

LA RED DE CIUDADES EN LA CIUDAD REGIÓN EJE CAFETERO. UNA REVISIÓN DESDE LA SINTAXIS ESPACIAL*

The city network in the City-region Eje cafetero. A review from space syntax.

*Mario Alberto Gaviria Ríos***

* Este trabajo constituye una exploración preliminar de la red de ciudades presente en la Ciudad región Eje Cafetero, como parte del proyecto de investigación “Redes de ciudades y configuración territorial, el caso de la formación espacial Ciudad región Eje Cafetero” inscrito en el Centro de Investigaciones e Innovación de la Universidad Católica de Pereira.

** Maestro titular Universidad Católica de Pereira. Contacto: mario.gaviria@ucp.edu.co

RESUMEN:

Se hace un análisis estructural y de interacción del sistema de ciudades de la Ciudad región Eje Cafetero, a partir de un ejercicio de sintaxis espacial en una escala regional, utilizando los software de aplicación libre AGRAPH y AJAX-Light. Se consideran como conexiones del sistema las interacciones urbanas y la disposición de la infraestructura vial primaria. Se evidenciaron condiciones especiales de centralidad y accesibilidad para Manizales, en el primer caso, y para Pereira, en el segundo.

PALABRAS CLAVES:

Sistemas Urbanos, Regiones Urbanas, Interacción Espacial.

ABSTRACT:

There is made an structural analysis and the interaction of the city system of the city-region Eje Cafetero, from a space syntax exercise in a regional scale, using the software of free application AGRAPH and AJAX-Light. There are considered system connections and urban interactions and the provision of primary road structure. They were showed special conditions of centrality for Manizales in the first case, and for Pereira in the secognd one.

KEYWORDS:

Urban Systems, Urban Regions, Space Interaction.

LA RED DE CIUDADES EN LA CIUDAD REGIÓN EJE CAFETERO. UNA REVISIÓN DESDE LA SINTAXIS ESPACIA

Para citar este artículo: Gaviria Ríos, Mario A. (2015). "La red de ciudades en la Ciudad región Eje Cafetero, una revisión desde la sintaxis espacial". En: Revista Académica e Institucional Páginas de la UCP, N° 98: p.117-133.

Primera versión recibida el 06 de octubre de 2015. Versión final aprobada el 29 de octubre de 2015

La idea de red urbana, en mayor o menor medida, siempre ha estado presente en la explicación de la dinámica y el desarrollo de las ciudades. La teoría geográfica parte de la idea de que las ciudades no están aisladas, que desarrollan relaciones en forma creciente con sus similares a través de múltiples redes que las hacen progresivamente interdependientes, por lo que el desarrollo urbano no se puede entender al margen de esas interacciones (Rozenblat & Pumain, 2007).

En la actualidad, las redes de ciudades han llegado a constituirse en una manera de interpretar las dinámicas territoriales, en la que el territorio es entendido en su configuración como el resultado de flujos y relaciones de vida entre el espacio de residencia, producción, formación, consumo y ocio (Solís y Troitño, 2012; Solís, 2011). Así, desde el enfoque de redes de ciudades se asume el territorio como una matriz de relaciones sociales, que se configura a partir de las interacciones que tienen lugar entre sus asentamientos humanos, las mismas que son fruto de la confluencia de dinámicas de complementariedad, sinergia y competencia, y se manifiestan a través de flujos de personas, bienes, servicios e información. Dichas redes se conciben como un dispositivo capaz de producir territorio, más a partir de las relaciones que de la ocupación.

En el ámbito regional colombiano se tienen indicios de configuraciones de sistemas urbanos de este tipo. La región Bogotá – Cundinamarca es un caso ilustrativo de esfuerzos institucionales

orientados a la consolidación de un sistema de ciudades, una gestión animada por la idea de que la productividad, competitividad y sostenibilidad regional dependen, de manera considerable, de la relación de doble vía que se dé en ese entorno territorial constituido por la red de ciudades (Pineda, 2007).

Dinámicas similares se observan en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Rionegro, con la proyección que se hace en los distintos planes estratégicos locales de ciudades que integran un sistema urbano; el Caribe colombiano, en lo que se ha venido gestionando como el Eje Caribe y que integra las ciudades cercanas al corredor vial que conecta a Cartagena, Barranquilla y Santa Marta; o el Valle del Cauca, donde se evidencia un sistema de relaciones urbanas entre Cali y otras ciudades del norte del departamento.

Un caso de interés es lo que se ha llamado la "Ciudad región Eje Cafetero", a la que se incorporan los municipios de Manizales, Chinchiná, Villamaría, Palestina y Neira; Pereira, Cartago, La Virginia, Dosquebradas y Santa Rosa; Armenia, Calarcá, Circasia, La Tebaida y Montenegro. Un sistema urbano al que se le ha atribuido una disposición con característica policéntrica, donde las complementariedades, la competencia y la cooperación son elementos que favorecen un desarrollo territorial más equilibrado, en términos de oportunidades sociales y económicas para su población (Corporación Alma Mater, Carder, Corpocaldas,

Cortolima, CRQ, CVC, Ministerio del medio ambiente, 2002; Rodríguez y Arango, 2004).

En este trabajo se estudia dicho sistema urbano a partir del análisis estructural y de interacciones de la red de ciudades presente en él. Para ello se recurre a un ejercicio de sintaxis espacial, derivado en lo fundamental de la aplicación de una batería de técnicas simples que ayudan a cuantificar y comparar patrones de accesibilidad en espacios construidos (Reynoso, 2010, 2011). El ejercicio se apoyó en las aplicaciones AGRAPH y AJAX-Light, las cuales permiten calcular los parámetros básicos de sintaxis del espacio y representarla a través de gráficos, cuya elaboración se apoya en imágenes importadas como fondo.

Es claro que la sintaxis espacial se orienta a estudiar las formas en las que se vinculan y organizan los espacios de un conjunto arquitectónico o urbanístico, y que la sintaxis espacial se orienta hacia las relaciones entre la organización espacial de los ambientes construidos y los patrones sociales que en ellos ocurren. En este trabajo se plantea un ejercicio a escala regional; no obstante, se considera que se respetan los principios básicos de la técnica utilizada, en tanto que es aplicada al análisis de un ambiente construido a partir de, entre otros, la interacción social y el desarrollo de infraestructura de comunicación entre las ciudades, con el propósito de ilustrar posibles características de la lógica social que estructura la configuración que alcanza el territorio.

Adicional a ello, existen ya otras experiencias de aplicación de la sintaxis espacial en la escala regional. Es el caso del trabajo de Jensen-Pennington (2012), en el que se estudia la distribución del espacio que resultó del asentamiento de la *United Fruit Company* en la costa pacífica de Costa Rica, y se analizan los

patrones de comunicación social y la estructura jerárquica de los flujos de tránsito humano entre las zonas en que se dividió el asentamiento. Para ello, el autor partió de considerar que estas zonas están compuestas por elementos entre los cuales existen relaciones, implícitas y explícitas, sujetas a una sintaxis espacial, es decir, a un conjunto de reglas que señalan la dirección de los flujos comunicativos y de tránsito, y de acceso a los componentes del espacio (la exclusión o la segregación con respecto a esos componentes). En cuanto al contenido de este informe, primero se presenta una discusión en torno a las redes de ciudades y la forma como estas derivan en una escala donde confluyen la ciudad y la región; la ciudad región es la expresión espacial de dicho fenómeno. Luego, se pasa a la presentación y desarrollo del ejercicio de sintaxis espacial, a través del cual se pudo evidenciar la presencia de una configuración espacial de carácter policéntrico, con clara centralidad de las ciudades capitales: Manizales, Pereira y Armenia.

Redes y sistemas de ciudades

Como fenómeno, la conformación de redes urbanas se remonta al período preindustrial del sistema capitalista. Desde el concepto de primacía urbana, que hace alusión a una configuración particular en la que la ciudad mayor establece relaciones especiales con el resto de la red urbana a la cual pertenece, se puede hacer un acercamiento a la historia de dicho fenómeno. Ya en la etapa del capitalismo comercial se tiene evidencia de la presencia de primacía urbana en países de Europa, Japón y América Latina, proceso que se acelera con el despegue industrial (Cuervo, 2004).

Como objeto de estudio, el trabajo investigativo sobre redes urbanas es un poco más reciente. Aunque ya desde finales del siglo XIX se

contaba con una tradición de estudios en temas relacionados, como el de funciones urbanas, en la geografía los trabajos sobre redes de ciudades tomaron fuerza durante la primera mitad del siglo XX, a partir de los estudios sobre áreas de influencia y sobre el influjo de las áreas metropolitanas en las regiones circundantes, especialmente en los países escandinavos, Alemania y Francia (Capel, 2003).

En los años 30 del siglo XX el geógrafo alemán Walter Christaller, alejándose de la lógica inductiva imperante, formuló la Teoría del lugar central, que se constituyó en el marco de referencia de la geografía cuantitativa y sentó las bases para explicar la organización de las redes urbanas a partir de pautas de ordenación de los núcleos urbanos, considerados como centros de servicios que equipan a la población circundante. Desde ese planteamiento, se concibió la idea de que el soporte de las ciudades dependía de su papel como suministradoras de bienes y servicios para otras áreas de influencia que justifican su existencia, las ciudades como lugares centrales (Capel, 2003).

Con el apoyo de la Teoría del lugar central se explicó la conformación de esas redes urbanas a partir de la estructuración de centros jerárquicos de diverso orden y de acuerdo con su funcionalidad. En esa estructura, una ciudad ejerce distintos grados de centralidad sobre la región circundante (*hinterland*), dentro de la cual se localizan ciudades de menor complejidad y grado de centralidad; las interacciones entre los asentamientos siguen un patrón escalonado en el que son fuertes las relaciones entre la ciudad central y su *hinterland*, en tanto que los vínculos entre asentamientos de la misma importancia (del mismo orden en la jerarquía según su funcionalidad) son inexistentes o insignificantes (Camagni, 2005; Garrocho, 2012).

A partir de los estudios iniciales de áreas de influencia y funcionalidades urbanas se avanzó hacia la comprensión de la existencia de redes de ciudades. En el decenio de los setenta del siglo XX, con fundamento en la revolución cuantitativa, se comienza a hablar de sistemas urbanos, generalmente más como una simple metáfora, según Capel (2003), dado que no se recurría propiamente a la teoría de sistemas para abordar esos temas y/o las aplicaciones empíricas enfrentaban claras dificultades para traducir socialmente conceptos de dicha teoría, como los de energía y entropía.

En general, desde el paradigma de redes y sistemas, las ciudades son entendidas como organizaciones espaciales abiertas que no pueden ser estudiadas en forma aislada; las ciudades son los nodos de un espacio de flujos (Meijers, 2007) de información, capital, bienes, servicios y personas, producidos por relaciones sostenidas entre diversos actores individuales y colectivos (compañías, instituciones públicas y privadas) que, en abstracto, aparecen como relaciones entre ciudades.

De esta manera, es posible entender la red y los sistemas de ciudades como una estructura derivada de la interacción entre unidades urbanas, en la cual los nodos son ciudades conectadas por vínculos de naturaleza socioeconómica, a través de los cuales se desarrollan sinergias y se intercambian flujos de diverso orden, material e inmaterial. Esos flujos se soportan en las redes de información, comunicaciones y transporte, pero no es esa infraestructura la que define a la red; es decir, la existencia de dicha infraestructura no garantiza por sí misma la conformación de una red, la cual se constituye como tal a partir de la interacción espacial de las unidades urbanas, en un complejo de competencia y cooperación que se hace manifiesto a través de relaciones

inmateriales y el movimiento de personas y mercancías.

Las redes de ciudades, como fenómenos de interacción espacial entre asentamientos humanos, dan origen a nuevas escalas de organización de la actividad económica y las relaciones sociales y de gobernanza¹ del espacio, de las que emergen formas espaciales en las que convergen la ciudad y la región como expresión de los sistemas de ciudades que se desarrollan.

En Colombia se han estudiado los sistemas de ciudades considerando las relaciones entre ciudades de una misma jerarquía y entre ellas y una red de ciudades subsidiarias, posibilitadas particularmente por la concurrencia de múltiples actores. Para considerar la conformación de un sistema de ciudades se definieron dos criterios básicos, ambos fundamentados en las relaciones funcionales entre los municipios: el sistema puede estar integrado por municipios que observen una relación económica a nivel subregional y/o, en su defecto, pueden constituir dicho sistema los municipios que resulten importantes por las funciones administrativas que ellos brindan (Misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades, 2013). A partir de dicha propuesta se identificaron y destacaron nueve sistemas de ciudades referidas, como Bogotá y su área de influencia; Medellín y su área de influencia; Valle del Cauca, Bucaramanga y su área de influencia; Cúcuta y su área de influencia; Eje cafetero, Eje caribe, Eje Tunja-Duitama-Sogamoso y Eje Apartadó-Turbo (Figura 1).

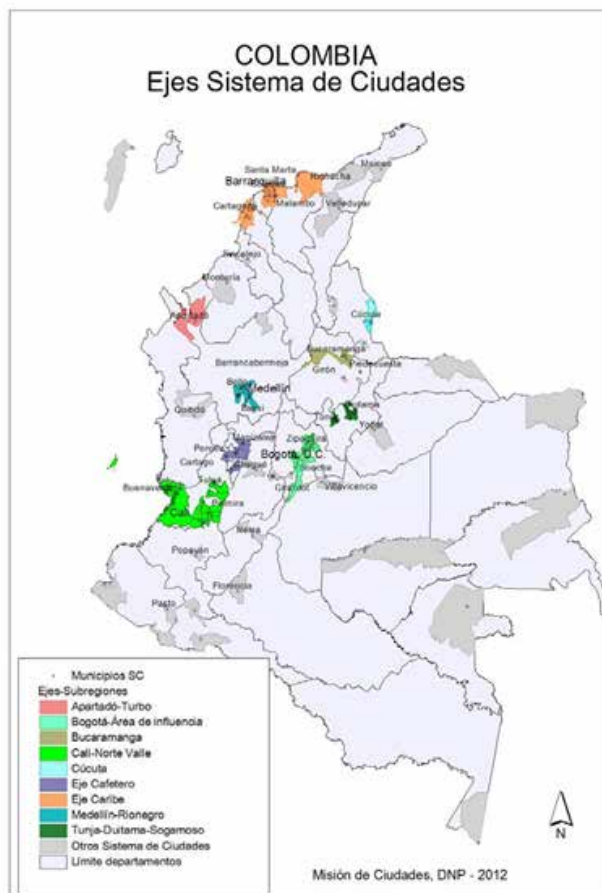


Figura 1. Sistemas de ciudades (Misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades, 2013)

Otros estudios han observado igualmente que en la región Eje Cafetero se viene configurando un sistema de ciudades que integra 15 municipios, a partir de los procesos de metropolización que se dan alrededor de las tres capitales (Pereira, Manizales y Armenia), las cuales se articulan a lo largo del corredor urbano regional que se consolida con la Autopista del Café. En ese sentido, los municipios identificados son: Manizales, Chinchina, Villamaria, Palestina,

1 Entendida como una nueva forma de construcción de políticas a partir de la concertación público-privada, a diferentes escalas.

Neira, Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal, La Virginia, Cartago, Armenia, Calarca, Circasia, La Tebaida y Montenegro (Corporación Alma Mater et. al., 2002).

En esa red se reconoce la relación que existe entre las características ambientales y los procesos de desarrollo de los municipios; las relaciones históricas, culturales y políticas; los flujos e influencias económicas recíprocas; el desarrollo de proyectos de integración en múltiples direcciones; la existencia de acuerdos de trabajo regional conjunto en los campos económico, educativo, de comunicaciones y político (Corporación Alma Mater et al., 2002).

El sistema de ciudades, que ha sido denominado “Ciudad región Eje Cafetero”², parece constituirse espacialmente a partir de un proceso de difusión funcional y urbana de ciudades medias hacia su entorno, con el que se establecen relaciones complementarias a través de la ampliación de los mercados locales de trabajo y de bienes agrícolas, la oferta de servicios e infraestructura colectiva y nuevos espacios para la habitación y la recreación; al igual que deriva de una interacción sinérgica de dichas ciudades, la cual se sustenta en las proximidades culturales e históricas y la confluencia de intereses económicos y ambientales, y se potencia con el desarrollo que observa el corredor urbano regional desde la construcción de la Autopista del Café.

En este sistema se evidencia una configuración espacial policéntrica³ (Figura 2) en la que tres ciudades capitales medias, con una población entre 300 y 500 mil habitantes, hacen las veces de centros regionales y extienden su funcionalidad hacia ciudades vecinas de menor pero heterogéneo tamaño poblacional, el cual fluctúa entre los 10 000 y 197 000 habitantes⁴.

La ciudad región conforma así un territorio que integra municipios de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca, con una extensión aproximada de 4 373 Km² y una población cercana a 1 933 000 habitantes, el 88% de ellos viviendo en las cabeceras municipales (DANE, 2015).

El propósito de este documento es una primera aproximación al estudio del sistema urbano presente en la configuración espacial Ciudad región Eje Cafetero, a partir de un análisis estructural y de interacciones de la red de ciudades presente en la misma; lo cual en lo fundamental corresponde a una observación de la simetría e integración de su ambiente construido, como un elemento que ayuda a constatar la disposición policéntrica que se le ha atribuido a dicho sistema. Para ello se recurre a un ejercicio de sintaxis espacial, el cual tiene sus fundamentos en la teoría de grafos y combinatoria.

-
- 2 En Gaviria (2015) se aportan evidencias sobre el carácter de Ciudad región de este sistema de ciudades, especialmente en lo que tiene que ver con los vínculos funcionales entre los centros urbanos principales y sus alrededores.
 - 3 En Gaviria (2015) se discute sobre el carácter policéntrico de este sistema de ciudades, evidenciando la presencia de ciudades medias y pequeñas en las que, desde los enfoques morfológico y funcional, se pueden identificar tres centros principales que ejercen un dominio compartido, en términos funcionales y económicos, e interactúan entre ellos y con sus entidades territoriales circunvecinas.
 - 4 A partir de algunos ejercicios de regionalización del territorio colombiano, bajo los principios de funcionalidad y jerarquía de los lugares centrales de Crisaller y Lösch (Molina y Moreno, 2001; Carder et. al., 2002), se ha encontrado que las ciudades capitales de la región Eje Cafetero conforman un sistema polinucleado con varias centralidades urbanas.

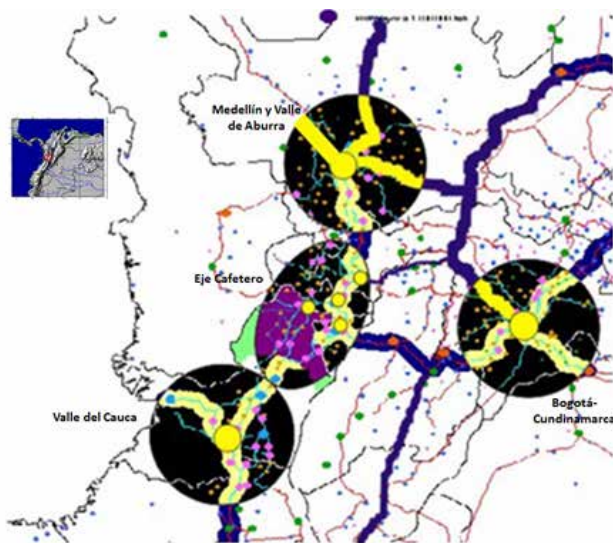


Figura 2. Colombia, ciudades región en el centro-occidente (Cartografía IGAC, elaborado DDTS-DNP, 2012)

Sintaxis espacial de la ciudad región

La sintaxis espacial es, en lo fundamental, una batería de técnicas simples que ayudan a cuantificar y comparar patrones de accesibilidad en espacios construidos y cuyo propósito es vincular lo social y lo espacial (Reynoso, 2010). En ese sentido, la sintaxis espacial se orienta hacia las relaciones entre la organización espacial de los ambientes construidos y los patrones sociales que en ellos ocurren, su principal proposición es que los eventos y las relaciones sociales se expresan y reflejan a través de la configuración espacial de los escenarios construidos.

Entonces, la sintaxis espacial parte de considerar que la estructura topológica del ambiente es un componente fundamental mediante el cual una sociedad se llega a constituir, con lo cual se afirma que un espacio ayuda a establecer roles y hace más probable que ciertas relaciones se den en lugar de otras. Es decir, la sintaxis espacial toma el espacio como un aspecto de la vida social.

Las técnicas analíticas de las que hace uso para describir la configuración espacial utilizan planos o mapas como un formato abstracto que se centra en la topología del escenario objeto de estudio. Se parte de la premisa de que los aspectos sociales relevantes se pueden captar desde esa topología y que resulta innecesario acudir a la forma y la métrica de dichos escenarios.

El desarrollo de esta técnica de análisis espacial tiene un hito fundamental en el trabajo teórico desarrollado en la década de los ochenta por Bill Hillier 1987 (citado en Reynoso, 2011, pp. 363-385) y una serie de alumnos con sede en *The Bartlett* (Londres), un centro de investigación multidisciplinar destinado al estudio de los ambientes construidos. Desde entonces, la sintaxis espacial ha sido aplicada por diversos investigadores centrados en materias tales como urbanismo, salud pública, sociología, antropología o ingeniería civil, y actualmente se ha convertido en un auténtico foco de actividad interdisciplinar.

Como bien lo plantea en sus trabajos Reynoso (2010 y 2011), en una clara analogía con la sintaxis lingüística, que estudia las relaciones de ordenamiento y jerarquía entre los distintos miembros de una oración (sin entrar en su contenido semántico concreto), la sintaxis espacial estudia las formas en las que se vinculan y organizan los espacios de un conjunto arquitectónico, tratando de inferir aquellos aspectos de la estructuración social que pudieron influir en su diseño. Es por ello que esta técnica de análisis significó la apertura de una vía de estudio para interpretar determinados aspectos sociales contenidos en el diseño y distribución de los espacios arquitectónicos o urbanísticos.

Una de las técnicas descriptivas aplicadas al ambiente construido ha sido la descomposición de la grilla urbana en líneas axiales. El mapa



axial es el conjunto mínimo de líneas rectas de la mayor longitud y de movimiento no obstruido que cruza e interconecta todos los espacios abiertos de un sistema urbano, en el mismo la descomposición crea un grafo en el cual los nodos son líneas y las aristas intersecciones entre líneas. A partir de ese grafo se pueden crear medidas topológicas que sirven para cuantificar las características de la configuración espacial de esa grilla urbana, proceso que es ampliamente descrito en Reynoso (2010, 2011).

A partir del mapa axial que se construye se pueden obtener tres medidas básicas: la profundidad, la integración y la distribución. La profundidad cuantifica el número de espacios que deben ser cruzados para llegar desde el espacio exterior a cada uno de los espacios del escenario. La integración cuantifica en qué grado cada espacio está directamente conectado con el resto de los espacios del sistema; los espacios que están más directamente conectados son más integrados, mientras que los menos conectados son más segregados. La distribución (o control) cuantifica, para cada espacio del sistema, el número de otros espacios directamente accesibles a él, es decir, nos indica, para cada espacio, el número de otros espacios adyacentes directamente conectados con él.

Para el ejercicio planteado, cuya preocupación fundamental tiene que ver con las relaciones de red entre las ciudades del sistema y no sus vínculos con el exterior, resultan especialmente importantes las medidas de integración y conectividad. El concepto de profundidad que interesa se relaciona con el número de espacios que deben ser cruzados para llegar desde un espacio axial a otro, lo cual está considerado en el análisis de integración. Altos valores de integración indican que cada espacio axial está bien conectado a otros y que el movimiento

entre ellos es fácil; bajos valores indican segregación espacial, puesto que los espacios axiales relativamente aislados constriñen el movimiento (Reynoso, 2010).

Relacionado con esto último está el concepto de simetría, que se puede cuantificar midiendo la profundidad de un espacio desde todos los demás espacios de un sistema. Los valores de asimetría relativa real (ARR) comparan la profundidad real con la que el entorno construido podría llegar a tener teóricamente dado el número total de espacios. Bajos valores de ARR indican un ambiente relativamente integrador (Reynoso, 2010).

La medida de distribución o control revela el número de vecinos para cada espacio relativo al número de vecinos de cada espacio adyacente. Cada espacio aporta $1/n$ a sus vecinos, donde n representa el número de espacios adyacentes. Los valores recibidos por cada espacio desde sus vecinos se suman y el resultado equivale al valor de control para ese espacio. Los espacios que presentan valores de control mayores que 1,0 evidencian una condición de espacio no distribuido, en el cual el control es potencialmente alto (Reynoso, 2010).

En general, estas medidas proporcionan descripciones numéricas de las relaciones entre cada espacio de un escenario y el resto de ellos. Dado que, por hipótesis, esas relaciones espaciales poseen connotaciones sociológicas, a través de esas medidas se hace posible la descripción cuantitativa de los vínculos espaciales y los eventos sociales y de comportamiento que allí suceden.

Dichas medidas se corresponden igualmente con el análisis estructural y de interacciones de las redes, en aspectos como la centralidad,

accesibilidad y densidad. Es en este sentido que se introduce la innovación, al orientar esta técnica al estudio de un entorno regional, la Ciudad región Eje Cafetero. Esta propuesta respeta los principios básicos de la sintaxis espacial, en tanto que se aplica al análisis de un ambiente construido a partir del desarrollo de infraestructura de transporte y comunicación, y pretende ilustrar posibles características de la lógica social que estructuran esa configuración del territorio.

El ejercicio de sintaxis espacial se apoyó en las aplicaciones “AGRAPH” y AJAX-Light. La primera permite representar el grafo de una red a partir del dibujo de los nodos y el trazado de las aristas (conexiones) sobre una imagen JPG importada (Manum, s.f.). De ese modo, se construyó la red definiendo como nodos las ciudades que integran el sistema de ciudades en estudio y estableciendo las conexiones de acuerdo con la existencia o no de interacciones socioeconómicas entre las ciudades, las cuales se definieron a partir de la presencia de un flujo regular de personas.

Para determinar la presencia de interacciones se consideró la información de las bases de datos de las terminales de transporte de las ciudades capitales sobre el número de pasajeros promedio diario entre las tres ciudades y entre estas y los otros municipios que conforman su área de influencia. No obstante, a falta de mayor y mejor información, se hizo necesario complementar esta base con información obtenida a través de un trabajo de campo y en el que se encuestó a los pasajeros de empresas de transporte interdepartamental sobre sus destinos finales y las razones de viaje. Los resultados de este trabajo permitieron detectar nuevas relaciones de interacción significativas, en las que se destacan vínculos de las ciudades capitales con

municipios de menor dimensión pertenecientes a otros departamentos (Calvo, 2015).

Adicionalmente, se hizo uso de la información construida como parte de la reciente investigación realizada por la Misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades (2013), con el objetivo de obtener nueva evidencia y poder detectar la existencia de otras interacciones de red, lo que permitió establecer la presencia de nuevas conexiones, además de respaldar la relaciones encontradas.

Para concluir sobre la existencia de interacción significativa entre nodos es necesario precisar un umbral mínimo. En su trabajo sobre las redes de ciudades en Cataluña (España), Boix (2003) utilizó como umbral un mínimo de 50 pasajeros diarios entre municipios, para considerar una relación como significativa; por su parte, la Misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades (2013) utilizó como umbral el 2% del total de viajes diarios en la zona de estudio. En el presente trabajo se define como umbral el 5% del promedio total de pasajeros diarios entre los municipios de la ciudad región, según los registros de las terminales de transporte de las ciudades capitales. El grafo de red resultado de ejercicio se puede observar en la Figura 3.

A partir de esa estructura y con el apoyo del Agraph se realizaron los cálculos de los distintos indicadores de sintaxis espacial, es decir, el número de conexiones de cada nodo (NCn), el valor de control (CV), la profundidad total de cada nodo (TDn), la profundidad media (MD), la asimetría relativa (RA) y el valor de integración (i).

Como se puede observar en la Matriz 1, que contiene las estadísticas sobre el grado de conexión de los nodos (ciudades) entre sí, las tres ciudades capitales presentan el mayor número

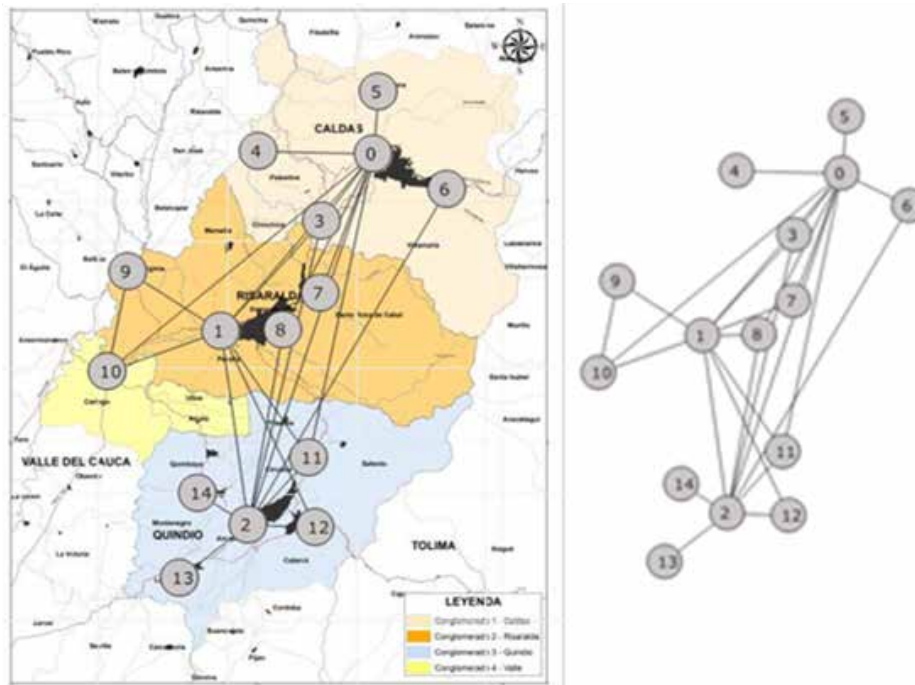


Figura 3.

Ciudad región Eje Cafetero, mapa axial y grafo de la red de ciudades, a partir de las interacciones sociales (SIG, UTP y Agraph)
0: Manizales, 1: Pereira, 2: Armenia, 3: Chinchiná, 4: Palestina, 5: Neira, 6: Villamaría, 7: Santa Rosa de Cabal, 8: Dosquebradas, 9: La Virginia, 10: Cartago, 11: Circasia, 12: Calarcá, 13: La Tebaida, 14: Montenegro.

de conexiones en la red y entre ellas, siendo Manizales la ciudad con mayores vínculos. Ello denota una centralidad de grado de dichas ciudades en tanto que es superior el número de nodos a los cuales ellas son adyacentes, es decir, con los cuáles tienen vínculos directos. Desde esta perspectiva, la centralidad estaría definida por la capacidad potencial de comunicación que tienen estas capitales.

El parámetro CV es una medida de distribución o de control que cuantifica el número de vecinos para cada espacio (nodo) y, como se señaló antes, los nodos con valores de control mayores que 1 indican un espacio no distribuido en el cual el control es potencialmente alto (Reynoso, 2011, 2014). De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 4 y Tabla 1), este parámetro revela igualmente condiciones de centralidad y control espacial de las ciudades capitales del Eje Cafetero.

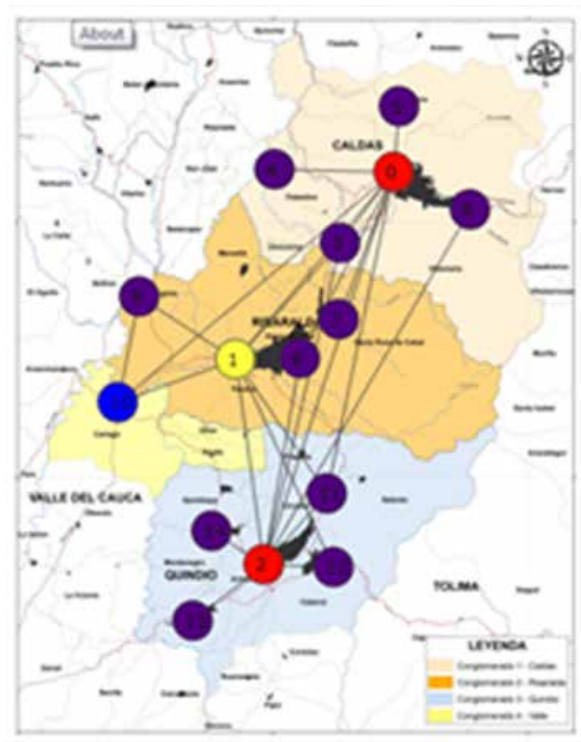


Figura 4. Nodos (ciudades) según valor de control*

* El código de colores de la sintaxis espacial demarca una escala descendente que va de rojo (mucho, bueno), naranja, amarillo, verde, azul, hasta violeta (muy poco, malo). Los colores de los nodos en la figura son: rojo para Manizales y Armenia, Amarillo para Pereira, azul para Cartago y violeta para el resto.



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	NCn	CVe	CV
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	10,00	0,10	4,55
1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	9,00	0,11	3,04
2	2	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	9,00	0,11	4,21
3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,00	0,33	0,32
4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	0,10
5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	0,10
6	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	0,50	0,21
7	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	0,50	0,21
8	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,00	0,33	0,32
9	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2,00	0,50	0,44
10	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3,00	0,33	0,71
11	11	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,00	0,33	0,32
12	12	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	0,50	0,22
13	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	0,11
14	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	0,11

Tabla 1. Conectividad de los nodos (ciudades) en la ciudad región

0: Manizales, 1: Pereira, 2: Armenia, 3: Chinchiná, 4: Palestina, 5: Neira, 6: Villamaría, 7: Santa Rosa de Cabal, 8: Dosquebradas, 9: La Virginia, 10: Cartago, 11: Circasia, 12: Calarcá, 13: La Tebaida, 14: Montenegro.

Los indicadores de distancia, profundidad y asimetría están considerados en la matriz interna de distancia (tabla 2). El parámetro TDn mide la profundidad total del nodo n, es decir, el total de distancias más cortas desde ese nodo a los demás nodos en el sistema; de esa manera, TDn se constituye en un indicador de centralidad por distancia (cercanía/lejanía) al denotar la longitud de los trayectos de un nodo para alcanzar a todos los nodos de la red. Según esta aproximación, la centralidad de un nodo está definida por el tiempo que tomaría para alcanzar toda la red y la autonomía que tiene para hacerlo.

De acuerdo con las estimaciones realizadas con el apoyo de la aplicación Agraph, Manizales, Pereira y Armenia, en su orden, se destacan como las ciudades con mayor centralidad de

cercanía, dado que son las que requieren menor cantidad de pasos para llegar a otras ciudades de la red. Por el contrario, las ciudades ubicadas en los extremos norte (Palestina y Neira) y sur (Montenegro y La Tebaida) de la ciudad región presentan las menores condiciones de centralidad de cercanía.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TDn	MDn	RA	i
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	18	1,28	0,04	22,75
1	1	1	0	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	19	1,35	0,05	18,20
2	2	1	1	0	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	19	1,35	0,05	18,20
3	3	1	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	25	1,78	0,12	8,27
4	4	1	2	2	2	0	2	2	2	3	2	2	3	3	3	31	2,21	0,18	5,35
5	5	1	2	2	2	2	0	2	2	2	3	2	2	3	3	31	2,21	0,18	5,35
6	6	1	2	1	2	2	2	0	2	2	3	2	2	2	2	27	1,92	0,14	7,00
7	7	1	1	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	3	3	28	2,00	0,15	6,50
8	8	1	1	1	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	25	1,78	0,12	8,27
9	9	2	1	2	2	3	3	3	2	2	0	1	2	2	3	31	2,21	0,18	5,35
10	10	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	2	3	27	1,92	0,14	7,00
11	11	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	25	1,78	0,12	8,27
12	12	2	1	1	2	3	3	2	2	2	2	2	2	0	2	28	2,00	0,15	6,50
13	13	2	2	1	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	0	32	2,28	0,19	5,05
14	14	2	2	1	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	0	32	2,28	0,19	5,05
Mean																26,53	1,89	0,13	9,14

Tabla 2. Distancia interna de los nodos (ciudades) en la ciudad región

0: Manizales, 1: Pereira, 2: Armenia, 3: Chinchiná, 4: Palestina, 5: Neira, 6: Villamaría, 7: Santa Rosa de Cabal, 8: Dosquebradas, 9: La Virginia, 10: Cartago, 11: Circasia, 12: Calarcá, 13: La Tebaida, 14: Montenegro.

De manera correspondiente, las tres capitales observan la menor distancia promedio de ellas como nodos a los demás nodos (ciudades) de la red. Esa distancia promedio es medida a través del indicador de profundidad media del nodo (MDn)⁵, cuyo valor inferior para el caso de las tres capitales denota claras ventajas de acceso de esas ciudades al resto de los nodos del sistema. Otras ciudades, distintas a las capitales, que presentan condiciones de cercanía promedio son Chinchiná, Dosquebradas y Circasia.

⁵ MDn=TDn/(k-1), con k: número de nodos del sistema (Manum, s.f.).

Los indicadores de asimetría relativa (RA)⁶, que varía entre 0 y 1 y describe una mayor integración relativa del nodo (ciudad) entre menor es su valor, e integración absoluta (i), que corresponde al inverso de RA, muestran igualmente una articulación ventajosa de las ciudades capitales al resto del sistema. Manizales se destaca como la ciudad con mayores niveles de integración a la red de ciudades de la ciudad región, en tanto que Chinchiná, Dosquebradas y Circasia, ciudades no capitales, observan niveles importantes de integración.

Lo anterior se puede visualizar en la Figura 5, donde aparece la coloración de los nodos según grados de integración. Desde el punto de vista de la integración absoluta y relativa, las ciudades capitales se destacan como las de mayor grado; por su parte, en términos relativos, Chinchiná, Dosquebradas y Circasia presentan condiciones similares de integración y observan una situación bastante ventajosa frente al resto de ciudades no capitales.

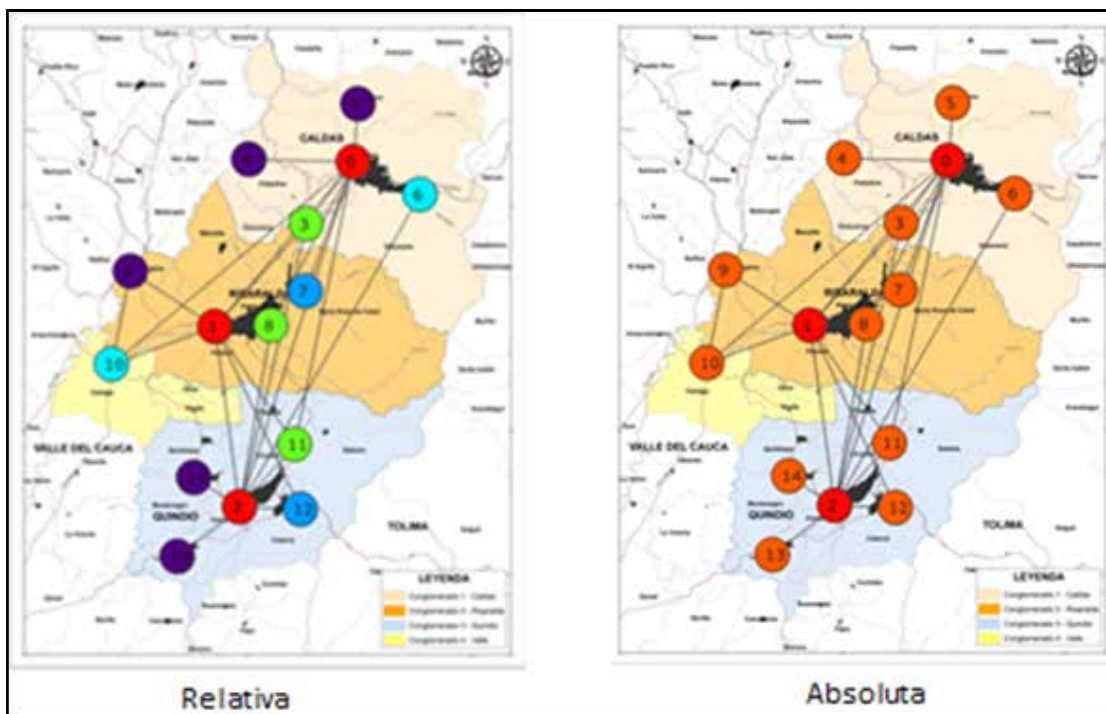


Figura 5. Nodos (ciudades) según grados de integración*

* En la figura de integración relativa los colores de los nodos son: rojo para Manizales, Pereira y Armenia; verde para Chinchiná, Dosquebradas y Circasia; azul oscuro para Santa Rosa y Calarcá y claro para Cartago y Villamaría; violeta para el resto. En la figura de integración absoluta los colores rojo para las tres capitales y naranja para el resto.

6 $RA = 2(MD-1)/(k-2)$, (Manum, s.f). Esta medida se basa en la relación entre la accesibilidad de la unidad espacial y el principio matemático de la simetría-asimetría. Según dicho principio, un espacio será más simétrico si tiene un gran número de relaciones similares. Esto implica que un determinado número de límites habrá de ser cruzado para acceder a él.

En general, en el estudio del sistema de ciudades desde la articulación de las mismas bajo la consideración de la existencia o no de interacciones socioeconómicas entre ellas, es decir, a partir de la presencia de un flujo regular de personas, la ciudad de Manizales se destaca como la de mayor integración y conectividad al observar valores sobresalientes en cada una de las categorías, alcanzando el mínimo de distancias desde ella a las demás ciudades y las mejores condiciones de integración al sistema.

En cuanto a la aplicación AJAX-Light, ella permite describir una configuración espacial como un conjunto de líneas axiales y uniones (*junctions*) entre ellas, a partir de lo cual se pueden elaborar análisis de accesibilidad, proximidades y valores de integración. Dadas las características del programa y la escala regional en la que se propone el ejercicio, donde los nodos son las ciudades, al trazar las líneas axiales sobre una imagen JPG de las cabeceras municipales que integran la Ciudad región Eje Cafetero se generan uniones o puntos de cruce que no se corresponden con los nodos de la red de ciudades. Por ello, en este caso se optó por definir las conexiones entre las ciudades a partir de la existencia de infraestructura de vías primarias entre dichas ciudades, obteniendo el mapa axial de la Figura 6.

El grafo asociado al mapa axial de la red así definida se compone de 19 líneas axiales y 36 uniones; estas últimas no se corresponden de manera plena con los nodos de la red, constituidos por las ciudades que integran el sistema urbano en estudio.

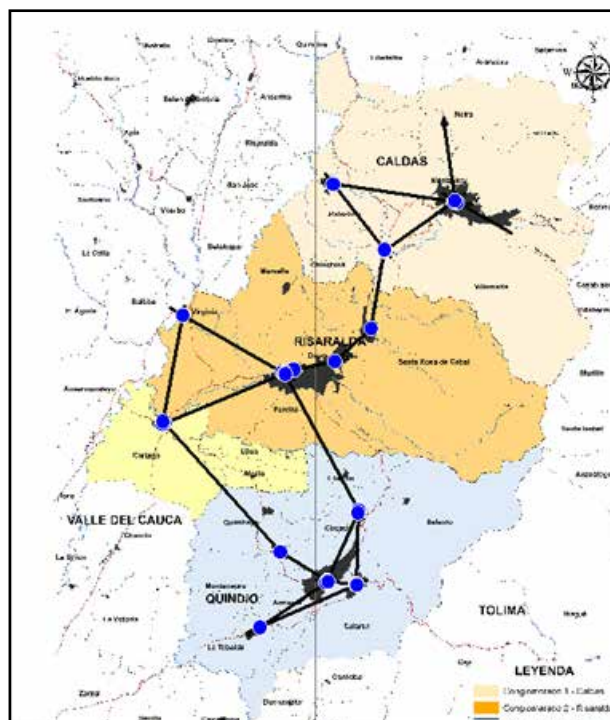


Figura 6. Ciudad región Eje Cafetero, mapa axial y grafo de la red de ciudades, a partir de la existencia de vías primarias (SIG, UTP y AJAX-Light)

A partir del código de colores de la sintaxis espacial, que como se señaló antes observa una forma descendente de rojo (mucho, bueno), naranja, amarillo, verde, azul, hasta violeta (muy poco, malo); los resultados del ejercicio de aplicación del AJAX-Light a la red de ciudades considerando el sistema de vías primarias evidencian que Pereira presenta una gran centralidad y accesibilidad⁷ (Figura 7). En el mismo sentido, destacan otras ciudades no capitales, como Circasia y Dosquebradas; esta última con grandes desarrollos en materia de servicios logísticos que revelan el aprovechamiento que ha estado haciendo el sector privado de dicha potencialidad.

⁷ A partir de enfoques distintos, otros estudios han aportado evidencia similar sobre las condiciones de centralidad y accesibilidad de Pereira en la Ciudad región Eje Cafetero (Salcedo y Echeverry, 2011).

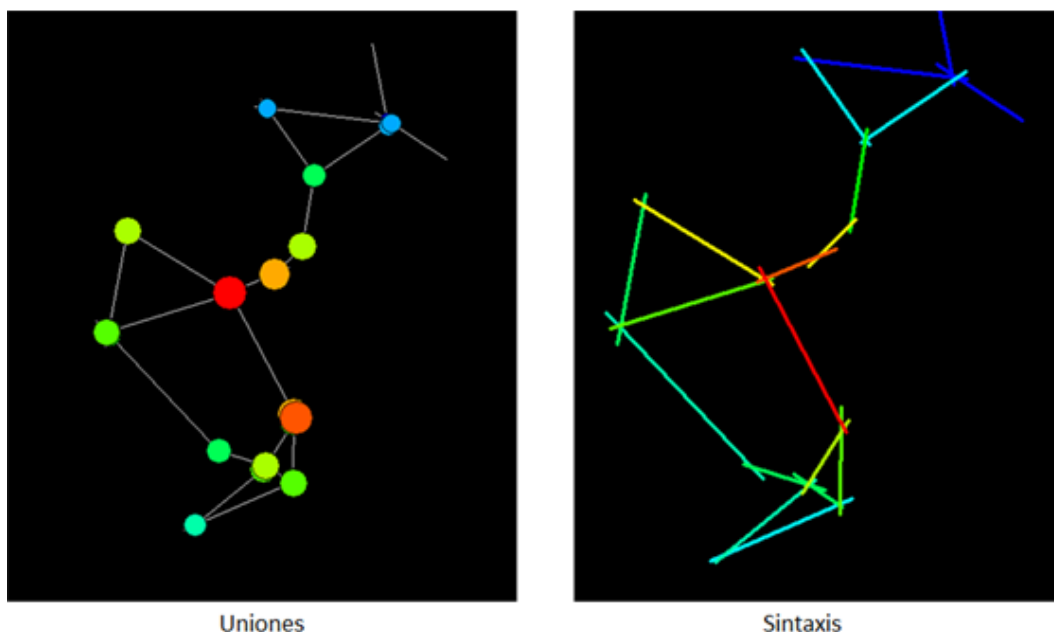


Figura 7. Código de colores, análisis de uniones y sintaxis*

* En la figura, las coloraciones rojas y naranjas, en puntos y líneas, se concentran alrededor de Pereira, Circasia y Dosquebradas, en tanto los extremos norte y sur de la red presentan coloraciones azules y verdes, en forma respectiva.

En coherencia con lo anterior, según el análisis de sintaxis, las tres ciudades (Pereira, Circasia y Dosquebradas) constituyen la zona de mayor accesibilidad e integración del sistema de ciudades de la ciudad región Eje Cafetero, en tanto que los extremos norte y sur de la misma observan las mayores condiciones de segregación espacial en el sistema.

Esa mayor centralidad y accesibilidad de la zona constituida por Pereira, Dosquebradas y Circasia, de acuerdo con la disposición de la infraestructura vial primaria, guarda estrecha relación con su centralidad geográfica en la formación espacial ciudad región; una condición que le ha significado ventajas para el desarrollo comercial y de servicios. No obstante, en otra perspectiva, Manizales sigue funcionando como una ciudad central desde el punto de vista de las interacciones sociales, algo en lo cual influye de manera significativa su condición de centro educativo y cultural en el ámbito regional.

Conclusiones

A través del ejercicio de sintaxis espacial se suma evidencia en favor de una hipótesis de investigación más amplia: la Ciudad región Eje Cafetero se configura espacialmente en una estructura de carácter policéntrico, en la que las ciudades capitales Manizales, Pereira y Armenia disfrutan de condiciones de centralidad de grado y de cercanía; esto representa una mayor accesibilidad de ellas al resto del sistema de ciudades que es la ciudad región.

Esa configuración espacial de la ciudad región, con marcada disposición de característica policéntrica, ha sido interpretada como una ventaja histórica, en tanto que le ha permitido contar con tres ciudades que muestran condiciones de relevo para impulsar el desarrollo socioeconómico regional. No obstante, si bien el policentrismo es favorable al equilibrio territorial, igual presenta desventajas relacionadas con la

dificultad para la formación de una metrópoli regional, el incremento de las tensiones urbanas y el riesgo de decisiones reiterativas en cada una de las ciudades nodos centrales.

El ejercicio evidenció también la mejor condición de centralidad y accesibilidad de las ciudades de Manizales y Pereira, que de acuerdo con la orientación de las interacciones urbanas, la primera, y la disposición de la infraestructura vial, la segunda, observan los valores más destacados en cada una de las categorías, presentando de ese modo las distancias más cortas desde ellas a las demás ciudades y las mejores condiciones de integración al sistema. Esto puede estar significando el surgimiento de un cierto grado de desequilibrio territorial, a partir del cual dichas ciudades están tomando ventaja frente a las demás y podrían llegar a proyectarse como esa metrópoli regional; no obstante, la información que aporta el ejercicio desarrollado no resulta suficiente para avanzar en el planteamiento de una tesis en este sentido.

Referencias

Calvo, J. (2015). *Entornos de red en la ciudad región Eje Cafetero y generación de externalidades*. Informe de investigación. Pereira: Colciencias-Universidad Católica de Pereira.

Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*. Barcelona: Antoni Bosch.

Capel, H. (2003). Una mirada histórica sobre los estudios de redes de ciudades y sistemas urbanos. *GeoTrópico, online*, 1(1), 30-65.

Corporación Alma Mater, Carder, Corpocaldas, Cortolima, CRQ, CVC, Ministerio del medio ambiente, (2002). *Ecorregión Eje cafetero: un territorio de oportunidades*. Pereira: Corporación Alma Mater.

Cuervo, L. (2004). Desarrollo económico y primacía urbana en América Latina. Una visión histórico-comparativa. En: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (Ed.), *El rostro urbano de América Latina*. Buenos Aires: CLACSO. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20100930123442/5p2art1.pdf>

DANE (2015) Proyecciones de población. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>

DNP, DDTS (2012). Desarrollo territorial. Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/DNP/Gestion%20Documental/Paginas/Gestion-Documental.aspx>.

Garrocho, C. (2012). *Estructura funcional de la red de ciudades en México*. México: El Colegio Mexiquense, Consejo Nacional de Población, Fondo de Población de las Naciones Unidas.

Gaviria, M. (2015). *Formaciones espaciales urbano regionales, el caso de la Ciudad región Eje Cafetero*. VIII Encuentro nacional y I internacional de la ASCER, Ciudades, metrópolis y regiones habitables, Medellín.

Jensen-Pennington, H. (2012). Sintaxis del espacio y narrativa del poder: arquitectura en golfito.. *Reflexiones*, 91(1), 199-206.

Manum, B. (s.f.). *AGRAPH, Software for Drawing and Calculating Space Syntax Graphs*. Disponible en <http://spacesyntax.tudelft.nl/media/Long%20papers%20I/agraph.pdf>

Meijers, E. (2007). Synergy in polycentric urban regions. Complementary, organising, capacity and critical mass. Netherlands: Delft University of technology, The series sustainable urban areas, 13.

- Misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades de Colombia (2013). *Documento técnico soporte, Política del Sistema de ciudades de Colombia*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=qzDBewjgsE%3D&tabid=1838>
- Molina, H. y Moreno, P. (2001). Aportes para una nueva regionalización del territorio colombiano. En: O. Alfonso (ed.), *Ciudad y región en Colombia* (pp. 581-693). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Lozares, C. (1996). La teoría de redes sociales. Universitat Autònoma de Barcelona. *Papers* 48, 103-126.
- Pineda, S. (2007). *Ciudad-región global: una perspectiva de la gobernanza democrática territorial*. Puerto Rico: Memorias del V Encuentro Internacional AERYC.
- Reynoso, C. (2014). *Técnicas de análisis en sintaxis espacial*. Disponible en <http://carlosreynoso.com.ar>
- Reynoso, C. (2011). *Redes sociales y complejidad. Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura*. Buenos Aires: SB.
- Reynoso, C. (2010). *Análisis y diseño de la ciudad compleja. Perspectivas desde la antropología urbana*. Buenos Aires: SB.
- Rodríguez, G. y Arango, O. (2004). *Ciudad región Eje cafetero. Hacia un desarrollo urbano sostenible*. Pereira: Alma Mater.
- Rozenblat, C. & Pumain, D. (2007). Firm linkages, innovation and the evolution of urban systems. En: P. Taylor et al. (eds.), *Cities in Globalization: Practices, policies and theories* (pp.130-156). London: Routledge.
- Salcedo, L. y Echeverry, J. (2011). *Procesos de localización de las grandes superficies comerciales en la conurbación Pereira-Dosquebradas*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Pereira, Colombia.
- Solís, E. y Troitiño, M. (2012). El paradigma de la red: bases para una nueva interpretación del territorio y de los procesos escalares de la urbanización. *Boletín de la Asociación de geógrafos españoles*, 60, 141-164.
- Solís, E. (2011). *Del área metropolitana hacia la región urbana policéntrica madrileña: cambio de escala, estructura y articulación territorial*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España.
- Williner, A.; Sandoval, C.; Frias, M. y Pérez, J. (2012). *Redes y pactos sociales territoriales en América Latina y el Caribe: Sugerencias metodológicas para su construcción*. Santiago de Chile: CEPAL - Serie Desarrollo territorial, 11.