

La generación de centralidades y la evaluación de la red de transporte en el área urbana de Montería, Colombia

Creation of Centralisations and Assessment of Transportation Network in the Urban Area of Monteria, Colombia

Rosana Garnica Berrocal, Hugo Pérez Pretelt

garna79@yahoo.es, hperez_5124@hotmail.com

Universidad de Córdoba, Colombia

Resumen

El artículo determina las centralidades intraurbanas y evalúa la estructura espacial de la red de transporte en el área urbana de Montería, a través de la aplicación de indicadores como: el índice de Davies, que mide el grado de especialización de las funciones (equipamientos); la centralidad nodal que identifica la jerarquización de los nodos en función de su nivel de accesibilidad y la calidad de la comunicación nodal que consiste en la accesibilidad ideal por la red a través del recorrido más corto. Los resultados obtenidos evidencian problemáticas en el funcionamiento espacial de la ciudad: concentración de funciones, alta dependencia del centro (centralidad principal), gran concentración de nodos provenientes de intersecciones viales en vías arteriales y principales (localizadas en el sector centro) y las dificultades en los desplazamientos debido a la forma del trazado vial (irregular), el cual genera altos costos en los recorridos en la mayor parte de la ciudad, registrando bajos niveles en la calidad de comunicación nodal.

Palabras clave: centralidad funcional, equipamientos, red de transporte, accesibilidad.

Abstract

The article determines the centralisations inside the city and assesses the spatial structure of the transportation network in the urban area of Monteria. This work uses indicators such as: the Davies Index, which measures the degree of specialization of the functions (equipment); the nodal centralisation, which identifies the hierarchical organisation of nodes based on the degree of accessibility; and the nodal communication quality, which consists of the ideal accessibility via the network using the shortest route. The results highlight problems in the spatial running of the city: concentration of infrastructures, high dependence of the centre (main centralisation), significant congestion deriving from intersections of roads on arterial and main roads (located in the central area) and difficulties arising from the irregular road layout, which generates high routes costs throughout the city and leads to low degrees of nodal communication quality.

Key words: centralisation of infrastructures, equipment, transportation network, accessibility

Este trabajo es producto de la tesis de pregrado en Geografía titulada *La centralidad funcional y su relación con la distribución espacial de la red de transporte en la ciudad de Montería.*, elaborada por Hugo Pérez Pretelt y María Doria Silva, Universidad de Córdoba, Colombia, durante el 2012, bajo la dirección de Rosana Garnica Berrocal.

Introducción

En los espacios urbanos, la accesibilidad hacia los equipamientos y los distintos lugares de la ciudad juegan un papel importante en la funcionalidad de la misma a partir del desarrollo de las centralidades urbanas, adquiriendo gran importancia la planificación de las redes de transporte y de la ciudad en su interior. Sin embargo, con el pasar del tiempo las ciudades han ido creciendo de manera desordenada, generando desequilibrios intraurbanos que se demuestran con las distribuciones concentradas de los diferentes equipamientos en unas áreas con respecto a otras, dejando por fuera algún servicio o equipamiento relevante para la población, altos costos en los recorridos, bajos niveles en la calidad de la comunicación vial, problemas en los desplazamientos por el trazado vial irregular, saturación de rutas de transporte público, entre otros aspectos.

Asimismo, las redes de transporte son los ejes por medio de los cuales se materializan y canalizan los desplazamientos entre distintos lugares del espacio geográfico. Éstos se constituyen en estructuradores y organizadores de los territorios, además de que permiten la configuración del espacio por el cual los flujos de personas, mercancías, bienes y servicios se desplazan forzando interacciones entre diversos sitios (Seguí y Petrus, 1991).

La ciudad de Montería, al igual que el resto de las ciudades intermedias en Colombia y América Latina, es una urbe que depende del centro de la ciudad como principal centralidad, en el cual se localizan la mayor oferta de equipamientos que intervienen en la dinámica funcional de la misma, ofreciendo servicios financieros, político-administrativos, judiciales y comerciales, entre otros, que sólo se registran en esta zona, inexistiendo la generación de varias centralidades integradas entre sí a través de redes de transporte que organicen el espacio interior urbano. A pesar de ello, Montería se encuentra en un proceso de transformación espacial y de funcionamiento interno evidenciado en la cambiar esta realidad con la tendencia hacia la consolidación de la centralidad norte y sur, viéndose favorecidas por las vías arterial y principal que existen en la ciudad, dejando el reto de la conformación de núcleos centrales en las áreas periféricas de occidente, suroriente y extremo norte, por las condiciones de las redes de transporte que no logran estructurar el espacio en esta parte de la misma.

Esta investigación se centra en determinar la centralidades intraurbanas y evaluar la estructura espacial de la red de transporte en el área urbana de Montería, a partir de la aplicación de indicadores como: el índice de Davies el cual calcula el grado de especialización de las funciones (equipamientos); la centralidad nodal para identificar el grado de jerarquización de los nodos en función de su nivel de accesibilidad y la calidad de

la comunicación nodal que se refiere la accesibilidad ideal por la red a través del recorrido más corto.

El área de estudio del presente artículo es el área urbana de Montería, una ciudad localizada al norte de Colombia en la región Caribe continental, la cual se divide político-administrativamente en 9 comunas (barrios con similares características), cuenta con una extensión territorial de 40,99 Km², que equivale apenas 1,37% del total municipal, concentrando una población urbana de 286.575 habitantes, aproximadamente (Alcaldía de Municipal de Montería, 2002) (Fig.N°1). Los indicadores son representados cartográficamente a nivel de comunas y de nodos (intersecciones viales). La justificación de esta elección se encuentra condicionada en algunos casos por la variable que tiene su mejor visualización a una escala general o detallada.

Fig.N°1. Área Urbana de Montería



Fuente: Colombia, Alcaldía Municipal de Montería, 2002-2015.

Marco teórico

La investigación se basa en las teorías de *Lugares Centrales* propuesta por Walter Christaller (1933) y *de Grafos* adoptada en la Geografía en la década de los años setenta por W.L. Garrison y F.D: Marble, con el fin de estudiar la expresión de las redes de transporte sobre el espacio geográfico (Zárate y Rubio,2006). En el caso de la primera, el

autor plantea que los asentamientos no aparecen de una forma desordenada sobre el espacio, sino que su distribución se encuentra regulada por principios en la distribución; por tanto, la teoría de lugares Centrales, explica el tamaño, número y distribución de los asentamientos (Gutiérrez, 1992). Esta teoría se fundamenta en tres conceptos: a) *Lugar central*, entendido como un núcleo de población que ofrece bienes y servicios con algún grado de especialidad, a un área mucho más amplia que la ocupada físicamente por él mismo. No todos los lugares centrales ofertan los mismos bienes y servicios. b) *Bienes o servicios centrales*, caracterizados por poseer cierto grado de espacialización y ser ofertados solamente en determinados núcleos o *lugares centrales*. c) *Región complementaria*, denominada área de influencia o hinterland, la cual es abastecida de bienes y servicios centrales por un mismo *lugar central*.

Cabe destacar, que Christaller (1933) maneja la noción de espacio isotrópico, lo que hace del modelo un esquema rígido, por su carácter estático, por dejar de lado la evolución del sistema de asentamientos y sólo tener en cuenta las tendencias de localización de actividades, en el cual el precio de los bienes y servicios aumentan con respecto al lugar donde se encuentra la oferta, lo que indica, que a mayor distancia del *lugar central*, mayor serán los precios (Gutiérrez, 1992).

Para (Cardozo, Gómez y Parras, 2009), la segunda teoría, determina la asociación a redes de transporte o de circulación una estructura sencilla pero abstracta de *nodos y arcos* conectados, debido a que sus elementos pueden ser asociados a objetos geográficos de la vida real. Así, los *nodos* pueden representar ciudades, estaciones, intersecciones viales, puertos, aeropuertos. Igualmente, los *arcos* que conectan a los *nodos* son atribuibles a carreteras, líneas férreas, malla vial, canales, rutas terrestres, aéreas o marítimas, a través de las cuales se movilizan flujos de personas, mercaderías, información, entre otros. Hagget (1976) enfatiza en que la aplicación de la teoría de los *Grafos* responde a un estudio morfométrico de las redes para conocer su estructura y desarrollo, haciendo énfasis en las propiedades topológicas (conectividad y accesibilidad) más que en sus dimensiones reales.

Metodología

La investigación es tanto cualitativa como cuantitativa, de carácter descriptivo, debido a que mezcla variables cualitativas como la clasificación de los equipamientos, requerida para calcular el índice de Davies y cuantitativas como las centralidades funcional y nodal y la calidad de la comunicación nodal, que son descritas mediante los resultados obtenidos al calcular los indicadores respectivos. El artículo utiliza la información primaria recolectada en

campo sobre la localización georreferenciada de los equipamientos existentes en la ciudad (a nivel de comunas); y la información secundaria ofrecida por la Alcaldía Municipal de Montería (2002-2015) mediante el uso de la cartografía temática elaborada con el Sistema de Información Geográfica (SIG) sobre clasificación vial urbana y los datos poblacionales según el registro del Censo 2005 (Departamento Nacional de Estadística, DANE).

La variable identificada y definida por una parte, es *la centralidad funcional*, la cual está asociada a la jerarquía de ciertos espacios en términos del número y especialización de funciones, bienes y servicios según su oferta a la población. Para ello se utilizan métodos que permiten medir el grado de centralidad de los asentamientos, de los cuales se hace referencia al método de Davies en el que se calcula el *índice de centralidad de Davies*, una vez que considera el número y grado de especialización de las funciones, bienes y servicios (Carrera, 1988). Parte de la clasificación de los equipamientos según sus funciones (Fig. N°2) y de la cuantificación de los mismos en las comunas. Continúa con el cálculo del coeficiente de localización de cada función, mediante la ecuación (1) citada por Gutiérrez (1992).

$$C = \frac{100}{T}$$

Donde C es el coeficiente de localización de la función considerada en toda la ciudad y, T el total de establecimientos de esta función en toda la ciudad. Al respecto, las funciones más especializadas alcanzarán un coeficiente de localización más alto, debido a su poca frecuencia en el territorio.

Dicho resultado adquiere más sentido para toda la ciudad, cuando se procede a multiplicar este valor por el número de establecimientos de la función existente en cada comuna y así sucesivamente, para el total de funciones, obteniéndose la sumatoria de los valores obtenidos para cada función y con ello el índice de centralidad funcional.

Si se relaciona dicho valor con la población mínima o aquella que pueda requerir las funciones que se consideren centrales para localizarse en un lugar y ser rentable, se obtiene el *umbral*, es decir que las funciones con oferta de bienes y servicios más especializados demandan un umbral de mayor nivel (más cantidad de población) porque su frecuencia de utilización es poca por parte de la población (Gutiérrez, 1992).

El concepto de umbral se aplica obteniendo el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, el cual según Ebdon (1982) mide el grado de relación lineal o asociación que puede existir entre dos variables x e y .

El coeficiente oscila entre -1 y 1, es decir que está en el intervalo $-1 \leq r \leq 1$. El coeficiente de Pearson se interpreta como el porcentaje en que la variable x se asocia con la variable y . Si el coeficiente de Pearson $r=1$, existe una relación perfecta positiva entre las variables x e y , pero al contrario, si $r=-1$ la relación perfecta es negativa entre las variables x e y .

En contraste con lo anterior, si r tiende a acercarse a cero tanto por la izquierda como por la derecha ($r \approx 0$), se puede decir que no existe relación lineal entre las variables x e y . La ecuación (2) del coeficiente de Pearson, según Ebdon (1982), es la siguiente:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Dónde: S_{xy} es la Covarianza entre las variables x & y , $S_x S_y$: es el producto de las desviaciones estándar de las variables x & y .

Por otra parte, son estudiadas las *variables accesibilidad y centralidad* como medidas que surgen de la teoría de los *Grafos* y corresponden a la topología, estructura y organización espacial de las redes. Se construyen matrices que consisten en tablas binarias con doble entrada (arcos y *nodos*, organizados en filas y columnas, respectivamente). Las relaciones topológicas entre nodos se representan con valor 1, si los *nodos* se conectan por un arco, o valor de 0 (cero) en caso opuesto. La suma del número de conexiones en sentido horizontal arrojará la mayor y menor conexión de *nodos*.

A partir de la anterior medida, es posible derivar otros índices para evaluar la *accesibilidad topológica* (distancias entre nodos de la red); *la centralidad nodal* (posición topológica de los nodos dentro del grafo y jerarquización de los nodos en función de su nivel de accesibilidad). A partir de esta última medida se aplica la teoría de los *Grafos* en esta investigación, la cual se expresa con la siguiente ecuación (3):

$$C = \frac{A_i}{(n - 1)}$$

Dónde A_i es el índice de accesibilidad de topológico y n corresponde al número de nodos del grafo.

Los resultados de la centralidad nodal registran la amplitud de las distancias en los recorridos de un punto a otro del área considerada, en términos del tiempo, y de las conexiones que éstas mantienen, y simultáneamente permite el estudio de la marginalidad e integración de los nodos a la red según la posición geográfica que los nodos ocupen en el espacio (Seguí y Petrus, 1991).

Finalmente, la variable *fricción de la distancia* (determina la resistencia al movimiento a partir de los motivos de desplazamiento), la cual es medida por el indicador de calidad de la comunicación, para mostrar la eficacia con relación a la localización de que cada nodo ocupa en la red. Ésta variable es medida con la calidad de la comunicación nodal y su ecuación (4) según Seguí y Petrus (1991), se tiene a continuación:

$$ICCi = \frac{AI_i}{AR_i}$$

Dónde $ICCi$ es el indicador de calidad de la comunicación entre los nodos de la red,

$$AI_i = \sum_{i=1}^n di_{ij}$$

El índice de la calidad de la comunicación nodal es la accesibilidad ideal y se refiere a la fricción de la distancia absoluta o euclidiana (distancia medida en línea recta en términos horarios) entre un nodo de origen i y el resto de nodos de destino j .

$$AR_i = \sum_{i=1}^n dr_{ij}$$

Dado que la fricción absoluta medida en línea recta (distancia euclidiana) siempre será menor o igual que la fricción medida a través de la red ($AI_i \leq AR_i$), los resultados que arroja el índice siempre tomarán valores entre 0 y 1, es decir, que el dominio del indicador tendrá un rango de oscilación o intervalo de posibles valores que está entre $0 \leq ICCi \leq 1$. Si el valor del índice de calidad de la comunicación calculado en un nodo tiende a la unidad, entonces dicho nodo dispone de buenos niveles de accesibilidad y se encuentra óptimamente localizado en la red, y en contraste a lo anterior, si el valor del indicador calculado en un nodo tiende a cero manifestará, en consecuencia, bajos niveles de accesibilidad (Buzaiet *al*, 2003).

Etapas de la investigación

En la primera etapa se recolecta la información secundaria en la Alcaldía Municipal de Montería sobre la existencia de los equipamientos urbanos en las comunas, la clasificación vial y la población urbana; en las empresas prestadoras del servicio público urbano Monteriana Móvil y Metrosinú, se obtienen las rutas de transporte público y las velocidades máximas permitidas al interior de la ciudad según lo reglamentado en el Código Nacional de Tránsito Terrestre, Ley 769 de 2002(Capítulo XI, Artículo 106).

En la segunda etapa se digitaliza la red vial e identifican los nodos de origen y destino. Se lleva a cabo la captura y entrada de datos espaciales y de atributos a la base de datos geoespacial diseñada en el Sistema de Información Geográfica para el modelamiento de la distribución espacial de la red de transporte, a través del Software SIG Arc GIS versión 9.3 y Arc View versión 3.3, ya que éste procedimiento permite contar con la información espacial y numérica requerida para realizar el análisis de redes. Los grafos se construyeron asignando (ID) a cada una de las rutas de transporte público urbano terrestre y cruces de vías, que representan a los arcos y nodos en la red. Por último, en la tercera etapa se hace el análisis de los indicadores según los objetivos propuestos.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

Las centralidades funcionales en el área urbana de Montería

En las últimas décadas, la ciudad de Montería presenta una distribución desigual de las funciones a nivel de comunas, que se traduce en la concentración por parte de unas pocas de los equipamientos más especializados (niveles altos del índice de centralidad que van de 66,6 a 100 puntos) como sucede con las comunas 5, 8 y 3, las cuales alcanzan a concentrar el 88,33% de las funciones con mayor especialidad funcional; mientras, las comunas 4, 6 y 1 sólo registran el 5% de dichos equipamientos; y, las comunas 7 y 9 (a excepción de la comuna 2, por no contar con infraestructuras de este tipo), concentran el 6,67% de dichas funciones.

Índice de centralidad de Davies

El mayor índice de centralidad funcional se demuestra con el valor 4800,8 unidades de la comuna 5, el cual coloca en evidencia la alta dependencia de la centralidad principal (centro o núcleo), debido a la prestación de las funciones administrativas, comerciales y de servicios a escala urbana y regional, ofertados por los equipamientos, tales como: La Alcaldía Municipal, Gobernación de Córdoba, Procuraduría General, Contraloría Nacional, Ministerio del Trabajo, Registraduría del Estado Civil, Cámara de Comercio; servicios inmobiliarios; Cuerpo de Bomberos, Cruz Roja, Hospital Regional (niveles II y III), entre otros. Estas infraestructuras son únicas en la ciudad, por tanto representan valores altos (Fig. N° 3).

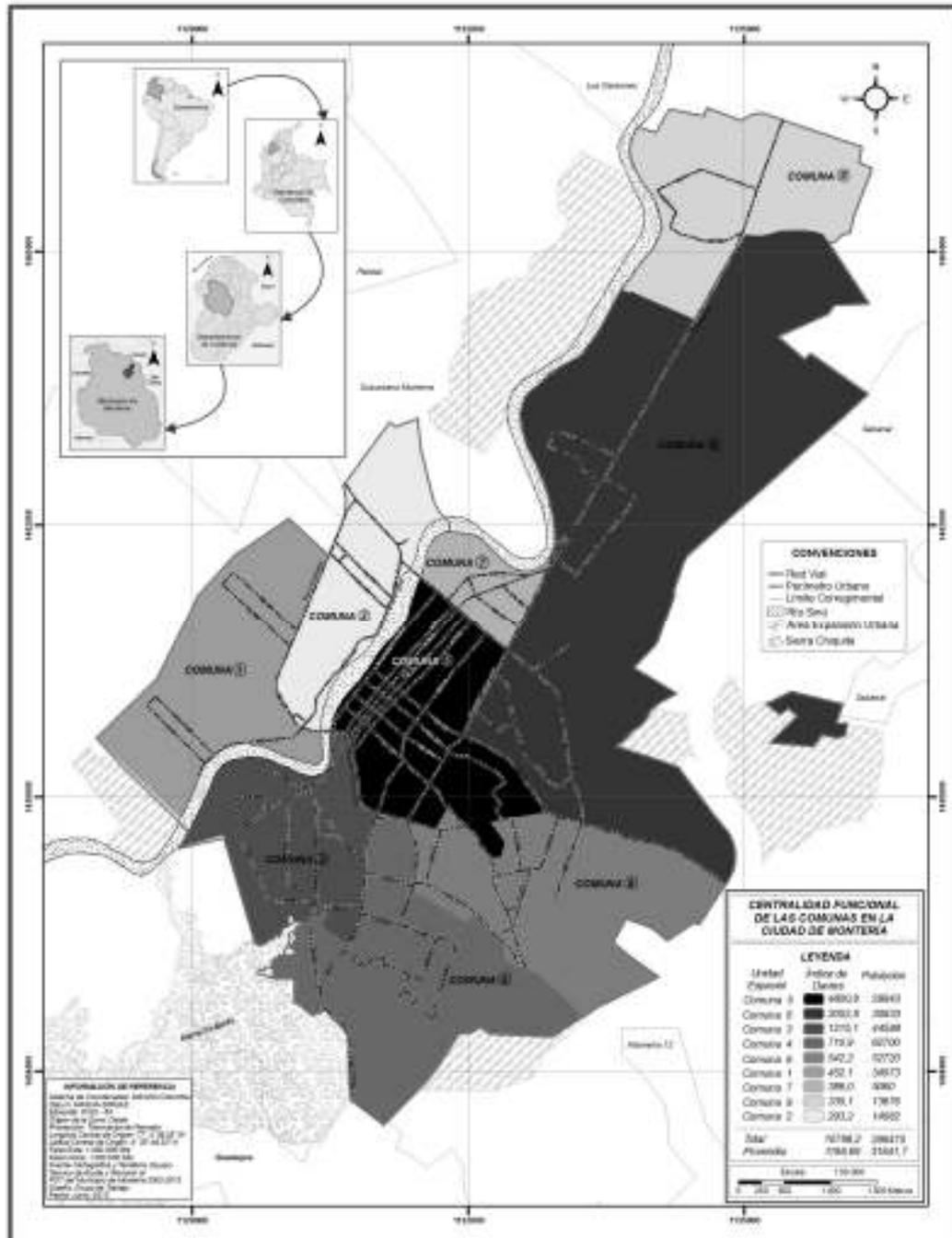
Asimismo, la comuna 8 presenta un valor alto en el índice de centralidad funcional con 2052,8 unidades, un poco más de la mitad que la comuna 5, tomando el segundo lugar a nivel jerárquico respecto a las demás comunas y presentando la tendencia a la

consolidación de la segunda centralidad urbana. En ésta existen algunos equipamientos de administración pública que son de orden nacional, regional y local, como el Centro de Convenciones, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), la Secretaría de Tránsito Departamental; de servicios como la Penitenciaría Municipal, el Terminal de Transporte Terrestre; el Estadio de Beisbol 18 de Julio, la Villa Olímpica, entre otros. Esta comuna cuenta con la ventaja comparativa de localizarse en el sector norte, formando parte del corredor de bienes y servicios de escala regional y urbana, organizado alrededor de la vía Arterial Avenida Circunvalar (única vía arterial de la ciudad) que comunica a Montería con la Costa Atlántica (Fig. N° 3).

Igualmente, se observa en la comuna 3, la tendencia a la conformación de una centralidad, cuyo valor del índice de centralidad es de 1215, 1 unidades, destacándose en menor medida, algunas infraestructuras de administración pública, seguridad, servicios de salud alimentarios, comerciales, entre las cuales se tienen al Instituto Nacional Colombiano de Desarrollo Rural, el Batallón de Seguridad, la Fiscalía General de la Nación (INCODER), la Plaza de Mercado del Sur, el Centro Comercial Suricentro, el hipermercado Carrefour (hoy Metro), la Clínica Unión, Profamilia y Corsalud (Fig. N° 3).

Lo anterior comprueba la idea de Garnica (2009) quien determina que Montería posee un modelo de estructura urbana monocéntrica con tendencia hacia una estructura policéntrica debido a la desconcentración de funciones que empiezan a registrar las comunas 8 y 3.

Fig. N° 3. Mapa de centralidad funcional del área urbana de Montería



Fuente: elaboración propia con base en datos de la Alcaldía Municipal de Montería 2002-2015.

Analizando la comuna 4, cuyo índice de centralidad es 710,9 unidades y que sólo cuenta con equipamientos como son el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y la Casa de Justicia, se puede reconocer sin centralidad a esta comuna, como también sucede con las comunas 1, 7, 9 y 2, las cuales poseen índices entre 452,1 unidades y 293,2 unidades.

En ellas predominan los usos residenciales, la población de estratos socioeconómicos 1 y 2 y usos comerciales a escala barrial como tiendas, micromercados y centros educativos (niveles primaria y secundaria) (Fig. N° 3).

A partir del cálculo del índice de centralidad funcional se mide la relación que tiene él mismo con el tamaño de la población de las comunas lo que permite determinar si el concepto de umbral se cumple o no en la ciudad de Montería. Esta relación es medida a través del coeficiente de correlación de Pearson, el cual en la Figura N° 4 muestra que la población de cada comuna de la ciudad de Montería se representa por la columna de las x , y los niveles de centralidad funcional correspondientes a cada comuna por la columna de la y .

Fig.N° 4. Datos para el cálculo del coeficiente de Pearson

UNIDAD DE ANÁLISIS	POBLACIÓN DE LA COMUNA (Eje X)	NIVEL DE CENTRALIDAD DE LA COMUNA (Eje Y)	PARÁMETROS DEL COEFICIENTE DE PEARSON
COMUNA 1	34073	452,1	$\sum x_i = 286575$
COMUNA 2	14082	293,2	$\bar{x} = 31841,67$
COMUNA 3	44588	1215,1	$\sum y_i = 10788,2$
COMUNA 4	62700	710,9	$\bar{y} = 1198,69$
COMUNA 5	28843	4800,8	$\sum x_i^2 = 1,21E10$
COMUNA 6	52720	542,2	$\sum y_i^2 = 300899144,8$
COMUNA 7	5060	386,0	
COMUNA 8	30833	2052,8	$\sum x_i y_i = 355168777,6$
COMUNA 9	13676	335,1	

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Alcaldía Municipal de Montería 2002-2015 y DANE 2005

Al respecto, el coeficiente de correlación de Pearson indica que no existe *relación lineal* entre los datos y es poco significativo puesto que muestra la tendencia a acercarse hacia cero con un valor de 5,2%, como se observa a continuación:

$$r = \frac{S_y}{S_x S_y} = \frac{1294957,983}{24905558,51} = 0,052$$

Tal situación se hace evidente al observar el mapa de centralidad funcional de las comunas de la ciudad de Montería (Fig. N° 3 y Fig.N°4) ya que, en los casos extremos, la comuna 4 cuenta con mayor cantidad de población (62700 habitantes) y presenta un nivel de centralidad muy bajo 710,9 unidades, desviándose de la media (que es de 1198,7 unidades) en 487,8 puntos, y la comuna 5 está en el primer orden jerárquico (4800,8 unidades) del total de las comunas, afirmando su centralidad principal pero su tamaño de población, que es de 28843 habitantes, se encuentra por debajo de la media de la población de la ciudad (la cual es de 31841,67 habitantes), desviándose de éste en 2999 habitantes.

En otros casos, como los de la comuna 6 y 1, los índices de centralidad son bajos (542,2 y 258,8 unidades, respectivamente) y el tamaño de la población alto (52720 y 34073 habitantes, respectivamente).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el concepto de umbral medido con el coeficiente de correlación de Pearson, no se aplica de manera óptima en todas las comunas en la ciudad de Montería ya que en algunos lugares donde habita la mayor cantidad de población, como es el caso de las comunas 4, 6, 1, 2 y 9, la centralidad funcional no oferta equipamientos, bienes y servicios, que presten funciones altamente especializadas, para satisfacer la demanda de la población localizada en estos lugares. En contraste con el resultado obtenido en el índice de centralidad de Davies, que denota claramente la polarización de la comuna 5, por concentrar la especialización de los equipamientos, bienes y servicios, del área urbana y en general la mayor cantidad de funciones.

La anterior idea lleva a aplicar el concepto incluido dentro de la teoría de los *Lugares Centrales* de Christaller (1933) de forma implícita, como se observa en la Figura N°3, que la amplitud del área de influencia inmediata de la comuna 5 alcanza a abarcar las comunas 6, 4 (sur) y 7 (norte) y el río Sinú se convierte en un límite natural en la comuna 2 (occidente), lo que la ha dejado en parte un poco aislada, posicionándose en el último lugar de la jerarquía con el valor de centralidad más bajo en la ciudad.

Entre tanto, es indiscutible que las comunas 1 y 9 también se encuentran aisladas de la máxima centralidad, tanto a nivel espacial como funcional, lo que se refleja en los valores más bajos de los índices de centralidad, la ausencia de funciones especializadas y desventajas de la localización (periferia urbana), incidiendo en la dependencia de éstas, de la comuna 5 (centro).

De este modo, se puede considerar que las comunas con mayor índice de centralidad tienen un amplio alcance en la ciudad de Montería, debido a que los niveles socioeconómicos o el poder adquisitivo de la población es relativamente bajo, ya que de acuerdo con el concepto

de alcance, a menor poder adquisitivo de la población, mayor será el alcance y el tamaño del área de influencia de las equipamientos y funciones especializados.

La estructura y organización espacial de la red de transporte en Montería

En esta parte del artículo se desarrollan los temas de centralidad nodal (accesibilidad) y calidad de la comunicación nodal como aspectos que forman parte de la organización espacial de la red de transporte.

Índice de la centralidad nodal

Las redes viales tienen la capacidad de dinamizar las actividades humanas tales como: El comercio y los servicios (escala regional, local y zonal) presentes en el territorio, conformando el espacio geográfico, que es estructurado por las redes de transporte. A su vez, las redes de transporte son condicionadas por el espacio geográfico, constituyendo una asociación de carácter cíclico y reflexivo entre el espacio y las redes. Las redes de transporte en el espacio geográfico brindan la posibilidad de romper con las distancias y las barreras entre los espacios, convirtiéndose en un elemento de cohesión espacial que permiten intercambios comerciales de productos, bienes, servicios, flujos y movimientos de personas en busca de los mismos en otros lugares (Pérez y Doria, 2012).

Detallando el análisis, el área urbana de Montería, se caracteriza por una concentración evidente de nodos en la zona con mayor centralidad de la ciudad (centro) donde se interceptan vías de gran importancia como la Avenida Primera, las carreras 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a y 9^a, la Avenida Circunvalar, las calles 22, 24, 27, 29 y 41^a, notándose la tendencia hacia altos niveles de accesibilidad de estos nodos, los cuales disminuyen a medida que se alejan de éste hacia la periferia. De manera similar, las superficies que corresponden a los niveles de centralidad nodal, estimadas a partir de proceso de interpolación, muestran una estructura de concentración que va disminuyendo a medida que se acerca a las áreas periféricas de la ciudad; de tal forma, que resultaron cuatro zonas en el área de estudio.

En la primera zona, el nivel de centralidad nodal es muy alto con un rango que va de 4,6 a 5,5 unidades, considerándose la de mayor centralidad porque la amplitud de las distancias a recorrer desde un punto de la ciudad situado en esta zona hacia otro punto cualquiera de Montería, es bajo (Fig.N°5). Ésta se constituye de la totalidad de los barrios de la comuna 5, los cuales fueron fundados en la década de 1950 cuando Montería se convirtió en la capital del departamento de Córdoba, dando origen a una trama vial organizada y definida, que

desde los inicios de la ciudad, los convierte en paso obligado de la mayor parte de las rutas de transporte público (Fig.N°5).

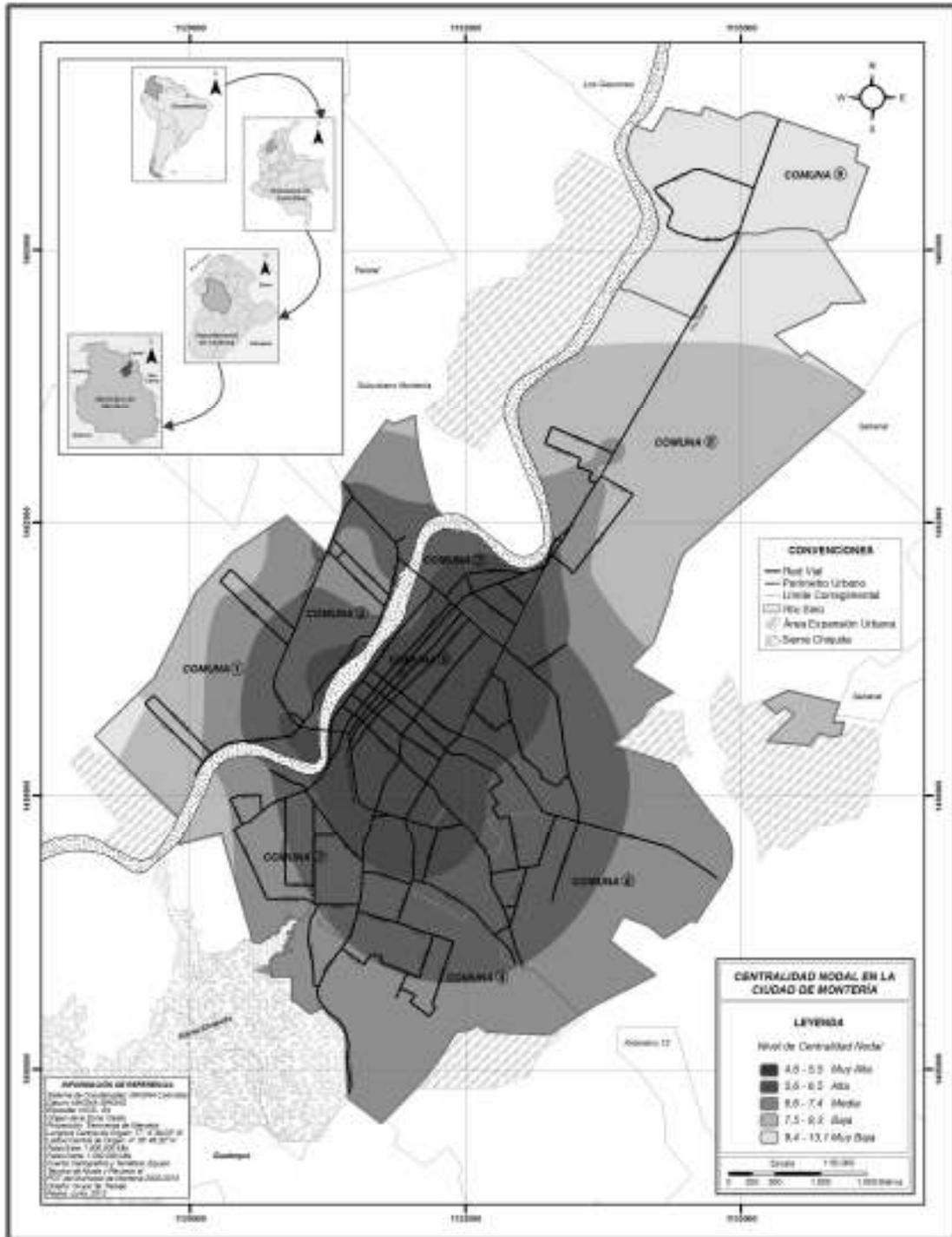
Además, en el rango muy alto se encuentran algunos barrios de la comuna 7 que se localizan en el área de influencia del mercado y antiguo puerto de atraque, formando parte de una red vial antigua. Así como sucede, en los barrios de las comunas 2, 3, 4, 6 y 8, que en su mayoría son de formación reciente los cuales surgen con una malla vial definida, por consiguiente tienen una centralidad nodal muy alta. Esta zona abarca un área de 656,33 Ha equivalente al 16,01% del territorio de la ciudad (Fig.N°5).

La segunda zona está conformada por el nivel de centralidad nodal alto correspondiendo al rango 5,6 - 6,5 unidades, con una superficie de 919,29 Ha, equivalente al 22,42% del área de la ciudad, que abarca barrios de la comunas 1, 2, 3, 6, 7 y 8 (Fig.N°5).

La tercera zona está conformada por el nivel de centralidad nodal media en el rango 6,6 a 7,4. Presenta un área de 1081,32 Ha que equivale al 26,38% del territorio de la ciudad y corresponde con el espacio de la ciudad perteneciente a la margen izquierda de la ciudad (comunidades 1 y 2); al suroccidente (barrios de la comuna 3); al extremo sur (barrios de la comuna 4) y al suroccidente (barrios de la comuna 6).

La cuarta y última zona, se encuentra hacia la periferia de la ciudad, conformada por los niveles de centralidad nodal bajo y muy bajo correspondientes a los rangos que van de 7,5 a 9,3 y 9,4 a 13,1 respectivamente (Fig.N°5). Forma parte de esta zona, el sector nororiental en la comuna 8 presentando zonas sin urbanizar, lo cual permite explicar la carencia de vías de transporte importantes y de rutas de transporte público (predomina el uso del vehículo privado), lo que explica los niveles bajos en esta centralidad. Las vías existentes están en mal estado y sin pavimentar dificultando la movilidad.

Fig. N° 5. Mapa de centralidad nodal del área urbana de Montería



Fuente: elaboración propia con base en datos de la Alcaldía Municipal de Montería 2008.

Dentro de la cuarta zona también ,se tiene el sector norte de la ciudad (comuna 9) que presenta características rurales a pesar de estar dentro del área urbana (presencia de

población migrante del campo), alta vulnerabilidad social y barrios de antigua formación con ausencia de planificación de la infraestructura vial, que en contraste con la población de los barrios de la comuna 8 (área contigua), presentan buenas condiciones socioeconómicas, dejando ver un alto grado de desequilibrio socio-económico (Fig.Nº5).

Finalmente, en el sector occidental, margen izquierda de Montería, la comuna 1 registra niveles bajos y muy bajos de centralidad nodal, caracterizado por presentar grandes amplitudes para desplazarse desde un lugar perteneciente a esta zona a otro cualquiera de la ciudad. Cabe decir, que esta zona cuenta con una superficie terrestre igual a 1442,64 Ha correspondientes al 35,19% del espacio urbano de Montería, conformando la periferia y áreas marginales de la ciudad.

En general el territorio urbano de Montería, debería ser ordenado a partir de una red de centros jerarquizados, conectados mediante las principales vías y el transporte urbano de interconexión urbana-rural. Las centralidades estarán generadas alrededor de un espacio público de encuentro, en función del conjunto de equipamientos colectivos en sus diferentes tipologías: salud, educación, recreación, cultura, bienestar social y seguridad, así como, del patrimonio y la mezcla de usos.

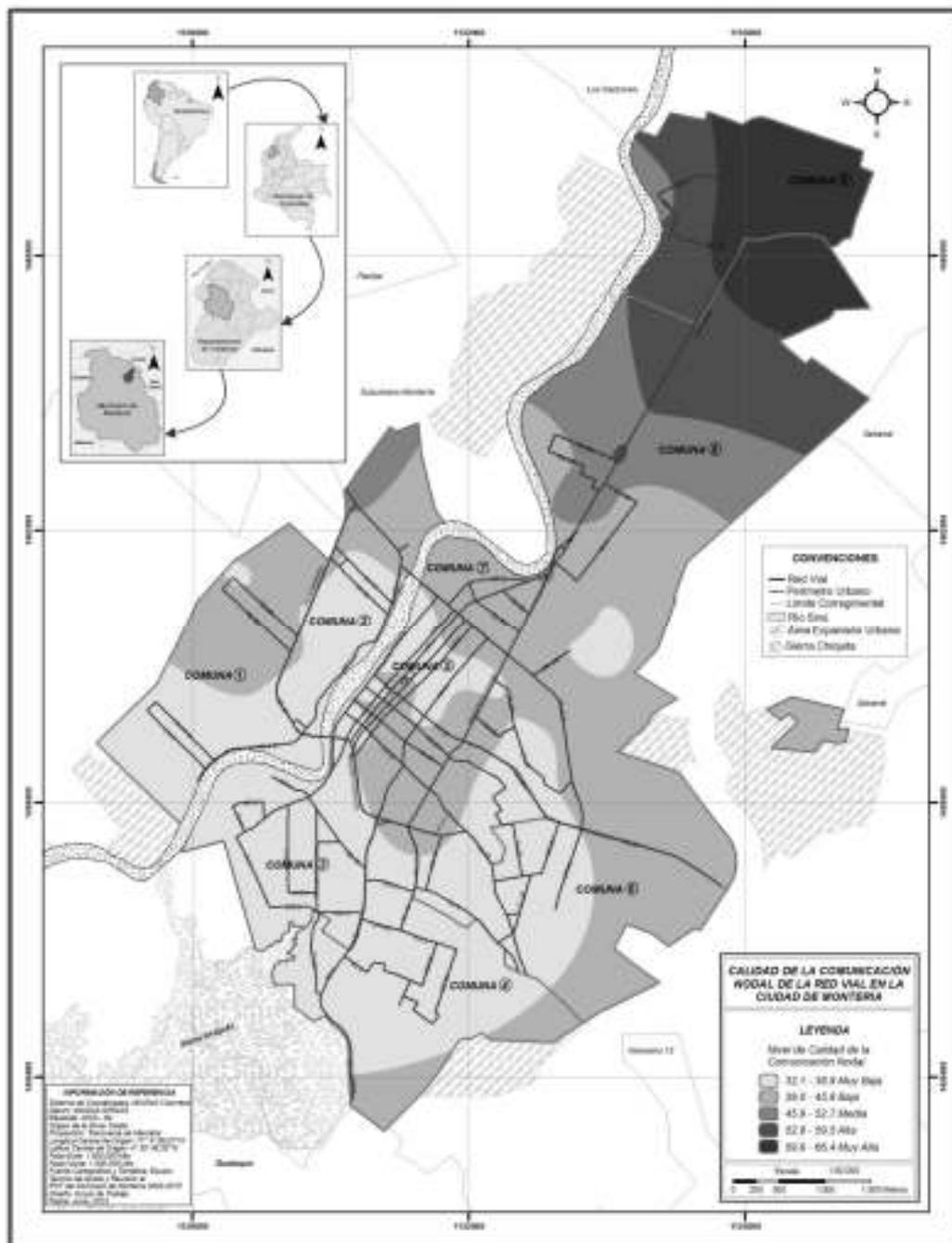
Índice de la Calidad de la comunicación nodal en Montería

El índice de calidad de la comunicación entre los nodos de la red es una clase de indicador de accesibilidad relativa que permite estudiar el grado de eficiencia en la estructura de la red. Este indicador proporciona una estimación de la semejanza entre los costos de desplazamiento por la ruta más óptima y los costos de desplazamiento, medido a través de la distancia euclidiana, es decir, que puede llegar a medir el porcentaje en el que la fricción de la distancia (por la ruta de menor costo) y la fricción absoluta son similares o disímiles.

Se puede afirmar que el sector norte de la ciudad de Montería tiene muy altos niveles de accesibilidad por la presencia de la Avenida Circunvalar que hace para la fecha en que se hace el estudio la hace eficiente, en comparación con el sector sur, suroccidente, parte de los sectores occidentales y surorientales que reflejan los niveles más bajos de accesibilidad medida por nodos y superficies respectivamente y que a su vez, coincide con los barrios de estratificación socioeconómico más bajo.

El análisis denota que los barrios ubicados con nivel muy alto de calidad de la comunicación, se encuentran en el rango es de 59,6 a 66,4 presentado en Palma Verde, El Ceibal, Portal del Norte, El Bosque, Bosque de Castilla, Camilo Torres, entre otros (comuna 9) (Fig.Nº6).

Fig.N°6. Mapa de calidad de la comunicación nodal en el área urbana de Montería



Fuente: elaboración propia con base en datos de la Alcaldía Municipal de Montería 2008.

En el nivel alto de este indicador, se tienen en cuenta los valores entre 52,8 y 59,5, presentándose los barrios Paz del Norte, 20 de Julio, 7 de Mayo, parte de Villa Sinú (comuna 9). Vale la pena anotar, que en estas áreas se encuentran equipamientos con cobertura regional y urbana tales como: la Universidad de Córdoba, la Universidad Pontificia Bolivariana, los restaurantes la Bonga del Sinú y Simón Parrilla; el colegio INEM,

el Concesionario Renault, la Clínica Montería, que a nivel de estructura urbana reflejan gran extensión, y pocas vías con tendencia de crecimiento urbano a diferencia del centro. Las superficies con niveles alto y muy alto de este indicador, se pueden agrupar hasta formar una sola zona situada en el norte de la ciudad, conformando un área de 725,17 Ha, correspondientes al 17,69% suelo urbano, en el cual la fricción de la distancia por la ruta de menor costo de desplazamiento es relativamente similar, en más de un 50% a la fricción de la distancia absoluta (Fig.N°6).

En el nivel medio del índice de calidad de la comunicación, (45,9 a 52,7) se registran parte del barrio los Alcázares, las urbanizaciones San Francisco y Los Bongos, y parte del barrio El Recreo pertenecientes a la comuna 8, totalizando una superficie igual a 359,15 Ha que equivalen a un porcentaje de 8,76% del total del suelo. A pesar de que estos barrios surgieron hace aproximadamente 20 años no disponen de rutas de transporte público (a excepción del último), la movilidad se hace en vehículo privado y las vías son locales, todas dependen de la Avenida Circunvalar (Fig.N°6).

En lo referido al nivel bajo del índice de calidad de la comunicación entre nodos, se reflejan valores entre 39,0 y 45,8 unidades, en un área total de 1469,14 Ha que corresponde al 35,84% del área de la ciudad, hallándose dentro de este nivel los barrios La Española, El Recreo, California, La Floresta, el Edén II, Villanova, Altos de la Floresta, los Ángeles, Villa Sofía, Villa Natalia, las urbanizaciones el Limonar, Bonanza, Villa Fátima, Castilla La Nueva, Villa Cielo, entre otros(en la comuna 8), además de la mayor parte de los barrios de la comuna 7 (Luis Carlos Galán, Sucre, El Carmen, Los Laureles, Altos del Country, Villa del Río, Prado Norte y el Sector Industrial) (Fig.N°6).

Igualmente, en el nivel bajo de la comunicación nodal se localizan parcialmente los barrios de las comunas 6 y 5 (Pueblo Nuevo, Risaralda, La Victoria, La Julia, Chambacú, Balboa, Colón, Santa Clara, El Edén I, Chuchurubí, El Centro, La Ceiba y Nariño), situándose estos de forma paralela a la Avenida Circunvalar.

En el extremo suroriental se tienen parte de los barrios de las comunas 8 y 4 localizándose muy cerca de la Avenida Circunvalar los barrios Granada, Miraflores y parte de la urbanización Samaria, y en el extremo sur de la ciudad parte del barrio la Gloria y la urbanización Furatena.

En la margen izquierda, se evidencian los barrios de la comuna 1 (Margen Izquierda, El Dorado y El Poblado); la comuna 2 (El Tambo, Villa Luz, La Esperanza, parte del barrio Manuel Jiménez y parte de la urbanización Manuel Antonio Buelvas) (Fig.N°6).

El resto de la ciudad registra niveles muy bajos en calidad de la comunicación entre los nodos de la red presentando un rango de 32,1-38,9, que muestra una superficie de 1546,123 Ha equivalentes al 37,71% del espacio urbano. Este nivel se presenta en gran medida en la ciudad concretamente en el sector sur, suroccidente, parte de los sectores suroriental, occidental y central, en los cuales el porcentaje de similitud entre la fricción de la distancia por la ruta de menor costo de desplazamiento y la fricción absoluta es muy bajo y por tanto, la accesibilidad también (Fig.Nº6).

Cabe destacar que los dos niveles bajo y muy bajo se presentan en áreas donde la infraestructura vial carece de nodos que se comuniquen en una sola línea recta, haciendo los recorridos más largos en tiempo y costos y por ende, bajas accesibilidades. A lo cual cabe adicionar, que en la ciudad de Montería el indicador de la calidad de la comunicación alto y muy alto no corresponde siempre con las áreas de máxima centralidad funcional y nodal, debido a que las vías no permiten tener fricción de las distancias por las rutas de menor costo de desplazamiento, entre un nodo origen y un conjunto de nodos destino, es decir tener la accesibilidad ideal.

Conclusiones

De acuerdo con lo expuesto precedentemente, puede afirmarse lo siguiente: La intensidad de la centralidad funcional en el área de estudio con el mayor nivel jerárquico (máximo índice de centralidad de Davies) en el centro de la ciudad (centralidad principal, comuna 5); este patrón espacial responde a la existencia concentrada de equipamientos especializados que satisfacen las necesidades de la población que asiste al área comercial y de servicios (administración pública, seguridad, bancarios, entre otros); mientras, que tienden a desconcentrarse hacia el sector nororiental (segundo lugar jerárquico, comuna 8) donde se registran equipamientos que aportan a la conformación de una segunda centralidad (centros comerciales, servicios de transporte, recreación y deporte, defensa y justicia); y en menor medida que el anterior, el sector sur (tercer lugar jerárquico, comuna 3) con la presencia de algunos equipamientos de administración pública y seguridad, comercio y servicios de salud.

Este fenómeno disminuye y/o es nulo hacia el oriente, occidente, extremo norte y parte del sur de la ciudad (comunidades 4,6, 1,7, 9 y 2), al considerarse sin centralidad por la escasa presencia de equipamientos con algún nivel de especialidad funcional. Asimismo, la relación que tiene la población con los valores de centralidad funcional, determinó que no existe una correlación estadísticamente significativa entre éstos, ya que no hay relación lineal entre los datos concernientes a la población y la información relativa a la centralidad funcional. Por

tanto, es de considerar, que el concepto de umbral no se aplica para la ciudad de Montería utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Todo lo anterior permite demostrar que existen desequilibrios socioeconómicos y funcionales que presentan las comunas, debido a que son pocas las que concentran las funciones más especializadas y a su vez registran poca población y viceversa.

Con respecto a la evaluación de la red de transporte, el índice de centralidad nodal muestra un fuerte agrupamiento de nodos en el centro de la ciudad (centralidad principal, comuna 5), lo que determina una mejor posición de acceso de los mismos, debido a la intercepción de las vías más importantes de la ciudad (Avenida Primera, carreras 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª y 9ª, la Avenida Circunvalar, las calles 22, 24, 27, 29 y 41); y con una tendencia de disminución hacia la periferia, ya que la amplitud de las distancias a recorrer desde un punto de la ciudad localizado en esta zona hacia otro punto cualquiera, es bajo. Esta situación es explicada por la carencia de vías y rutas de transporte público urbano, y el mal estado vial que registra el suroriente, extremo sur, suroccidente y occidente de la ciudad de Montería.

Por su parte, los mejores niveles de accesibilidad en la calidad de la comunicación se presentan en el sector norte de la ciudad debido a que la fricción de la distancia absoluta y la fricción de la distancia medida a través de la red son similares (disminuyendo la acción que genera la localización geográfica de los nodos en el espacio por sus ventajas locacionales) ya que la forma del trazado de la Avenida Circunvalar es parecida a la línea recta (comuna 9 parte de la 8), mientras los niveles bajos se localizan en los sectores centro, sur, occidente y suroccidente por presentar dificultades en los desplazamientos debido a la forma del trazado de la red vial, siendo irregular y con altos costos de desplazamiento.

Referencias bibliográficas

Buzai, G., Baxendale, C. y Mierez, A. (2003). *Accesibilidad e interacción espacial. Aportes del análisis espacial cuantitativo para su modelización regional*. En Revista Gerencia Ambiental, Volumen 10, número 95, pp 360-369.

Carrera, C., Canto, C. del., Gutiérrez, J., Méndez, R y Pérez, C. (1988). *Trabajos prácticos de Geografía Humana*. (1 ed.), pp 15-440. Madrid: Síntesis.

Colombia. Congreso de la República. *Código Nacional de Tránsito Terrestre*. N° 769/02. Artículo 106, Capítulo XI. Disponible en www.congresodelarepublica.gov.co

Colombia. Alcaldía Municipal de Montería. Revisión y *Ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial de Montería 2002-2015*.Alcaldía. Montería.

Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas-DANE. Censo General 2005. DANE. Bogotá.

Cardozo, O., Gómez, E. y Parras, M.(2009).*Teoría de los grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicadas al transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina)*, en Revista Transporte y Territorio [En línea] N° 1 . Junio 16 de 2009. Buenos Aires: Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y letras, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf> [Accedido el 27 de enero de 2014].

Christaller, W.(1933). Teoría de los lugares centrales. (2 ed.), Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft

Ebdon, D. (1982). *Estadística para geógrafos*. (1 ed.), pp. 15-25. Barcelona: Oikos-Tau.

Garnica, R. (2009). *Análisis de la estructura urbana de Montería: la organización espacial la ciudad*, pp 188. Universidad de Córdoba, Colombia. (inédito).

Garrison, W. y Marble, D. (eds): *Quantitative Geography*,pp1.Evanston, Illinois:Northwestern University Department of Geography.

Gutiérrez, J. (1992). *La ciudad y la organización regional*. (1 ed.), pp 21. Madrid: Cincel.

Hagget, Peter.(1976).*Análisis locacional en la Geografía Humana*. Colección Ciencia Urbanística. Barcelona: Gustavo Gili.

Marble, D. (1999).(eds): *Spatial analysis*,p5. Buenos Aires: Aires.

Pérez, H. y Doria, M. (2012). *La centralidad funcional y su relación con la distribución espacial de la red de transporte en la ciudad de Montería*, pp 162. Universidad de Córdoba, Colombia. (inédito).

Seguí, J. y Petrus, J. (1991). *Geografía de redes y sistemas de transportes*. (1 ed.), pp 35.Madrid: Síntesis.

Zárate, M. y Rubio, M. (2006). Glosario y prácticas de Geografía Humana. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.