

2.5 ALCANCE DEL PRODUCTO 2 DENTRO DE LA CADENA

El presente entregable no agota la cadena. La tabla siguiente precisa el tratamiento que recibe cada paso y evita que se atribuyan al documento resultados que corresponden a la fase posterior.

Tabla 6. Tratamiento de cada paso en el presente entregable

Paso	Tratamiento en el Producto 2	Capítulo
Paso 1	Desarrollado con resultados completos	Capítulo 3
Paso 2	Desarrollado con resultados completos	Capítulo 4
Paso 3	Desarrollado con resultados preliminares sujetos a validación territorial	Capítulo 5
Pasos 4 y 5	Formulación metodológica y criterios de aplicación	Capítulo 6

Fuente: IDOM, 2026

2.6 PRINCIPIOS RECTORES

- **Continuidad fundamentada.** Se preservan los criterios del ejercicio precedente cuando conservan sentido analítico, y se explicitan las razones cuando se modifican.
- **Trazabilidad integral.** Cada valor del índice puede descomponerse hasta la variable y la fuente que lo originan.
- **Parsimonia.** Se privilegian los indicadores más discriminantes y comunicables frente a la sofisticación innecesaria.
- **Reproducibilidad institucional.** Los procedimientos se documentan de modo que el Observatorio pueda reproducirlos y actualizarlos.
- **Robustez verificada.** Ninguna conclusión sustantiva depende de una decisión metodológica que no haya sido sometida a prueba de sensibilidad.
- **Distinción entre evidencia y propuesta.** Los resultados obtenidos se presentan como tales, y las decisiones que permanecen abiertas se formulan como propuestas sujetas a validación.

03

REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS DATOS DE PARTIDA

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

3 REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS DATOS DE PARTIDA

En una frase. Del sistema monocéntrico al sistema multipolar. Se traslada la información heredada al ámbito de los 116 municipios, se recalibran los umbrales y se revisa la lógica de cada variable para asegurar que los dieciséis indicadores conserven su sentido analítico.

3.1 ALCANCE DE LA REVISIÓN

Las matrices de partida no resultan directamente utilizables. Sus parámetros, escalas y lógica interna fueron calibrados sobre un sistema de 117 unidades con la capital como referente. La revisión no cuestiona la calidad del trabajo previo, sino que adecua sus productos a un objeto de estudio distinto.

El principio rector consiste en preservar la continuidad metodológica en todo lo que resulte conceptualmente coherente con el nuevo alcance, y explicitar los ajustes donde la lógica original requiera revisión. Cada modificación se acompaña de su justificación técnica y de la alternativa descartada.

3.2 PROTOCOLO DE REVISIÓN

Un protocolo homogéneo, aplicado de forma idéntica a las dieciséis variables, evita que las decisiones aparezcan como discrecionales y permite comparar los tratamientos entre sí. Se estructura en cuatro preguntas de tamizaje encadenadas.

Tabla 7 Protocolo de revisión aplicado a las dieciséis variables

N.	Pregunta de tamizaje	Qué verifica	Consecuencia de una respuesta negativa
1	La fuente cubre efectivamente los pares estrictamente intermunicipales	Densidad y representatividad del dato fuera del eje con la capital	Se documenta la limitación de cobertura y se advierte en la lectura territorial
2	La lógica constructiva del indicador depende de la centralidad de Bogotá	Validez conceptual de la variable en el marco multipolar	Se reformula la lógica o se sustituye la fuente
3	El denominador de relativización conserva su sentido en el ámbito v116	Comparabilidad entre municipios de distinto tamaño	Se redefine el denominador sobre la nueva base
4	La variable expresa una relación entre pares y no un atributo municipal	Coherencia con la naturaleza bilateral de la matriz	Se construye la relación bilateral o se retira del cálculo

Fuente: IDOM, 2026

De la combinación de respuestas se derivan cuatro salidas posibles, ordenadas de menor a mayor intervención sobre la variable original.

- **Conservar.** La variable se traslada sin ajustes distintos del recorte del universo.
- **Recalibrar.** Se recalculan los parámetros de referencia sobre la nueva distribución empírica, sin modificar la lógica del indicador.
- **Reformular.** Se ajusta la lógica constructiva, la fuente o la unidad de análisis, con justificación conceptual y prueba del efecto sobre los resultados.
- **Contextualizar.** La variable sale del cálculo del índice y se mantiene como lectura de contexto territorial.

3.3 CONSOLIDACIÓN DEL ÁMBITO V116

La consolidación comprende el recorte del universo a los 116 municipios, la verificación de la codificación DIVIPOLA contra la cartografía oficial del DANE, el control de la diagonal nula, la comprobación de la simetría y la validación de la integridad de las matrices resultantes.

Las dieciséis matrices de origen fueron verificadas como simétricas, de diagonal nula y estrictamente binarias. Esta operación fija el ámbito común de todo el ejercicio y garantiza la comparabilidad entre variables e índices posteriores. Los resultados de los controles se reportan en el anexo técnico A1.

3.4 RECÁLCULO DE LOS UMBRALES POR VARIABLE

Los puntos de corte y las medias de referencia se recalculan sobre la distribución empírica de cada variable en el ámbito v116, conforme al criterio establecido en el apartado 2.3.5. Al reducirse el universo de análisis se recupera la capacidad discriminatoria del indicador y se hace visible la estructura funcional del sistema multipolar.

El ejercicio se acompaña de tres verificaciones. La primera caracteriza la asimetría de cada distribución, con nota de lectura para los casos en que la media se aleja apreciablemente de la mediana. La segunda documenta el número de pares que superan el corte antes y después del recálculo. La tercera examina el comportamiento de la densidad de la red ante desplazamientos moderados del umbral, con el fin de verificar que el resultado no dependa críticamente del valor adoptado.

3.5 CONTROL DE COMPLETITUD DE FUENTES Y SOPORTE DE EVIDENCIA FUNCIONAL OBSERVADA

Dado que las variables utilizadas provienen de fuentes heterogéneas, se incorporó un control complementario para diferenciar dos aspectos que no deben interpretarse como equivalentes: la completitud de la fuente y el soporte de evidencia funcional observada.

La completitud de la fuente se refiere a la posibilidad de que cada variable observe efectivamente a los municipios del ámbito de análisis. Por tanto, este control revisa, antes de interpretar los vínculos, el universo esperado de cada fuente, su cobertura territorial efectiva, la disponibilidad de información para los 116 municipios y el tratamiento de valores nulos, vacíos o sin registro. Esta revisión permite distinguir entre un valor cero entendido como ausencia observada de relación y un caso en el cual la fuente no permite concluir con el mismo nivel de confianza.

El soporte de evidencia funcional observada, por su parte, mide cuántas señales positivas aparecen efectivamente en las matrices una vez aplicado el tratamiento metodológico de cada variable. Para ello se consideran el número de variables con vínculos activos, el número de dimensiones representadas, la diversidad temática de la evidencia, la fuerza funcional, el alcance funcional y la presencia de vínculos consolidados o estructurales. Este conteo no presupone independencia estadística entre variables; representa la acumulación de señales funcionales observadas bajo las fuentes disponibles.

Aplicado al ámbito v116, el diagnóstico clasificó los municipios en tres niveles de soporte: 68 municipios con soporte amplio, 47 con soporte suficiente y 1 con soporte limitado. El único caso de soporte limitado corresponde a Villagómez, en la provincia de Rionegro, cuya lectura de baja integración debe realizarse con cautela adicional.

El cruce entre soporte e integración funcional mostró 38 municipios con baja integración observada, pero soporte suficiente o amplio; por tanto, su menor densidad de vínculos se interpreta principalmente como baja integración funcional bajo las fuentes disponibles, no como ausencia automática de información. Además, las 14 centralidades candidatas del Paso 3 presentan soporte amplio, lo que respalda su identificación.

Este control no modifica el índice bilateral, los puntos de corte ni la identificación de polos. Su función es diagnóstica e interpretativa: permite cualificar la lectura de municipios o ámbitos con baja densidad funcional, diferenciando los casos donde la baja integración corresponde a menor presencia empírica de relaciones de aquellos donde podría estar condicionada por restricciones de observabilidad de las fuentes. El desarrollo metodológico y los resultados detallados de este control se presentan en el Anexo Metodológico, Paso 1.

3.6 FICHAS DE REVISIÓN POR VARIABLE

Cada variable se presenta con una ficha de estructura idéntica, lo que facilita la lectura comparada y la revisión externa. Las fichas se organizan siguiendo las siete dimensiones temáticas y constituyen el registro de las decisiones adoptadas sobre la base de partida.

Tabla 8. Estructura de las fichas de revisión

Campo	Contenido
Definición y sentido territorial	Fenómeno que captura la variable y pertinencia analítica
Naturaleza del registro	Carácter bilateral o construido, y condición dirigida o recíproca
Modelo de estimación	Flujo directo, flujo construido, modelo gravitacional o modelo ambiental
Relativización	Denominador aplicado y justificación de su elección
Efecto de la exclusión	Incidencia de la retirada de la capital sobre la señal empírica
Vínculos activos	Número de pares que superan el umbral en el ámbito v116
Decisión adoptada	Salida del protocolo y argumento técnico
Limitaciones	Advertencias interpretativas para el usuario del dato

Fuente: IDOM, 2026

La composición temática que resulta de la revisión se presenta a continuación y se mantiene invariable en el resto del documento.

Tabla 9. Dimensiones temáticas, variables y vínculos activos resultantes

N.	Dimensión	Variables	Vínculos activos	Participación
1	Movilidad	Conmutación laboral, migración, tiempos de viaje	5.327	63,0 %
2	Desarrollo económico	Manufacturas, turismo, afinidad de perfiles exportadores	1.117	13,2 %
3	Seguridad alimentaria	Transporte de alimentos, transporte de cárnicos	555	6,6 %
4	Equipamientos sociales y del hábitat	Salud, educación	539	6,4 %
5	Ambiental	Hidrología, zonas protegidas	508	6,0 %
6	Seguridad ciudadana	Homicidios, hurtos	312	3,7 %
7	Servicios públicos domiciliarios	Acueducto, disposición final de residuos	100	1,2 %
	Total	**16 variables**	**8.458**	**100 %**

Fuente: IDOM, 2026

3.6.1 Movilidad

La dimensión reúne las tres variables que registran desplazamientos de población entre municipios. Es la dimensión con mayor densidad del sistema y también la de mayor exposición al sesgo de cobertura, dado que la fuente principal se estructuró en función del vínculo con la capital.

Tabla 10. Movilidad

Variable 1. Conmutación laboral	
Definición	Desplazamientos recurrentes entre el municipio de residencia y el de trabajo. Es el indicador clásico de integración de mercados laborales.
Naturaleza	Flujo dirigido observado, simetrizado para el cálculo del índice.
Estimación	Flujo directo a partir de registro administrativo.
Relativización	Población económicamente activa del municipio de origen.
Efecto de la exclusión	Es la variable más afectada. La fuente concentra los desplazamientos hacia la capital, de modo que la señal estrictamente intermunicipal resulta comparativamente débil.
Vínculos activos	506 pares.
Decisión	Recalibración del umbral sobre la distribución v116, con advertencia expresa de cobertura.
Limitaciones	La baja densidad relativa puede reflejar limitación de registro y no ausencia de conmutación efectiva entre municipios.
Variable 2. Migración	
Definición	Cambio de residencia habitual entre municipios en el periodo de referencia. Expresa vínculos de mediano y largo plazo.
Naturaleza	Flujo dirigido observado, simetrizado para el cálculo del índice.
Estimación	Flujo directo a partir de registro censal.
Relativización	Población total del municipio de origen.
Efecto de la exclusión	Moderado. La migración intermunicipal conserva densidad apreciable fuera del eje con la capital, particularmente en la sabana.
Vínculos activos	1.392 pares.
Decisión	Recalibración del umbral sobre la distribución v116.
Limitaciones	El registro capta el cambio de residencia declarado y no necesariamente el desplazamiento efectivo de la actividad económica.
Variable 3. Tiempos de viaje	

Definición	Accesibilidad efectiva entre municipios medida sobre la red vial. Constituye la condición de posibilidad de las demás formas de interacción.
Naturaleza	Relación recíproca por construcción.
Estimación	Cálculo sobre red vial con velocidades diferenciadas por tipo de vía.
Relativización	No aplica. El umbral se define sobre el tiempo absoluto.
Efecto de la exclusión	Bajo. La matriz de tiempos no depende de la presencia de la capital en el sistema.
Vínculos activos	3.429 pares, el mayor registro individual del estudio.
Decisión	Recalibración del umbral sobre la distribución v116.
Limitaciones	Aporta el 40,5 por ciento de las evidencias del sistema, lo que exige verificar que su peso no determine por sí solo la lectura territorial.

Fuente: IDOM, 2026

En términos territoriales, este resultado confirma que la accesibilidad es uno de los principales factores de articulación entre municipios. La variable tiempos de viaje, con 3.429 vínculos activos, constituye la evidencia más extendida del sistema y muestra que la red vial no solo conecta físicamente el territorio, sino que condiciona la posibilidad de que otras relaciones funcionales se consoliden.

3.6.2 Equipamientos sociales y del hábitat

La dimensión captura la relación de servicio entre municipios mediante dos variables aproximadas. La aproximación resulta necesaria porque no existe registro directo del municipio donde cada persona accede a los servicios, y es válida en el ámbito intermunicipal, donde la red opera con jerarquías subregionales distintas de las metropolitanas.

Tabla 11.Equipamientos sociales y del hábitat

Variable 4. Salud	
Definición	Relación de atracción de servicios de salud entre municipios, aproximada por el municipio de ocurrencia del nacimiento frente al de residencia de la madre.
Naturaleza	Flujo dirigido aproximado, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Flujo construido a partir de registro vital.
Relativización	Total de eventos registrados con origen en el municipio de residencia.
Efecto de la exclusión	Apreciable. Al retirar la capital emergen las cabeceras subregionales que concentran la atención de su entorno.
Vínculos activos	258 pares.
Decisión	Recalibración, con validación de la pertinencia de la variable aproximada en el ámbito intermunicipal.
Limitaciones	El evento del nacimiento aproxima la atracción hospitalaria general pero no capta la totalidad de los servicios de salud.

Variable 5. Educación	
Definición	Relación de atracción educativa entre municipios, aproximada por el tránsito inmediato a educación superior desde el municipio de origen.
Naturaleza	Flujo dirigido aproximado, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Flujo construido a partir de registro de matrícula.
Relativización	Egresados de educación media del municipio de origen.
Efecto de la exclusión	Elevado. La capital concentra la oferta de educación superior, de modo que su retirada hace visibles los centros de provincia con oferta propia.
Vínculos activos	281 pares.
Decisión	Recalibración, con validación de la variable aproximada.
Limitaciones	Capta el tránsito inmediato y no la movilidad educativa en niveles previos ni la formación técnica no registrada.

Fuente: IDOM, 2026

3.6.3 Seguridad alimentaria

La dimensión registra los flujos de abastecimiento entre municipios productores y municipios de acopio o transformación. La revisión atendió el criterio de integración de fuentes entre municipios con y sin central de abasto, que al retirar la capital redistribuye los flujos hacia nodos subregionales.

Tabla 12. Seguridad alimentaria

Variable 6. Transporte de alimentos	
Definición	Flujo de productos agrícolas entre el municipio de producción y el de comercialización o acopio.
Naturaleza	Flujo dirigido observado, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Flujo directo a partir de registro de abastecimiento.
Relativización	Volumen total movilizado con origen en el municipio.
Efecto de la exclusión	Alto. La capital constituye el principal destino de abastecimiento, y su retirada hace emerger los circuitos de acopio subregional.
Vínculos activos	235 pares.
Decisión	Recalibración, con revisión del criterio de integración entre municipios con y sin central de abasto.
Limitaciones	El registro cubre los flujos que pasan por centrales formales y puede subestimar los circuitos cortos de comercialización directa.
Variable 7. Transporte de cárnicos	
Definición	Flujo de productos cárnicos entre el municipio de origen y el de sacrificio o distribución.
Naturaleza	Flujo dirigido observado, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Flujo directo a partir de registro sanitario y de movilización.

Relativización	Volumen total movilizado con origen en el municipio.
Efecto de la exclusión	Moderado. La red de plantas de sacrificio presenta una distribución territorial menos concentrada que la de centrales de abasto.
Vínculos activos	320 pares.
Decisión	Recalibración del umbral sobre la distribución v116.
Limitaciones	La localización de las plantas condiciona el patrón observado, que responde en parte a decisiones de infraestructura y no solo a vocación productiva.

Fuente: IDOM, 2026

3.6.4 Desarrollo económico

Es la dimensión que concentra los ajustes de mayor calado y la que presenta el comportamiento más singular del sistema: segunda mayor densidad, con 978 pares activos, y apenas dos pares que comparten vínculo en sus tres variables. La diferencia frente a las 1.117 evidencias activas reportadas por variable se explica porque la densidad de la dimensión contabiliza pares únicos, mientras que las evidencias activas agregan los vínculos registrados en cada variable temática.

Tabla 13. Desarrollo económico

Variable 8. Manufacturas	
Definición	Relación entre municipios con especialización manufacturera, entendida como pertenencia a un mismo circuito industrial.
Naturaleza	Relación construida sobre atributos municipales, simetrizada.
Estimación	Flujo construido sobre el corredor industrial intermunicipal.
Relativización	Umbral de importancia relativa de la actividad manufacturera en el municipio.
Efecto de la exclusión	Alto. La retirada de la capital hace visible el corredor industrial de la sabana, antes subsumido en la relación con Bogotá.
Vínculos activos	576 pares.
Decisión	Ajuste de la lógica constructiva. Se revisó el listado de municipios de origen y el umbral de importancia relativa, con simetrización sobre los trece municipios manufactureros identificados, preservando la fuente original.
Limitaciones	La variable identifica coincidencia de vocación industrial y no acredita encadenamiento productivo verificado entre los municipios del par.
Variable 9. Turismo	
Definición	Relación de atracción turística entre municipios, estimada a partir de la capacidad de atracción y de la accesibilidad.
Naturaleza	Flujo estimado dirigido, simetrizado para el cálculo.

Estimación	Modelo gravitacional con masa de atracción turística e impedancia por tiempo de viaje.
Relativización	Capacidad de atracción estimada del municipio de destino.
Efecto de la exclusión	Muy alto. La capital constituía la principal masa emisora, de modo que su retirada modifica sustancialmente el comportamiento del modelo.
Vínculos activos	434 pares.
Decisión	Recalibración, con verificación específica del comportamiento del modelo gravitacional sin la masa dominante.
Limitaciones	Al tratarse de una estimación y no de un registro observado, sus resultados dependen de los supuestos de calibración del modelo.
Variable 10. Afinidad de perfiles exportadores	
Definición	Semejanza entre las estructuras exportadoras municipales, medida sobre la composición sectorial del registro empresarial.
Naturaleza	Relación construida sobre atributos municipales, recíproca por definición.
Estimación	Índice de similitud entre perfiles sectoriales, con ajuste de confiabilidad.
Relativización	Composición porcentual del perfil exportador de cada municipio.
Efecto de la exclusión	Alto. La construcción precedente se organizaba alrededor de la infraestructura aeroportuaria de la capital.
Vínculos activos	107 pares tras el ajuste de confiabilidad.
Decisión	Reformulación conceptual. Se conserva la variable dentro del sistema, se reconstruye a partir del registro empresarial y se incorpora un factor de confiabilidad. El desarrollo se presenta en el apartado 3.7.
Limitaciones	La medida identifica perfiles semejantes y no acredita intercambio directo, encadenamiento ni pertenencia a un circuito productivo común.

Fuente: IDOM, 2026

3.6.5 Servicios públicos domiciliarios

La dimensión presenta la menor densidad del sistema, con 98 pares activos sobre 6.670 posibles. La cifra no expresa ausencia de relaciones sino la naturaleza de los esquemas de prestación, que operan mediante acuerdos puntuales entre municipios y no como redes de cobertura generalizada.

Tabla 14. Servicios públicos domiciliarios

Variable 11. Acueducto	
Definición	Relación de suministro de agua en bloque o de captación compartida entre municipios.

Naturaleza	Relación binaria de prestación, recíproca en su registro.
Estimación	Registro directo de esquemas de prestación intermunicipal.
Relativización	No aplica. La variable registra la existencia del acuerdo.
Efecto de la exclusión	Bajo. Los esquemas de prestación intermunicipal no dependen de la capital.
Vínculos activos	16 pares, el menor registro del estudio.
Decisión	Recalibración, con tratamiento específico de las relaciones binarias de suministro en bloque.
Limitaciones	El reducido número de registros convierte a la variable en la más sensible a cualquier omisión de la fuente.
Variable 12. Disposición final de residuos	
Definición	Relación entre el municipio generador y el municipio donde se localiza el sitio de disposición final.
Naturaleza	Flujo dirigido observado, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Registro directo de destino de disposición.
Relativización	No aplica. La variable registra la existencia de la relación de disposición.
Efecto de la exclusión	Bajo. Los sitios de disposición regional conservan su ámbito de servicio.
Vínculos activos	84 pares.
Decisión	Recalibración del umbral sobre la distribución v116.
Limitaciones	La relación responde a la localización de la infraestructura y expresa una dependencia técnica antes que una integración funcional amplia.

Fuente: IDOM, 2026

3.6.6 Ambiental

La dimensión captura la interdependencia derivada de compartir sistemas naturales. Se conservaron íntegramente las reglas especiales del modelo precedente, dado que responden a la lógica física del territorio y no a la centralidad de la capital.

Tabla 15. Ambiental

Variable 13. Hidrología	
Definición	Pertenencia a una misma unidad hidrográfica y relación de posición dentro de ella.
Naturaleza	Relación recíproca por naturaleza, con componente de posición relativa.
Estimación	Modelo ambiental sobre delimitación de cuencas.
Relativización	No aplica. La relación se establece por pertenencia y posición.
Efecto de la exclusión	Bajo. La estructura hidrográfica es independiente del universo administrativo analizado.

Vínculos activos	330 pares.
Decisión	Ajuste con preservación de las reglas especiales del modelo original, entre ellas el corte diferenciado aguas arriba y aguas abajo del río Bogotá y el reconocimiento de la relación funcional indirecta por escorrentía.
Limitaciones	La relación hidrográfica expresa interdependencia física y no necesariamente coordinación institucional efectiva entre los municipios.
Variable 14. Zonas protegidas	
Definición	Contigüidad o continuidad de áreas de protección ambiental entre municipios.
Naturaleza	Relación recíproca por naturaleza.
Estimación	Modelo ambiental sobre delimitación de áreas protegidas.
Relativización	No aplica. La relación se establece por contigüidad.
Efecto de la exclusión	Bajo. La delimitación de áreas protegidas es independiente del universo analizado.
Vínculos activos	178 pares.
Decisión	Ajuste con preservación de las reglas del modelo original, incluida la inclusión de los municipios con presencia de páramo.
Limitaciones	La contigüidad de áreas protegidas indica corresponsabilidad de gestión y no un flujo funcional en sentido estricto.

Fuente: IDOM, 2026

3.6.7 Seguridad ciudadana

Las dos variables de la dimensión se estiman mediante modelos gravitacionales, cuya calibración depende de las masas poblacionales y de los tiempos de viaje. La revisión verificó el comportamiento del modelo una vez retirada la masa dominante del sistema.

Tabla 16. Seguridad ciudadana

Variable 15. Homicidios	
Definición	Relación estimada de movilidad asociada a la ocurrencia de homicidios entre municipios.
Naturaleza	Flujo estimado dirigido, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Modelo gravitacional con masa poblacional e impedancia por tiempo de viaje.
Relativización	Tasa por población del municipio de origen.
Efecto de la exclusión	Alto sobre la calibración del modelo, dado el peso de la masa poblacional retirada.
Vínculos activos	110 pares.
Decisión	Recalibración, con verificación del comportamiento del modelo sin la masa dominante.

Limitaciones	Al tratarse de una estimación, la lectura direccional de esta variable debe formularse con reservas expresas.
Variable 16. Hurtos	
Definición	Relación estimada de movilidad asociada a la ocurrencia de hurtos entre municipios.
Naturaleza	Flujo estimado dirigido, simetrizado para el cálculo.
Estimación	Modelo gravitacional con masa poblacional e impedancia por tiempo de viaje.
Relativización	Tasa por población del municipio de origen.
Efecto de la exclusión	Alto sobre la calibración del modelo.
Vínculos activos	202 pares.
Decisión	Recalibración, con verificación del comportamiento del modelo sin la masa dominante.
Limitaciones	El registro depende de la propensión a la denuncia, que varía entre municipios y puede introducir heterogeneidad no atribuible al fenómeno.

Fuente: IDOM, 2026

El desarrollo completo de cada ficha, con la fuente institucional precisa, el año de referencia, la periodicidad de actualización, la formulación del indicador y el detalle del umbral original y recalculado, se recoge en el anexo técnico A4.

3.7 REFORMULACIÓN DE LA VARIABLE DE AFINIDAD DE PERFILES EXPORTADORES

La decisión de mayor calado del Paso 1 recae sobre la variable antes denominada Internacionalización. La construcción precedente se organizaba alrededor de la infraestructura aeroportuaria de la capital, lógica que pierde sentido en un sistema del que la capital ha sido excluida.

3.7.1 Reconstrucción y denominación

La variable se retiene dentro del sistema y se reconstruye a partir del registro empresarial, con clasificación por actividad económica y tamaño, bajo la condición de cobertura de los 116 municipios. La medida resultante identifica municipios con perfiles sectoriales exportadores semejantes.

> **Precisión interpretativa**
>
> La variable no acredita intercambio directo entre los municipios del par, ni encadenamiento entre proveedor y comprador, ni pertenencia a un circuito productivo común. Mide semejanza de estructuras exportadoras.
>
> Por esa razón se denomina e interpreta como afinidad de los perfiles exportadores municipales, formulación que se emplea de manera uniforme en texto, tablas, leyendas cartográficas y geovisor.

Se incorporan dos precisiones adicionales de lectura. La primera distingue el municipio de domicilio empresarial del lugar efectivo de producción, con su alcance sobre la atribución territorial del dato. La segunda advierte que el valor nulo de los municipios sin exportadores registrados refleja ausencia de registro y no necesariamente ausencia de actividad orientada a mercados externos.

3.7.2 Ajuste de confiabilidad

La construcción por similitud presentaba un problema de confiabilidad desigual. Un municipio con una o dos empresas concentradas en un solo sector podía alcanzar una similitud elevada con municipios de mayor tamaño pese a la escasa evidencia disponible, lo que generaba vínculos funcionales sustentados en registros mínimos.

Para controlar ese efecto se incorporó un factor de confiabilidad que pondera la similitud observada según el número de empresas exportadoras registradas en cada municipio del par. El factor se define como el cociente entre el menor número de empresas del par y ese mismo valor incrementado en un parámetro de suavizamiento, fijado en cinco.

Similitud ajustada = similitud original × factor de confiabilidad del par

La variable se considera activa únicamente cuando la similitud ajustada supera el umbral operativo. De este modo los pares con muy baja evidencia exportadora reciben menor confianza, mientras que los pares con mayor número de empresas conservan una proporción más alta de su similitud original. El procedimiento no elimina la variable ni modifica su interpretación.

3.7.3 Efecto sobre el sistema

El efecto agregado del ajuste es acotado y se reporta de manera cuantificada. El índice bilateral cambia en 151 pares y ningún par pierde la totalidad de sus vínculos funcionales, de modo que el alcance funcional de los municipios permanece invariante.

Tabla 17. Efecto del ajuste sobre la clasificación de pares

Transición de categoría	Pares
De moderado a incidental	32
De consolidado a moderado	26
De estructural a consolidado	10
Total que cambia de categoría	68
Modifican el índice sin cambiar de categoría	83
Total de pares afectados	**151**

Fuente: IDOM, 2026

3.7.4 Tratamiento de los municipios con valor nulo

No se redistribuye el peso de la variable entre las restantes de su dimensión para los municipios sin registro exportador. Hacerlo generaría pesos distintos entre pares y afectaría la comparabilidad del índice, además de asumir que la ausencia de exportadores puede sustituirse por actividad económica local, supuesto que no resulta válido.

Se mantiene el valor observado, se explican sus limitaciones y se comparan los resultados generales con y sin la variable, de modo que su incidencia quede documentada y pueda verificarse que no condiciona las conclusiones del estudio.

3.7.5 Filtro de proximidad y coherencia territorial

El filtro de proximidad se incorpora únicamente como control de coherencia territorial de la variable. Su propósito consiste en evitar que la similitud de perfiles exportadores genere vínculos funcionales entre municipios territorialmente desconectados. No mide intensidad de movilidad ni sustituye las variables propias de esa dimensión, y opera como una restricción de plausibilidad espacial sobre la afinidad exportadora.

La comparación de la variable con y sin la restricción aplicada muestra que su incidencia sobre la matriz definitiva es marginal, ya que el control modifica el resultado en un único municipio. Dado el carácter acotado de este efecto, el filtro no reordena la variable ni genera solapamiento apreciable con los indicadores de movilidad.

3.8 TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES DIRIGIDAS

Una parte de las variables registra flujos con origen y destino diferenciados. Su incorporación al índice bilateral exige convertir cada par ordenado en un valor único, operación que hace la matriz simétrica y habilita la lectura de asociación, pero elimina la información sobre el sentido del flujo.

> **Distinción que el documento mantiene**
>
> Centralidad relacional. Posición de un municipio en la red medida por el número y la intensidad de sus vínculos, con independencia del sentido de los flujos. Es lo que el índice bilateral mide.
>
> Posición en el flujo. Condición de emisor, receptor o intercambiador respecto de sus vínculos, que requiere información direccional y que la matriz simétrica no permite establecer.

3.8.1 Reglas de simetrización

El procedimiento se documenta con precisión suficiente para que un tercero pueda reproducirlo. La elección de la regla no es neutra: distintas reglas producen conjuntos de pares activos parcialmente diferentes, y esa diferencia debe reportarse.

Tabla 18. Reglas de simetrización evaluadas

Regla	Formulación	Efecto sobre el resultado
Suma de ambos sentidos	El valor del par es el total intercambiado con independencia del sentido	Refleja el volumen agregado y favorece los pares con intercambio recíproco
Promedio de ambos sentidos	El valor del par es la media de los dos flujos	Modera el peso de los pares con flujo marcadamente unidireccional
Máximo de ambos sentidos	El valor del par es el mayor de los dos flujos	Reconoce la relación aunque la sostenga un solo sentido
Mínimo de ambos sentidos	El valor del par es el menor de los dos flujos	Exige reciprocidad efectiva y descarta relaciones unidireccionales

Fuente: IDOM, 2026

El apartado indica la regla adoptada para cada variable, justifica la elección en función del fenómeno que captura y reporta el efecto de reglas alternativas sobre el número de pares que superan el umbral. Cuando la elección altere de forma apreciable la composición del conjunto de pares activos, ese resultado se consigna como parte del análisis de sensibilidad.

Conviene precisar el argumento sobre la conservación de la señal. La relevancia de un par en el índice no se sostiene en la magnitud de un flujo unidireccional sino en la recurrencia del vínculo a lo largo de las dieciséis variables, de modo que un par asociado en múltiples temáticas mantiene su posición con independencia de la regla aplicada. El argumento explica por qué la simetrización resulta admisible para el

objetivo del índice y no sustituye la necesidad de una lectura direccional para las preguntas que dependen del sentido del flujo.

3.8.2 Conservación de las matrices originales

Las matrices de origen y destino previas a la simetrización se conservan íntegramente y se incorporan al repositorio con nomenclatura propia, de modo que cualquier valor simetrizado pueda remitirse a los dos flujos que lo componen. La conservación permite auditar el procedimiento, habilita el componente direccional y deja la información disponible para desarrollos posteriores.

3.8.3 Componente direccional complementario

Se propone una capa de lectura adicional que no modifica el índice bilateral ni sus resultados, y que responde a las preguntas sobre el sentido de los flujos que la matriz simétrica no resuelve. La separación entre ambas lecturas es deliberada: incorporar información direccional al cálculo obligaría a redefinir la unidad de análisis, que dejaría de ser el par para pasar a ser el par ordenado, y alteraría el sentido de todas las agregaciones posteriores.

Tabla 19. Indicadores del componente direccional propuesto

Indicador	Definición	Lectura territorial
Flujo de salida	Suma de los flujos que el municipio dirige hacia los demás en una variable	Magnitud de la demanda que proyecta sobre el sistema
Flujo de entrada	Suma de los flujos que el municipio recibe de los demás	Capacidad de atracción en esa variable
Balance neto	Diferencia entre entradas y salidas	Condición de emisor neto, receptor neto o municipio equilibrado
Reciprocidad del par	Razón entre el flujo menor y el flujo mayor del par	Grado de equilibrio de la relación
Orientación dominante	Municipio hacia el cual se dirige el mayor flujo de salida	Referente funcional principal en cada variable

Fuente: IDOM, 2026

El cruce del balance neto con la reciprocidad media permite clasificar los municipios en categorías de posición funcional dentro de cada dimensión: receptores, emisores, intercambiadores y municipios de vinculación débil. La tipología aporta la lectura jerárquica que el índice bilateral no proporciona y constituye un insumo de contraste para la tipología de polos del capítulo 5, sin incorporarse a ella como criterio de clasificación.

> *El inventario completo de variables según la naturaleza direccional de su registro, con la indicación de disponibilidad de la matriz original para cada una, se recoge en el anexo técnico A5.*

3.9 ESQUEMA DE PONDERACIÓN

Tras la binarización, las variables operan sobre una base comparable, de modo que la cuestión pendiente no es de normalización estadística sino de representación temática. La ponderación define qué dimensiones del territorio quedan más o menos reflejadas en el resultado agregado.

3.9.1 Escenarios comparados

El primer escenario aplica ponderación uniforme por variable, de modo que cada una de las dieciséis aporta una dieciseisava parte del índice. Su ventaja es la transparencia y la continuidad con el ejercicio precedente. Su inconveniente es que el número desigual de variables por dimensión hace que las dimensiones con más indicadores obtengan mayor peso nominal.

El segundo escenario aplica ponderación uniforme por dimensión temática. Cada una de las siete dimensiones aporta una séptima parte del índice, y dentro de cada dimensión las variables se reparten con igual peso. El esquema controla la sobrerrepresentación derivada del recuento desigual de indicadores.

> **Peso nominal e influencia efectiva**
>
> La igualdad de pesos no equivale a igualdad de influencia. La contribución real de cada dimensión al resultado depende además de la densidad de sus matrices, de su variabilidad y del número de relaciones activas que contiene.
>
> En consecuencia, la participación elevada de una dimensión constituye una alerta que debe examinarse empíricamente, y no una demostración de que un esquema sea incorrecto o de que el alternativo corrija esa participación.

3.9.2 Resultados de la comparación

La comparación se apoyó en seis criterios y once indicadores, y no se limitó a medidas globales de correlación. El conjunto de pruebas atiende tanto la similitud estructural entre escenarios como sus consecuencias sobre la lectura del territorio.

Tabla 20. Síntesis de la comparación entre escenarios de ponderación

Criterio	Uniforme por variable	Uniforme por dimensión	Lectura
Contribución efectiva de Movilidad	63,0 %	56,3 %	El segundo esquema modera la sobrerrepresentación por número de variables
Índice de concentración temática	0,4276	0,3549	Menor concentración bajo el esquema por dimensión
Número efectivo de dimensiones	2,34	2,82	Más dimensiones participan efectivamente en el índice
Correlación estructural entre escenarios	0,9945	0,9945	Alta similitud estructural global, con valor permutacional de 0,001
Error absoluto medio, todos los pares	0,0121	0,0121	Valor atenuado por el predominio de pares sin vínculo
Error absoluto medio, pares activos	0,0208	0,0208	La diferencia se concentra donde existe vínculo

Criterio	Uniforme por variable	Uniforme por dimensión	Lectura
Conservación de pares principales	0,9213 en K igual a 500	0,9213	Conservación alta a partir de las quinientas posiciones
Pares que conservan categoría	97,71 %	97,71 %	Efecto territorial agregado reducido, con 88 ascensos y 65 descensos
Jaccard de vínculos estructurales	0,8971	0,8971	Mayor sensibilidad relativa de la categoría superior
Exclusión de variables, peor caso	0,8212	0,8342	El esquema por dimensión mejora la estabilidad en el peor caso
Perturbación de vínculos	0,9780	0,9770	Ambos escenarios resisten alteraciones locales

Fuente: IDOM, 2026

El error absoluto medio merece comentario expreso, dado que fue objeto de observación por parte del equipo técnico. Sobre la totalidad de los 6.670 pares asciende a 0,0121, mientras que al restringir el cálculo a los 3.893 pares con vínculo activo alcanza 0,0208. La diferencia confirma que el valor global se encuentra atenuado por el predominio de pares sin vínculo, y que al concentrar la comparación donde puede existir variación el indicador supera el rango exploratorio inicialmente considerado. Ambos valores se consignan de forma expresa

3.9.3 Decisión adoptada

Se adopta la ponderación uniforme por dimensión temática como esquema base para el cálculo del índice bilateral. La decisión se sustenta en cuatro argumentos convergentes.

- Coherencia conceptual. El índice representa una lectura multidimensional del territorio, de modo que resulta más adecuado asignar igual peso nominal a cada dimensión funcional que permitir que el número de indicadores determine mecánicamente su participación.
- Menor concentración temática. El índice de concentración desciende de 0,4276 a 0,3549 y el número efectivo de dimensiones asciende de 2,34 a 2,82.
- Estabilidad estructural. La correlación entre escenarios alcanza 0,9945 y la conservación de pares principales llega a 0,9213 a partir de las quinientas primeras posiciones.
- Estabilidad de la clasificación. El 97,71 por ciento de los pares conserva su categoría, con un índice de Jaccard de 0,9650 para los vínculos relevantes y sin saltos de dos o más niveles.

En términos de interpretación general, estos resultados indican que la estructura territorial identificada es poco sensible al esquema de ponderación comparado. Aunque el Escenario B se adopta por su mayor equilibrio nominal entre dimensiones, la alta correlación entre escenarios y la conservación de la mayoría de categorías muestran que las conclusiones principales del sistema no dependen de una variación puntual de pesos.

La decisión no afirma que el esquema adoptado domine todas las métricas ni que ambos sean equivalentes. Se adopta porque corrige el peso nominal desigual, reduce la concentración temática, mejora los indicadores de peor caso frente a la exclusión de variables y conserva

ampliamente la estructura relacional observada bajo el esquema alternativo.

Alcance de la decisión

El escenario alternativo se conserva como contraste de sensibilidad y no genera productos derivados. La cartografía, la tipología de centralidades y las lecturas del Producto 3 se construyen exclusivamente sobre el escenario adoptado.

La ponderación opera únicamente sobre la agregación. No modifica los datos originales, ni los umbrales por variable, ni las matrices binarias que alimentan el índice.

3.9.4 Validación multivariada complementaria

El análisis de componentes principales se incorpora como validación de la estructura del índice y no como fuente de pesos. Su función consiste en verificar si las dieciséis variables se organizan en agrupamientos coherentes con las siete dimensiones definidas. Aplicado sobre los perfiles dimensionales de los pares con vínculo activo, los tres primeros componentes explican el 60,7 por ciento de la variabilidad total, con aportes respectivos de 31,3, 14,9 y 14,5 por ciento. El primer componente presenta correlación elevada con el índice bilateral y con el número de vínculos activos.

No se incorpora el coeficiente alfa de consistencia interna como criterio formal de validación. El índice no corresponde a una escala psicométrica unidimensional ni a un cuestionario de reactivos intercambiables, y las variables representan dimensiones funcionales deliberadamente heterogéneas, de modo que la consistencia interna en ese sentido no constituye el objetivo metodológico.

Las once pruebas comparativas, con las simulaciones de perturbación de vínculos y de pesos, el análisis de exclusión sucesiva por variable y por dimensión, y la síntesis completa de resultados, se desarrollan en el Paso 1 del anexo metodológico y se detallan en el anexo técnico A6.

3.10 COBERTURA, DENSIDAD Y NOTA DE LECTURA

El documento distingue de forma expresa entre limitación de densidad y limitación de disponibilidad. Una menor densidad de vínculos en las provincias periféricas puede reflejar una dinámica funcional efectivamente menor o una cobertura desigual de las fuentes, y ambas situaciones exigen lecturas distintas.

Se propone acompañar la interpretación con un mapa de densidad de observaciones por provincia, de modo que una eventual subrepresentación no se lea como ausencia de dinámicas funcionales. La distinción resulta particularmente relevante para las variables de conmutación laboral y de abastecimiento, donde el registro depende de la formalidad de los circuitos.

3.11 RESULTADO DEL PASO 1

El paso produce el catálogo de dieciséis matrices consolidadas en versión v116, el esquema de ponderación validado estadísticamente, el registro trazable de los ajustes aplicados y la relación de decisiones que permanecen abiertas. Sobre esa base se calcula el índice bilateral del capítulo siguiente.

04

ÍNDICE DE RELACIONES BILATERALES ENTRE MUNICIPIOS

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

4 ÍNDICE DE RELACIONES BILATERALES ENTRE MUNICIPIOS

En una frase. Hasta qué punto es multidimensional el vínculo entre dos municipios. El índice calcula, para cada par, la proporción de vínculos activos dentro de cada dimensión temática e integra las siete dimensiones con igual peso.

El capítulo constituye el núcleo del entregable. Caracteriza los flujos funcionales entre pares de municipios en su doble condición, como fenómeno multidimensional que el índice sintético resume en una sola medida, y como fenómeno temáticamente diferenciado que la desagregación permite examinar.

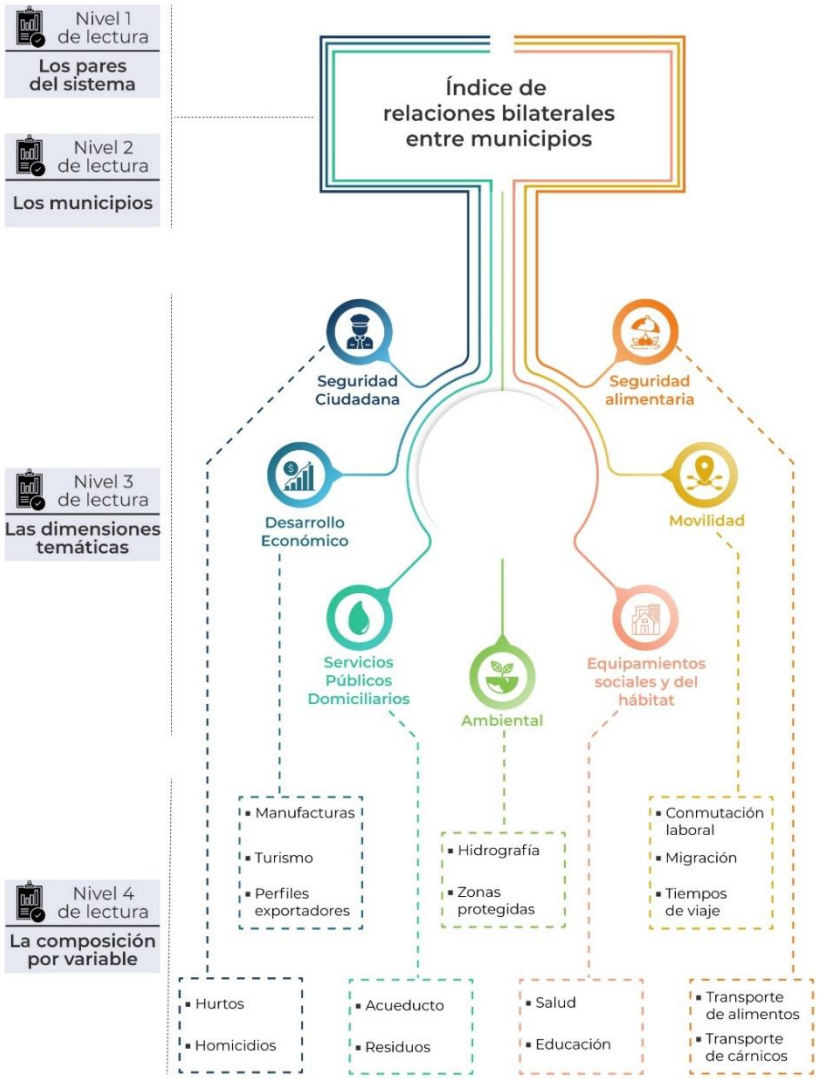
De ello se derivan cuatro lecturas encadenadas: los 6.670 pares del sistema, clasificados según el número de evidencias que respaldan cada vínculo; los 116 municipios, descritos por el alcance de su área de relación y por la solidez de los vínculos que la componen; las siete dimensiones temáticas, con la estructura territorial que cada una revela por separado; y las dieciséis variables, que muestran de qué está hecho cada vínculo. Las cuatro comparten el mismo insumo y la misma regla de clasificación, de modo que sus resultados son comparables entre sí y trazables hasta el registro que los origina.

Advertencia interpretativa

El índice mide la multidimensionalidad de la asociación funcional, no la magnitud de los flujos ni su dirección. Un valor alto significa que dos municipios están vinculados de manera simultánea en varias dimensiones del territorio.

La lectura direccional corresponde al componente complementario formulado en el apartado 3.8 y no se deriva de los resultados de este capítulo.

Figura 1. Gráfico del índice de relaciones bilaterales



Fuente: IDOM, 2026

4.1 DEFINICIÓN Y PREGUNTA QUE RESPONDE

El índice responde qué municipios sostienen asociación funcional entre sí y en cuántas dimensiones del territorio lo hacen. La respuesta orienta la identificación de pares candidatos a esquemas asociativos, el reconocimiento de los ejes que articulan el sistema y la posterior delimitación de áreas funcionales.

La lógica de fondo es que un vínculo funcional resulta más sólido cuando se apoya en varias evidencias simultáneas. Dos municipios que comparten conmutación laboral, atracción de servicios de salud y relación de abastecimiento sostienen una relación de naturaleza distinta a la de dos municipios que únicamente comparten proximidad. El índice está diseñado para capturar esa diferencia.

Por esa razón el capítulo combina dos lecturas complementarias que no deben confundirse. Una medida continua del nivel ponderado de asociación, que permite ordenar los pares con precisión. Y una medida discreta del número de evidencias activas, que permite clasificarlos en categorías interpretables.

4.2 FORMULACIÓN, PARÁMETROS Y PROPIEDADES

Para cada par de municipios se calcula primero el perfil dimensional, entendido como la proporción de variables activas dentro de cada dimensión temática. El índice bilateral resulta del promedio simple de esos siete perfiles, conforme al esquema de ponderación adoptado en el capítulo anterior.

Índice del par = promedio de las siete proporciones dimensionales

De manera complementaria se calcula el número de vínculos activos, que corresponde a la suma simple de las evidencias registradas en las dieciséis variables y varía entre cero y dieciséis.

Lectura correcta del valor del índice

Bajo el esquema adoptado el índice no equivale al número de dimensiones compartidas ni a la proporción de variables activas. Corresponde al promedio de las proporciones internas de cada dimensión.

En consecuencia, una evidencia aislada aporta más al índice cuando pertenece a una dimensión de dos variables, donde representa la mitad del perfil dimensional, que cuando pertenece a una de tres, donde representa un tercio. El recuento de dimensiones compartidas se reporta por separado como indicador auxiliar.

Tabla 21. Propiedades del índice bilateral

Propiedad	Valor	Consecuencia analítica
Simetría	El valor del par no depende del orden de los municipios	El análisis opera sobre el triángulo superior de la matriz
Diagonal nula	No se calcula la relación de un municipio consigo mismo	El universo se reduce a 6.670 pares únicos
Acotamiento	Valores comprendidos entre 0 y 1	Permite comparación directa entre pares
Máximo observado	0,6905, correspondiente al par Girardot y Tocaima	Ningún par del sistema se aproxima al máximo teórico

Propiedad	Valor	Consecuencia analítica
Máximo de vínculos	11 evidencias sobre 16 posibles	La asociación es multidimensional pero nunca total
Descomponibilidad	Cada valor se descompone hasta la variable de origen	Cualquier resultado es auditable hasta su evidencia

Fuente: IDOM, 2026

4.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO Y TRAZABILIDAD

La rutina recorre las dieciséis matrices binarias, calcula el perfil dimensional de cada par, aplica la ponderación y produce la matriz sintética junto con los dos indicadores auxiliares. El entorno de procesamiento, las semillas empleadas en las simulaciones y los controles aplicados se documentan en el anexo técnico A13.

La tabla de trazabilidad conserva el aporte de cada variable a cada par y permite auditar cualquier valor del índice hasta la evidencia que lo origina. Se entrega como archivo consolidado, con las 6.670 duplas, el desglose por dimensión y por variable, la clasificación resultante y los controles de integridad que verifican la coherencia entre los distintos niveles de agregación.

4.4 REGLA ORDINAL DE CLASIFICACIÓN DE PARES

La clasificación de los pares no se define por el valor del índice sino por el número de evidencias que respaldan el vínculo. La razón es de interpretabilidad: la pregunta que se formula sobre un par de municipios se refiere a cuántas evidencias funcionales sostienen la relación, no al valor de un indicador compuesto cuyo significado exige explicación previa.

4.4.1 Construcción de la regla

La regla se construyó mediante una estrategia estadística secuencial en cuatro momentos, y no mediante la asignación de porcentajes fijados de antemano. El procedimiento responde a la observación formulada por el equipo técnico sobre la necesidad de sustentar los cortes con evidencia y no con valores predefinidos.

- **Evaluación del número de niveles.** Se aplicaron análisis de componentes principales y análisis de correspondencias sobre los perfiles dimensionales de los pares activos, con agrupamiento sobre las coordenadas retenidas. Ambas representaciones identificaron un punto de inflexión común en cuatro niveles activos.
- **Búsqueda exhaustiva.** Se evaluó el dominio completo de ternas enteras de puntos de corte, que comprende 455 combinaciones posibles, sin restringir el espacio de búsqueda a valores preseleccionados. En consecuencia, la clasificación ordinal no se definió mediante cortes intuitivos o valores esperados, sino mediante un ejercicio estadístico de comparación de alternativas. La regla 3-5-7 fue seleccionada porque, dentro de las ternas admisibles, presentó el mejor desempeño conjunto en los criterios de calidad ordinal evaluados.
- **Criterios de admisibilidad.** Se descartaron las ternas que producían categorías vacías o desproporcionadas, exigiendo al menos sesenta pares por categoría activa, entre noventa y doscientos veinte pares estructurales, y entre trescientos cincuenta y setecientos cincuenta pares en el conjunto de las dos categorías superiores. Cinco ternas fueron seleccionadas para la evaluación final. Como verificación adicional, se evaluó

la sensibilidad de estos rangos de admisibilidad mediante cinco escenarios alternativos aplicados sobre el mismo universo de 455 ternas posibles. La regla 3-5-7 permaneció admisible en cuatro de los cinco escenarios considerados. Únicamente quedó excluida bajo el escenario más restrictivo, que exige al menos 400 pares consolidados y estructurales, frente a los 386 producidos por la regla oficial. En ese caso, alternativas como 3-4-7 amplían el universo de vínculos fuertes hasta 640 pares, reduciendo la selectividad de la clasificación. El desarrollo completo de esta verificación se presenta en el Anexo Metodológico, Paso 2.

- **Selección final**. Se verificó la estabilidad de las candidatas mediante simulación con perturbaciones locales y se aplicó un puntaje de calidad ordinal que evalúa la separación entre categorías adyacentes, la progresión del índice ponderado y la regularidad de la clasificación.

Tabla 22. Evaluación del número de niveles activos

Representación	Inflexión	Cohesión	Separación
Componentes principales	4	0,6248	2.836,5
Correspondencias	4	0,7277	4.503,4

Fuente: IDOM, 2026

Algunas métricas favorecieron soluciones más granulares, próximas a ocho grupos, que capturan subtipos internos a costa de mayor fragmentación y menor utilidad operativa. Se adoptó la solución parsimoniosa de cuatro niveles activos.

Tabla 23. Ternas admisibles y puntaje de calidad ordinal

Terna	Consistencia	Categorías superiores	Puntaje
3, 5 y 7	0,8118	386	0,9108
4, 5 y 7	0,6685	386	0,4359
2, 5 y 7	0,9349	386	0,3918
3, 4 y 7	0,8132	640	0,2542
2, 4 y 7	0,9502	640	0,1780

Fuente: IDOM, 2026

El puntaje se normaliza entre las cinco finalistas, de modo que es comparativo y no expresa una medida absoluta de calidad

La terna que fija los cortes en tres, cinco y siete vínculos obtiene el mejor resultado en cinco de los seis criterios considerados y el segundo lugar en el restante. El hecho de que las cinco finalistas compartan el mismo corte superior muestra que el número de pares estructurales no distingue entre ellas y que la decisión se concentra en los cortes intermedios.

> *La evaluación completa del número de niveles, los criterios de admisibilidad, la simulación de robustez con sus cuatro escenarios de perturbación y el desglose de los seis criterios del puntaje se desarrollan en el Paso 2 del anexo metodológico.*

4.4.2 Regla adoptada

Tabla 24. Regla ordinal adoptada y distribución resultante

Categoría	Vínculos activos	Pares	Participación	Índice mínimo	Índice máximo	Índice medio
Sin vínculo	0	2.777	41,6 %	0,0000	0,0000	0,0000
Incidental	1 a 2	2.818	42,2 %	0,0159	0,1667	0,0524
Moderado	3 a 4	689	10,3 %	0,0754	0,3214	0,1668
Consolidado	5 a 6	264	4,0 %	0,1667	0,4286	0,2686
Estructural	7 o más	122	1,8 %	0,2778	0,6905	0,3925
Total		**6.670**	**100 %**			

Fuente: IDOM, 2026

La tabla revela un rasgo que conviene señalar. Los rangos del índice se solapan entre categorías contiguas, dado que un par con cinco evidencias concentradas en dimensiones de dos variables puede alcanzar un valor superior al de un par con siete evidencias repartidas en dimensiones de tres. El solapamiento no constituye una inconsistencia sino la expresión de que ambas medidas capturan propiedades distintas del vínculo.

El índice ponderado no altera la categoría asignada. Su función consiste en ordenar los pares dentro de cada categoría y en permitir el examen de la composición dimensional del vínculo. Para la elaboración de rankings los pares se ordenan primero por categoría y dentro de cada una por el valor del índice, empleando el número de dimensiones activas como criterio de desempate.

La progresión de multidimensionalidad entre categorías confirma que la regla captura una gradación real y no un corte arbitrario.

Tabla 25. Dimensiones activas por categoría de vínculo

Categoría	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Con cuatro o más dimensiones
Incidental	1,20	1	1	2	0,0 %
Moderado	2,32	2	1	4	2,9 %
Consolidado	3,49	3	2	6	48,5 %
Estructural	4,83	5	4	7	100,0 %

Fuente: IDOM, 2026

La totalidad de los pares estructurales sostiene vínculos en cuatro o más dimensiones y su mediana asciende a cinco. La categoría consolidada se sitúa en una posición intermedia, con casi la mitad de sus pares alcanzando cuatro dimensiones. La categoría incidental no supera en ningún caso las dos dimensiones, lo que confirma su carácter de vínculo puntual y justifica su denominación.

4.5 ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA

De los 6.670 pares posibles, 3.893 presentan al menos un vínculo funcional activo y 2.777 no registran ninguno. La densidad de la red alcanza por tanto el 58,37 por ciento, cifra elevada que refleja la amplitud de asociaciones funcionales identificadas y el efecto de trabajar con dieciséis variables de naturaleza heterogénea.

El sistema presenta, sin embargo, una jerarquía marcada. Los 386 pares que alcanzan categoría consolidada o estructural representan apenas el 5,8 por ciento del universo y concentran la estructura funcional del departamento. La red es amplia en su base y estrecha en su cima, rasgo que condiciona toda la lectura territorial posterior y que reaparece con nitidez en la identificación de centralidades.

Tabla 26. Estructura del sistema en cifras

Indicador	Valor	Lectura
Pares posibles	6.670	Universo del triángulo superior de la matriz
Pares con vínculo activo	3.893	Densidad del 58,37 por ciento

Indicador	Valor	Lectura
Pares sin vínculo	2.777	El 41,6 por ciento del universo
Pares de categoría superior	386	El 5,8 por ciento concentra la estructura funcional
Evidencias activas totales	8.458	Suma de vínculos en las dieciséis variables
Evidencias por par activo	2,17	Promedio de vínculos en los pares con relación
Municipios sin vínculos	0	Ningún municipio queda aislado del sistema

Fuente: IDOM, 2026

El promedio de 2,17 evidencias por par activo resulta especialmente informativo. Indica que la relación típica del sistema es de naturaleza puntual, sostenida por una o dos formas de interacción, y que las relaciones multidimensionales constituyen la excepción antes que la norma. Esa constatación refuerza el valor analítico de las categorías superiores como objeto de atención prioritaria.

4.6 PRIMER NIVEL DE LECTURA. LOS PARES DEL SISTEMA

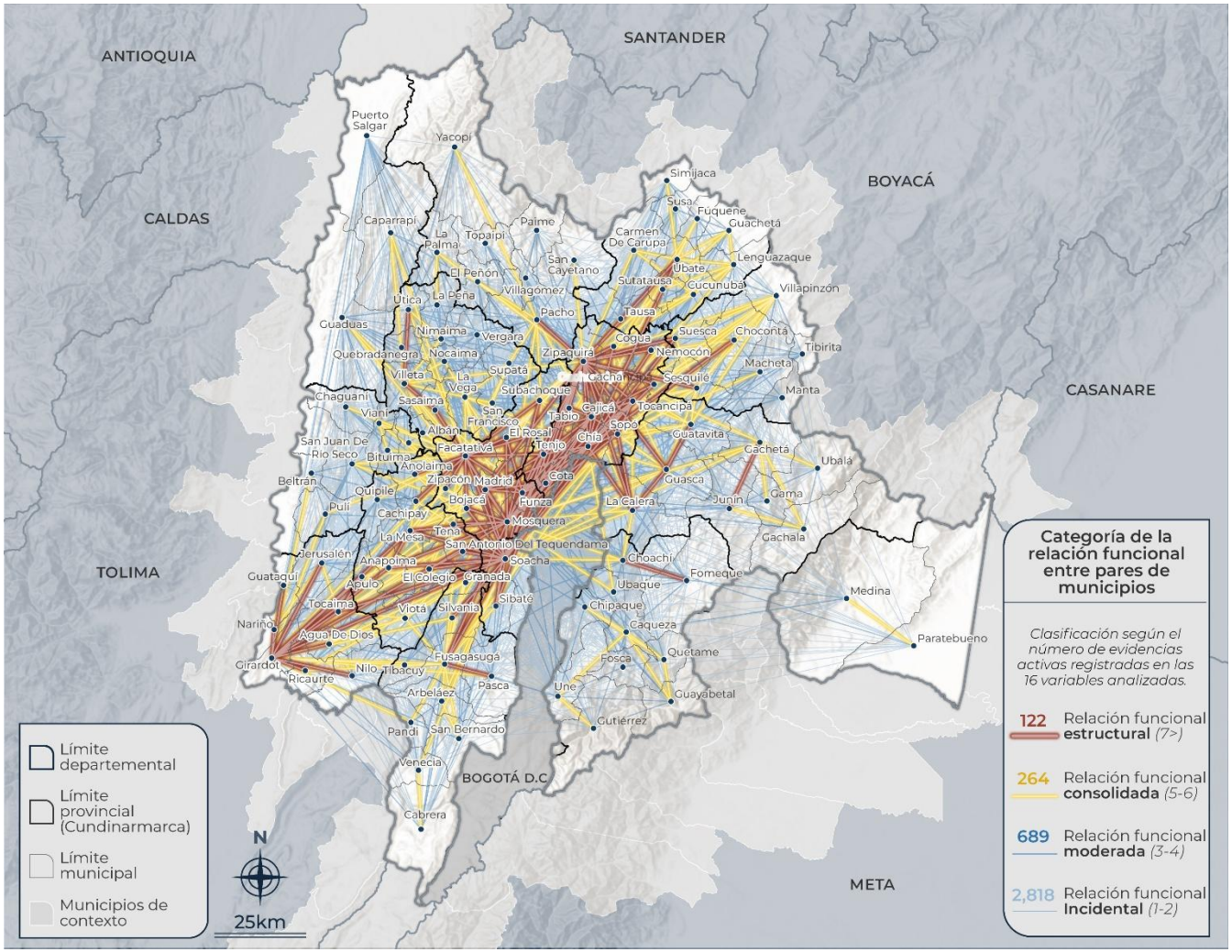
El primer nivel examina el sistema en su conjunto, sin desagregar por temática. Los 386 pares que alcanzan categoría consolidada o estructural constituyen el insumo directo de la tipología de centralidades del capítulo siguiente.

Tabla 27. Tabla de resultados: Nivel de interdependencia funcional entre pares del municipio

Nivel	Vínculos activos	Pares	% del total
Estructural	7 o más	122	1,8 %
Consolidada	5 a 6	264	4,0 %
Moderada	3 a 4	689	10,3 %
Incidental	1 a 2	2.818	42,2 %
Sin vínculo	0	2.777	41,6 %

Fuente: IDOM, 2026

Figura 2. Categoría de la relación funcional entre pares de municipio



Fuente: IDOM, 2026

4.6.1 Lectura territorial

Cundinamarca sin Bogotá se presenta como un sistema dotado de una estructura principal reconocible. Un **corredor continuo recorre el departamento en sentido noreste suroeste, articula La Sabana en toda su extensión y encuentra su extremo meridional en Girardot.** Sobre esa banda se concentra el conjunto de las relaciones que sostienen funcionalmente el territorio.

La Sabana no se comporta como una agregación de municipios contiguos sino como un **cuerpo territorial unitario**. Sus relaciones internas alcanzan de manera generalizada la condición multidimensional y se encadenan entre sí sin que emerja una jerarquía nítida, rasgo propio de un ámbito cuya integración funcional se encuentra consolidada.

Girardot constituye la expresión más clara del carácter multipolar del sistema. **Articula un ámbito propio en el alto Magdalena** mediante vínculos de solidez comparable a los de La Sabana, situado a distancia del corredor central y sin derivar de su proximidad. Es la centralidad que se sostiene por su propia estructura de relaciones.

El resto del departamento mantiene contacto con el sistema sin formar parte de su núcleo. Los ámbitos oriental, meridional y noroccidental se vinculan mediante relaciones puntuales y de organización radial, sin generar tramas de interdependencia entre sí. Su presencia en la red es efectiva, aunque su inserción difiere en naturaleza de la observada en los ámbitos estructurados.

La lectura de conjunto describe un departamento organizado sobre un eje único, con dos ámbitos plenamente estructurados en sus extremos y un territorio intermedio y periférico que participa del sistema sin alcanzar su nivel de integración.

4.7 SEGUNDO NIVEL DE LECTURA. LOS MUNICIPIOS

La matriz bilateral admite una lectura nodal que traslada el resultado del par al municipio. Se derivan tres indicadores que responden preguntas distintas y que, conforme al criterio adoptado en el estudio, no se agregan en una cifra única.

- **Alcance funcional.** Número de municipios con los que se sostiene al menos un vínculo activo. Expresa el tamaño del área de relación.
- **Robustez funcional.** Número de vínculos consolidados o estructurales que sostiene el municipio. Expresa la calidad de esa área.
- **Fuerza funcional.** Suma del índice bilateral acumulado con todos los demás municipios. Combina cobertura relacional y valor acumulado del índice en una medida continua.

Por qué alcance y robustez se reportan por separado

Un municipio puede presentar alcance elevado y robustez moderada, situación que describe una posición de contacto amplio pero poco profundo, propia de los municipios de La Sabana con buena accesibilidad general.

Otro puede presentar alcance moderado y robustez elevada, patrón característico de un centro que articula un entorno acotado mediante vínculos sólidos. Girardot constituye el ejemplo más claro de esta segunda situación.

Agregar ambos indicadores en una cifra única impediría distinguir dos posiciones territoriales que responden a lógicas funcionales distintas y que exigen tratamientos de política diferenciados.

4.7.1 Alcance funcional

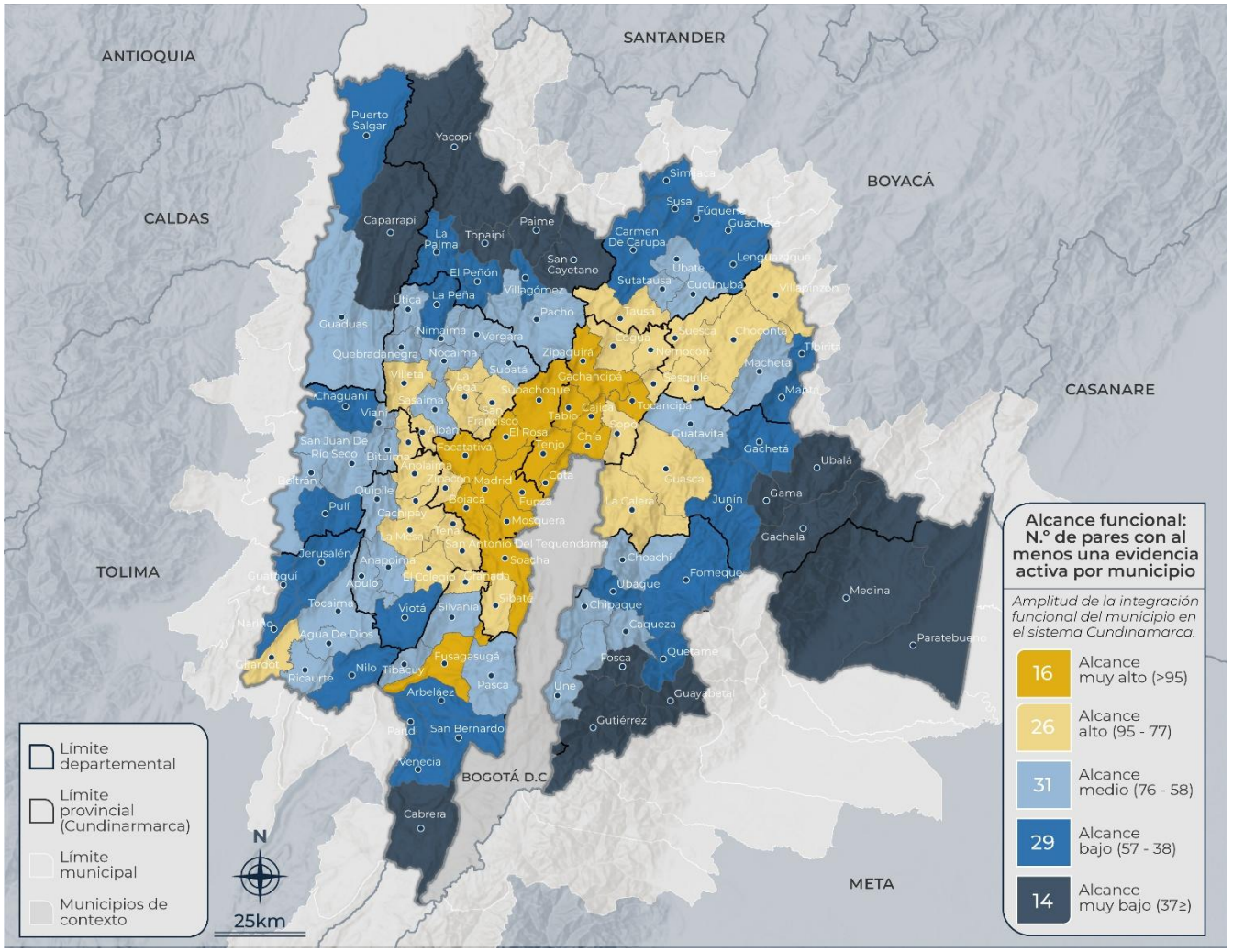
El alcance funcional presenta un rango amplio. Mosquera y Soacha se relacionan con 115 de los 116 municipios del ámbito, mientras que Paratebueno registra el valor mínimo con 18. Ningún municipio queda aislado totalmente del sistema.

Tabla 28. Municipios con mayor alcance funcional

Municipio	Alcance funcional
Mosquera	115
Soacha	115
Funza	111
Facatativá	108
Cota	106
Tenjo	106
Madrid	105
Tocancipá	105
Bojacá	104
Cajicá	104

Fuente: IDOM, 2026

Figura 3. Alcance funcional: n° de pares activos por municipio



Fuente: IDOM, 2026

4.7.2 Lectura territorial

El alcance funcional organiza el departamento en anillos. Un núcleo compacto ocupa la sabana y su entorno inmediato, seguido de una corona que se extiende hacia el norte hasta Ubaté y Chocontá, hacia el occidente por Villeta y La Vega, y hacia el sur por Fusagasugá, para descender después de forma continua hasta los bordes departamentales. La amplitud de la relación se distribuye como una función de la distancia al centro del sistema, con una regularidad que ninguna otra lectura del estudio presenta.

En el núcleo esa amplitud alcanza un punto de saturación. Los doce municipios de mayor alcance pertenecen todos al ámbito de la sabana y su entorno inmediato, y presentan valores muy próximos entre sí, comprendidos entre 100 y 115. La accesibilidad y la continuidad urbana producen un efecto de saturación relacional en el que los municipios centrales alcanzan a prácticamente la totalidad del departamento, de modo que el indicador deja de diferenciar entre ellos. La cima del sistema es amplia y homogénea, y su lectura corresponde al conjunto antes que a cada municipio por separado.

El suroccidente rompe la regularidad concéntrica. Girardot y su entorno inmediato sostienen valores de alcance alto que no se explican por la proximidad al núcleo sabanero, y forman una prolongación que interrumpe el descenso esperado en esa dirección. La anomalía coincide con el ámbito que la lectura de pares identificaba como subsistema propio, lo que confirma que se trata de un centro con capacidad de generar amplitud relacional por sí mismo.

La periferia de alcance restringido no constituye un borde continuo sino un conjunto de situaciones separadas entre sí. El oriente en torno a Medina y Paratebueno, el piedemonte de Gutiérrez, Une y Guayabetal, el extremo meridional de Cabrera y el noroccidente de Yacopí y Caparrapí comparten esa condición sin formar un ámbito unitario. En ellos la distancia al corredor central y la configuración topográfica se expresan con mayor nitidez que en cualquier otra representación del sistema.

El conjunto describe un territorio cuya amplitud relacional decrece de manera ordenada desde un núcleo saturado hacía unos bordes de contacto acotado, con una única discontinuidad significativa en el suroccidente.

4.7.3 Robustez funcional

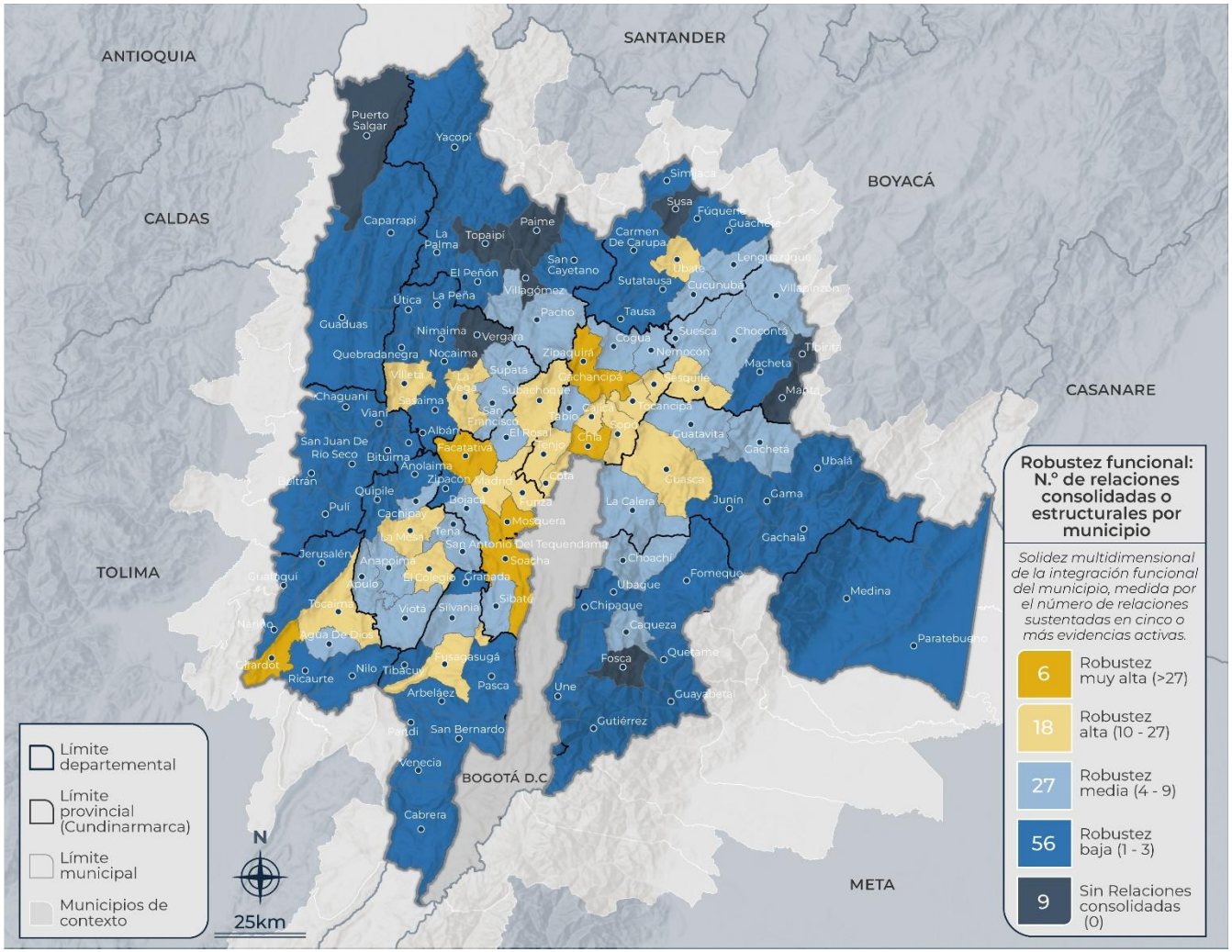
La robustez presenta un comportamiento distinto y más discriminante. Mientras el alcance se satura en la sabana, la robustez distingue con nitidez entre municipios que sostienen numerosos vínculos débiles y municipios que sostienen vínculos sólidos. La diferencia entre ambos indicadores constituye el insumo principal de la tipología de centralidades.

Tabla 29. Municipios con mayor robustez funcional

Municipio	Robustez funcional
Mosquera	47
Soacha	40
Zipaquirá	40
Facatativá	38
Chía	33
Girardot	28

Fuente: IDOM, 2026

Tabla 30. Robustez funcional: n° de vínculos consolidados por municipio



Fuente: IDOM, 2026

4.7.4 Lectura territorial

La robustez muestra el territorio que realmente sostiene el sistema. Donde el alcance dibujaba anillos regulares, la profundidad de los vínculos revela una estructura discontinua, concentrada en un número reducido de municipios que actúan como soporte multidimensional del conjunto mientras la mayor parte del departamento participa con relaciones de propósito acotado.

La sabana deja aquí de leerse como un bloque uniforme. Municipios que alcanzaban a la práctica totalidad del departamento descienden a posiciones intermedias, y solo Mosquera, Soacha, Zipaquirá, Facatativá y Chía retienen la condición de nodos plenamente estructurados. La continuidad urbana produce contacto generalizado, aunque únicamente algunos municipios lo transforman en interdependencia profunda.

Girardot confirma su singularidad. Con un área de relación menor que la de numerosos municipios sabaneros, se sitúa entre los seis nodos más robustos del departamento, lo que acredita una centralidad sostenida por la solidez de sus vínculos y no por su extensión territorial.

El mapa expresa así una jerarquía que el alcance ocultaba: el sistema no descansa sobre el conjunto de la sabana sino sobre un grupo acotado de municipios repartidos entre ese ámbito y el alto Magdalena, en torno a los cuales se organiza la interdependencia efectiva del departamento.

4.8 TERCER NIVEL DE LECTURA. LAS DIMENSIONES TEMÁTICAS

El tercer nivel desagrega el índice en sus siete dimensiones y examina la estructura territorial que cada una revela por separado. Para cada dimensión se construye una matriz temática que registra en cuántas variables de esa dimensión el par comparte interdependencia, junto con el ranking de los pares más intensos.

Esa cifra define la convergencia temática del par, entendida como el número de variables de la dimensión en las que sostiene interdependencia funcional significativa. A partir de ella se distinguen dos condiciones. Un par se considera pleno cuando comparte vínculo en todas las variables que integran la dimensión, condición que representa el vínculo temático más sólido, y parcial cuando lo comparte en algunas pero no en todas. La convergencia mide así la solidez del vínculo a escala de par, propiedad distinta de la densidad, que expresa cuán extendida está la dimensión en el conjunto del territorio.

> **Densidad**
>
> Proporción de pares del sistema que registran al menos un vínculo activo en la dimensión, sobre los 6.670 pares posibles. Expresa cuán extendida está la temática en el conjunto del departamento. Una densidad alta indica que la dimensión conecta a numerosos municipios, con independencia de la profundidad de esas conexiones.

> **Plenitud**
>
> Proporción de los pares activos de la dimensión que alcanzan la convergencia plena. Expresa la calidad del vínculo, es decir, en qué medida las relaciones existentes se apoyan en la totalidad de las variables de la temática y no en una sola.

Densidad y plenitud describen la dimensión temática con la misma lógica de amplitud y solidez que el alcance y la robustez aplicaron al municipio en el nivel anterior, aunque referidas ahora al conjunto de pares de cada temática y no a un nodo individual.

Por qué se distinguen. Densidad y plenitud son propiedades independientes, y su combinación es lo que caracteriza a cada

dimensión. Una temática puede vincular ampliamente e integrar poco, como el desarrollo económico, o vincular de forma acotada pero con alta coincidencia de variables, como los equipamientos sociales. Leer ambas por separado evita confundir la extensión de una relación con su solidez, distinción que la lectura agregada del índice necesariamente comprime.

Figura 4. Dimensiones Temáticas

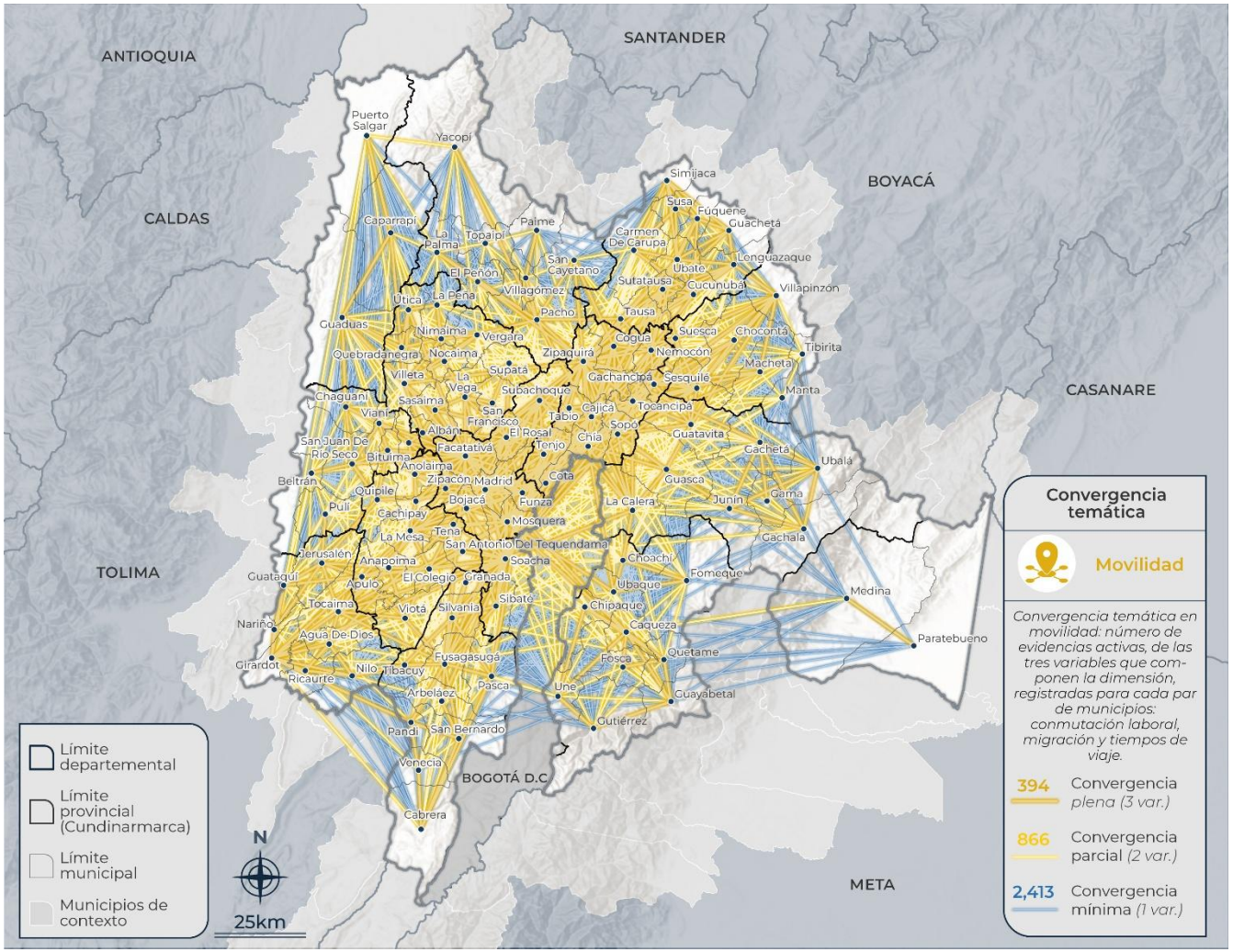


Fuente: IDOM, 2026

4.8.1 Movilidad

La dimensión de movilidad constituye la dimensión más densa del sistema y integra tres variables, la conmutación laboral, la migración y los tiempos de viaje. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando las tres coinciden sobre el mismo par, parcial, cuando la relación se apoya en dos, y mínima, cuando descansa en una sola.

Figura 5. Movilidad



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 31. Perfil funcional de la dimensión de Movilidad

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	3.673	55,1 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	5.327	63,0 %
Contribución efectiva al índice		56,3 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 3 variables *(plenitud)*	394	10,7 %
Parcial — 2 variables	866	23,6 %
Mínima — 1 variable	2.413	65,7 %
Total de pares con vínculo	3.673	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La movilidad revela un sistema de dos geometrías superpuestas. La convergencia plena se organiza en un núcleo compacto que ocupa La Sabana y se prolonga hacia el suroccidente, mientras las relaciones de convergencia mínima se extienden en haces radiales que alcanzan la totalidad del departamento, incluidos los municipios más distantes del piedemonte oriental. La primera describe territorios que comparten mercado laboral y trayectorias residenciales, la segunda territorios conectados por accesibilidad sin integración funcional efectiva.

Esa distinción es la que otorga valor analítico a la dimensión. Los vínculos mínimos, ampliamente mayoritarios, expresan sobre todo la geometría de la red vial y la disponibilidad de tiempos de viaje razonables. La convergencia plena aparece únicamente donde la conmutación laboral y la migración acompañan a la accesibilidad, condición que se cumple en un espacio mucho más restringido y que coincide con el corredor identificado en la lectura general del índice.

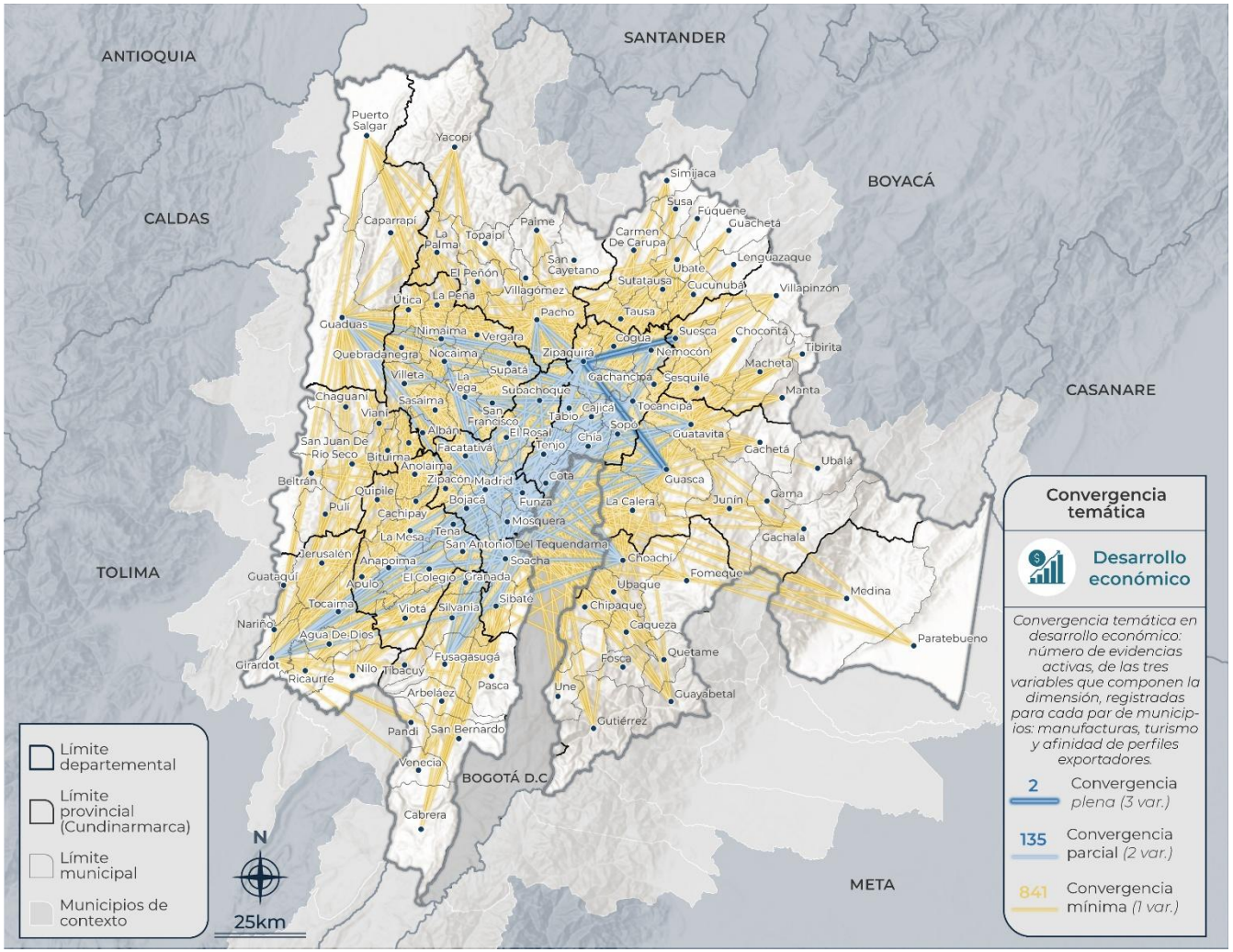
El extremo oriental ofrece la evidencia más nítida de esa diferencia. Medina y Paratebueno se enlazan con numerosos municipios mediante haces largos que atraviesan el departamento, aunque la práctica totalidad de esas relaciones corresponde a la categoría mínima. La conexión existe y es amplia, pero no alcanza a constituir interdependencia en los términos que la dimensión permite medir.

La lectura de conjunto sitúa a la movilidad como la infraestructura relacional del sistema antes que como su estructura. Define qué relaciones resultan posibles en todo el departamento, mientras que solo en el núcleo sabanero y en su prolongación hacia Girardot esa posibilidad se traduce en integración plena.

4.8.2 Desarrollo Económico

La dimensión de desarrollo económico integra tres variables, las manufacturas, el turismo y la afinidad de perfiles exportadores. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando las tres coinciden sobre el mismo par, parcial, cuando la relación se apoya en dos, y mínima, cuando descansa en una sola. La tabla cuantifica esa distribución y sitúa el peso de la dimensión dentro del sistema, donde presenta una densidad intermedia y una concentración marcada en la categoría mínima.

Figura 6. Desarrollo Económico



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 32. Perfil funcional de la dimensión de desarrollo económico

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	978	14,7 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	1.117	13,2 %
Contribución efectiva al índice		11,8 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 3 variables *(plenitud)*	2	0,2 %
Parcial — 2 variables	135	13,8 %
Mínima — 1 variable	841	86,0 %
Total de pares con vínculo	978	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

El desarrollo económico se comporta como la dimensión menos convergente del sistema. Solo dos pares del departamento sostienen interdependencia en las tres variables, y la relación típica se apoya en una sola. Manufacturas, turismo y perfiles exportadores describen geografías propias que rara vez se superponen, lo que indica una economía departamental organizada por especializaciones diferenciadas antes que por complementariedades integrales.

Esa separación se lee con claridad en el mapa. Los vínculos de mayor convergencia forman un eje compacto que atraviesa la conurbación occidental y se prolonga hacia el noreste, correspondiendo al ámbito industrial y logístico de La Sabana. Los vínculos mínimos, en cambio, se despliegan en haces amplios hacia el occidente y el suroccidente, alcanzando municipios sin continuidad territorial con ese núcleo, en una configuración que responde a afinidades productivas puntuales y no a proximidad.

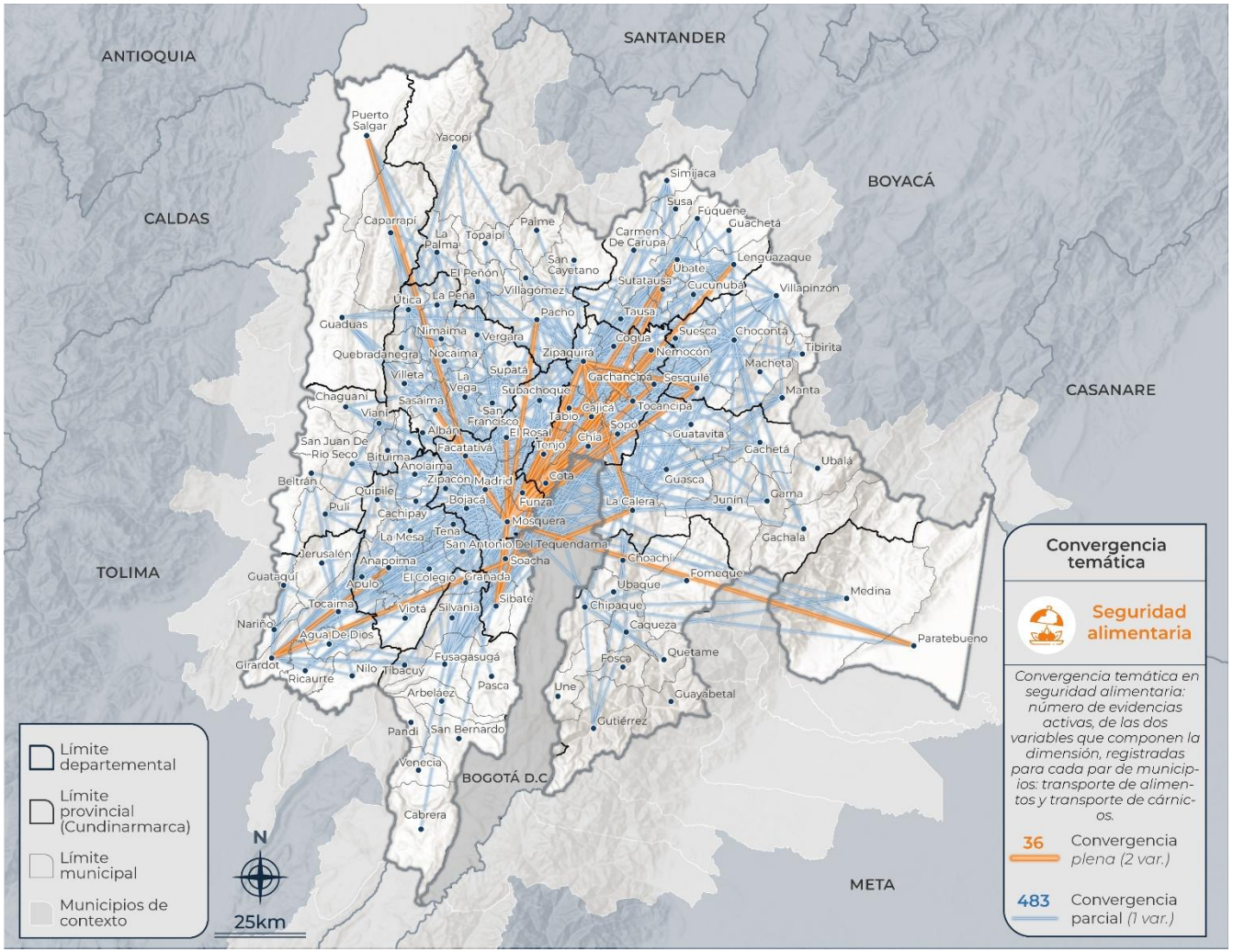
El contraste entre ambas tramas resulta significativo. Mientras la movilidad organizaba el territorio por accesibilidad, el desarrollo económico lo hace por semejanza de perfil, de modo que municipios distantes entre sí aparecen vinculados sin mediar continuidad física. Es la dimensión que con mayor nitidez desborda la geometría de la red vial y aporta información que la proximidad no permite anticipar.

La lectura de conjunto muestra un tejido económico que vincula ampliamente, pero integra poco. La densidad relacional resulta considerable, aunque su concentración en la categoría mínima revela que las relaciones económicas del departamento operan por coincidencias sectoriales aisladas más que por encadenamientos productivos compartidos.

4.8.3 Seguridad Alimentaria

La dimensión de seguridad alimentaria integra dos variables, el transporte de alimentos y el transporte de cárnicos. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando ambas cadenas coinciden sobre el mismo par, y parcial, cuando la relación se apoya en una sola.

Tabla 33. Seguridad Alimentaria



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 34. Perfil funcional de la dimensión de seguridad alimentaria

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	519	7,8 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	555	6,6 %
Contribución efectiva al índice		8,8 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 2 variables *(plenitud)*	36	6,9 %
Parcial — 1 variable	483	93,1 %
Total de pares con vínculo	519	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La seguridad alimentaria identifica a Mosquera como el nodo logístico del departamento. Sobre ese municipio converge la mayor parte de los ejes de convergencia plena, que se proyectan hacia el noreste por Funza, Cota, Chía, Cajicá, Tocancipá, Zipaquirá y Sesquilé hasta alcanzar el entorno de Ubaté, y hacia el suroccidente por Soacha y Granada hasta Girardot. El abastecimiento no se organiza como red distribuida sino como sistema de acopio con centro definido.

Los trayectos más extensos confirman esa lógica. Puerto Salgar en el noroccidente, Medina y Paratebueno en el oriente y Fómeque en el piedemonte se vinculan con el núcleo sabanero mediante ejes largos que atraviesan el departamento sin apoyarse en municipios intermedios. Es la infraestructura de transporte y la especialización productiva, no la contigüidad, la que determina qué territorios quedan integrados a la cadena.

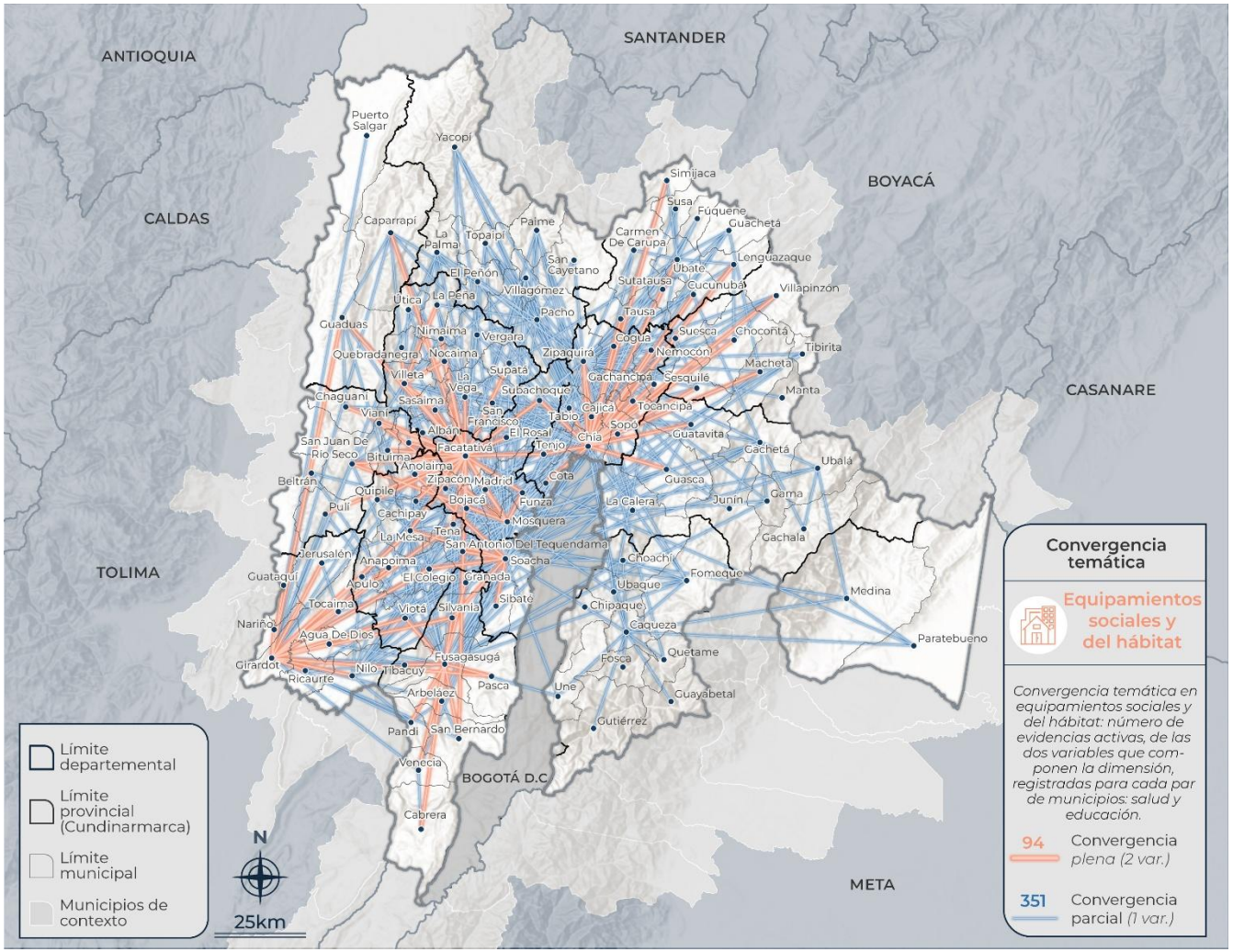
La coincidencia de ambas variables resulta excepcional. Que solo 36 pares sostengan vínculo simultáneo en alimentos y cárnicos indica que ambos circuitos operan con puntos de acopio y rutas diferenciadas, de modo que los pares que las reúnen señalan los enclaves donde el sistema alimentario departamental efectivamente se concentra.

La lectura de conjunto muestra una dimensión de baja densidad y alto valor estructurante. Su reducido número de vínculos no expresa debilidad relacional sino la naturaleza selectiva del abastecimiento, que hace depender a la totalidad del territorio de un conjunto muy acotado de municipios encabezado por Mosquera.

4.8.4 Equipamientos Sociales y del Hábitat

La dimensión de equipamientos sociales y del hábitat integra dos variables, los servicios de salud y los servicios de educación. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando ambos servicios coinciden sobre el mismo par, y mínima, cuando la relación se apoya en uno solo.

Figura 7. Equipamientos Sociales y del Hábitat



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 35. Perfil funcional de la dimensión de Equipamientos Sociales y del Hábitat

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	445	6,7 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	539	6,4 %
Contribución efectiva al índice		8,5 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 2 variables *(plenitud)*	94	21,1 %
Mínima — 1 variable	351	78,9 %
Total de pares con vínculo	445	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La dimensión organiza el territorio en torno a los municipios que concentran la oferta de mayor nivel en salud y educación. Los vínculos plenos no se distribuyen de forma homogénea sino que irradian desde un número reducido de centros, dibujando áreas de servicio con forma de abanico sobre sus entornos inmediatos.

Cuatro focos estructuran esa geografía. Girardot articula el suroccidente y proyecta relaciones hacia Nariño, Agua de Dios, Ricaurte, Tocaima y Guataquí. Facatativá organiza el occidente sabanero y su piedemonte, con vínculos hacia Anolaima, Zipacón, Albán y La Vega. El eje Chía, Cajicá, Zipaquirá y Tocancipá cubre el norte de La Sabana y se prolonga hasta Ubaté y Simijaca. Fusagasugá concentra el sur, con relaciones hacia Arbeláez, Pandi, Venecia, San Bernardo y Cabrera.

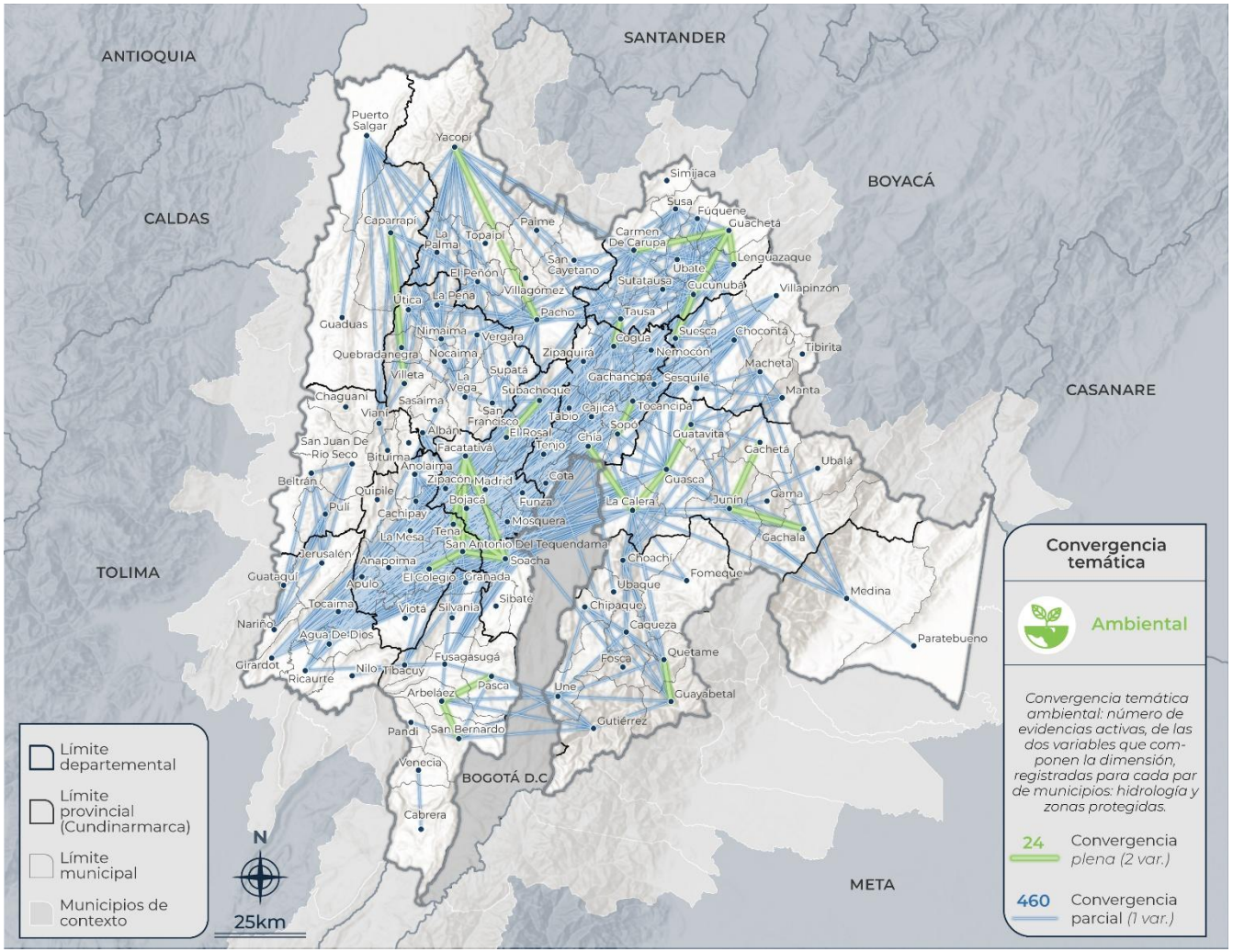
La proporción de convergencia plena es la más alta del sistema, con más de una quinta parte de los pares activos sosteniendo vínculo en ambos servicios. Salud y educación tienden a coincidir sobre los mismos ejes porque responden a una misma lógica de acceso: el municipio que ofrece el hospital de mayor complejidad suele concentrar también la oferta educativa superior, y la población recorre las mismas distancias para ambos fines.

La lectura de conjunto revela un sistema de centralidades de servicio que no coincide con la jerarquía funcional general del departamento. Municipios de alcance moderado en el índice bilateral aparecen aquí como cabeceras de ámbitos amplios, lo que muestra que la provisión de equipamientos define una organización territorial propia, más ligada a la cobertura y a la accesibilidad que a la intensidad de las relaciones económicas o de movilidad.

4.8.5 Ambiental

La dimensión ambiental integra dos variables, la hidrología y las zonas protegidas. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando ambas coinciden sobre el mismo par, y mínima, cuando la relación se apoya en una sola.

Figura 8. Ambiental

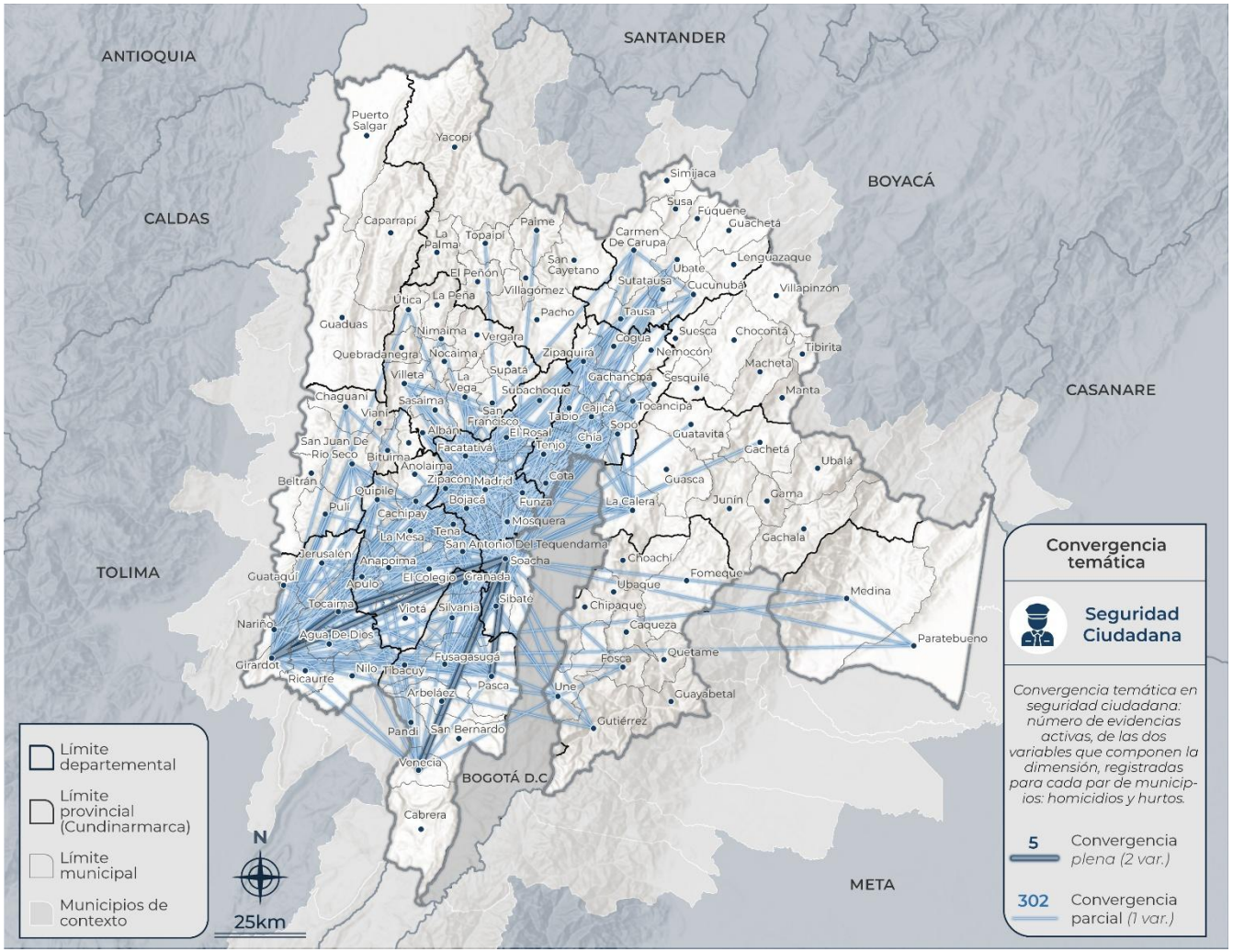


Fuente: IDOM, 2026

4.8.6 Seguridad Ciudadana

La dimensión de seguridad ciudadana integra dos variables, los homicidios y los hurtos. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando ambas coinciden sobre el mismo par, y mínima, cuando la relación se apoya en una sola.

Figura 9. Seguridad Ciudadana



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 36. Perfil funcional de la dimensión de Seguridad Ciudadana

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	307	4,6 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	312	3,7 %
Contribución efectiva al índice		4,9 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 2 variables *(plenitud)*	5	1,6 %
Mínima — 1 variable	302	98,4 %
Total de pares con vínculo	307	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La seguridad ciudadana presenta la cobertura territorial más restringida del sistema. Amplias zonas del departamento no registran vínculo alguno, entre ellas el noroccidente, buena parte del corredor de Ubaté hacia Villapinzón y el flanco nororiental, mientras las relaciones existentes se concentran en el occidente de La Sabana y en el eje que desciende hacia el suroccidente.

Girardot y Soacha aparecen como los focos de mayor concentración, con haces densos que se proyectan sobre el Tequendama y el alto Magdalena. La coincidencia de ambas variables se limita a cinco pares, lo que indica que homicidios y hurtos siguen patrones territoriales diferenciados y rara vez se superponen sobre las mismas relaciones.

La configuración observada sugiere una asociación con los ejes de mayor circulación y concentración urbana antes que con la contigüidad territorial. Dado el volumen de evidencia disponible, esta lectura debe entenderse como indicativa y su alcance conviene mantenerlo acotado dentro del conjunto del análisis.

Advertencia de lectura

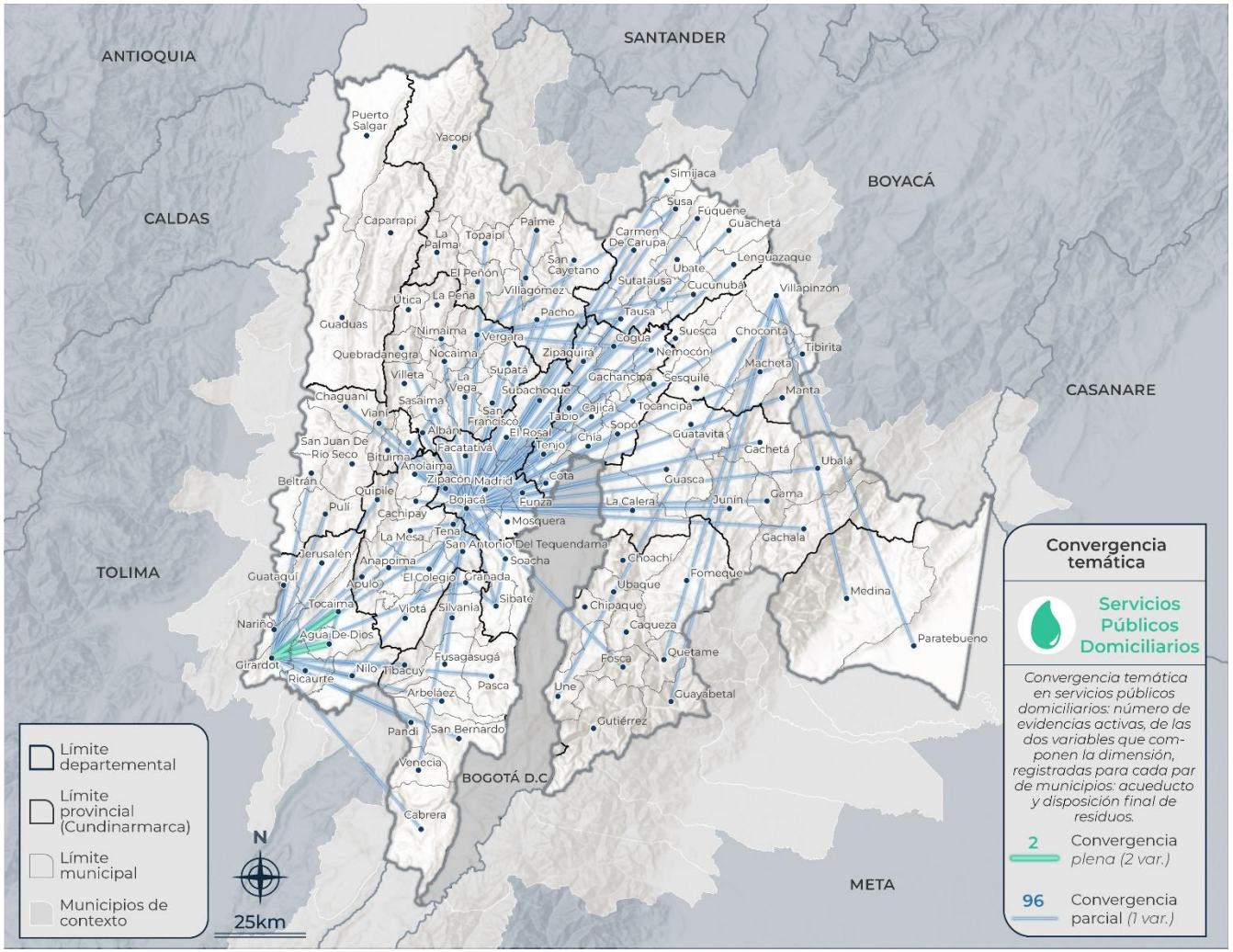
Esta dimensión requiere una interpretación más prudente que las restantes. Su densidad es la más baja del conjunto, con 312 vínculos activos y solo cinco pares de convergencia plena, de modo que los patrones observados descansan sobre una base empírica reducida y no admiten conclusiones equivalentes a las de las dimensiones más densas.

A ello se suma la naturaleza de las variables. Los registros de homicidios y hurtos reflejan tanto la ocurrencia de los hechos como la capacidad institucional de registro y la propensión a la denuncia, factores que varían entre municipios y pueden generar diferencias no atribuibles al fenómeno. Los vínculos identifican semejanzas en los patrones registrados, no relaciones causales ni flujos entre territorios.

4.8.7 Servicios Públicos Domiciliarios

La dimensión de servicios públicos domiciliarios integra dos variables, el acueducto y la gestión de residuos. El mapa clasifica los pares con vínculo activo según el número de variables en que sostienen interdependencia, distinguiendo entre convergencia plena, cuando ambos servicios coinciden sobre el mismo par, y mínima, cuando la relación se apoya en uno solo.

Figura 10. Servicios Públicos Domiciliarios



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la dimensión

Tabla 37. Perfil funcional de la dimensión

Posición en el sistema		
Densidad (pares activos sobre 6.670)	98	1,5 %
Peso temático (evidencias sobre 8.458)	100	1,2 %
Contribución efectiva al índice		1,6 %
Convergencia temática	**Pares**	**Peso en la dimensión**
Plena — 2 variables *(plenitud)*	2	2,0 %
Mínima — 1 variable	96	98,0 %
Total de pares con vínculo	98	100 %

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Los servicios públicos domiciliarios muestran la trama más tenue del sistema. Grandes extensiones del departamento no registran vínculo alguno, y las relaciones existentes se organizan en haces radiales que convergen sobre dos focos, el entorno de Madrid y Bojacá en el occidente de La Sabana y Girardot en el suroccidente, único ámbito donde aparece la convergencia plena. Ese patrón resulta coherente con la lógica sectorial. La prestación de acueducto y aseo se estructura mediante esquemas regionales de alcance acotado, de modo que la interdependencia solo emerge donde existe operador compartido o infraestructura común, situación que en el departamento se limita a un número muy reducido de casos.

La lectura de conjunto sugiere que la gestión de estos servicios permanece mayoritariamente municipalizada, sin que la evidencia disponible permita identificar esquemas supramunicipales consolidados más allá de los dos focos señalados. Dado el volumen de información, esta caracterización debe entenderse como indicativa y su alcance conviene mantenerlo acotado dentro del análisis general.

Advertencia de lectura

Esta dimensión exige la interpretación más prudente del conjunto. Con 100 vínculos activos sobre 8.458 y solo dos pares de convergencia plena, su base empírica es la más reducida del estudio y no permite sustentar conclusiones de alcance comparable a las de las dimensiones densas. Al bajo volumen se añade la naturaleza de las variables. Acueducto y gestión de residuos se organizan mediante esquemas de prestación cuya cobertura documental resulta desigual entre municipios, de modo que la ausencia de vínculo puede reflejar tanto la inexistencia de relación funcional como la falta de registro disponible. Los vínculos identificados señalan coincidencias en los esquemas de prestación, no flujos ni dependencias verificadas.

4.8.8 Síntesis de la lectura territorial temática

Tabla 38. Estructura de la red por dimensión temática

Dimensión	Variables	Pares activos	Densidad	Pares plenos	Plenos sobre activos
Movilidad	3	3.673	55,1 %	394	10,7 %
Desarrollo económico	3	978	14,7 %	2	0,2 %
Seguridad alimentaria	2	519	7,8 %	36	6,9 %
Ambiental	2	484	7,3 %	24	5,0 %
Equipamientos sociales y del hábitat	2	445	6,7 %	94	21,1 %
Seguridad ciudadana	2	307	4,6 %	5	1,6 %
Servicios públicos domiciliarios	2	98	1,5 %	2	2,0 %
Total	**16**			**557**	

Fuente: IDOM, 2026

La desagregación confirma que cada dimensión describe una geografía propia y que ninguna reproduce la del índice agregado. La movilidad opera como la infraestructura relacional del sistema, define qué relaciones son posibles, pero solo alcanza plenitud en el núcleo sabanero y su prolongación hacia Girardot. El desarrollo económico vincula ampliamente e integra poco, propio de un territorio de especializaciones que rara vez coinciden. Los equipamientos sociales muestran el patrón inverso, con la mayor plenitud del sistema organizada en torno a pocas cabeceras de servicio.

Las dimensiones de menor peso aportan información de otra naturaleza. La seguridad alimentaria revela la estructura logística del abastecimiento, la ambiental responde a cuencas y continuidades ecológicas ajenas a la jerarquía urbana, y la seguridad ciudadana y los servicios públicos conservan un alcance indicativo por su reducida base empírica.

El territorio no se organiza según un patrón único sino por la superposición de estructuras funcionales diferenciadas. La Sabana y su extensión hacia Girardot concentran la plenitud allí donde coinciden accesibilidad, mercado laboral y servicios, mientras las demás dimensiones dibujan geografías que ese corredor no captura. La lectura temática es así el contrapunto de la agregada, donde el índice resume la multidimensionalidad, la desagregación restituye las lógicas que la sostienen.

4.9 CUARTO NIVEL DE LECTURA. LA COMPOSICIÓN POR VARIABLE

El cuarto nivel desciende a las dieciséis variables que componen el índice y examina cada una por separado. Donde el tercer nivel agrupaba las variables en dimensiones y medía su convergencia, este las aísla y muestra, variable por variable, entre qué municipios existe interdependencia funcional significativa.

La lectura de cada variable es directa. Un par de municipios tiene el vínculo o no lo tiene, sin grados intermedios, de modo que el mapa representa simplemente los pares activos de esa forma específica de interacción. Lo relevante no es entonces cuántas variables coinciden, sino dónde se localiza esa relación concreta y sobre qué municipios se organiza.

Cada variable se lee mediante dos propiedades, la densidad y la focalización, que sustituyen a la convergencia del nivel anterior porque una sola variable no admite coincidencia interna, únicamente presencia o ausencia del vínculo.

Densidad

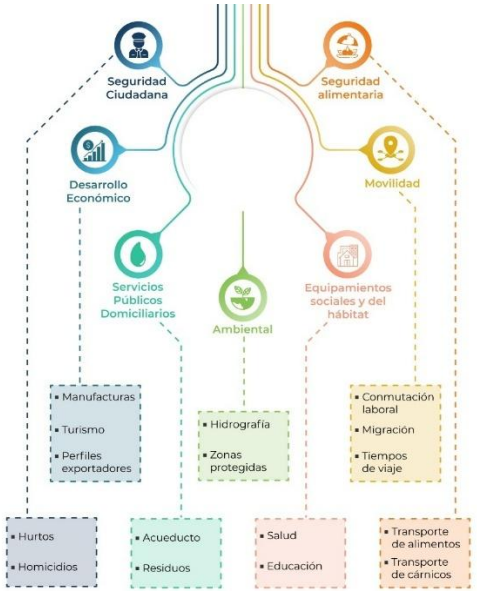
Proporción de pares con vínculo activo en la variable, sobre los 6.670 pares posibles. Expresa cuán extendida está esa forma de interacción en el conjunto del departamento. Una densidad alta indica una relación frecuente entre municipios, una baja la reserva a unos pocos casos.

Focalización

Grado en que los pares activos de la variable convergen sobre un número reducido de municipios nodo. Una variable focalizada organiza sus vínculos alrededor de uno o pocos centros, como los residuos sobre Bojacá o el abastecimiento sobre Mosquera, mientras una variable dispersa reparte sus relaciones por el territorio sin foco definido, como ocurre en la hidrología.

Por qué se distinguen. La densidad dice cuán extendida está la variable en el territorio, la focalización dice si sus vínculos convergen sobre unos pocos municipios o se reparten de forma dispersa. Dos variables con la misma densidad pueden dibujar geografías opuestas, una organizada en torno a un nodo y otra distribuida por contigüidad.

Figura 11. Composición por variable

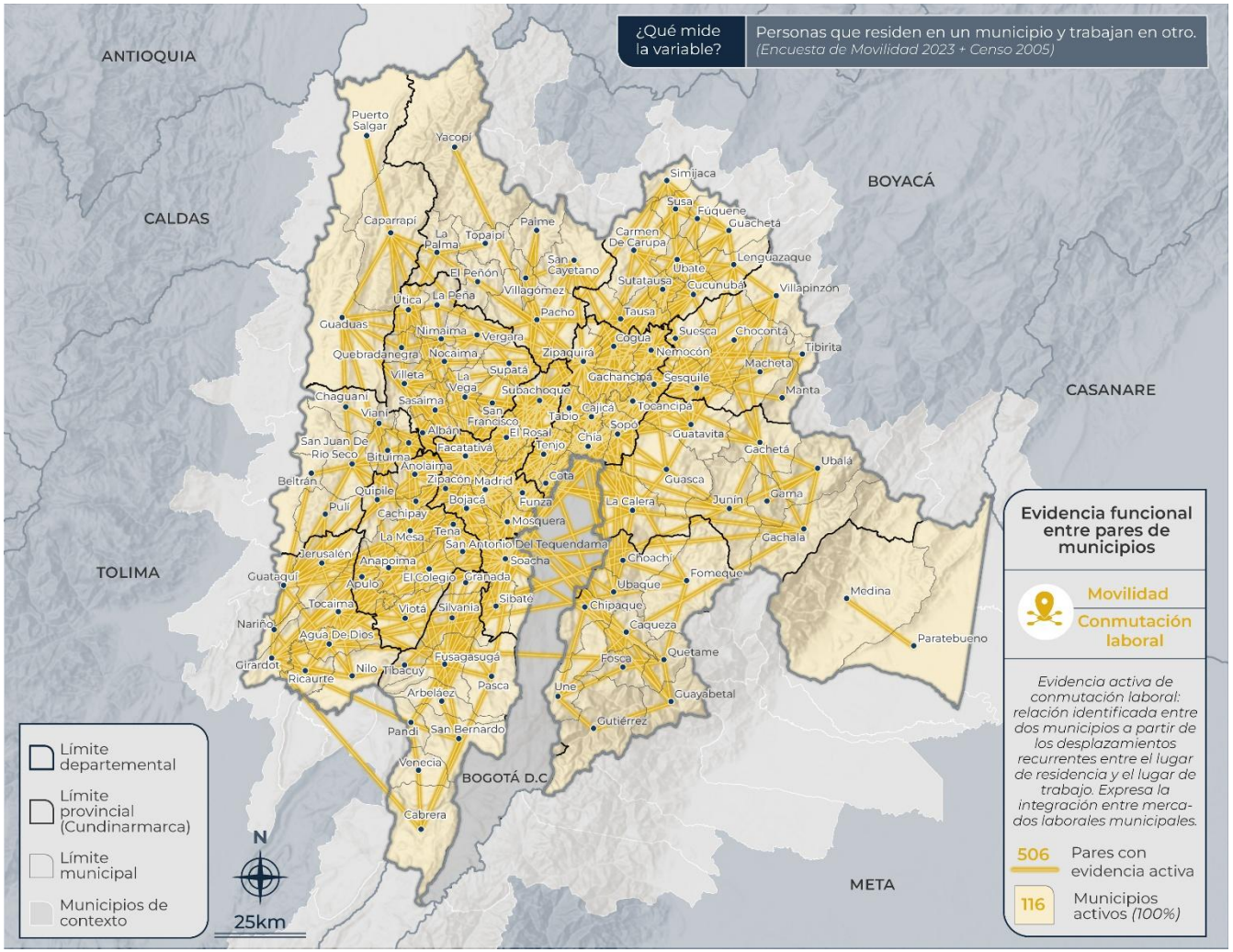


Fuente: IDOM, 2026

4.9.1 Conmutación laboral

El mapa registra los pares de municipios entre los que existe interdependencia significativa en los desplazamientos diarios por motivo de trabajo, relativizada por la población ocupada del par. Cada trazo indica un vínculo activo de mercado laboral compartido.

Figura 12. Conmutación laboral



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 39. Perfil funcional de la variable de Conmutación laboral

Densidad (pares activos sobre 6.670)	506	7,6 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	506	6,0 %
Municipios activos	116	100 %
Patrón territorial	Radial, centrado en La Sabana	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La conmutación laboral es la variable menos extendida de la movilidad y la que con mayor nitidez dibuja el mercado de trabajo del departamento.

Sus vínculos se concentran en el occidente de La Sabana y su entorno metropolitano, donde la continuidad urbana entre Mosquera, Funza, Madrid, Facatativá y el eje norte hacia Cajicá, Chía y Zipaquirá sostiene desplazamientos diarios densos y recíprocos. Fuera de ese núcleo las relaciones se vuelven radiales y escasas, y convergen hacia las cabeceras subregionales sin tejer tramas locales.

Su baja densidad merece lectura prudente. Junto con la migración, es una de las dos variables construidas sobre una fuente estructurada en función del vínculo con la capital, de modo que su señal estrictamente intermunicipal resulta comparativamente débil.

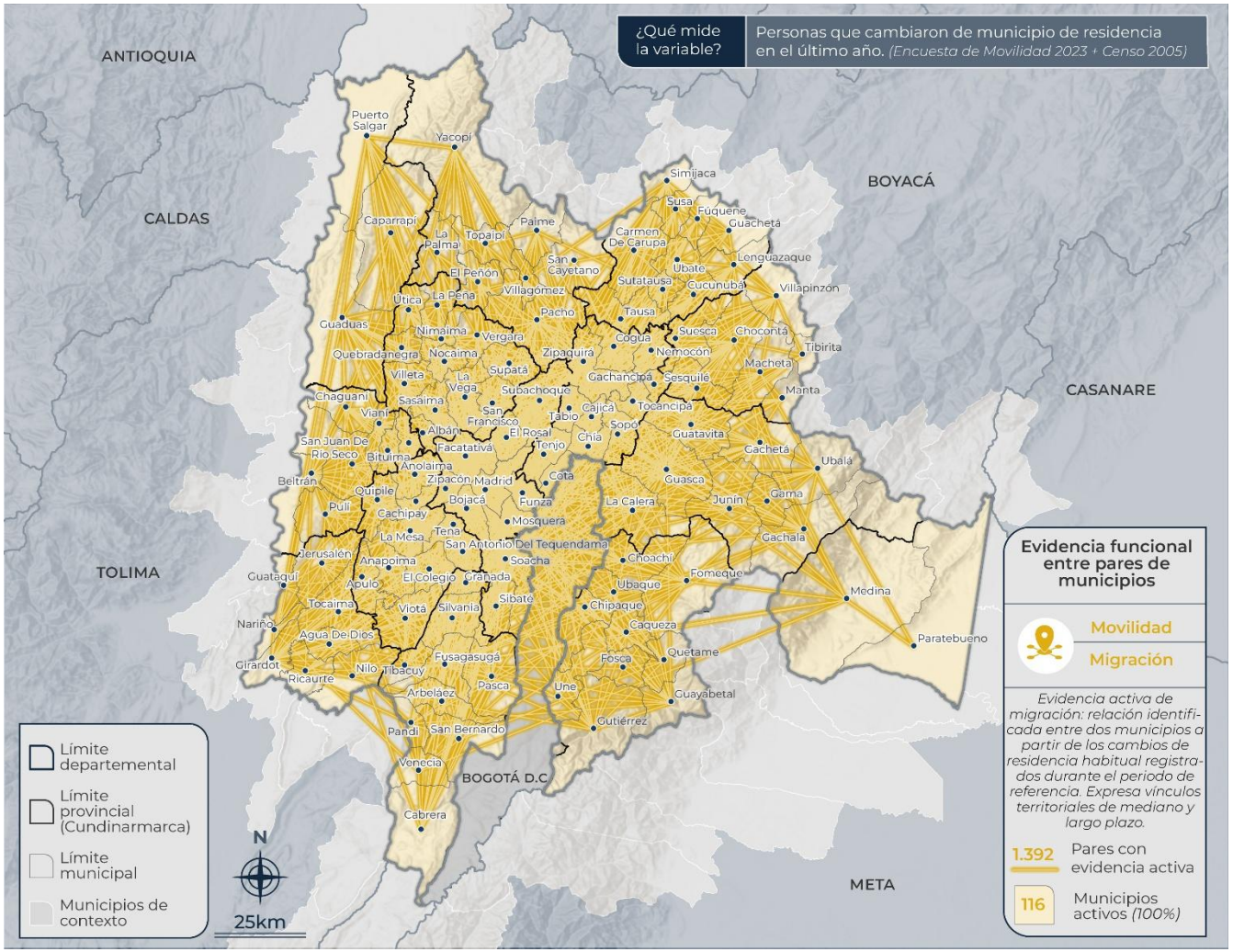
La escasez de vínculos en las provincias periféricas puede reflejar por tanto una integración laboral efectivamente menor o una cobertura desigual del registro.

Con esa reserva, la variable confirma que el mercado de trabajo integrado del departamento se limita al corazón de La Sabana y no se extiende al conjunto del territorio.

4.9.2 Migración

El mapa representa los vínculos derivados de los cambios de residencia entre municipios, relativizados por su población. Expresa las relaciones de poblamiento de mediano y largo plazo, más estables que el desplazamiento cotidiano.

Figura 13. Migración



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 40. Perfil funcional de la variable de Migración

Densidad (pares activos sobre 6.670)	1.392	20,9 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	1.392	16,5 %
Municipios activos	116	100 %
Patrón territorial	Amplio, con núcleo sabanero denso	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La migración expresa los vínculos de residencia de mediano y largo plazo y conserva una densidad apreciable mucho más allá del núcleo metropolitano.

Su trama es a la vez amplia y jerarquizada: se densifica en La Sabana, donde el intercambio residencial entre municipios contiguos es intenso y recíproco, y se prolonga en haces largos hacia las provincias del occidente, el nororiente y el sur, señal de que los cambios de residencia tejen relaciones que la conmutación diaria no alcanza a sostener.

La lectura territorial revela una geografía distinta de la del empleo. Mientras la conmutación se restringe al centro, la migración enlaza el sistema en su conjunto, e incorpora corredores hacia Ubaté y Chocontá en el norte, Villeta y La Vega en el occidente y Fusagasugá en el sur.

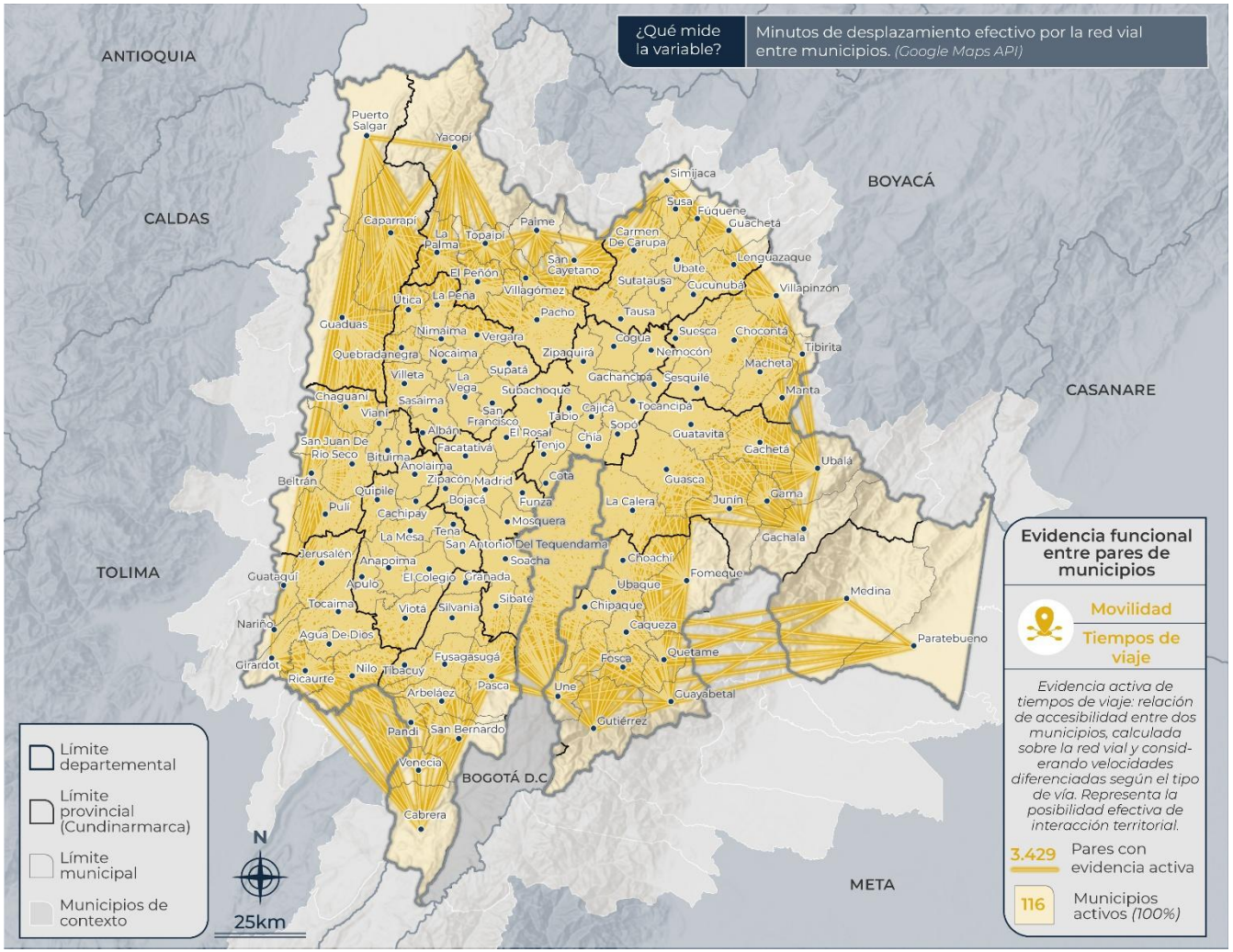
Aunque comparte con la conmutación el origen de una fuente estructurada hacia la capital, el efecto de la exclusión de Bogotá sobre esta variable es moderado y conserva densidad intermunicipal, lo que hace su lectura más robusta.

Es la variable que mejor describe cómo el poblamiento del departamento se organiza alrededor de La Sabana sin quedar confinado a ella, y la que aporta la mayor parte de la densidad relacional de la movilidad después de la accesibilidad.

4.9.3 Tiempos de viaje

El mapa recoge los pares con accesibilidad recíproca significativa, estimada por fricción distancia tiempo sobre la red vial. Es la variable de mayor densidad del estudio y la base física sobre la que se apoyan las demás relaciones.

Figura 14.Tiempos de viaje



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 41. Perfil funcional de la variable de Tiempos de Viaje

Densidad (pares activos sobre 6.670)	3.429	51,4 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	3.429	40,5 %
Municipios activos	116	100 %
Patrón territorial	Contiguo, calcado de la red vial	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Los tiempos de viaje son la variable más densa del estudio y la única que se aproxima a cubrir el territorio en su totalidad, con vínculo activo en más de la mitad de los pares posibles.

Su geografía no responde a mercados ni a funciones sino a la red vial: los vínculos se organizan por contigüidad, encadenan municipios accesibles entre sí y reproducen con fidelidad la estructura de carreteras del departamento. Los conjuntos densos del oriente en torno a Gachetá, Gama y Gachalá, del piedemonte hacia Une, Quetame y Guayabetal, y las conexiones que alcanzan Medina y Paratebueno, muestran que incluso los ámbitos más aislados quedan integrados por accesibilidad allí donde existe vía.

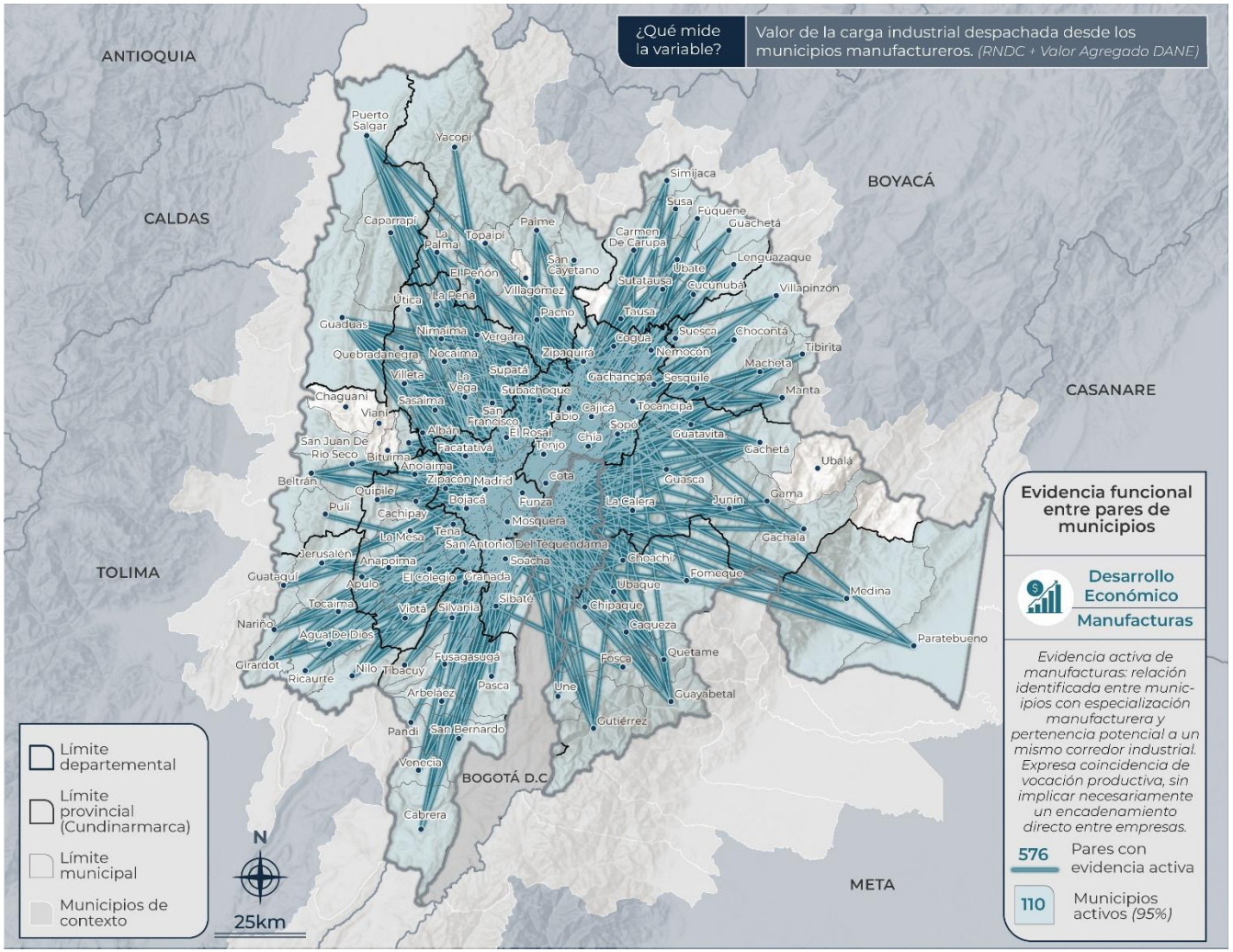
Su peso obliga a una lectura cuidadosa, aunque de naturaleza distinta a la de las otras dos variables. Esta no arrastra el sesgo de cobertura hacia la capital, sino que su cautela proviene de su magnitud: al aportar el 40,5 % de todas las evidencias del sistema, opera como condición de posibilidad de las demás formas de interacción antes que como una interdependencia funcional en sí misma, ya que la mayor parte de los pares que comparten cualquier otra variable comparten también accesibilidad.

Por eso su densidad no describe la estructura del territorio sino el soporte físico sobre el que esa estructura se organiza, constatación que motivó el esquema de ponderación por dimensión y no la exclusión de la variable.

4.9.4 Manufacturas

El mapa muestra los pares con interdependencia en la actividad manufacturera, medida por semejanza de la composición sectorial del tejido industrial. Vincula municipios por afinidad de perfil productivo.

Figura 15. Manufacturas



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 42. Perfil funcional de la variable de Manufacturas

Densidad (pares activos sobre 6.670)	576	8,6 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	576	6,8 %
Municipios activos	110	95 %
Patrón territorial	Radial denso, núcleo industrial sabanero	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Las manufacturas son la variable más densa del desarrollo económico y la que dibuja con mayor fuerza la centralidad industrial del departamento.

Su trama forma una estrella radial de gran intensidad cuyo corazón se sitúa en el corredor Cota, Funza, Mosquera y Madrid, desde donde los vínculos se proyectan hacia prácticamente todos los municipios, incluidos los más distantes del oriente y el noroccidente.

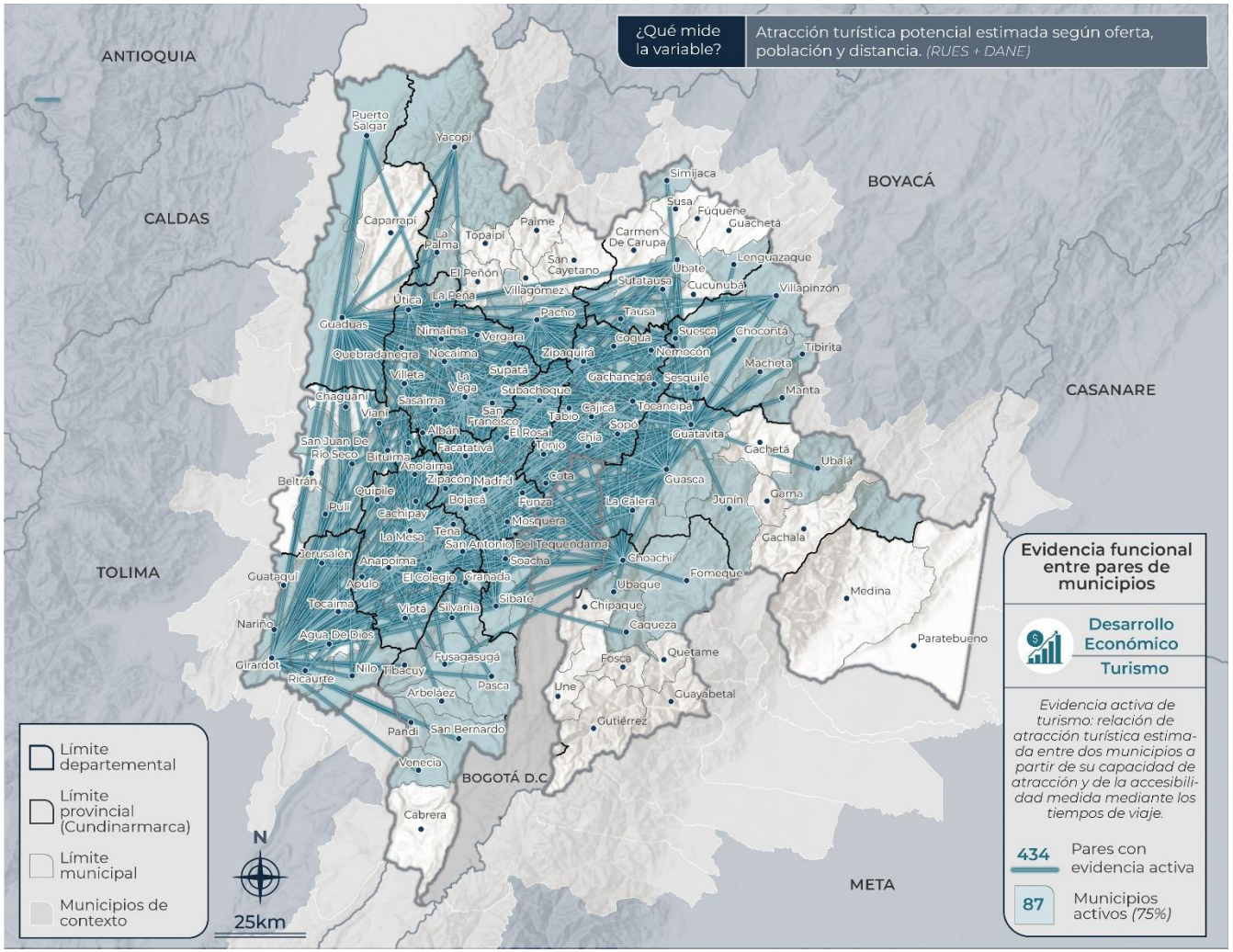
Esa configuración, construida sobre la semejanza de la composición sectorial del tejido industrial, indica que la actividad manufacturera se organiza por afinidad de perfil productivo antes que por contigüidad, de modo que municipios alejados entre sí comparten vínculo por parecerse en su base industrial y no por vecindad.

La variable identifica así el núcleo fabril de La Sabana occidental como el referente estructurante de la manufactura departamental, con una capacidad de vinculación que desborda por completo la geografía de la proximidad.

4.9.5 Turismo

El mapa representa las relaciones de atracción turística entre municipios, estimadas mediante modelo gravitacional. Traza los corredores de origen y destino de la actividad recreativa.

Figura 16. Turismo



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 43. Perfil funcional de la variable de Turismo

Densidad (pares activos sobre 6.670)	434	6,5 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	434	5,1 %
Municipios activos	87	75 %
Patrón territorial	Amplio, corredores de atracción	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

El turismo despliega una de las tramas más extensas y a la vez más difusas del sistema.

Estimado mediante modelo gravitacional de atracción, vincula tres cuartas partes de los municipios en una malla que enlaza los ámbitos de clima cálido y valor paisajístico, con densidades notables en el occidente hacia Villeta, La Vega y Guaduas, en el suroccidente hacia Girardot, Anapoima y La Mesa, y en el norte hacia el eje Nemocón, Zipaquirá y el entorno de Guatavita.

A diferencia de las variables logísticas, no converge sobre un único nodo, sino que organiza corredores de atracción de origen y destino que reflejan la relación entre los centros emisores del área metropolitana y los destinos de recreación del departamento.

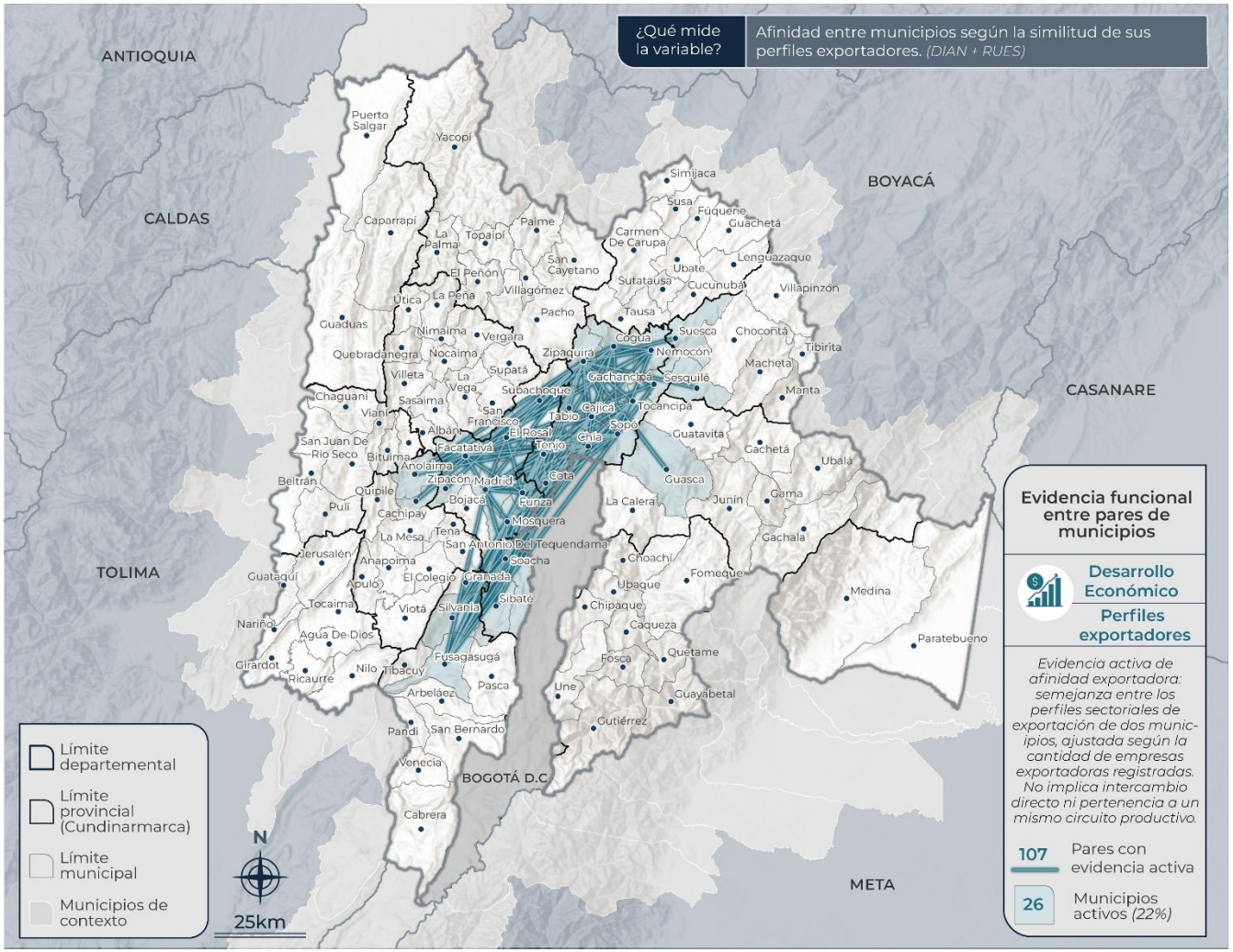
La variable revela la geografía del ocio regional, una estructura amplia y policéntrica que conecta la demanda del corazón sabanero con las periferias de vocación turística.

.

4.9.6 Perfiles exportadores

El mapa registra los vínculos de semejanza en la estructura exportadora, medida sobre la composición sectorial del registro empresarial y ajustada por confiabilidad. Identifica los municipios con base exportadora comparable.

Figura 17. Perfiles exportadores



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 44. Perfil funcional de la variable de Perfiles exportadores

Densidad (pares activos sobre 6.670)	107	1,6 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	107	1,2 %
Municipios activos	26	22 %
Patrón territorial	Focalizado, norte de La Sabana	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La afinidad de perfiles exportadores es la variable económica más selectiva y la que con mayor precisión localiza el aparato exportador del departamento. Interviene en apenas una quinta parte de los municipios y concentra sus vínculos en un núcleo compacto del norte de La Sabana, en torno a Cajicá, Chía, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Nemocón y Cogua, con una prolongación hacia el occidente por Funza, Madrid y Mosquera.

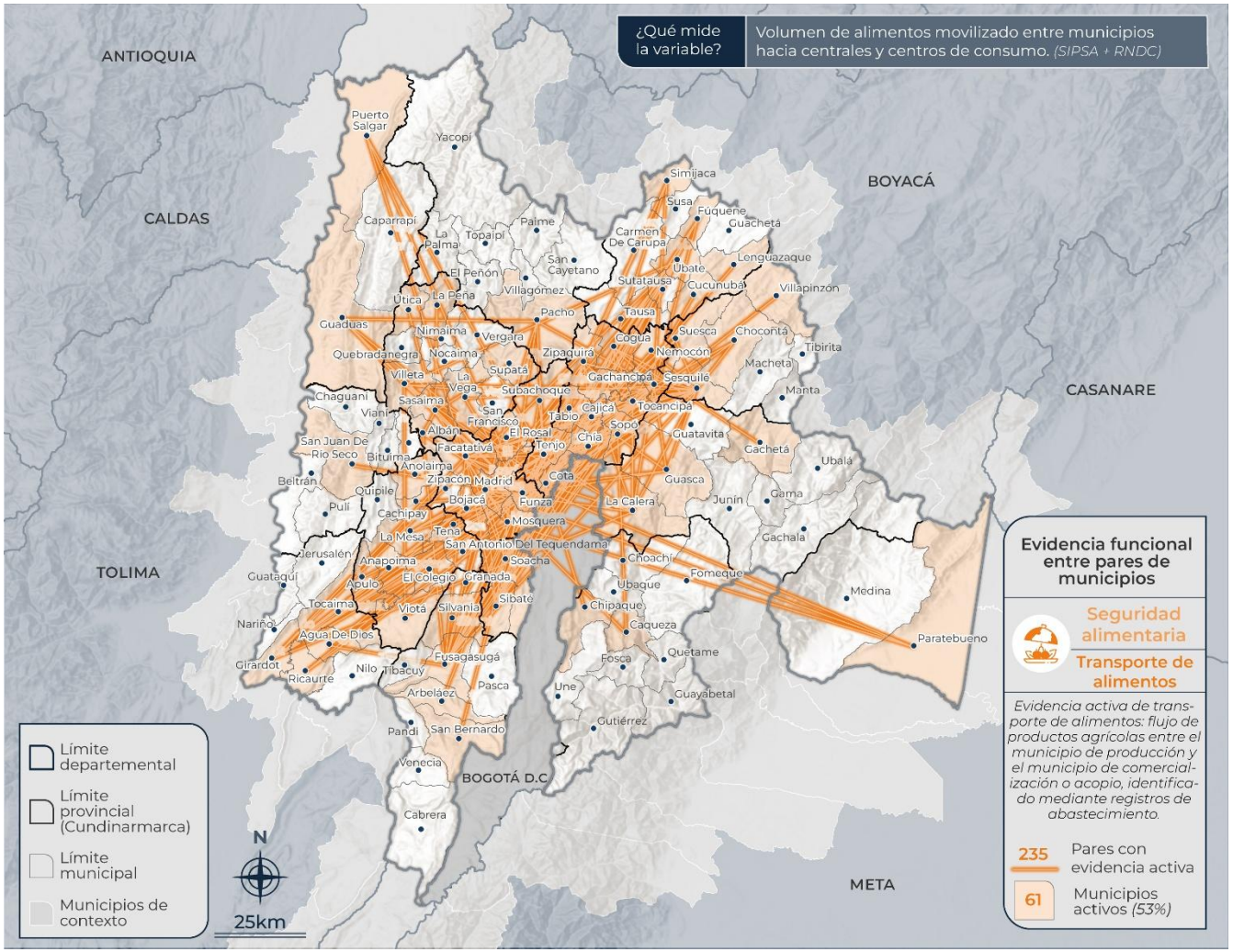
Ajustada por confiabilidad para moderar las semejanzas sustentadas en pocos registros empresariales, la variable retrata un club exportador restringido cuya composición sectorial es lo bastante parecida como para generar interdependencia.

Su lectura territorial es contundente: la proyección internacional del departamento no está distribuida, sino confinada a un anillo industrial y agroindustrial del norte metropolitano que concentra la base empresarial de mayor sofisticación.

4.9.7 Transporte de alimentos

El mapa representa la interdependencia en el abastecimiento alimentario, construida por combinación de fuentes de acopio y distribución. Traza las relaciones de la cadena de suministro entre municipios.

Figura 18. Transporte de alimentos



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 45. Perfil funcional de la variable de Transporte de alimentos

Densidad (pares activos sobre 6.670)	235	3,5 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	235	2,8 %
Municipios activos	61	53 %
Patrón territorial	Radial, centrado en Mosquera	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

El transporte de alimentos es la más focalizada de las variables logísticas. Interviene en poco más de la mitad de los municipios, pero sus vínculos convergen con nitidez sobre el occidente de La Sabana, donde Mosquera opera como el gran centro de acopio y redistribución del abastecimiento departamental.

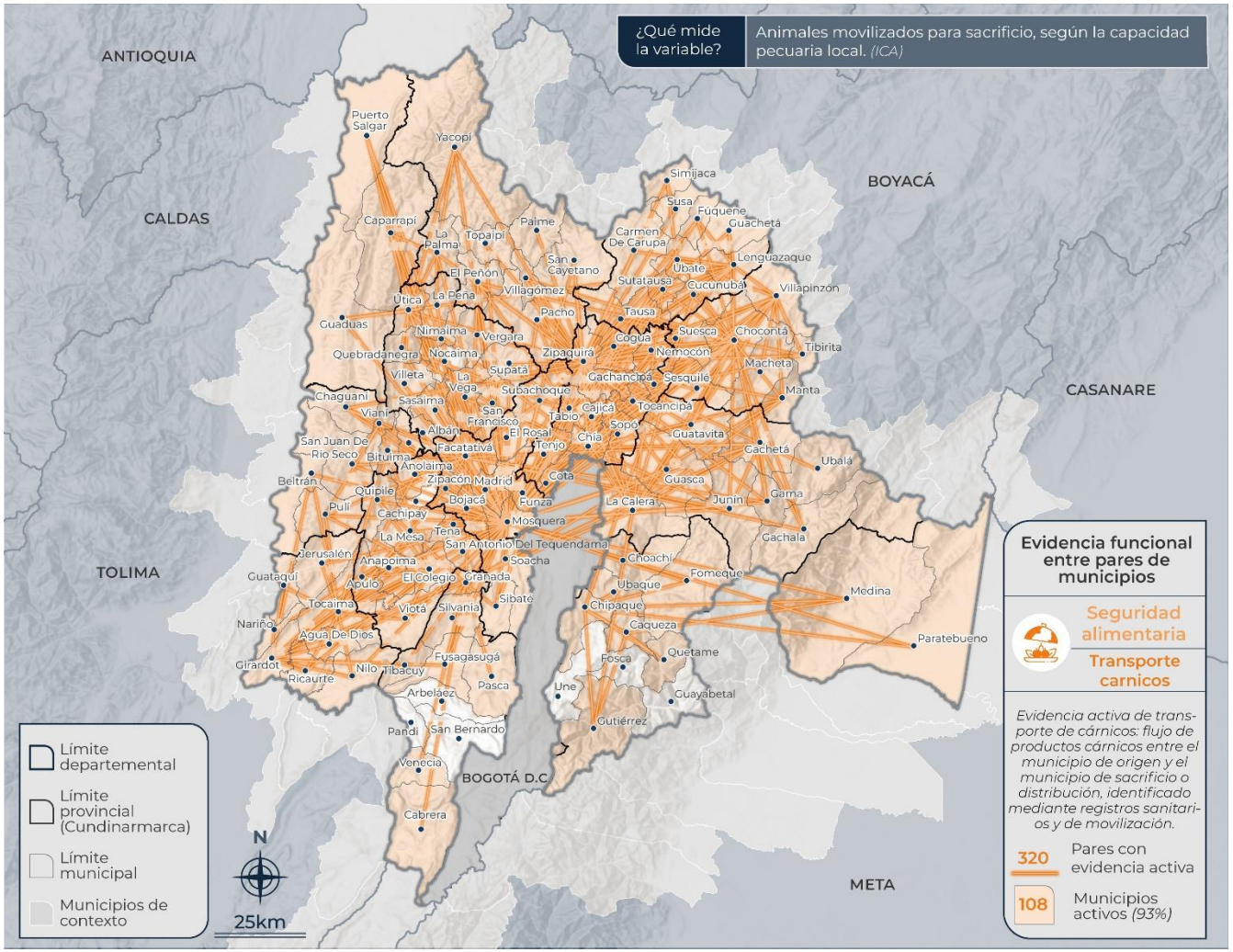
Desde ese núcleo los ejes se proyectan en abanico hacia el norte por Funza, Cajicá y Zipaquirá hasta Ubaté, y hacia el suroccidente por Soacha y Girardot, mientras trayectos largos alcanzan Puerto Salgar, Medina y Paratebueno sin municipios intermedios.

La lectura es la de un sistema de acopio con centro definido: el abastecimiento alimentario no se organiza como red distribuida sino como una estructura polarizada donde la mayoría de los territorios depende del paso por unos pocos enclaves. Su alcance restringido no expresa debilidad sino la naturaleza concentrada de la infraestructura de carga.

4.9.8 Transporte de cárnicos

El mapa recoge los vínculos de la cadena de productos cárnicos, obtenidos de flujo directo origen destino. Representa una red logística específica, distinta de la del abastecimiento general.

Figura 19. Transporte de cárnicos



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 46. Perfil funcional de la variable de Transporte de cárnicos

Densidad (pares activos sobre 6.670)	320	4,8 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	320	3,8 %
Municipios activos	108	93 %
Patrón territorial	Extenso, malla intermunicipal	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

El transporte de cárnicos presenta el patrón opuesto al de los alimentos, y ese contraste es el hallazgo.

Con vínculo activo en casi la totalidad de los municipios, teje una malla amplia y ramificada que cubre el departamento de extremo a extremo, incluidos el oriente hacia Medina y Paratebueno, el norte hacia Ubaté y Simijaca y el occidente hacia Yacopí y Puerto Salgar.

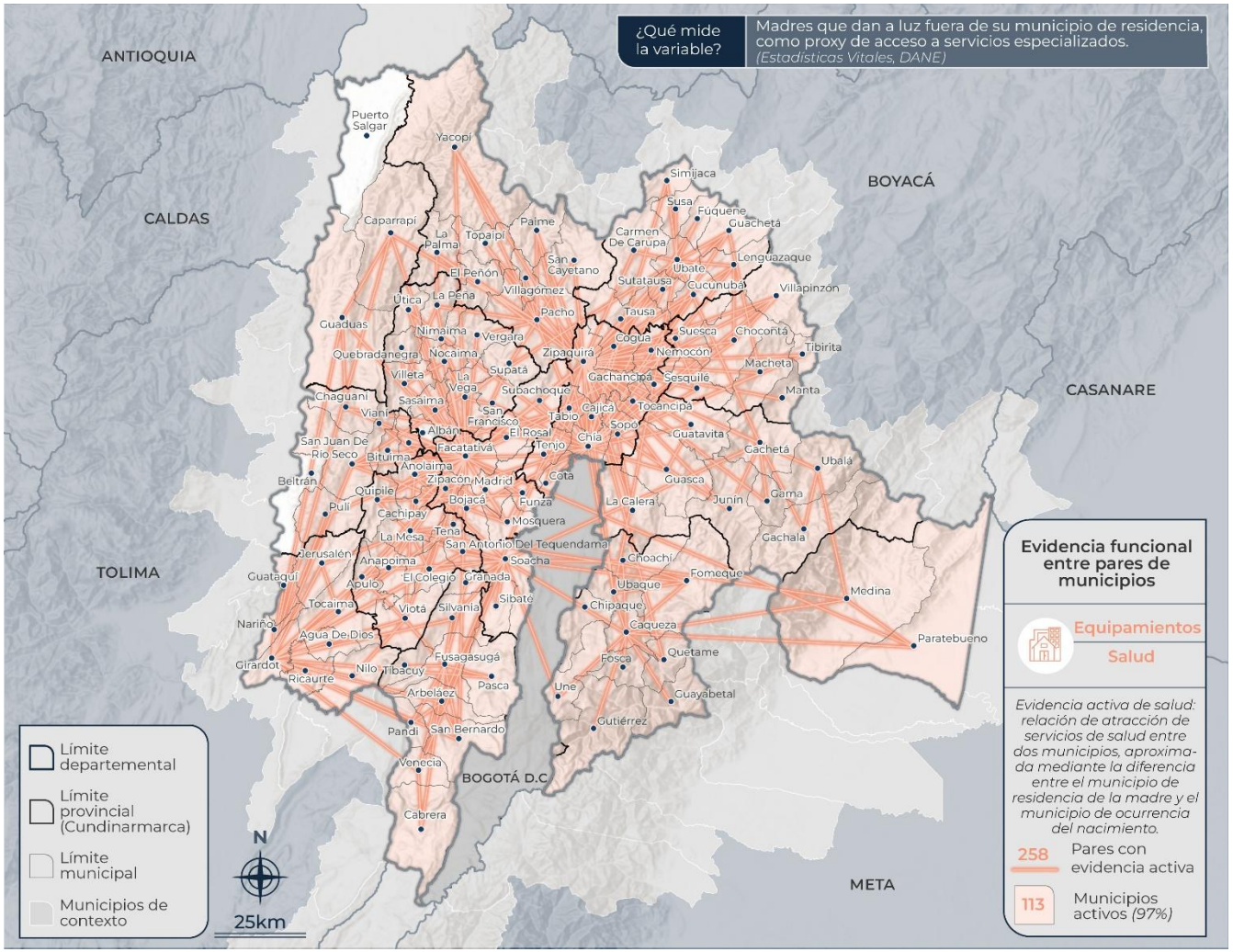
La cadena cárnica no depende de un único centro de acopio, sino que enlaza numerosos nodos de sacrificio, distribución y consumo, lo que produce una geografía mucho más distribuida que la del abastecimiento general.

La comparación entre ambas variables de la dimensión revela así dos infraestructuras alimentarias de lógica distinta, una concentrada sobre Mosquera y otra desplegada por el conjunto del territorio, y explica por qué su coincidencia sobre un mismo par resulta infrecuente.

4.9.9 Salud

El mapa muestra los vínculos de acceso a servicios de salud, obtenidos del registro de atenciones entre municipio de origen y de destino. Cada trazo señala una relación de dependencia hacia la oferta asistencial de otro municipio.

Figura 20. Salud



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 47. Perfil funcional de la variable de Salud

Densidad (pares activos sobre 6.670)	258	3,9 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	258	3,1 %
Municipios activos	113	97 %
Patrón territorial	Jerárquico, cabeceras hospitalarias	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La salud es la variable de cobertura territorial casi universal y, a la vez, la más jerarquizada del sistema.

Prácticamente ningún municipio queda al margen, pero sus vínculos no se reparten de forma horizontal, sino que ascienden hacia un puñado de cabeceras que concentran la oferta de mayor complejidad.

Girardot organiza el suroccidente, Fusagasugá el Sumapaz, Zipaquirá y Chía el norte de La Sabana, y Facatativá el occidente, cada uno recogiendo los flujos de atención de sus provincias circundantes.

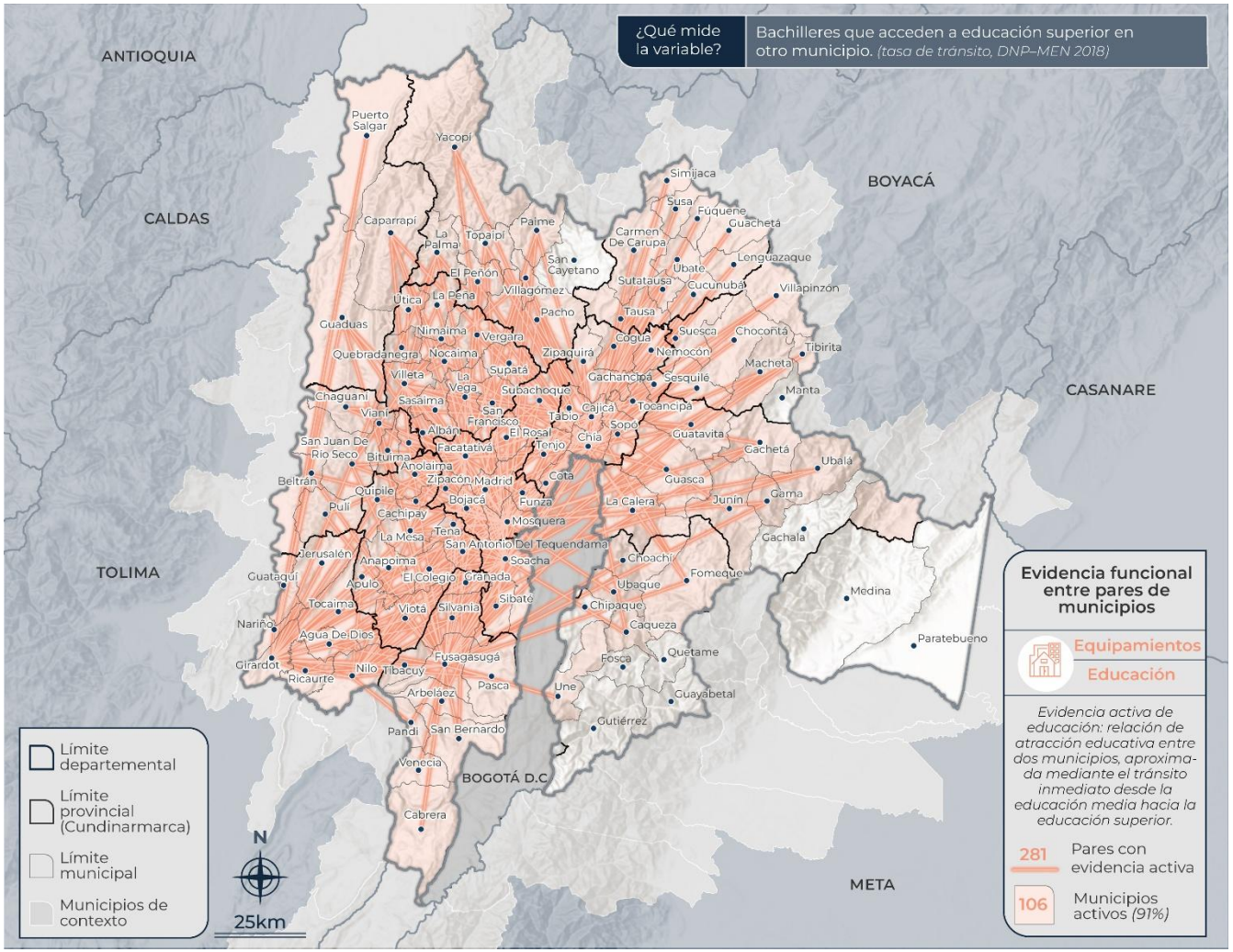
La geografía que dibuja no es la de la proximidad sino la de la escala asistencial: los municipios rurales se enlazan con el centro que resuelve lo que su propia red no cubre.

La variable revela así la estructura real del acceso a la salud, una malla de dependencias hacia los nodos hospitalarios que trasciende los límites provinciales y ordena el territorio por niveles de servicio.

4.9.10 Educación

El mapa registra los vínculos de acceso a la oferta educativa, relativizados por los egresados de educación media del municipio de origen. Refleja el desplazamiento hacia los centros de formación técnica y superior.

Figura 21. Educación



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 48. Perfil funcional de la variable de Educación

Densidad (pares activos sobre 6.670)	281	4,2 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	281	3,3 %
Municipios activos	106	91 %
Patrón territorial	Jerárquico, cabeceras educativas	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La educación reproduce la lógica de cabeceras de la salud, pero con haces más largos y una jerarquía más marcada.

Sus vínculos, relativizados por los egresados de educación media del municipio de origen, expresan el desplazamiento hacia los centros que concentran la oferta técnica y superior, y por eso alcanzan distancias que la atención cotidiana no recorre.

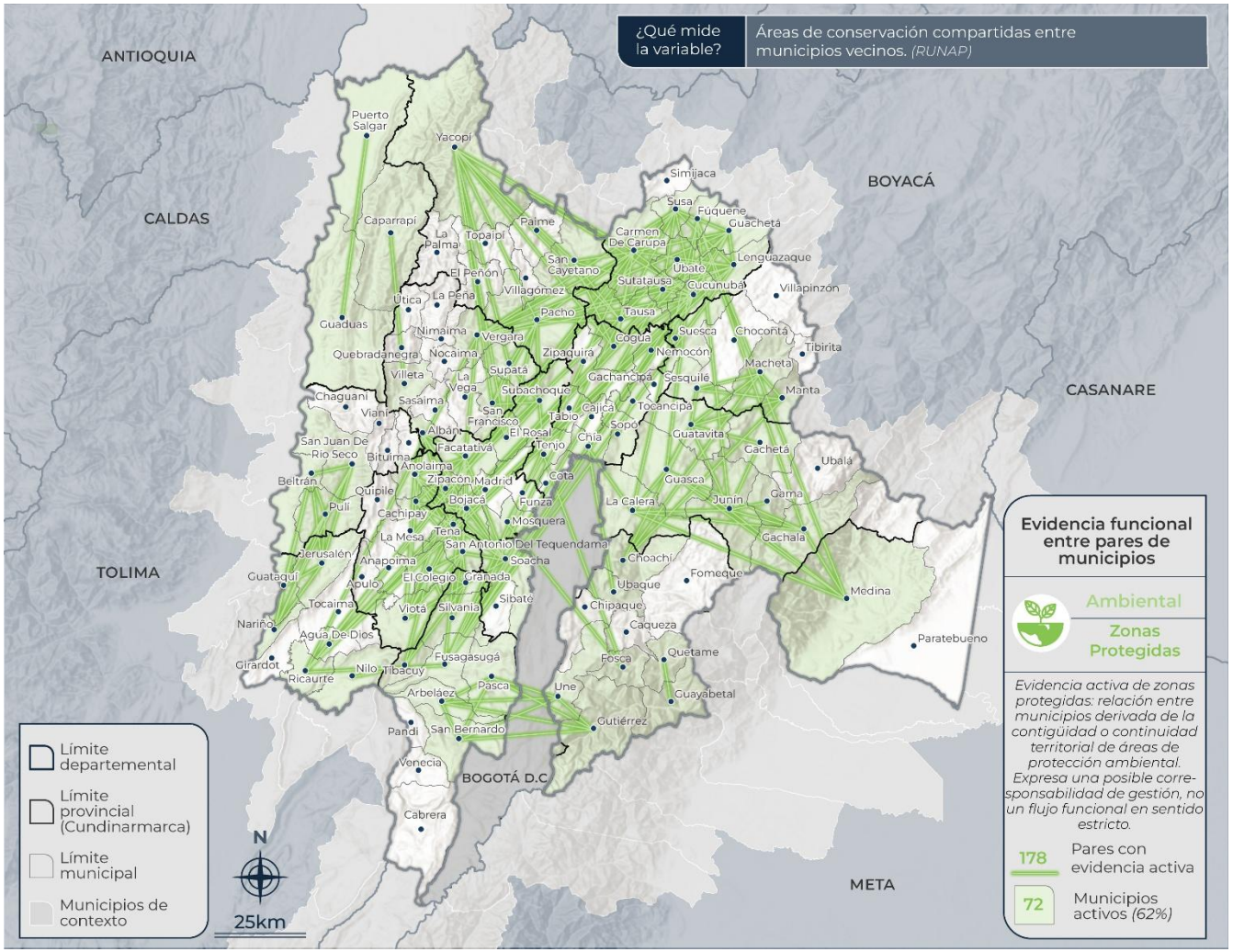
La trama se organiza alrededor de los mismos polos que estructuran los equipamientos, con Girardot, Fusagasugá, Zipaquirá, Chía y Facatativá como destinos dominantes, y prolonga sus radios hacia las provincias del norte, el occidente y el sur.

Lo relevante es que la formación posterior a la media redibuja el mapa de dependencias con mayor amplitud que cualquier otro servicio, señal de que la educación superior actúa como uno de los principales vectores de articulación entre la periferia rural y las centralidades del departamento.

4.9.11 Zonas protegidas

El mapa registra los vínculos de conservación ambiental, establecidos por contigüidad espacial de áreas protegidas. Conecta municipios que comparten un mismo continuo natural.

Figura 22. Zonas protegidas



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 49. Perfil funcional de la variable de Zonas protegidas

Densidad (pares activos sobre 6.670)	178	2,7 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	178	2,1 %
Municipios activos	72	62 %
Patrón territorial	Contiguo, corredores de conservación	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Las zonas protegidas conforman la variable cuyos vínculos responden con mayor pureza a la geografía física.

Establecida por contigüidad espacial de áreas protegidas, no converge sobre ningún nodo ni genera radios largos, sino que encadena municipios vecinos que comparten un mismo continuo de conservación, dibujando corredores en lugar de estrellas.

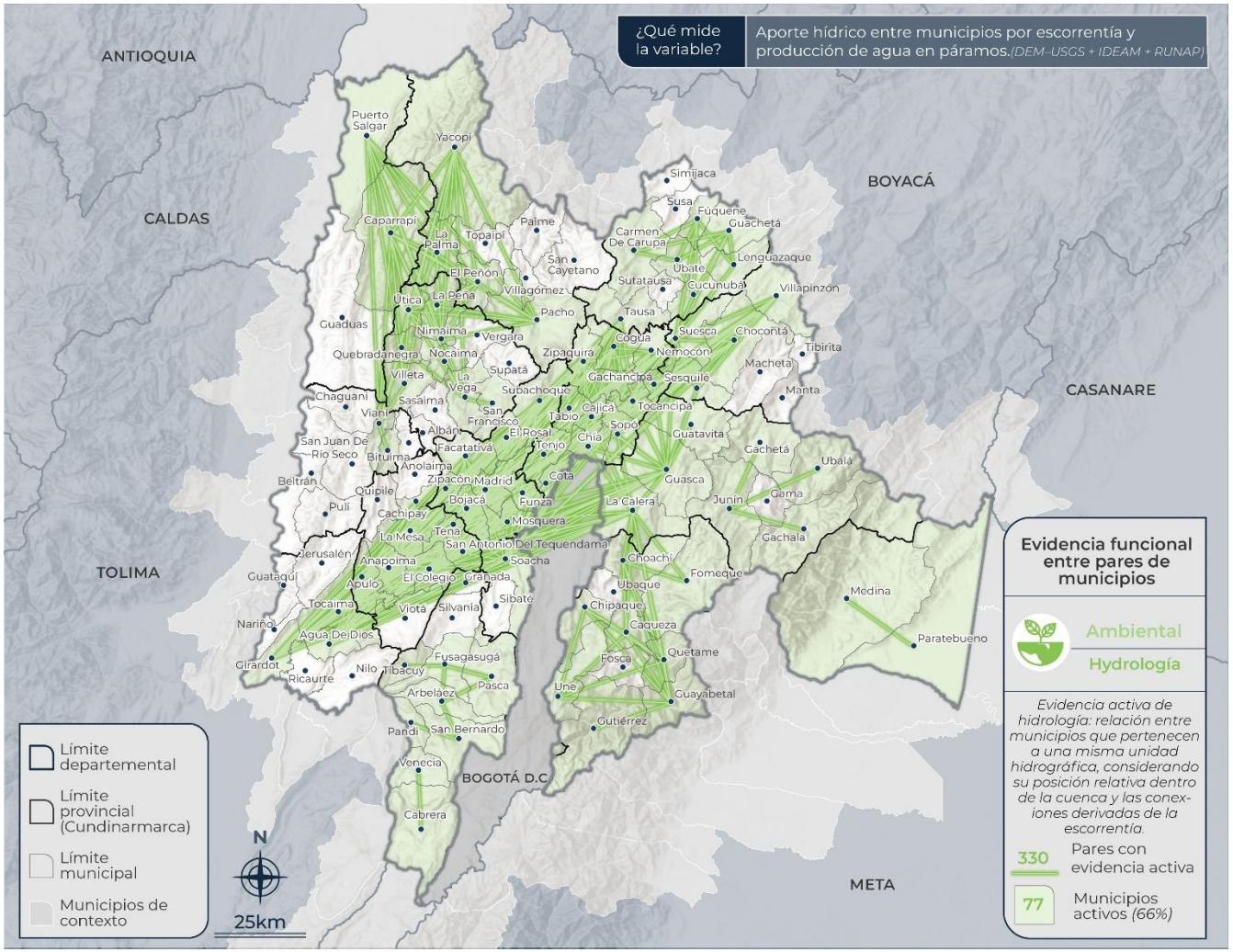
Su distribución recorre los sistemas naturales del departamento, el flanco oriental de Guasca, Guatavita, Junín, La Calera y Gachalá sobre el corredor de páramos, el sur en torno a Une, Chipaque, Fosca y Guayabetal, y el occidente por Yacopí, La Palma y el entorno de Villeta.

La interdependencia ambiental no admite distancia, exige compartir físicamente el mismo ecosistema, y por eso la variable revela una organización territorial regida por cuencas y continuidades ecológicas que no sigue la red vial ni la jerarquía urbana, sino la lógica propia del soporte natural sobre el que se asienta el departamento.

4.9.12 Hidrología

El mapa recoge la interdependencia en el ciclo del agua, establecida mediante modelo de escorrentía superficial y dirección de flujo. Encadena municipios situados sobre una misma cuenca.

Figura 23. Hidrología



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 50. Perfil funcional de la variable de Hidrología

Densidad (pares activos sobre 6.670)	330	4,9 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	330	3,9 %
Municipios activos	77	66%
Patrón territorial	Contiguo, encadenamiento por cuencas	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La hidrología es la variable más densa de la dimensión ambiental y la que organiza el territorio siguiendo el trazado de las cuencas.

Establecida mediante modelo de escorrentía superficial y dirección de flujo, sus vínculos no convergen sobre nodos ni generan radios largos, sino que encadenan municipios situados aguas arriba y aguas abajo de un mismo sistema hídrico, dibujando corredores que reproducen la red de drenaje del departamento.

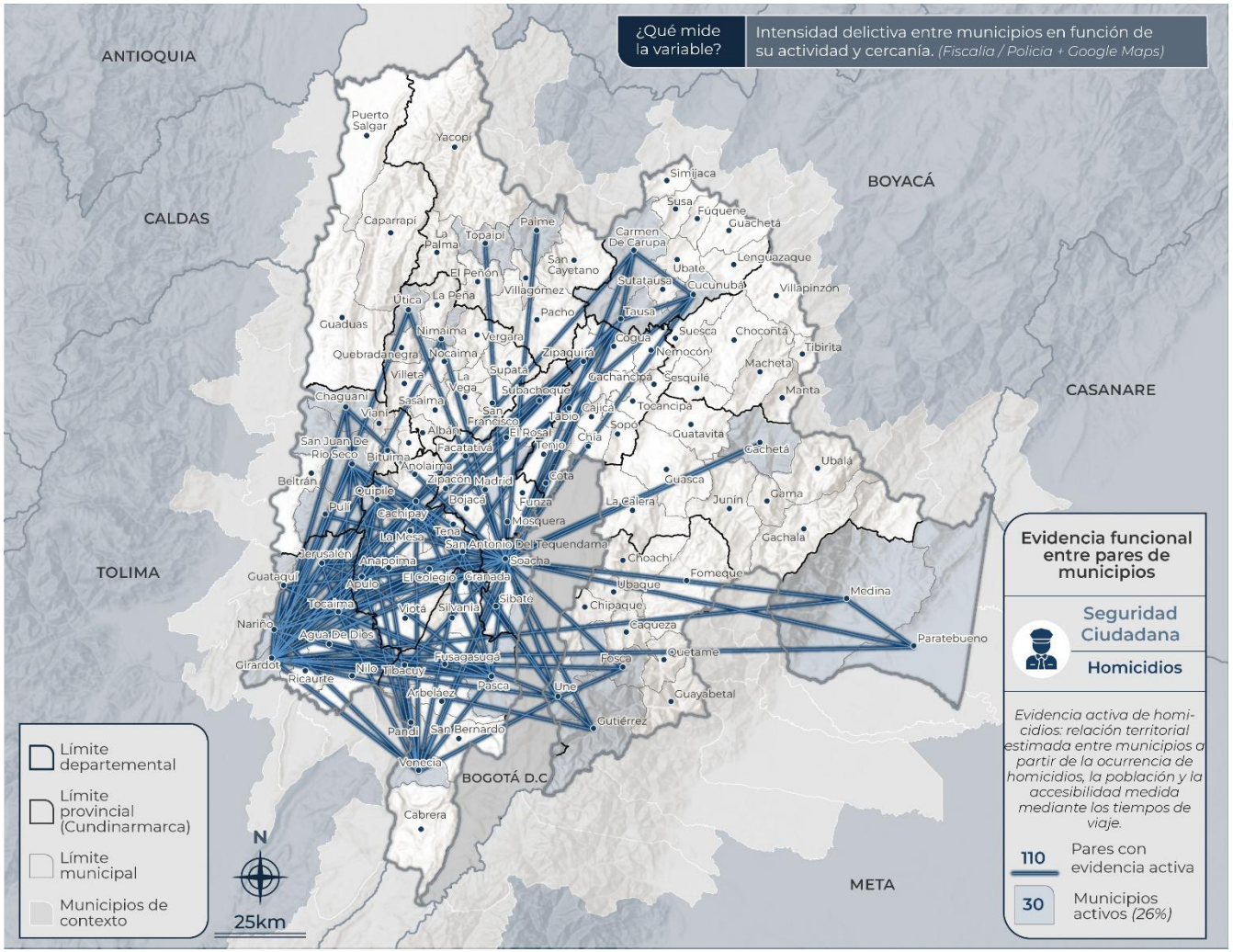
Su geografía enlaza los municipios del piedemonte y las vertientes que comparten quebradas y ríos, del oriente hacia el sistema del Guavio y el Blanco Negro, del occidente por las vertientes que descienden al Magdalena en torno a Villeta, Útica y La Palma, y del sur por las cuencas del Sumapaz.

La interdependencia hidrológica no admite arbitrariedad espacial, viene impuesta por la topografía, y por eso la variable revela con la mayor nitidez del estudio una estructura territorial regida por el relieve y el agua, ajena por completo a la red vial y a la jerarquía urbana, que ordena el departamento según la lógica de las cuencas sobre las que se asienta

4.9.13 Homicidios

El mapa representa las similitudes en los patrones asociados a la ocurrencia de homicidios, estimadas mediante modelo gravitacional. Refleja coincidencias de patrón, no flujos ni causalidad entre territorios.

Figura 24. Homicidios



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 51. Perfil funcional de la variable de Homicidios

Densidad (pares activos sobre 6.670)	110	1,6 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	110	1,3 %
Municipios activos	30	26 %
Patrón territorial	Concentrado, eje suroccidental	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Los homicidios conforman la variable de menor cobertura territorial de todo el estudio, activa en apenas una cuarta parte de los municipios.

Sus vínculos se concentran de forma marcada en el suroccidente y el eje que desciende desde el centro sabanero, con Girardot y Soacha como focos principales y proyecciones hacia el Tequendama, el alto Magdalena y el piedemonte oriental hasta Medina y Paratebueno.

El patrón sugiere una asociación con los corredores de mayor circulación y con las concentraciones urbanas antes que con la contigüidad. Interpretada con la cautela que impone su volumen, la variable señala que las similitudes en los patrones de ocurrencia se organizan a lo largo de ejes de movilidad y no de vecindades, lectura que conviene mantener acotada dentro del conjunto del análisis.

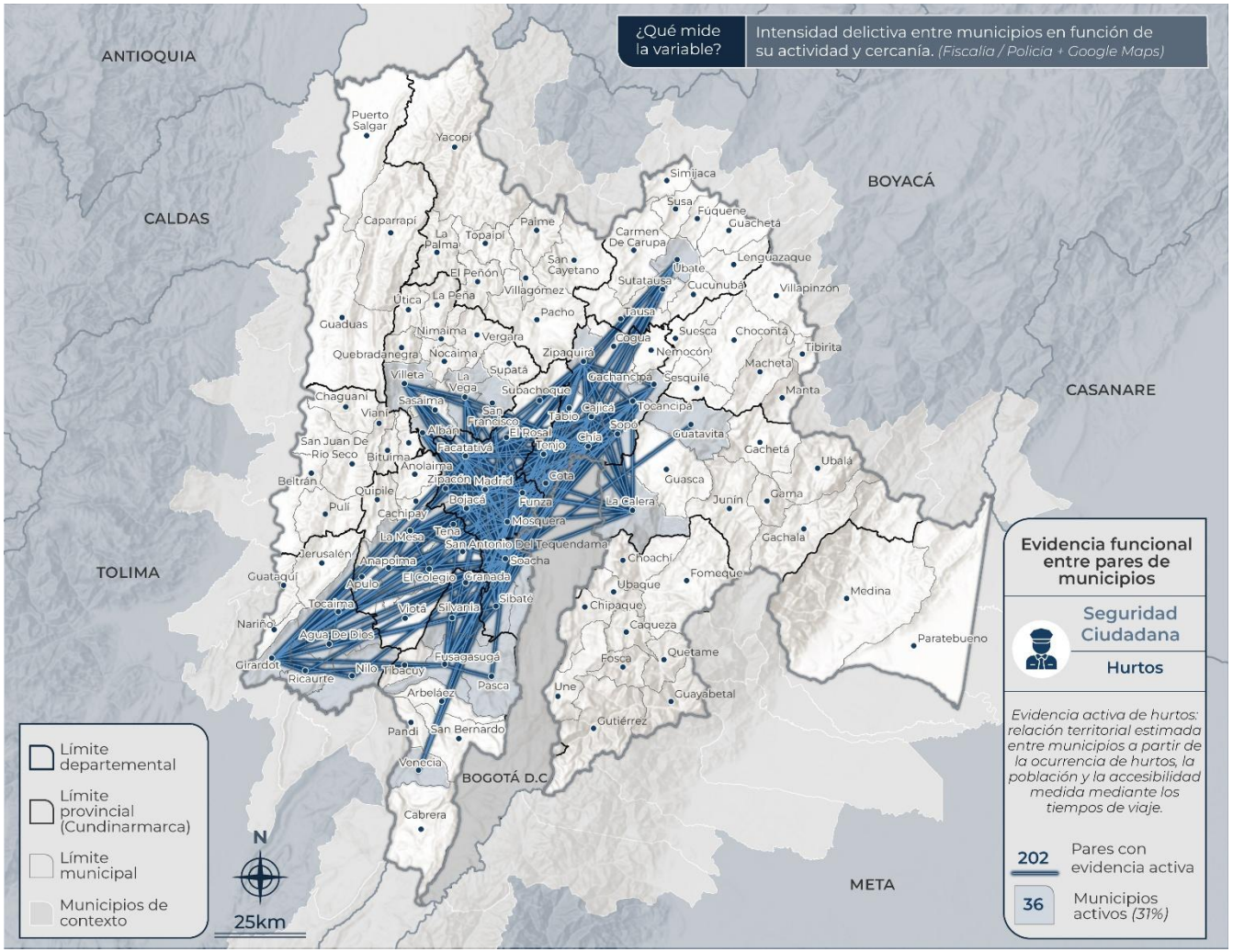
Advertencia de lectura.

Estimada mediante modelo gravitacional sobre registros de ocurrencia, la variable refleja tanto los hechos como la capacidad de registro y la propensión a la denuncia. Su reducida base obliga a una lectura exploratoria, sin inferir causalidad ni flujos entre territorios.

4.9.14 Hurtos

El mapa muestra las similitudes en los patrones asociados a la ocurrencia de hurtos, estimadas mediante modelo gravitacional. Su lectura es indicativa y depende de la capacidad de registro y denuncia.

Figura 25. Hurtos



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 52. Perfil funcional de la variable de Hurtos

Densidad (pares activos sobre 6.670)	202	3,0 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	202	2,4 %
Municipios activos	36	31 %
Patrón territorial	Concentrado, núcleo metropolitano	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

Los hurtos presentan una concentración aún más nítida sobre el corazón metropolitano del departamento.

Aunque intervienen en un tercio de los municipios, sus vínculos forman un nudo denso en el centro de La Sabana, entre Facatativá, Madrid, Mosquera, Funza, Chía, Cajicá y el eje hacia Soacha, con prolongaciones hacia el suroccidente girardoteño.

La variable dibuja la geografía de la actividad delictiva contra el patrimonio allí donde la densidad urbana, la circulación y la actividad económica son mayores, y contrasta con los homicidios por su carácter más metropolitano y menos volcado hacia los corredores largos.

Leída con la prudencia que impone su base empírica, sugiere que los patrones de hurto se estructuran en torno a la aglomeración urbana del centro sabanero, el ámbito de mayor intensidad funcional del conjunto del departamento.

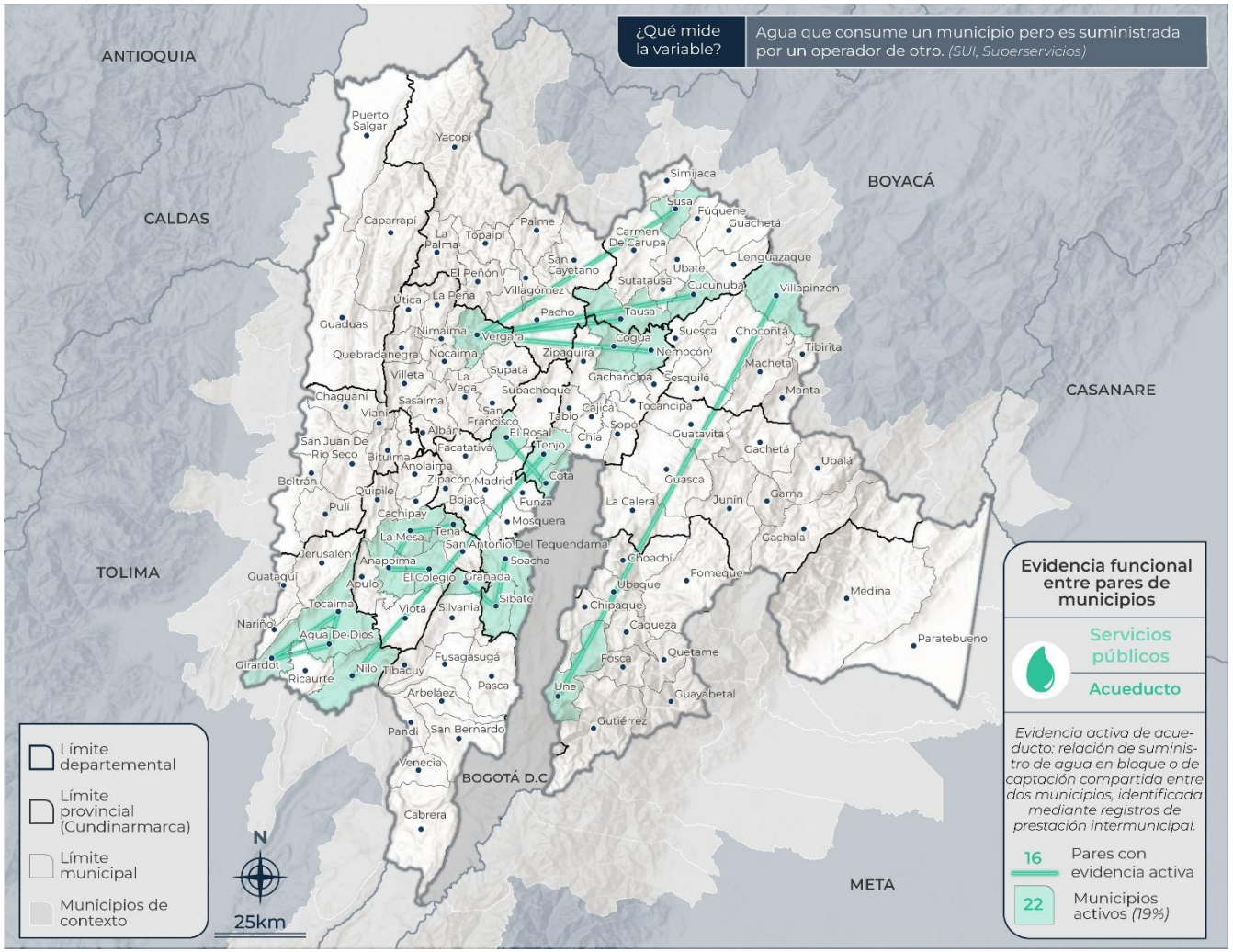
Advertencia de lectura.

Al igual que los homicidios, se estima mediante modelo gravitacional y depende de la capacidad de registro y denuncia. Su lectura es indicativa y no debe interpretarse como flujo ni como relación causal.

4.9.15 Acueducto

El mapa muestra los pares con interdependencia en el abastecimiento de agua potable, derivada de esquemas de captación y suministro compartidos. Es la variable de menor densidad del estudio.

Figura 26. Acueducto



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 53. Perfil funcional de la variable de Acueducto

Densidad (pares activos sobre 6.670)	16	0,2 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	16	0,2 %
Municipios activos	22	19 %
Patrón territorial	Mínimo, enclaves de captación compartida	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

El acueducto es la variable más tenue del sistema y su escasez es en sí misma el hallazgo.

Los pocos vínculos existentes aparecen aislados y sin foco dominante, enlazando municipios que comparten fuente de captación o infraestructura de suministro, como los enclaves puntuales del Tequendama, del norte hacia Villapinzón y del suroccidente en torno a Girardot.

La casi ausencia de interdependencia confirma que el abastecimiento de agua potable permanece mayoritariamente municipalizado, resuelto dentro de cada jurisdicción sin generar esquemas supramunicipales.

Lejos de indicar desconexión territorial, la variable revela una organización institucional del servicio que rara vez trasciende el límite municipal, y señala los contados casos donde existe una gestión compartida de la fuente.

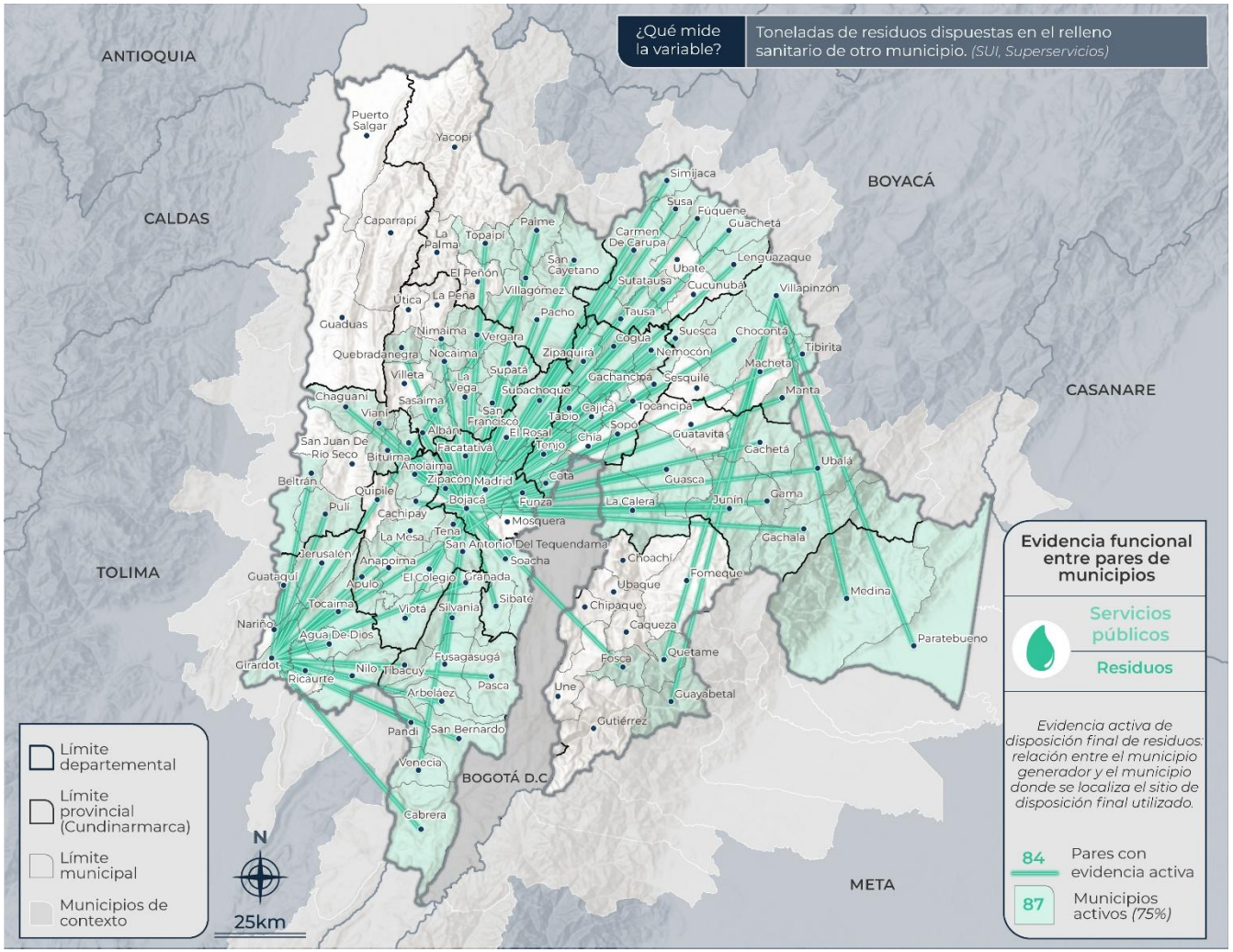
Advertencia de lectura.

Con solo 16 vínculos activos, es la variable de menor densidad del estudio y su base empírica no admite conclusiones de alcance estructural. La lectura debe entenderse como indicativa y contrastarse con las autoridades sectoriales.

4.9.16 Residuos

El mapa representa los vínculos de disposición de residuos sólidos, obtenidos de flujo directo hacia el sitio de disposición. Cada trazo expresa dependencia respecto a un mismo relleno.

Figura 27. Residuos



Fuente: IDOM, 2026

Perfil funcional de la variable

Tabla 54. Perfil funcional de la variable de Residuos

Densidad (pares activos sobre 6.670)	84	1,3 %
Peso en el sistema (evidencias sobre 8.458)	84	1,0 %
Municipios activos	87	75 %
Patrón territorial	Radial, focos de disposición regional	

Fuente: IDOM, 2026

Lectura territorial

La disposición final de residuos es la variable que con mayor claridad traduce una infraestructura física concreta en un patrón funcional.

Pese a su bajo número de vínculos, alcanza a tres cuartas partes de los municipios porque sus relaciones convergen sobre los rellenos regionales que concentran la disposición departamental.

El foco dominante es Bojacá, sede junto a Mosquera del relleno Nuevo Mondoñedo, que recibe residuos de más de setenta municipios y hacia el cual se proyecta el gran abanico central del mapa.

Un segundo foco, más acotado, se organiza sobre Girardot y su relleno Praderas del Magdalena, que sirve a la región del alto Magdalena.

La variable no mide contigüidad ni intercambio horizontal, sino dependencia respecto a un punto de disposición, de modo que su geografía reproduce fielmente la jerarquía real de los rellenos sanitarios y ofrece uno de los ejemplos más nítidos de cómo una decisión de infraestructura organiza el territorio.

Advertencia de lectura.

Su volumen es reducido y la lectura conserva alcance indicativo, aunque su patrón territorial encuentra respaldo directo en la localización de la infraestructura de disposición del departamento.

4.9.17 Síntesis de la lectura territorial por variable

Tabla 55. Síntesis por dimensión y variable

Dimensión	Variable	Vínculos activos	Participación
Movilidad	Tiempos de viaje	3.429	40,5 %
Movilidad	Migración	1.392	16,5 %
Desarrollo económico	Manufacturas	576	6,8 %
Movilidad	Conmutación laboral	506	6,0 %
Desarrollo económico	Turismo	434	5,1 %
Ambiental	Hidrología	330	3,9 %
Seguridad alimentaria	Transporte de cárnicos	320	3,8 %
Equipamientos	Educación	281	3,3 %
Equipamientos	Salud	258	3,1 %
Seguridad alimentaria	Transporte de alimentos	235	2,8 %
Seguridad ciudadana	Hurtos	202	2,4 %
Ambiental	Zonas protegidas	178	2,1 %
Seguridad ciudadana	Homicidios	110	1,3 %
Desarrollo económico	Afinidad de perfiles exportadores	107	1,3 %
Servicios públicos	Residuos	84	1,0 %
Servicios públicos	Acueducto	16	0,2 %

Fuente: IDOM, 2026

El descenso a las dieciséis variables confirma que el sistema no se organiza según un patrón único, sino según geografías superpuestas que responden a lógicas distintas. Tres grandes familias ordenan esa diversidad.

Un primer grupo obedece a la **infraestructura y la accesibilidad.** Los tiempos de viaje calcan la red vial y operan como soporte de todas las demás relaciones, mientras el transporte de alimentos y la disposición de residuos convergen sobre nodos precisos, Mosquera en el acopio y Bojacá en la disposición, dibujando estructuras radiales donde una decisión de infraestructura organiza el territorio.

Un segundo grupo responde a la **jerarquía de servicios y de mercado.** Salud, educación, conmutación laboral y perfiles exportadores ascienden hacia un número reducido de cabeceras, Girardot, Fusagasugá, Zipaquirá, Chía y Facatativá, y confinan la integración plena al corazón de La Sabana y a sus centralidades. Manufacturas y turismo amplían esa lógica por afinidad de perfil, vinculando municipios distantes que se parecen antes que municipios vecinos.

Un tercer grupo se rige por el **soporte físico.** Hidrología y zonas protegidas encadenan municipios contiguos que comparten cuenca o continuo de conservación, en una geografía impuesta por el relieve y ajena por completo a la red urbana.

La lectura de conjunto es inequívoca. La Sabana y su prolongación hacia Girardot concentran la interdependencia allí donde coinciden accesibilidad, empleo, servicios y economía, mientras las variables de base natural revelan un departamento cuya estructura ecológica no coincide con su organización funcional. El valor del cuarto nivel reside precisamente en esa distinción, mostrar que detrás de un mismo índice conviven un territorio construido sobre la infraestructura y las funciones, y un territorio anterior, definido por el agua y el relieve

4.10 VALIDACIÓN Y PRUEBAS DE ROBUSTEZ

La validación del índice se apoya en seis verificaciones, cuyos resultados numéricos se detallan en el anexo técnico A6.

Tabla 56. Validación y pruebas de robustez

Verificación	Procedimiento	Resultado
Sensibilidad al esquema de ponderación	Comparación entre los dos escenarios sobre once indicadores	El 97,71 por ciento de los pares conserva categoría, con Jaccard de 0,9650 en vínculos relevantes
Sensibilidad a los umbrales ordinales	Simulación con cuatro niveles de perturbación y quinientas réplicas	Acuerdo mediano superior a 0,98 en las cinco ternas admisibles
Exclusión sucesiva de variables	Retiro de cada variable con recálculo completo del índice	Correlación mínima de 0,8342, con mayor sensibilidad en tiempos de viaje
Exclusión sucesiva de dimensiones	Retiro de cada dimensión con redistribución interna del peso	Correlación de 0,7818 al retirar movilidad y superior a 0,977 en las demás
Efecto del ajuste de confiabilidad	Comparación de la matriz antes y después del ajuste	151 pares modificados, sin municipios que pierdan la totalidad de sus vínculos
Consistencia interna entre niveles	Verificación cruzada entre variable, dimensión e índice agregado	Sin discrepancias en las 3.893 duplas activas

Fuente: IDOM, 2026

05

TIPOLOGÍA JERÁRQUICA DE POLOS SUBREGIONALES

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

5 TIPOLOGÍA JERÁRQUICA DE POLOS SUBREGIONALES

En una frase. Qué municipios estructuran el sistema y cómo se organiza el territorio alrededor de ellos. El capítulo traslada la lectura de pares a una lectura de nodos, establece qué municipios presentan una posición de centralidad diferenciada dentro de la red funcional y, como lectura complementaria, delimita las subregiones funcional-territoriales y reconoce los subpolos que articulan los ámbitos sin polo departamental.

El capítulo desarrolla la lectura nodal de la cadena metodológica, incluyendo la tipología jerárquica de polos, la asociación municipio-polo, el grado ponderado de integración municipal y la delimitación complementaria de subregiones funcional-territoriales. Estos resultados consolidan la base analítica del Entregable 2 y constituyen el insumo para la traducción cartográfica y el contraste territorial del Producto 3.

El capítulo se organiza en cuatro bloques encadenados. El primero construye la jerarquía funcional departamental, con los niveles estructurante, intermedio y emergente. El segundo presenta la asociación municipio-polo y clasifica los municipios según su relación primaria, compartida o bisagra frente a las centralidades principales. El tercero desarrolla el grado ponderado de integración municipal. El cuarto delimita las subregiones funcional-territoriales e identifica los subpolos regionales de articulación, sin utilizar los resultados de asociación municipio-polo ni de grado ponderado para evitar circularidad metodológica.

5.1 FUNCIÓN DEL CAPÍTULO Y ALCANCE DE SUS RESULTADOS

La identificación de centralidades funcionales responde a una pregunta que el índice bilateral no resuelve por sí solo. El índice establece qué pares se relacionan, pero no permite determinar qué municipios ocupan una posición articuladora dentro del conjunto. Esa pregunta exige trasladar la unidad de análisis del par al nodo.

Qué establece y qué no establece este capítulo

Establece qué municipios presentan un perfil funcional diferenciado a partir de la estructura observada de la red, mediante un procedimiento reproducible y sometido a prueba de estabilidad.

No establece la delimitación de áreas funcionales, que corresponde al Paso 4, ni el contraste con referentes institucionales y con instrumentos de planeación, que se desarrolla en el Producto 3.

Los resultados se presentan como selección preliminar sujeta a validación territorial. Su confirmación requiere la lectura conjunta con el equipo técnico y con el conocimiento del territorio que aportan la Gobernación y el Observatorio.

Una precisión adicional resulta necesaria. La clasificación se construye a partir del comportamiento funcional observado y no incorpora cuotas administrativas ni un número predeterminado de polos. La pertenencia provincial se emplea exclusivamente como información de contraste, conforme a lo acordado en la respuesta a las observaciones del equipo técnico, y da lugar a la lectura complementaria del apartado 5.7.

5.2 CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL FUNCIONAL MUNICIPAL

Para cada uno de los 116 municipios se construye un perfil a partir de diez indicadores derivados de sus vínculos con el resto del sistema. Los indicadores resumen aspectos distintos de una misma propiedad y se agrupan en tres familias.

El indicador de diversidad merece explicación específica. Un municipio puede acumular numerosos vínculos concentrados en una sola dimensión, o repartirlos entre varias. La medida de entropía distingue ambas situaciones y evita que un perfil especializado se confunda con uno diversificado cuando el recuento total coincide. Su inclusión responde al principio de que la centralidad funcional no se agota en el volumen de relaciones.

Tabla 57. Indicadores que componen el perfil funcional municipal

Familia	Indicador	Definición	Qué captura
Alcance	Alcance funcional	Número de municipios con los que sostiene al menos un vínculo activo	Tamaño del área de relación
	Total, de evidencias funcionales	Suma de los vínculos activos acumulados en todas sus relaciones	Volumen de interacción del municipio
Solidez	Vínculos moderados o superiores	Número de relaciones que alcanzan al menos la categoría moderada	Base de relaciones consistentes
	Vínculos consolidados o superiores	Número de relaciones de categoría consolidada o estructural	Núcleo de relaciones sólidas
	Vínculos estructurales	Número de relaciones de categoría estructural	Cúspide de la solidez relacional
	Fuerza funcional del índice	Suma del índice bilateral acumulado con todos los municipios	Intensidad agregada de la inserción
Multidimensionalidad	Dimensiones activas acumuladas	Suma de dimensiones con vínculo en el conjunto de sus relaciones	Amplitud temática total
	Dimensiones activas promedio	Media de dimensiones activas por vínculo sostenido	Calidad temática media de sus relaciones

Familia	Indicador	Definición	Qué captura
	Dimensiones con vínculo	Número de dimensiones en las que registra alguna relación	Cobertura temática del municipio
	Diversidad temática	Índice de entropía sobre el reparto de sus vínculos entre dimensiones	Equilibrio entre especialización y diversificación
Alcance	Alcance funcional	Número de municipios con los que sostiene al menos un vínculo activo	Tamaño del área de relación
	Total de evidencias funcionales	Suma de los vínculos activos acumulados en todas sus relaciones	Volumen de interacción del municipio
Solidez	Vínculos moderados o superiores	Número de relaciones que alcanzan al menos la categoría moderada	Base de relaciones consistentes
	Vínculos consolidados o superiores	Número de relaciones de categoría consolidada o estructural	Núcleo de relaciones sólidas
	Vínculos estructurales	Número de relaciones de categoría estructural	Cúspide de la solidez relacional
	Fuerza funcional del índice	Suma del índice bilateral acumulado con todos los municipios	Intensidad agregada de la inserción

Fuente: IDOM, 2026

5.2.1 Redundancia entre indicadores

Los indicadores conforman una familia altamente correlacionada. No se interpretan como evidencias independientes sino como expresiones complementarias de una misma propiedad subyacente, que es la centralidad funcional del municipio dentro del sistema.

Tabla 58. Correlación entre los principales indicadores nodales

Par de indicadores	Correlación
Fuerza funcional y total de evidencias	0,9975
Total de evidencias y dimensiones activas	0,9937
Fuerza funcional y dimensiones activas	0,9930

Fuente: IDOM, 2026

5.3 SÍNTESIS MULTIVARIADA

Los indicadores se estandarizan para evitar que las diferencias de escala dominen el resultado, dado que conviven recuentos que alcanzan valores superiores a cien con índices acotados entre cero y uno. Sobre la matriz estandarizada se aplica un análisis de componentes principales.

El objetivo no consiste en sustituir la lectura territorial sino en resumir la información redundante en un gradiente común de centralidad, sobre el cual pueda después construirse una clasificación interpretable.

Tabla 59. Varianza explicada por los componentes principales

Componente	Varianza explicada	Acumulada
Primer componente	78,5 %	78,5 %
Segundo componente	10,9 %	89,4 %

Fuente: IDOM, 2026

El primer componente explica el 78,5 por ciento de la variabilidad total de los indicadores municipales, y los dos primeros acumulan el 89,4 por ciento. La concentración confirma el diagnóstico de redundancia y permite trabajar sobre un espacio de dos dimensiones sin pérdida relevante de información. En términos prácticos, esto significa que la mayor parte de la información utilizada para caracterizar a los municipios queda representada en pocos componentes sintéticos. Por tanto, el ACP permite simplificar la lectura de múltiples indicadores municipales sin perder la estructura principal de diferenciación funcional entre municipios.

Las cargas del primer componente son positivas en la totalidad de los indicadores, lo que permite interpretarlo de forma directa: a mayor puntaje, mayor centralidad funcional. Esta propiedad no está garantizada de antemano y su verificación resulta necesaria antes de emplear el componente como gradiente ordenado.

El reparto de cargas es informativo por sí mismo y admite una lectura sustantiva. Las medidas de solidez y de acumulación funcional encabezan el componente, mientras que el alcance y la diversidad temática presentan cargas apreciablemente menores.

La conclusión es que la centralidad del sistema cundinamarqués se define más por la profundidad de los vínculos que por su extensión. El resultado resulta coherente con la estrechez de la cima observada en el

capítulo anterior, donde el indicador de robustez discriminaba con mucha mayor nitidez que el de alcance. Un municipio que se relaciona con todo el departamento mediante vínculos débiles no alcanza, bajo este criterio, la condición de centralidad.

La baja carga del indicador de dimensiones con vínculo tiene una explicación técnica. Prácticamente todos los municipios del sistema registran alguna relación en la mayoría de las dimensiones, de modo que el indicador presenta escasa variabilidad y aporta poca información discriminante.

Tabla 60. Cargas del primer componente principal

Indicador	Carga	Familia	Lectura
Fuerza funcional del índice	0,3536	Solidez	Encabeza el componente
Total de evidencias funcionales	0,3517	Alcance	Muy próximo al anterior
Dimensiones activas acumuladas	0,3497	Multidimensionalidad	Alta contribución
Vínculos moderados o superiores	0,3491	Solidez	Alta contribución
Vínculos consolidados o superiores	0,3423	Solidez	Alta contribución
Dimensiones activas promedio	0,3378	Multidimensionalidad	Contribución media alta
Vínculos estructurales	0,3319	Solidez	Contribución media alta
Alcance funcional	0,2898	Alcance	Contribución media
Diversidad temática	0,2400	Multidimensionalidad	Contribución menor
Dimensiones con vínculo	0,1550	Multidimensionalidad	Contribución menor

Fuente: IDOM, 2026

5.4 IDENTIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LAS CENTRALIDADES

La clasificación se desarrolla en dos etapas encadenadas. La primera separa los municipios con perfil funcional diferenciado del resto del sistema. La segunda establece, únicamente sobre ese subconjunto, los niveles jerárquicos internos. La secuencia evita imponer una tipología de polos a municipios que no presentan condiciones funcionales suficientes para ser considerados centralidades.

5.4.1 Primera etapa. Detección de centralidades candidatas

Sobre las coordenadas de los dos primeros componentes se aplicó agrupamiento, evaluando soluciones entre dos y seis grupos mediante tres criterios de validación interna. La finalidad de esta etapa es distinguir los municipios con perfil funcional diferenciado del resto del sistema, sin establecer todavía jerarquías entre ellos.

Tabla 61. Evaluación de soluciones de agrupamiento en la primera etapa

Número de grupos	Cohesión	Separación	Dispersión relativa	Tamaño mínimo	Tamaño máximo
2	0,6525	174,11	0,5323	14	102
3	0,4481	185,77	0,7297	12	68
4	0,3930	177,74	0,7951	11	43
5	0,3933	184,36	0,7750	6	41
6	0,3608	177,36	0,8476	6	31

Fuente: IDOM, 2026

En cohesión y separación un valor mayor indica mejor agrupamiento. En dispersión relativa la lectura es inversa, dado que valores menores señalan mejor separación entre grupos.

La solución de dos grupos presenta la mejor combinación de cohesión y de dispersión relativa, con una distancia apreciable respecto de las alternativas. Su valor de cohesión, 0,6525, supera en más de veinte puntos porcentuales al de la siguiente solución, y su dispersión relativa es la más baja del conjunto evaluado.

La solución distingue 14 municipios con centralidad funcional diferenciada frente a 102 sin centralidad departamental dominante. El corte se produce entre Sopó y La Mesa en el ordenamiento por puntaje funcional, lo que sitúa la frontera en una zona de la distribución donde la diferencia entre municipios consecutivos resulta apreciable.

> **Naturaleza del resultado de esta etapa**
>
> La separación obtenida no constituye todavía una clasificación de polos. Corresponde a una detección estadística de centralidades candidatas, es decir, de municipios cuyo perfil funcional se distingue del comportamiento general del sistema.
>
> La jerarquía entre ellos se establece en la segunda etapa, y su condición de polo en sentido territorial requiere la validación prevista en el Producto 3.

5.4.2 Segunda etapa. Jerarquización interna

La segunda etapa opera exclusivamente sobre el subconjunto de 14 municipios detectados. Esa restricción es deliberada y responde a un criterio metodológico expreso: aplicar una tipología de polos al conjunto completo de los 116 municipios habría forzado la clasificación de municipios que no presentan condiciones funcionales suficientes para ser considerados centralidades.

Los indicadores se reestandarizan sobre el nuevo subconjunto, dado que la escala relevante ha cambiado, y se estima un análisis de componentes principales propio, cuyos dos primeros componentes acumulan el 87,4 por ciento de la varianza.

Tabla 62. Evaluación de soluciones en la segunda etapa

Grupos	Cohesión	Separación	Dispersión	Tamaño mínimo
2	0,4739	17,94	0,7421	6
3	0,4457	15,47	0,7468	2
4	0,5330	18,12	0,5113	1

Fuente: IDOM, 2026

La solución de cuatro grupos presenta los mejores indicadores globales pero genera una categoría integrada por un solo municipio. Dado que el objetivo consiste en construir una tipología territorial y no en aislar casos individuales, las soluciones con grupos unitarios no se consideran admisibles. El criterio se fija antes de examinar los resultados, de modo que no responde a una preferencia sobre el desenlace.

Entre las soluciones restantes, la de dos grupos presenta una separación interna ligeramente superior pero distingue únicamente dos niveles, lo que limita su utilidad para orientar decisiones diferenciadas de política territorial. La solución de tres grupos implica una reducción moderada de la cohesión, de 0,4739 a 0,4457, mantiene una dispersión prácticamente equivalente y permite diferenciar un nivel estructurante, uno intermedio y uno emergente.

> *El detalle de la estandarización, las cargas de ambos análisis de componentes principales, los parámetros de inicialización del agrupamiento y las coordenadas de cada municipio en el espacio multivariado se desarrollan en el Paso 3 del anexo metodológico y en el anexo técnico A10.*

5.5 TIPOLOGÍA RESULTANTE

Tabla 63. Tipología jerárquica de centralidades funcionales

Categoría	Municipios	N.	Interpretación
Polos estructurantes regionales	Mosquera, Soacha	2	Mayor centralidad funcional del sistema, con fuerza acumulada alta y vínculos estructurales numerosos
Polos subregionales intermedios	Zipaquirá, Chía, Facatativá, Funza, Girardot	5	Centralidad alta y capacidad de articulación de ámbitos subregionales definidos
Centralidades emergentes	Cajicá, Madrid, Tocancipá, Cota, Tenjo, Fusagasugá, Sopó	7	Perfil funcional destacado, con menor fuerza o solidez que las categorías anteriores
Sin centralidad departamental dominante	Resto del ámbito v116	102	Municipios que participan en la red sin presentar centralidad dominante a escala departamental

Fuente: IDOM, 2026

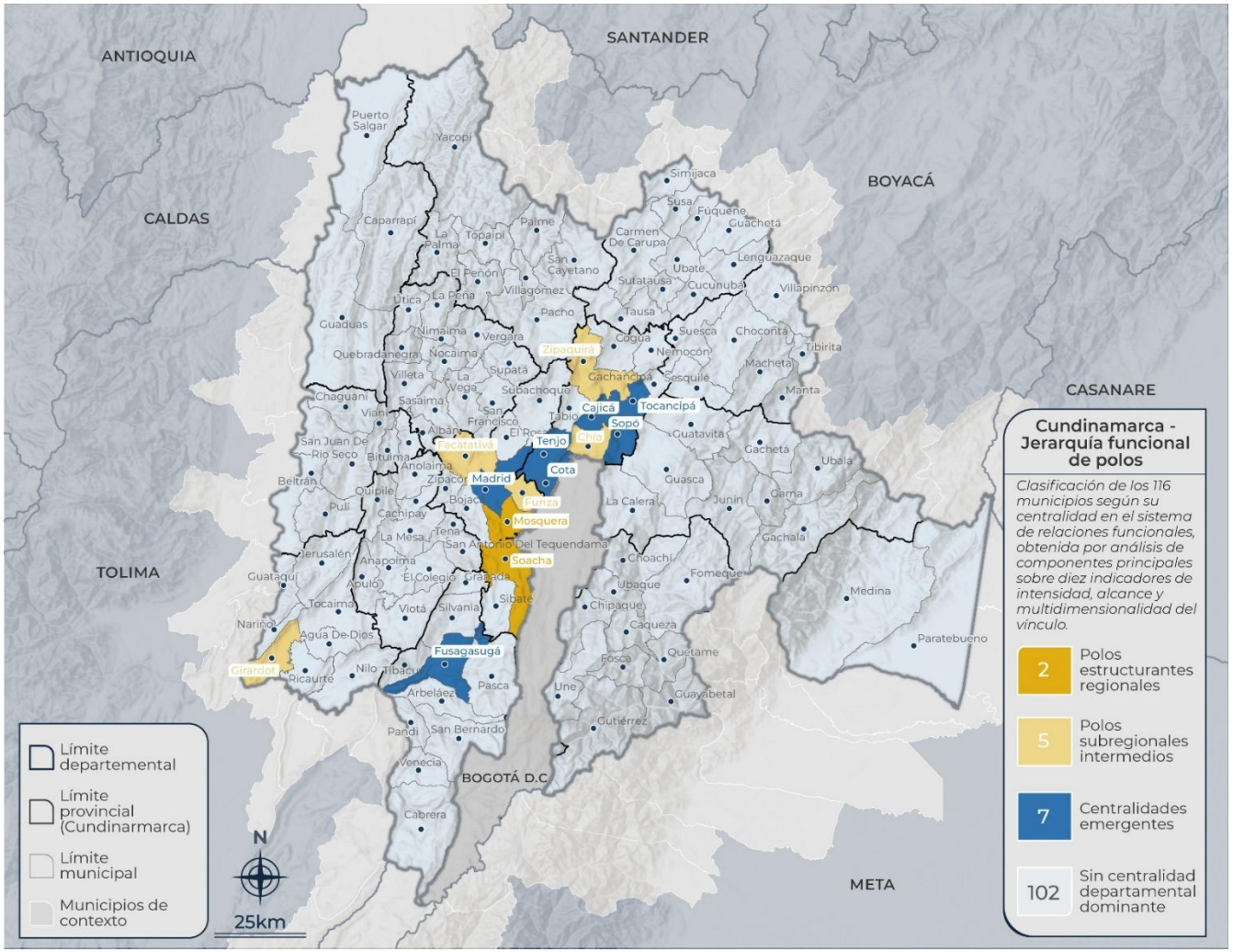
La progresión de los centroides entre niveles confirma que la clasificación es jerárquica y no una mera diferenciación de tipos: el score funcional, la fuerza acumulada del índice, los vínculos consolidados y los estructurales aumentan de forma monótona desde las centralidades emergentes hasta los polos estructurantes. Esta clasificación es, además, estadísticamente estable, con permanencia plena de trece de los catorce municipios en el conjunto candidato y consistencia en su nivel jerárquico bajo remuestreo.

5.6 LECTURA TERRITORIAL DE LA JERARQUÍA FUNCIONAL DE POLOS

La composición del conjunto admite una lectura territorial inmediata. Doce de los catorce municipios pertenecen al ámbito de la sabana y su entorno próximo, y solo dos, Girardot y Fusagasugá, corresponden a ámbitos claramente diferenciados del corredor central.

El resultado confirma de manera empírica la preocupación formulada sobre la concentración territorial de las centralidades, y justifica la lectura complementaria que se presenta más adelante. Conviene subrayar que se trata de una constatación derivada de los datos y no de una decisión metodológica: ninguna regla del procedimiento favorece a los municipios de la sabana, y su predominio responde a la estructura observada de la red.

Figura 28. Jerarquía funcional de Polos



Fuente: IDOM, 2026

5.6.1 Los polos estructurantes

La distribución territorial de los cuatro niveles revela una concentración nítida sobre la Sabana y su prolongación hacia el suroccidente, patrón que el detalle por categorías permite matizar. En su vértice, los dos polos estructurantes ocupan posiciones análogas en el sistema pero responden a lógicas territoriales distintas, diferencia que conviene precisar para evitar una lectura homogeneizadora.

Mosquera articula la conurbación occidental, donde la continuidad urbana, la actividad logística y la proximidad a los principales corredores viales producen vínculos densos con el conjunto de la Sabana. Su posición se sustenta en una combinación equilibrada de alcance y solidez, y alcanza la mayor fuerza funcional del departamento, con 27,86 puntos acumulados.

Soacha opera sobre el borde sur del sistema, con una posición que combina la escala poblacional con la conexión hacia el corredor del Sumapaz. Su perfil presenta una orientación distinta, en la que la escala poblacional parece contribuir de manera más determinante que la diversidad de funciones.

Ambos alcanzan el máximo alcance funcional del departamento, con 115 municipios vinculados sobre 115 posibles, lo que significa que se relacionan con la totalidad del sistema salvo un único municipio en cada caso.

5.6.2 Los polos intermedios

Esta misma primacía de la solidez sobre la extensión, ya visible en los polos estructurantes, encuentra entre los cinco polos intermedios su expresión más clara en el caso de Girardot, que alcanza la categoría con un alcance funcional inferior al de varios municipios de la Sabana que no fueron clasificados como centralidades. Su posición se sustenta en la solidez de sus vínculos y no en su extensión, y constituye la mejor ilustración de por qué el primer componente pondera más la profundidad que la amplitud de las relaciones.

Girardot es además el municipio que articula con mayor claridad un ámbito subregional propio, alejado de la influencia directa del corredor central, condición que en el mapa se reconoce en su posición aislada del bloque sabanero. Su vínculo con Tocaima constituye la asociación más intensa de todo el sistema, con once evidencias y un índice de 0,6905, lo que confirma la existencia de un subsistema funcional consolidado en el alto Magdalena.

Zipaquirá, Chía y Facatativá conforman el eje norte y occidental de centralidades intermedias, con perfiles que combinan alcance amplio y densidad de vínculos consolidados. Los tres ejercen funciones de cabecera respecto de entornos definidos y presentan una estructura de relaciones que combina la integración con la Sabana y la articulación de su propio ámbito.

Funza completa el grupo desde la conurbación occidental, en una posición de continuidad con Mosquera que el mapa hace evidente por su contigüidad directa. La proximidad entre ambos perfiles sugiere la existencia de un subsistema compartido antes que, de dos áreas funcionales independientes, hipótesis que la delimitación de la regla de asociación municipio-polo deberá verificar.

5.6.3 Las centralidades emergentes

Las siete centralidades emergentes presentan un patrón geográfico reconocible. Cajicá, Tocancipá, Cota, Tenjo, Madrid y Sopó se distribuyen alrededor de los polos intermedios y describen, tal como se aprecia en el mapa, una corona de municipios en proceso de consolidación funcional cuya posición responde a la expansión de las dinámicas de la Sabana.

Su clasificación como categoría propia, y no como parte del nivel intermedio, se sustenta en una diferencia apreciable de fuerza funcional.

El centroide de la categoría se sitúa en 15,38 puntos frente a los 21,17 del nivel intermedio, lo que representa una brecha de más del veinticinco por ciento.

Fusagasugá constituye la excepción del grupo, con una centralidad de origen distinto, sostenida por su papel de cabecera del Sumapaz y no por su integración con la Sabana. Su presencia en la categoría emergente, junto a municipios de perfil metropolitano, ilustra que la clasificación agrupa por nivel de centralidad y no por tipo de inserción territorial.

Frente a esta corona de consolidación en torno a la Sabana, el resto del departamento presenta una ausencia de centralidades que admite lecturas distintas.

5.6.4 Los ámbitos sin centralidad identificada

La ausencia de centralidades en las provincias del occidente, del nororiente y del bajo Magdalena, que en el mapa corresponde a la extensa superficie sin color de polo, admite dos lecturas que conviene diferenciar con precisión, dado que conducen a conclusiones distintas.

La primera lectura atribuye el resultado a una organización funcional efectivamente menos densa en esos ámbitos, donde las relaciones intermunicipales serían más escasas y ningún municipio alcanzaría la masa relacional necesaria para actuar como articulador departamental.

La segunda lectura atribuye el resultado a una cobertura desigual de las fuentes, que registrarían con menor detalle los flujos de las zonas periféricas y producirían por tanto una subestimación de su densidad funcional real.

5.7 ÍNDICE DE ASOCIACIÓN MUNICIPIO-POLO SUBREGIONAL

Ahora bien, que estos ámbitos no alberguen una centralidad de alcance departamental no significa que carezcan de relaciones con la jerarquía funcional identificada. Por ello, antes de pasar a la delimitación de subregiones funcional-territoriales, se incorpora la lectura de asociación municipio-polo, orientada a establecer cómo se vinculan los municipios con los polos estructurantes e intermedios del sistema.

El análisis se aplicó sobre los 109 municipios que no pertenecen al grupo de siete polos principales, es decir, los dos polos estructurantes regionales y los cinco polos subregionales intermedios. Para cada municipio se calculó su nivel de asociación funcional con cada polo a partir de la matriz bilateral definitiva. La regla permite distinguir tres situaciones: asociación primaria clara, cuando un polo concentra de forma dominante la relación funcional del municipio; asociación compartida, cuando la inserción se distribuye entre más de un polo; y municipio bisagra, cuando el municipio mantiene asociaciones relevantes con varios polos sin que uno solo concentre de manera suficiente su inserción funcional.

Los resultados muestran que la jerarquía de polos no produce áreas cerradas ni exclusivas. De los 109 municipios evaluados, 18 presentan asociación primaria clara, 52 presentan asociación compartida y 39 se clasifican como municipios bisagra. En conjunto, 91 municipios, equivalentes al 83,5 % de los evaluados, presentan asociación compartida o condición bisagra, lo que confirma que la estructura funcional del departamento opera mediante superposición de áreas de relación.

Tabla 64 Resultados de la asociación municipio-polo

Categoría de asociación	Municipios	Lectura
Asociación primaria clara	18	Municipios con relación dominante frente a un polo principal
Asociación compartida	52	Municipios cuya relación funcional se distribuye entre más de un polo
Municipios bisagra	39	Municipios con inserción multipolar y función de transición
Total evaluado	109	Municipios no clasificados como polos estructurantes o intermedios

Fuente: IDOM, 2026

Los municipios con asociación primaria clara son Agua de Dios, Bituima, Chaguaní, El Peñón, Fúquene, Guachetá, Guataquí, Jerusalén, La Palma, Nariño, Nilo, Pandi, Pasca, Ricaurte, San Cayetano, Sasaima, Tausa y Tibacuy. Estos casos presentan una relación funcional más concentrada frente a un polo principal.

Los municipios bisagra son Arbeláez, Chipaque, Cota, Cáqueza, El Colegio, Fosca, Fusagasugá, Fómeque, Granada, Guaduas, Guasca, Guayabetal, La Calera, La Mesa, La Vega, Madrid, Nocaima, Puerto Salgar, Quetame, Quipile, Sesquilé, Sibaté, Simijaca, Sopó, Subachoque, Supatá, Susa, Tabio, Tena, Tenjo, Tibirita, Tocancipá, Une, Vergara, Villagómez, Villeta, Viotá, Yacopí y Útica. Su papel no debe entenderse como una nueva jerarquía de polos, sino como una condición relacional: son municipios cuya inserción funcional se reparte entre varias centralidades.

Por polo primario, la mayor cantidad de municipios se asocia con Zipaquirá, con 28 municipios; Mosquera y Facatativá agrupan 20 municipios cada uno; Girardot, 16; Soacha, 13; y Chía, 12. Funza no concentra municipios como polo primario bajo esta regla, aunque conserva su papel dentro de la jerarquía como polo subregional intermedio. Este resultado muestra que la función de un polo no depende únicamente de recibir asignaciones primarias, sino también de su posición dentro de la red y de su relación con otros polos próximos, especialmente en la conurbación occidental.

La lectura municipio-polo confirma el carácter multipolar y superpuesto del sistema. Los polos estructurantes e intermedios ordenan la red, pero sus áreas de relación se entrelazan. Por tanto, el resultado no debe leerse como una delimitación administrativa de áreas de influencia, sino como una medida relacional de asociación funcional. Esta evidencia justifica la necesidad de complementar la jerarquía departamental con una lectura territorial de subregiones y subpolos, desarrollada en el apartado siguiente.

5.8 GRADO PONDERADO Y PERFIL DE INTEGRACIÓN FUNCIONAL POR MUNICIPIO

La asociación municipio-polo muestra cómo se relaciona cada municipio con las centralidades principales. El Paso 5 complementa esa lectura desde otra pregunta: qué tan integrado se encuentra cada municipio dentro del conjunto de la red regional. Para ello se construye un perfil municipal que diferencia cobertura funcional, fuerza acumulada, intensidad promedio, multidimensionalidad y composición temática.

La cobertura funcional corresponde al número de municipios con los que cada municipio mantiene al menos un vínculo activo. La fuerza acumulada corresponde a la suma del índice bilateral ponderado en todos sus vínculos. La intensidad promedio corresponde al valor medio del índice bilateral entre los vínculos activos del municipio. Esta intensidad debe entenderse como intensidad funcional del índice, no

como magnitud física de flujos, volúmenes, frecuencias o cantidades transportadas.

El ranking operativo de integración combina tres componentes: cobertura funcional, fuerza acumulada y multidimensionalidad. La formulación adoptada pondera en 40 % la cobertura, 40 % la fuerza acumulada y 20 % la multidimensionalidad. No se trata de una estimación estadísticamente óptima, sino de una regla operativa transparente que combina extensión de la red, profundidad funcional y diversidad de evidencias.Los resultados confirman una estructura municipal jerarquizada. Los mayores niveles de integración funcional corresponden a Mosquera, Soacha, Zipaquirá, Funza, Facatativá, Chía, Girardot, Cajicá, Madrid y Tocancipá. Este grupo coincide en buena medida con las centralidades identificadas en el Paso 3, pero aporta una lectura adicional: no solo muestra quién actúa como polo, sino qué municipios acumulan mayor cobertura y fuerza dentro del conjunto completo de relaciones.

Tabla 65 Municipios con mayor integración funcional

Posición	Municipio	Score de integración	Perfil funcional
1	Mosquera	1,0000	Nodo integrador principal
2	Soacha	0,9406	Nodo integrador principal
3	Zipaquirá	0,8347	Nodo integrador principal
4	Funza	0,8153	Nodo integrador principal
5	Facatativá	0,8025	Nodo integrador principal
6	Chía	0,8010	Nodo integrador principal
7	Girardot	0,7099	Nodo integrador principal
8	Cajicá	0,7024	Nodo integrador principal
9	Madrid	0,6901	Nodo integrador principal
10	Tocancipá	0,6853	Nodo integrador principal

Fuente: IDOM, 2026

Además del ranking, se construye una tipología bivariada que cruza cobertura e intensidad promedio. La regla clasifica como valores altos aquellos iguales o superiores a la mediana y como valores bajos aquellos inferiores a la mediana. Con ello se distinguen cuatro perfiles: nodos integradores principales, integración extendida, nodos especializados y baja integración relativa.

Tabla 66 Tipología de integración funcional municipal

Perfil funcional	Municipios	Lectura
Nodos integradores principales	42	Alta cobertura y alta intensidad promedio
Integración extendida	16	Alta cobertura y menor intensidad promedio
Nodos especializados	16	Menor cobertura y alta intensidad promedio

Baja integración relativa	42	Menor cobertura y menor intensidad promedio
Total	116	Municipios del ámbito v116

Fuente: IDOM, 2026

La tipología confirma que la integración municipal no depende de una sola propiedad. Algunos municipios alcanzan alta cobertura porque se relacionan con muchos municipios, aunque sus vínculos promedio no sean los más intensos. Otros presentan menor cobertura, pero vínculos más fuertes con un conjunto acotado de municipios. Esta distinción evita confundir extensión territorial de la red con profundidad funcional de los vínculos.

La validación multivariada respalda esta lectura. El primer componente principal explica el 80,7 % de la variabilidad de los indicadores municipales, y sus cargas son positivas en todos los indicadores, lo que permite interpretarlo como un gradiente general de integración funcional. A su vez, la sensibilidad del score muestra alta estabilidad: las alternativas de ponderación evaluadas conservan el 100 % del top 10 y presentan correlaciones de Spearman superiores a 0,99 frente al ranking oficial.

La contribución dimensional muestra que Movilidad concentra el 56,3 % de la fuerza municipal agregada. Este valor no representa un peso metodológico asignado, pues las siete dimensiones conservan igual peso nominal dentro del índice bilateral. La cifra expresa una contribución efectiva observada: Movilidad aporta más a la fuerza municipal porque tiene mayor densidad y mayor distribución territorial de vínculos activos.

En conjunto, el Paso 5 confirma que la red municipal combina municipios de integración amplia, nodos especializados y ámbitos de baja integración relativa. Esta lectura complementa la jerarquía de polos y la asociación municipio-polo: mientras el Paso 3 identifica centralidades, y el Paso 4 muestra cómo los municipios se relacionan con ellas, el Paso 5 ordena a todos los municipios según su posición general dentro de la red funcional.

5.9 SUBREGIONES FUNCIONAL-TERRITORIALES Y SUBPOLOS REGIONALES DE ARTICULACIÓN

La delimitación de estas subregiones no corresponde a criterios culturales, identitarios ni de apropiación social del territorio. Se trata de una lectura funcional-territorial derivada de las relaciones observadas en el modelo, de la accesibilidad entre municipios y del referente provincial incorporado como información institucional. Por tanto, las subregiones no reemplazan las divisiones político-administrativas vigentes ni deben interpretarse como unidades de identidad territorial.

La delimitación de subregiones se apoya únicamente en información disponible hasta el Paso 3 y no incorpora resultados de la regla de asociación municipio-polo ni del grado de integración municipal. Esta decisión evita la circularidad metodológica: primero se identifica la estructura funcional-territorial y luego se contrasta su coherencia con los patrones de asociación, cobertura e intensidad funcional. Por tanto, los resultados de los pasos 4 y 5 complementan la lectura territorial, pero no intervienen en la construcción de las subregiones.

5.9.1 Distinción entre polo, municipio bisagra y subpolo

Para evitar superposición conceptual, la lectura territorial distingue tres tipos de nodo. Los polos subregionales son los municipios con centralidad funcional departamental dominante, identificados en los apartados anteriores, que estructuran la red principal. Los municipios bisagra son aquellos cuya función es conectar ámbitos territoriales distintos, especialmente cuando sostienen vínculos relevantes con más de un polo. Los subpolos regionales de articulación son municipios que no fueron clasificados como polos departamentales, pero que dentro de una subregión sin polo principal, presentan una posición interna destacada por su centralidad, accesibilidad, cobertura y multidimensionalidad.

De esta distinción se deriva una regla de exclusión: un municipio no se clasifica simultáneamente como polo departamental y subpolo regional. Cuando una subregión ya contiene un polo identificado en la jerarquía, no se le asigna un subpolo adicional, dado que la centralidad principal ya cumple la función estructurante dentro de ese ámbito.

5.9.2 La provincia como referente territorial institucional

La delimitación de las subregiones incorpora la provincia como referente territorial institucional, por dos razones. La provincia constituye una unidad vigente para la lectura, coordinación y gestión del departamento, y su incorporación atiende la observación de la Gobernación sobre la necesidad de no perder representatividad territorial en la lectura de polos y subregiones.

La provincia se incorpora como información de referencia y no como regla de clasificación. No se adopta una cuota obligatoria de un polo por provincia ni se emplea como criterio determinístico de asignación. Su efecto se integra dentro de una matriz de disimilitud junto con la asociación funcional, el número de vínculos activos y el tiempo de viaje, de modo que dos municipios de provincias distintas pueden quedar en la misma subregión cuando la evidencia funcional y de accesibilidad compensa la penalización provincial.

5.9.3 Delimitación de las subregiones funcional-territoriales

La identificación de subregiones se realiza mediante una matriz de disimilitud entre municipios que combina cuatro criterios disponibles hasta el Paso 3: el índice bilateral ponderado, el número de vínculos activos, el tiempo de viaje y una penalización por pertenencia provincial. Los pesos no se fijaron de forma arbitraria, sino mediante una búsqueda sistemática restringida sobre combinaciones plausibles.

Tabla 67. Composición de la matriz de disimilitud funcional-territorial

Criterio	Peso	Función en la disimilitud
Índice bilateral ponderado	0,35	Cercanía funcional entre municipios
Número de vínculos activos	0,05	Complemento de solidez del vínculo
Tiempo de viaje	0,40	Accesibilidad física efectiva
Penalización provincial	0,20	Coherencia territorial e institucional

Fuente: IDOM, 2026

El mayor peso relativo se asigna al tiempo de viaje, dado que el objetivo es delimitar subregiones territorialmente operativas y no solo relaciones funcionales abstractas. El peso provincial se mantiene acotado al 20 por ciento, suficiente para orientar la coherencia territorial del agrupamiento sin convertirse en una restricción determinística.

Sobre esta matriz se aplicó el algoritmo PAM/k-medoids, adecuado cuando cada conglomerado debe quedar representado por un municipio observado y no por un centroide abstracto. La solución se sometió a restricciones posteriores de tamaño mínimo de cinco municipios y de continuidad espacial, y los componentes aislados se reasignaron al conglomerado vecino más cercano.

Adicionalmente, se verificó que la incorporación del tiempo de viaje como componente territorial explícito no determinara artificialmente la delimitación final de subregiones. Para ello, se recalcularon el índice bilateral y el conteo de vínculos excluyendo la variable tiempos de viaje, manteniéndola únicamente como componente separado de accesibilidad. La solución resultante conservó las 12 subregiones funcional-territoriales, los medoids finales y los seis subpolos consolidados, con un índice de Rand ajustado de 1,000 frente a la solución oficial.

El resultado es una partición de 12 subregiones funcional-territoriales operativas, de las cuales cuatro contienen una centralidad de la jerarquía departamental y ocho no. Como control de trazabilidad, la transición entre la partición estadística inicial y la solución operativa final se documenta en el Anexo Metodológico, Paso 3. Allí se presenta una auditoría del tránsito entre k=14 y k=12, incluyendo los medoids iniciales y finales, las fusiones de microconglomerados, las reasignaciones por continuidad espacial y las métricas comparables antes y después del postprocesamiento territorial. La auditoría muestra que el postprocesamiento eliminó los conglomerados no contiguos, redujo los componentes de contigüidad de 17 a 12 y elevó el tamaño mínimo de los grupos de 3 a 7 municipios, manteniendo una calidad interna adecuada de la partición.

5.9.4 Identificación y consolidación de los subpolos

En las ocho subregiones sin centralidad departamental se evalúa el municipio con mayor capacidad interna de articulación, mediante un puntaje que combina centralidad interna, fuerza funcional interna, cobertura, multidimensionalidad y accesibilidad dentro del conglomerado. No todo municipio con el mayor puntaje se consolida automáticamente como subpolo: debe cumplir de forma simultánea cuatro condiciones que garantizan una articulación efectiva del ámbito.

Tabla 68. Condiciones de consolidación del subpolo

Condición	Umbral	Qué asegura
Puntaje interno	≥ 0,836	Posición de articulación suficientemente destacada
Cobertura interna	= 1,000	Vínculo funcional con la totalidad del ámbito que articula
Multidimensionalidad interna	≥ 0,163	Que la articulación no dependa de una relación unidimensional
Margen frente al segundo	≥ 0,030	Ventaja interna clara sobre el municipio siguiente

Fuente: IDOM, 2026

Cuando un municipio alcanza el mayor puntaje interno, pero no cumple alguna de estas condiciones, se clasifica como referente local no consolidado. Esta regla evita crear subpolos por construcción automática y distingue los ámbitos con una articulación efectiva de aquellos en los que el liderazgo interno aún no es concluyente.

5.9.5 Subregiones y polos resultantes

El procedimiento identifica seis subpolos regionales de articulación, ubicados en ámbitos donde la jerarquía departamental no genera una representación territorial directa.

Tabla 69. Subpolos regionales de articulación

Subpolo	Puntaje interno	Cobertura interna	Multidimensionalidad	Margen	Estabilidad
Villeta	1,0000	1,0000	0,2792	0,2072	1,0000
Cáquez a	0,8500	1,0000	0,2438	0,3597	1,0000
La Mesa	0,8500	1,0000	0,2813	0,1550	1,0000
Ubaté	0,8500	1,0000	0,2688	0,3062	1,0000
Vianí	0,8500	1,0000	0,1786	0,0835	0,8967
Pacho	1,0000	1,0000	0,2266	0,4208	1,0000

Fuente: IDOM, 2026

Tabla 70. Referentes locales no consolidados

Subpolo	Puntaje interno	Cobertura interna	Multidimensionalidad	Margen	Motivo
Villapinzón	0,8046	1,0000	0,2321	0,1266	No alcanza el umbral mínimo de puntaje interno
Gachetá	0,9786	0,7778	0,1938	0,0200	No cumple cobertura completa ni margen mínimo

Fuente: IDOM, 2026

Los seis subpolos no reemplazan a los polos subregionales de la jerarquía departamental, sino que complementan la lectura de la red al reconocer nodos de enlace en ámbitos menos representados por la centralidad dominante. Los dos referentes locales se reportan como municipios con potencial de articulación, pero sin evidencia suficiente para su consolidación bajo los criterios definidos.

5.9.6 Estabilidad y alcance de la lectura

La robustez de los subpolos se evaluó mediante 300 réplicas de perturbación local sobre los indicadores internos. Los seis subpolos consolidados presentan niveles de estabilidad superiores a 0,8967, y cinco de ellos alcanzan estabilidad plena, lo que respalda la consistencia local de la selección.

La accesibilidad interna no se perturba en esta prueba, dado que se deriva de los tiempos de viaje y se mantiene como componente territorial fijo; la sensibilidad se concentra en los indicadores funcionales estimados a partir de la red.

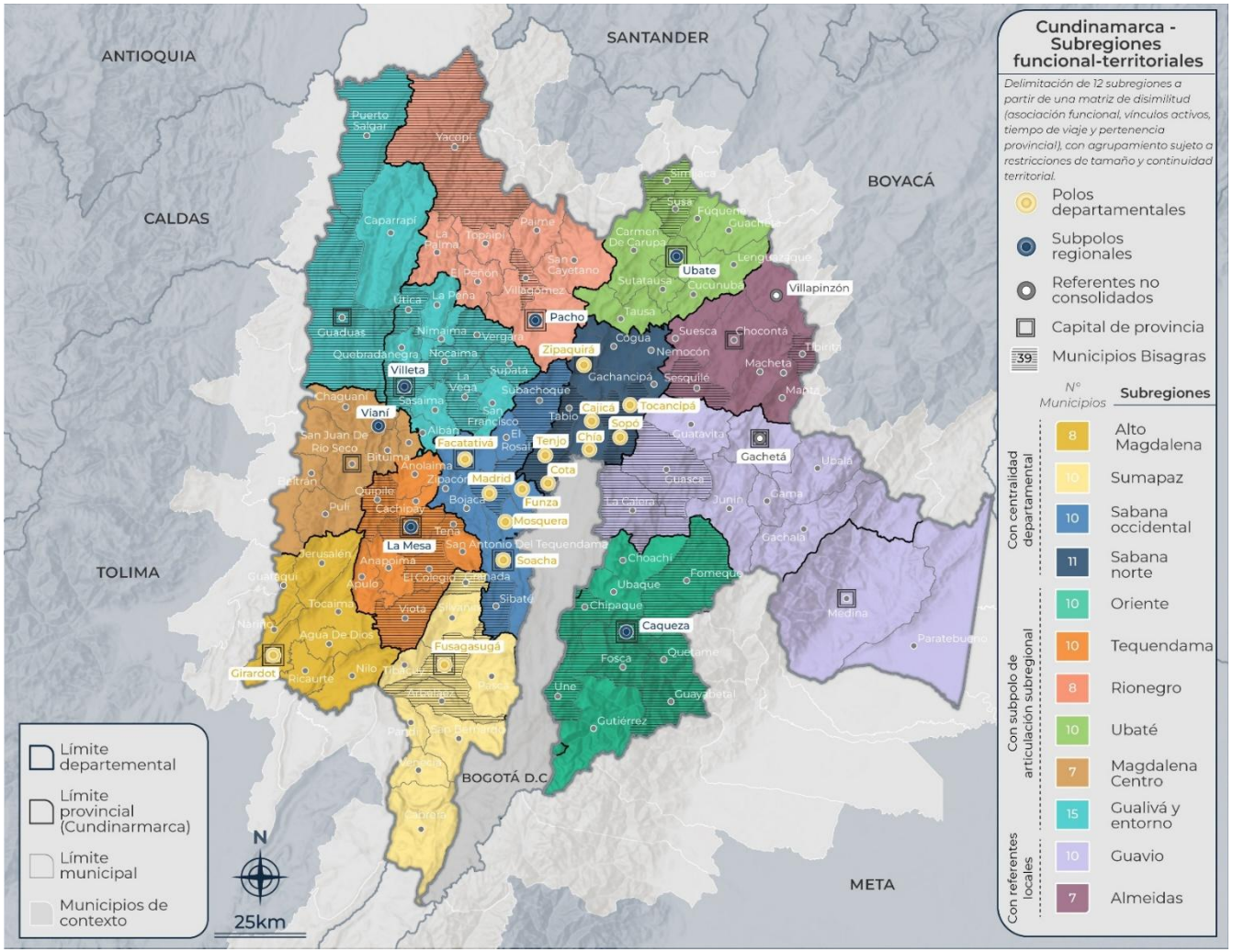
El análisis de sensibilidad muestra, además, que la provincia tiene capacidad real para orientar la coherencia territorial del agrupamiento: al reducir o eliminar su peso, la partición cambia y el número de subpolos disminuye hasta cuatro. Esto confirma que la provincia orienta la coherencia territorial del agrupamiento, sin operar como cuota ni como restricción determinística. Este comportamiento confirma que la solución adoptada combina estructura funcional, accesibilidad territorial y referencia institucional, y no corresponde a una regionalización puramente funcional ni a una reproducción administrativa de las provincias. La robustez debe entenderse como estabilidad local condicionada a la estructura observada, no como invariabilidad ante cambios estructurales mayores.

5.10 LECTURA TERRITORIAL SUBREGIONES FUNCIONAL-TERRITORIALES Y SUBPOLOS REGIONALES DE ARTICULACIÓN

La delimitación de las doce subregiones ofrece la primera imagen del departamento organizado por ámbitos y no por nodos.

Donde la jerarquía de polos señalaba centralidades aisladas, esta lectura muestra cómo se reparte el territorio entre ellas y, sobre todo, cómo se articulan los espacios que ninguna centralidad departamental alcanza a estructurar.

Figura 29. Subregiones funcionales



Fuente: IDOM, 2026

5.10.1 Una geografía de tres regímenes de articulación

El sistema no se organiza bajo una lógica única, sino bajo tres regímenes distintos que el mapa distingue con nitidez. Cuatro subregiones se articulan desde una centralidad departamental propia, seis lo hacen mediante un subpolo que emerge en ausencia de polo, y dos permanecen sin un articulador consolidado. Esa gradación no es administrativa sino funcional, y describe un departamento cuya capacidad de estructuración interna decrece de forma ordenada desde el centro sabanero hacia sus bordes.

Las dos subregiones sabaneras concentran la totalidad de las centralidades del sistema y son, paradójicamente, las menos extensas en número de municipios. La Sabana Occidente reúne cinco centralidades en apenas diez municipios y la Sabana Norte siete en once, de modo que su condición no deriva de su tamaño sino de su densidad de polos. Son territorios policéntricos, donde la articulación no depende de un único nodo sino de una malla de centralidades contiguas. Frente a ellas, Girardot y Fusagasugá articulan sus ámbitos con una sola centralidad cada uno, en una lógica monocéntrica que anticipa el carácter de subsistema propio ya identificado en la lectura del alto Magdalena y del Sumapaz.

5.10.2 Los subpolos revelan la estructura oculta de la periferia

El hallazgo mayor de este nivel es que la ausencia de polo departamental no equivale a ausencia de estructura. Seis ámbitos que la jerarquía nodal dejaba en blanco resultan articulados por un subpolo que ejerce, a escala local, la función que ningún municipio alcanza a proyectar sobre el conjunto del departamento. Villeta en el noroccidente, Pacho en Rionegro, Ubaté en el norte, Cáqueza en el oriente, La Mesa en el Tequendama y Vianí en el Magdalena Centro dibujan un segundo nivel de articulación que sostiene la cohesión de la periferia. La lectura territorial relevante es que el departamento no se agota en la Sabana, sino que dispone de una red de cabeceras intermedias sobre las que podría apoyarse cualquier estrategia de equilibrio territorial.

Los dos referentes no consolidados delimitan con precisión el umbral de esa estructura. Villapinzón en Almeidas y Gachetá en el Guavio encabezan su ámbito pero no alcanzan las condiciones de cobertura o de ventaja interna que definen a un subpolo, y quedan por ello en un estatuto intermedio entre la articulación efectiva y su ausencia. Su presencia en el mapa no señala un vacío sino una articulación incipiente, y marca los territorios donde la cohesión funcional es todavía una posibilidad antes que un hecho.

5.10.3 La subregión funcional no reproduce la provincia

La comparación con la división provincial es el resultado más significativo de este nivel, porque disocia dos lecturas que suelen confundirse. Aunque la provincia intervino como criterio de coherencia territorial, las subregiones no reproducen su mapa. La subregión de Villeta integra municipios de Gualivá y del Bajo Magdalena en un solo ámbito funcional, la de Gachetá reúne al Guavio con Medina y Paratebueno pese a su lejanía administrativa, y varias provincias pequeñas quedan absorbidas en agrupaciones más amplias que responden a la accesibilidad y al vínculo funcional antes que al límite institucional. La estructura funcional del territorio tiene, por tanto, una geometría propia que se aparta de la organización heredada, y esa distancia es precisamente lo que justifica el ejercicio.

5.10.4 El polo funcional no siempre coincide con la capital provincial

Sobre esa disociación se superpone una segunda, más fina, entre el articulador funcional y la capital institucional de cada provincia. La coincidencia es notable pero no completa, y son las excepciones las que resultan reveladoras. En la mayoría de los casos el subpolo identificado

por el análisis es también la capital provincial, como en Villeta, Cáqueza, La Mesa, Ubaté y Pacho, lo que confirma que la cabecera histórica conserva su función articuladora. Pero en el Magdalena Centro el análisis designa a Vianí como subpolo, mientras la capital provincial es San Juan de Rioseco, y en el Guavio la capital Gachetá no alcanza la consolidación funcional. Esos dos desajustes demuestran que la centralidad institucional y la centralidad funcional no son la misma cosa, y que la delimitación aquí construida capta relaciones que la geografía administrativa no registra.

5.10.5 Síntesis

El sistema subregional describe un departamento organizado en tres coronas de articulación decreciente: un núcleo sabanero policéntrico que concentra las centralidades, dos subsistemas propios en Girardot y Fusagasugá, y una periferia sostenida por subpolos que suplen la ausencia de polo departamental. Su geografía no coincide con la provincial ni sus articuladores con las capitales institucionales, de modo que la lectura funcional restituye una estructura territorial que la organización administrativa mantenía invisible. La distinción entre subregiones con centralidad, con subpolo y con referente no consolidado ofrece así una lectura del equilibrio interno del departamento que la jerarquía de polos, por sí sola, no permitía formular.

5.11 VALIDACIÓN DEL CARÁCTER JERÁRQUICO Y ROBUSTEZ

5.11.1 Progresión entre categorías

Para que la clasificación pueda denominarse jerárquica no basta con que el procedimiento produzca grupos diferenciados. Resulta necesario verificar que esos grupos presenten una progresión ordenada en los indicadores funcionales principales, condición que distingue una jerarquía de una simple tipología de perfiles.

Tabla 71. Progresión de los centroides por categoría

Categoría	Puntaje funcional	Fuerza del índice	Vínculos consolidados o superiores	Vínculos estructurales
Centralidades emergentes	4,32	15,38	19,3	7,7
Polos subregionales intermedios	7,34	21,17	32,6	14,2
Polos estructurantes regionales	10,44	26,93	43,5	21,0

Fuente: IDOM, 2026

La progresión es monótona y creciente en los cuatro indicadores considerados, sin ninguna inversión. Las categorías no representan tipos distintos de centralidad sino niveles ordenados de una misma propiedad, condición que sustenta la denominación jerárquica de la tipología.

La diferencia entre niveles resulta además sustantiva y no marginal. El puntaje funcional se multiplica por 2,4 entre el nivel emergente y el estructurante, los vínculos consolidados por 2,3 y los estructurales por 2,7. Una tipología cuyos centroides se distinguieran por márgenes estrechos no admitiría la lectura jerárquica que aquí se propone.

5.11.2 Estabilidad bajo perturbación

La estabilidad se evaluó mediante quinientas réplicas con perturbación aleatoria de los indicadores estandarizados. En cada réplica se reestimó la síntesis multivariada y se repitió el agrupamiento completo, emparejando las etiquetas por su posición media en el gradiente de centralidad para permitir la comparación entre réplicas.

Tabla 72. Estabilidad de la clasificación bajo quinientas réplicas

Métrica	Mediana	Percentil 5
Concordancia de la clasificación general	1,0000	0,9499
Coincidencia del conjunto de candidatos	1,0000	0,9333
Concordancia de la jerarquía interna	1,0000	1,0000

Fuente: IDOM, 2026

Los valores medianos alcanzan la unidad en las tres métricas, lo que significa que en más de la mitad de las réplicas la clasificación se reprodujo de forma idéntica. El percentil 5 se mantiene por encima de 0,93 en todos los casos, de modo que incluso en los escenarios menos favorables la coincidencia con la clasificación original resulta elevada.

La permanencia individual completa la lectura. En el conjunto de catorce candidatos alcanza el 100 por ciento en trece municipios y el 99,4 por ciento en Sopó. La permanencia en el mismo nivel jerárquico es del 100 por ciento en todos los casos salvo Cajicá, que conserva su categoría en el 98,2 por ciento de las réplicas.

En términos prácticos, estos resultados indican que la identificación de centralidades no depende de una única ejecución del modelo. La alta permanencia de los municipios candidatos y la concordancia general de las réplicas muestran que la tipología jerárquica conserva su estructura ante pequeñas perturbaciones de los indicadores.

Ambos casos se sitúan en las fronteras del sistema, el primero entre el conjunto candidato y el resto de municipios, el segundo entre dos niveles contiguos. Su comportamiento resulta esperable en cualquier procedimiento de clasificación y no compromete la lectura, aunque conviene señalarlo de forma expresa para que la validación territorial preste atención específica a esos dos municipios.

Estatuto diferenciado de los dos resultados

La detección del conjunto de catorce centralidades candidatas constituye una conclusión estadísticamente sólida, sostenida por la concordancia mediana perfecta, por la permanencia individual observada y por la distancia entre la solución adoptada y sus alternativas.

La jerarquización interna en tres niveles corresponde a una tipología operativa, parsimoniosa y territorialmente defendible, adoptada por su utilidad analítica. Admite revisión a la luz del contraste institucional previsto en el Producto 3, sin que ello afecte a la detección del conjunto.

06

LECTURAS DERIVADAS, CARTOGRAFÍA Y GEOVISOR

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Región Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

6 LECTURAS DERIVADAS, CARTOGRAFÍA Y GEOVISOR

En una frase. Cómo se articulan los distintos niveles de lectura del estudio y con qué instrumentos se representan y socializan sus resultados. El capítulo cierra la parte analítica del entregable y establece el puente hacia los productos de representación y difusión.

El tratamiento de este capítulo combina resultados analíticos y lectura metodológica. La tipología de polos, la asociación municipio-polo, el grado ponderado de integración municipal y la delimitación de subregiones funcional-territoriales se desarrollan dentro del Entregable 2. El Producto 3 retoma estos resultados para su traducción cartográfica, contraste territorial y articulación con referentes institucionales y de planeación.

6.1 EL ENCADENAMIENTO DE LAS LECTURAS

El estudio no produce un único resultado sino una secuencia de lecturas encadenadas, cada una de las cuales responde a una pregunta distinta y se apoya en la anterior. Su ordenamiento no es acumulativo por yuxtaposición, sino jerárquico por profundidad: cada nivel desciende un grado en la unidad de análisis y restituye una parte de la información que el nivel precedente resumía.

La lectura parte del índice bilateral, que sintetiza en una sola medida la interdependencia funcional entre cada par de municipios.

Sobre esa base, el primer nivel ofrece la lectura agregada del sistema, con la distribución general de los vínculos y su categorización.

El segundo nivel traslada la mirada del par al municipio, mediante el alcance funcional y la robustez, que distinguen la amplitud de la inserción de su solidez.

El tercer nivel desagrega el índice en sus siete dimensiones temáticas y examina la estructura territorial que cada una revela por separado, a través de la densidad y la plenitud.

El cuarto nivel desciende hasta las dieciséis variables y muestra de qué está compuesto cada vínculo.

Sobre esa arquitectura de cuatro niveles se construye la lectura nodal del Paso 3, que identifica los municipios con posición de centralidad y establece una jerarquía de polos, y su complemento territorial, que delimita las subregiones funcional-territoriales y reconoce los subpolos de articulación. El conjunto describe el sistema desde su expresión más sintética hasta su composición más detallada, y permite que cada afirmación de la lectura territorial pueda rastrearse hasta la evidencia que la sustenta.

Este encadenamiento es también el criterio que ordena la producción cartográfica. Cada nivel de lectura tiene su correlato en un conjunto de mapas, y la coherencia entre ellos, en simbología, categorías y umbrales, es la condición para que la lectura visual reproduzca sin ambigüedad la lectura analítica.

Este encadenamiento se consolida en el presente entregable mediante la ejecución de los cinco pasos analíticos. La jerarquía de polos identifica las centralidades principales; la asociación municipio-polo muestra cómo se relacionan los municipios con esas centralidades; el grado ponderado ordena a los municipios según su integración funcional general; y la delimitación de subregiones funcional-territoriales reconoce articulaciones subregionales y subpolos donde no existe una centralidad departamental dominante. De este modo, el Entregable 2 entrega la base analítica consolidada para que el Producto 3 desarrolle la traducción cartográfica, el contraste territorial y la lectura de implicaciones para la planeación regional.

6.2 MODELO DE DATOS Y PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA

La totalidad de los resultados del presente entregable se sustenta en una estructura de datos común, organizada en torno al identificador municipal DIVIPOLA y a la matriz bilateral de pares, de la que derivan tanto los indicadores nodales como las capas de representación. Esta estructura garantiza que cada resultado sea trazable hasta su insumo de origen y reproducible de forma independiente.

El modelo de datos completo, con su documentación, diccionario de campos y capas asociadas, se consolidará y entregará de manera integral en el Producto 4, conforme a la secuencia prevista para el estudio. El presente entregable adopta, para su producción cartográfica, un conjunto de convenciones provisionales orientadas a asegurar la trazabilidad y la interoperabilidad de la información, sin anticipar las definiciones técnicas que corresponden a fases posteriores.

En este sentido, el estudio prevé alinear el modelo de datos y la producción cartográfica con los lineamientos, estándares e infraestructura de información geográfica de la Gobernación y del Observatorio. Los aspectos relativos a sistemas de referencia, estructura de capas, nomenclatura de campos, metadatos y condiciones de publicación se precisarán de manera conjunta en la reunión técnica de coordinación GIS prevista con posterioridad a la entrega de este producto. Las decisiones que allí se adopten se incorporarán de forma retroactiva al conjunto de la información, de modo que la cartografía final quede plenamente conforme a los estándares institucionales.

Esta aproximación responde a un criterio de prudencia metodológica. El estudio avanza en la producción analítica y en la representación preliminar de sus resultados, y reserva la fijación definitiva del modelo de datos para el momento en que se cuente con los lineamientos técnicos de las entidades, con el fin de evitar retrabajos y de asegurar la compatibilidad plena con los sistemas de información existentes.

6.3 GEOVISOR DE RESULTADOS

El geovisor constituye el instrumento previsto para la socialización de los resultados del estudio. Su función no es solo cartográfica sino comunicativa: traducir la secuencia de lecturas analíticas en una interfaz navegable que permita a los distintos actores del territorio explorar los resultados según su nivel de interés, desde la visión agregada del sistema hasta el detalle por municipio, dimensión o variable.

El geovisor está concebido para integrar de manera progresiva los productos generados a lo largo del estudio. Durante el presente Producto 2 se incorporan las capas correspondientes al índice bilateral, a los indicadores nodales de alcance y robustez, a las siete dimensiones temáticas y a las dieciséis variables, así como a la tipología de polos y a la delimitación de subregiones. De este modo, el geovisor acompaña el avance del estudio y refleja en cada fase el estado consolidado de sus resultados.

Su desarrollo se enmarca en la misma lógica de alineamiento descrita para el modelo de datos. La arquitectura del geovisor, sus condiciones de despliegue y su articulación con las plataformas institucionales se definirán en coordinación con los equipos técnicos de la Gobernación y del Observatorio, de manera que la herramienta resulte coherente con la infraestructura de información geográfica del departamento y sostenible en su operación. El presente entregable presenta el geovisor en su estado de avance, como soporte de la lectura de los resultados de esta fase y como base sobre la cual se integrarán los productos de las fases siguientes.

07

SÍNTESIS, DECISIONES Y AGENDA

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Región Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

7 SÍNTESIS, DECISIONES Y AGENDA

7.1 PRINCIPALES HALLAZGOS

El sistema tiene una base amplia y una cima estrecha, y esa asimetría es su rasgo estructural. Casi seis de cada diez pares posibles sostienen alguna relación, pero solo una fracción reducida alcanza las categorías superiores, y la relación típica se apoya en poco más de dos evidencias sobre dieciséis. Cundinamarca sin Bogotá no aparece como un territorio disperso sino como un sistema donde la interacción es generalizada y la integración profunda, en cambio, es excepcional. El territorio distingue con nitidez entre relacionarse y estructurarse, y esa distinción ordena toda la lectura.

El departamento se organiza sobre un eje único, no sobre un centro. La retirada de la capital no disolvió la estructura funcional de su entorno, sino que hizo visible un corredor continuo que recorre el territorio del noreste al suroeste, articula La Sabana en toda su extensión y encuentra su extremo meridional en Girardot. Sobre esa banda se concentra el conjunto de las relaciones que sostienen funcionalmente el sistema, y su forma no coincide con la división provincial vigente.

La centralidad se define por la profundidad del vínculo, no por su extensión. Un municipio que se relaciona con todo el departamento mediante vínculos débiles no alcanza la condición de centralidad, mientras que Girardot la ejerce con un área de relación menor que la de varios municipios sabaneros no clasificados, sostenido por el vínculo más sólido del sistema. La lectura nodal confirma así el carácter multipolar del departamento: existe más de un centro, y al menos uno se explica por su propia estructura de relaciones y no por su proximidad a La Sabana.

Cada dimensión revela una geografía propia que la lectura agregada comprime. La movilidad opera como la infraestructura relacional del conjunto, define qué relaciones son posibles pero solo alcanza plenitud en el corredor central. El desarrollo económico vincula ampliamente e integra poco, propio de un territorio de especializaciones que rara vez coinciden. Los equipamientos sociales organizan el acceso en torno a pocas cabeceras de servicio, y las dimensiones de base natural encadenan municipios según cuencas y continuidades ecológicas ajenas a la red vial y a la jerarquía urbana. El territorio no responde a un patrón único replicado, sino a la superposición de estructuras funcionales diferenciadas.

La ausencia de polo departamental no equivale a ausencia de estructura. La lectura territorial muestra que buena parte de la periferia dispone de nodos de cohesión que la jerarquía nodal no permitía reconocer. El departamento se organiza en doce subregiones que cubren la totalidad del ámbito, articuladas en tres regímenes de capacidad estructurante decreciente: las que cuentan con una centralidad departamental, las que emergen alrededor de un subpolo regional, y las que apenas alcanzan un referente local no consolidado. Esa gradación describe un territorio cuya cohesión interna disminuye de forma ordenada desde el centro sabanero hacia sus bordes, sin que ningún ámbito quede enteramente al margen del sistema.

La estructura funcional y la organización institucional no coinciden, y esa distancia es el principal aporte del ejercicio. Ni las subregiones reproducen los límites provinciales ni sus nodos de articulación coinciden siempre con las capitales de provincia. Lejos de constituir una

inconsistencia, esa divergencia confirma que una delimitación construida sobre la evidencia de relación capta una organización del territorio que la geografía administrativa mantenía invisible, y ofrece un criterio de lectura que el mapa provincial, por sí solo, no proporciona.

Los resultados son sólidos en todos los niveles verificados. La estructura de los vínculos, la jerarquía de centralidades y la delimitación de subregiones conservan su forma ante cambios de método y pruebas de perturbación. La clasificación de pares mantiene la práctica totalidad de sus categorías ante el cambio de esquema de ponderación, la selección de centralidades presenta concordancia mediana perfecta bajo perturbación, y los subpolos consolidados sostienen niveles de estabilidad elevados. La lectura territorial que sostiene el estudio no depende por tanto de una decisión metodológica aislada, sino de la convergencia de resultados estables.

7.2 DECISIONES METODOLÓGICAS Y CUESTIONES ABIERTAS

El documento distingue entre decisiones adoptadas y justificadas, que no se reabren salvo que aparezca evidencia nueva, y cuestiones que permanecen abiertas y sobre las cuales se formula una propuesta.

Tabla 73. Decisiones adoptadas

Decisión	Contenido	Apartado
Esquema de ponderación	Ponderación uniforme por dimensión temática. El esquema alternativo se conserva como contraste de sensibilidad y no genera productos derivados	3.9
Regla de clasificación de pares	Cortes en tres, cinco y siete vínculos activos, seleccionados mediante búsqueda exhaustiva sobre 455 ternas y puntaje de calidad ordinal	4.4
Umbral de identificación	Media de la distribución empírica del ámbito v116, aplicada variable por variable	2.3 y 3.4
Variable exportadora	Se conserva dentro del sistema con ajuste de confiabilidad y se denomina afinidad de perfiles exportadores	3.7
Naturaleza de la medida	El estudio mide asociación funcional, no dependencia ni dirección. Las matrices son simétricas	2.1 y 3.8
Detección de centralidades	Clasificación en dos etapas, con detección sobre el conjunto completo y jerarquización sobre el subconjunto candidato	5.4 y 5.5
Tratamiento de la escala provincial	Clasificación departamental sin cuotas, con lectura provincial complementaria	5.9.2
Reporte de alcance e intensidad	Ambas propiedades se reportan por separado y no se agregan en una cifra única	4.6 y 6.3

Fuente: IDOM, 2026

Tabla 74. Cuestiones abiertas y propuestas

Cuestión	Propuesta	Apartado
Alcance del componente direccional	Incorporar los indicadores para las variables con matriz disponible, y condicionar el desarrollo restante al resultado de la verificación en curso	3.8
Umbral de asociación secundaria	Expresarlo sobre el conteo de vínculos activos, en cinco o más evidencias, en lugar de sobre el valor del índice	6.2
Rango del componente multidimensional	Corregir el máximo teórico declarado y precisar su condición de valor continuo	6.3
Denominación de los agrupamientos funcionales	Definirla junto con el Observatorio una vez validada la lectura territorial	4.5
Adopción de los umbrales percentilares	Confirmarlos en el Producto 3 tras el contraste con el conocimiento territorial	4.6
Ámbitos sin centralidad identificada	Verificar si responde a menor densidad funcional o a cobertura desigual de las fuentes	5.6

Fuente: IDOM, 2026

7.3 LIMITACIONES

Dos limitaciones deben acompañar la lectura de los resultados y conviene enunciarlas con precisión, dado que condicionan el alcance de las conclusiones.

- **Cobertura desigual de las fuentes.** Puede producir menor densidad en las provincias periféricas por razones de registro y no de dinámica territorial. La distinción entre ambas situaciones exige el contraste con el conocimiento del territorio y afecta directamente a la lectura de los ámbitos sin centralidad identificada y a la consolidación de los referentes locales.
- **Ausencia de magnitud física en el índice.** La medida registra en cuántas dimensiones dos municipios presentan asociación funcional, pero no estima volúmenes, frecuencias ni magnitudes físicas de flujo. El Paso 5 no introduce magnitudes físicas; desarrolla indicadores de intensidad funcional derivados del índice bilateral, como la fuerza acumulada y la intensidad promedio municipal.

7.4 INSUMOS TRANSFERIDOS AL PRODUCTO 3

- Matriz bilateral definitiva con las 6.670 duplas, su clasificación ordinal y el desglose por dimensión y por variable.
- Archivo consolidado de resultados, con controles de integridad y capas preparadas para el entorno de información geográfica.
- Siete matrices temáticas de 116 por 116, verificadas como simétricas y de diagonal nula.
- Indicadores nodales de alcance, robustez y fuerza funcional para los 116 municipios, con los umbrales percentilares de referencia.
- Tipología preliminar de catorce centralidades, con su jerarquización en tres niveles, la progresión de centroides y las pruebas de estabilidad asociadas.
- Delimitación preliminar de doce subregiones funcional-territoriales, con sus seis subpolos regionales de articulación, sus dos referentes locales y las pruebas de estabilidad correspondientes.

A

ANEXOS TÉCNICOS

REALIZACIÓN DEL **ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS INTERDEPENDENCIAS Y RELACIONES FUNCIONALES A NIVEL SUBREGIONAL**

Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM

Los anexos sostienen la trazabilidad del ejercicio y constituyen el material de verificación para el equipo técnico. El anexo metodológico general se entrega como volumen independiente y recoge el desarrollo íntegro de los cinco pasos, con sus formulaciones, procedimientos, figuras, pruebas estadísticas y referencias bibliográficas. Los anexos técnicos complementan ese volumen con el detalle documental y numérico del presente entregable.

Anexo metodológico general

Documento de pasos metodológicos del estudio, entregado como volumen independiente con índice y numeración propios.

Contiene el desarrollo completo del Paso 1, con el tratamiento de la variable exportadora y la validación estadística del esquema de ponderación; del Paso 2, con la construcción de la regla ordinal y sus pruebas; del Paso 3, con la síntesis multivariada y la tipología de centralidades; y de los Pasos 4 y 5, con su formulación y parámetros de cálculo.

Las remisiones señaladas a lo largo de este documento, identificadas mediante el filete lateral, dirigen al paso correspondiente de ese volumen.

Tabla 75. Tabla de anexos

Anexo	Contenido	Función	Apartado que sostiene
A1	Catálogo de matrices v116 y controles de integridad	Verificación de los insumos de cálculo	3.3
A2	Protocolo de revisión y criterios de tamizaje	Trazabilidad de las decisiones sobre variables	3.2
A3	Tabla comparativa de umbrales original y recalculado	Soporte del recálculo de parámetros	3.4
A4	Fichas completas de revisión por variable (16 variables)	Detalle de fuente, modelo y decisión adoptada	3.5
A5	Inventario de variables dirigidas y reglas de simetrización	Base del componente direccional	3.8
A6	Detalle del análisis de ponderación y sensibilidad	Soporte de la decisión de ponderación	3.9 y 4.11
A7	Matrices de origen y destino previas a la simetrización	Conservación de la información direccional	3.8
A8	Perfil temático y síntesis de la lectura por dimensión	Soporte de la lectura temática	4.7 y 4.8
A9	Documentación de la variable de afinidad exportadora	Distribución, umbral y pruebas de sensibilidad	3.7
A10	Tipología de centralidades, subregiones y pruebas de estabilidad	Soporte del Paso 3	Capítulo 5
A11	Trazabilidad del índice par por par	Auditoría de cualquier valor del índice	4.3
A12	Diccionario de datos y modelo de la geodatabase	Interoperabilidad institucional	6.4
A13	Rutinas de cálculo y parámetros de reproducibilidad	Replicabilidad por parte del Observatorio	2.3.7
A14	Registro de decisiones y control de versiones	Trazabilidad del proceso	7.2

Fuente: IDOM, 2026



Region Metropolitana
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

IDOM