



VOLUMEN VII

## PROCESOS URBANOS Y DINÁMICA DEL MERCADO LABORAL

*Emma Regina Morales García De Alba y Crucita Aurora Ken Rodríguez*

Coordinadoras del Volumen VII

**Colección “Desafíos contemporáneos del desarrollo regional:  
gestión sustentable con Innovación social”**

*José Gasca Zamora, Crucita Aurora Ken Rodríguez y Susana Suárez Paniagua*  
Coordinadores



Procesos urbanos y dinámica del mercado laboral

Volumen VII de la Colección: Desafíos contemporáneos del desarrollo regional: gestión sustentable con innovación social

Los trabajos seleccionados para este libro fueron revisados por pares académicos, se privilegia con el aval de la institución editora.

Primera edición, 12 de noviembre de 2024

© Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510,

Coyoacán, México, Ciudad de México

Instituto de Investigaciones Económicas,

UNAM Circuito Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria, 04510,

Coyoacán México, Ciudad de México

ISBN UNAM Colección: 978-607-30-9746-8

ISBN UNAM Volumen VII: 978-607-30-9901-1

© Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C.

ISBN AMECIDER Colección: 978-607-8632-43-5

ISBN AMECIDER Volumen VII: 978-607-8632-50-3

Diseño de portada © Armultimedios

Compilación, corrección y formación editorial: Karina Santiago Castillo e Iván Sánchez Cervantes

Tamaño de la colección: 247 MB

Tamaño del Volumen VII: 35 MB

Derechos reservados conforme a la ley.

Los contenidos de este libro pueden ser reproducidos, sin alterarlos, sin fines lucrativos y citando la fuente completa con dirección electrónica. Otras formas de reproducción o publicación de los contenidos requieren autorización escrita de la institución editora o de los coordinadores del texto.

Hecho en México / Made in Mexico

## ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>09</b>
<b>PRIMERA PARTE. SISTEMAS URBANOS, SISTEMAS RURALES Y DINÁMICA REGIONAL</b>	
<b>Sección 1. Riesgos y Oportunidades en las Dinámicas Regionales</b>	<b>13</b>
<i>Resiliencia Urbana y ZEDEC: Estrategias para la Gestión de Riesgos y Administración del Suelo en Chihuahua, Chihuahua, México</i>	
Ireyli Zuluamy Iracheta Lara, Alma Denisse Quintana Chávez y Lili Ana Méndez Rentería	<b>15</b>
<i>Estimación de ahorro de agua a partir de la demanda, en zonas de alto consumo de la CDMX y su impacto en el manejo de la sequía</i>	
María Antonina Galván Fernández y Elsa Pacheco Luis	<b>31</b>
<i>Los Desafíos del desarrollo territorial en la Región de Zumpango para consolidar un encadenamiento productivo integral</i>	
Gabriela Ramírez Plancarte y Jesús Enrique Morales Rico	<b>51</b>
<i>Los polos de desarrollo del corredor interoceánico y su conectividad carretera a los centros urbanos de la región del Istmo</i>	
Maritza Areli Velázquez Villalpando y Rubén Macías Acosta	<b>65</b>
<i>Localización Económica del HUB Logístico Regional de Manufactura</i>	
Tonahtuic Moreno Codina, Celeste García Jaimes y Pedro Leobardo Jiménez Sánchez	<b>81</b>
<b>Sección 2. Tensiones e Impactos del Desarrollo en el Territorio</b>	<b>101</b>
<i>Periurbanización en las localidades de San Juan Coajomulco, Santa María Citendejé y San Miguel Tenochtitlán, Municipio de Jocotitlán, Estado de México</i>	
René Hurtado Gómez	<b>103</b>
<i>La delincuencia como reflejo de la desigualdad entre el campo y la ciudad en Guanajuato. ¿Contagio o asimetrías socioeconómicas?</i>	
José Luis Coronado Ramírez y Jesica María Vega Zayas	<b>119</b>
<i>Producción comercial de vivienda en la Zona Metropolitana de Mérida. Impactos en segregación y desocupación, 2013-2020</i>	
Susana Pérez Medina	<b>135</b>

*Proceso de ocupación informal del suelo y gestión de la infraestructura y servicios básicos en la colonia Nuevo Progreso, Quintana Roo, México*  
Pedro Leobardo Jiménez Sánchez 153

*El uso de Space Syntax de Qgis para el análisis de la Conectividad e Integración de las vías. el caso de la ciudad de Cali, Colombia*  
César Augusto Rivera Gutiérrez, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez y Ciro Jaramillo Molina 169

**Sección 3. Dinámicas Sociales en los Sistemas Urbanos y Rurales 183**

*Seguridad alimentaria en la reconfiguración territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*  
Celeste García Jaimes, Tonahtuic Moreno Codina y Celia Hernández Diego 185

*La alimentación malsana como condicionante del desarrollo: alimentos y bebidas ultra-procesados en el espacio rural e indígena mexicano*  
Josué Roberto Garza Tovar 201

*Modelo de potencial de desarrollo urbano rural para Chiapas, México*  
Elsa Patricia Chavelas Reyes 219

*Dinámica de la población Femenina y sus Repercusiones: Un Estudio Gravitacional de las Dinámicas Socioeconómicas*  
Erendira Yaretni Mendoza Meza y Yamile Rangel Martínez 239

*El diseño del espacio público: Exploraciones metodologías participativas para la infancia*  
Andrea Robles Cruz y Juan José Gutiérrez Chaparro 251

**SEGUNDA PARTE. POBLACIÓN, MIGRACIÓN Y MERCADOS DE TRABAJO**

**Sección 4. Dinámica demográfica, urbanismo y derechos en el Desarrollo Regional 271**

*Escenarios en la dinámica demográfica de los municipios de México con base en las nuevas proyecciones de la población del año 2024*  
César G. García González, María Cecilia Valles Aragón y Myrna C. Nevárez Rodríguez 273

*Propuesta de atención y protección de sus derechos humanos de las niñas, niños y adolescentes migrantes no acompañados, en condiciones de movilidad internacional en la frontera sur México-Guatemala*  
Luis Francisco Pérez Sánchez, Oscar Alfredo López Chán y Luis Antonio Pérez Camargo 289

<b>Sección 5. Modelos Económicos, Crisis y Migración</b>	<b>305</b>
<i>La concepción social del migrante en el país de México: fortalezas, debilidades y oportunidades en un mundo en crisis</i>	
Susana Angélica Pastrana Corral y Harold Joshua Gama Celaya	<b>307</b>
<i>Migración bajo el contexto de las políticas económicas neoliberales en la Región Occidente de México</i>	
Alejandro Ortega Hernández, Marilu León Andrade y Rocío Rosas Vargas	<b>325</b>
<i>Impacto económico y social de la inmigración en México</i>	
Francisco Pérez Soto, Lucila Godínez Montoya y Esther Figueroa Hernández	<b>339</b>
<i>Estudio analítico-reflexivo de los y las migrantes nacionales e internacionales, en Altar, Sonora, México 2024</i>	
Susana A. Pastrana Corral, María Zulema Monteverde Murrieta y Rafael A. Olmos Bolaños	<b>353</b>
<b>Sección 6. Mercado de trabajo: informalidad, desigualdad y familia</b>	<b>373</b>
<i>Migración, cifras y gestión de las fronteras: la complejidad de los Sectores de la Frontera Sudoeste de los Estados Unidos de América con México</i>	
César Guillermo García González	<b>375</b>
<i>El Mercado de Trabajo de los Profesionistas en México, Características y Tendencias, 2024</i>	
María del Carmen Salgado Vega, Wendy Ovando Aldana y Jesús Salgado Vega	<b>391</b>
<i>Reflexiones en torno a factores que propician la conciliación familia-trabajo y sus efectos en trabajadores de la hotelería</i>	
Claudia Gregoria Huerta Zúñiga y Esperanza Vargas Jiménez	<b>407</b>
<i>Índice de Duncan para el análisis de la desigualdad laboral en México</i>	
Gabriela Zepeda Mercado, Juan Carlos Montes de Oca López y Brenda Miranda Campuzano	<b>425</b>

# El uso de Space Syntax de Qgis para el análisis de la Conectividad e Integración de las vías. el caso de la ciudad de Cali, Colombia

César Augusto Rivera Gutiérrez<sup>1</sup>

Pedro Leobardo Jiménez<sup>2</sup>

Ciro Jaramillo Molina<sup>3</sup>

## Resumen

El estudio de la ciudad merece analizar la relación entre las estructuras espaciales y la vida social, este enfoque permite evidenciar si la configuración física de la red de las vías tiene incidencia con el funcionamiento social; por ello, el objetivo de este trabajo es exponer la metodología utilizada para analizar, por medio de la extensión de Qgis denominada Space Syntax Toolkit, la conectividad de las calles y el nivel de integración que estas tienen en el sistema de vías de la ciudad de Cali, Colombia.

Para desarrollar este objetivo se descargó el catálogo de calles de la base de datos de Open Street Maps para nuestro caso de estudio usando (OSMDownloader), luego de la corrección topológica la capa obtenida se procesó con la extensión Space Syntax Toolkit de Qgis y el software DepthMap 0.35 obteniendo así los indicadores de Integración y Conectividad en nuevas capas temporales que se convierten en insumos indispensables para el posterior análisis de la información.

Los resultados obtenidos revelan que el diseño de las calles y su integración favorecen a la movilidad orientada en un eje norte-sur donde se destacan la Calle Quinta, Autopista Sur y Av. Simón Bolívar como principales corredores que conectan a su vez con vías de segundo nivel en su mayoría centrales, de igual manera permite identificar zonas del norte y oriente de la ciudad desconectadas del sistema, que pueden ser intervenidas con el apoyo de este análisis.

**Conceptos clave:** Sistemas de Información Geográfica, Qgis, Movilidad Urbana.

## Introducción

El estudio de las problemáticas de movilidad urbana es una de las temáticas más abordadas en la actualidad, está presente desde las discusiones políticas de gobiernos locales, hasta los principales temas de agenda de los organismos multilaterales en el mundo, así lo demuestra el objetivo 11 de los ODS que discute la idea de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos y sostenibles incluyendo la necesidad de brindar acceso a transportes seguros, accesibles y mejorar la seguridad vial. En la meta 11.2 un adecuado transporte público es fundamental para lograr ciudades resilientes y seguras, pero además, estimular el transporte activo habilitando espacios seguros que sean atractivos para caminar, andar en bici, o circular en cualquier medio particular,

---

<sup>1</sup> Geógrafo y estudiante de la Maestría en Estudios de la Ciudad, Universidad Autónoma del Estado de México, México; criverag006@alumno.uaemex.mx

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Sociales; profesor-investigador de la Universidad Autónoma del Estado de México, México; pljimenezs@uaemex.mx

<sup>3</sup> Doctor en Ingeniería de Transporte; profesor-investigador de la Universidad del Valle, Cali, Colombia; ciro.jaramillo@correounivalle.edu.co

esto incorpora la necesidad de un sistema de vías en óptimo estado que contribuya a la disminución del número de muertes causadas por accidentes de tráfico en el mundo. (ONU, 2023)

La ciudad de Cali cuenta con un sistema de vías clasificado y jerarquizado de acuerdo con la legislación y los lineamientos nacionales que consta de: un Subsistema de vías Inter-Regionales que conecta principalmente los municipios que hacen parte de la zona metropolitana del Valle y Cauca, en la que Cali es el eje central (Concejo de Cali, 2014). Entre ellas se destacan la vía al mar, la vía a Puerto Tejada, la carrera Primera, entre otras.

El otro Subsistema es el de vías urbanas, que se divide en las Vías Arterias Principales (VAP), Vías Arterias Secundarias (VAS) y Vías Colectoras (VC) según el Concejo de Cali (2014). Para efectos de este trabajo equivalen a las Vías Primarias, Vías Secundarias y Vías terciarias que se obtienen desde Open Street Maps y que son las que se usaron para este ejercicio.

Aunque existe un tercer Subsistema de Integración Rural, este se omite porque el análisis se ejecutó basado en el corte de la capa<sup>4</sup> de los límites de la zona urbana, usando la información espacial del IDESC de la Alcaldía de Cali. Por esta razón, en adelante solo se tendrá en cuenta el Subsistema de vías urbanas obtenido con la extensión OSMDownloader, que se expondrá ampliamente en el apartado de la metodología.

Diferentes estudios han documentado la creciente problemática de congestión vial en la ciudad y la relación que esta tiene con el inadecuado ordenamiento territorial, la expansión urbana y el negocio inmobiliario, Varela (2020) y Cuervo (2024). Sin embargo, poco se ha explorado el uso de herramientas tecnológicas que puedan aportar a la identificación y solución de problemas que tengan que ver con la conectividad o la integración que tiene la estructura de las calles y el papel de cada una de ellas dentro de la red del Subsistema urbano<sup>5</sup>.

En Cali se identifican puntos de congestión habituales y en horarios determinados (7 a 10 am y 5 a 7 pm) conocidos comúnmente como “hora pico”, entre otros, los más conocidos son el puente de Juanchito, el sector de Sameco y la Avenida Sexta al norte. Además de la calle Quinta, la salida al mar, las carreras Diez y Quince en el centro. Sin embargo el grueso de la problemática está concentrado en el sur de la ciudad, donde en los últimos 20 años se ha proyectado la zona de expansión urbana y se ha concentrado la mayoría de oferta de servicios de comercio, de salud y sobre todo de educación. Esta congestión del sur también tiene que ver con el papel que juega Jamundí en el área metropolitana como ciudad dormitorio y con la necesidad de movilizar cotidianamente la población flotante que trabajan, estudian o reciben atención médica en la zona urbana de Cali y que generalmente van y vienen en las horas pico incrementando la presión en el tráfico sobre calles del sur.

El objetivo de este ensayo es presentar la metodología que se usó para evaluar el Subsistema de vías dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cali, se exponen los resultados para el caso de estudio y se aborda la discusión de la relación entre Conectividad e Integración de las vías y la incidencia de la estructura espacial de las calles con la vida social.

La importancia de este trabajo radica en la posibilidad de obtener los datos necesarios para hacer el análisis de manera ágil y precisa, además del potencial de información que se puede generar a partir de la ejecución del algoritmo, usando únicamente software libre. Adicionalmente

---

<sup>4</sup> Archivo Shape del perímetro de la zona urbana de Cali obtenido de IDESC

<sup>5</sup> La sintaxis espacial es un enfoque teórico y práctico que se utiliza para analizar la forma urbana y la relación entre la estructura espacial de las ciudades y su uso

resulta una herramienta metodológica indispensable para evaluar cómo se encuentra la red de calles en cualquier ciudad y poder desarrollar propuestas para solucionar la congestión en los puntos críticos de acuerdo con el análisis de los resultados.

El artículo consta de 4 secciones, en la primera sección se describen los métodos y procedimientos usados para la obtención de datos y ejecución del ejercicio. En la segunda sección se detallan los resultados obtenidos y en la tercera y cuarta sección se presentan la discusión y las conclusiones, respectivamente.

## Metodología

Este estudio se trata de un ejercicio aplicado de la extensión Space Syntax Toolkit incorporada en Qgis, cuya base teórica se soporta en el análisis espacial de la geometría de redes, interpretadas con base en la teoría de grafos, es decir, evaluación a partir de estructuras de segmentos conectados por nodos utilizando matemáticas discretas.

La Sintaxis Espacial es un enfoque práctico y teórico que se emplea para analizar la forma urbana y la relación entre la estructura espacial de las ciudades y su uso, en este contexto, el espacio urbano (calles, bulevares o plazas) se conciben como el objeto de estudio que se puede analizar y comprender a través de su estructura y configuración de la red que constituye.

La simulación de escenarios urbanos desde esta perspectiva permite probar, diseñar y construir diferentes configuraciones en el entorno virtual antes de proponer implementarlos en la realidad, lo que permite identificar los impactos de las decisiones en la movilidad, la accesibilidad y en general en la calidad de vida de los habitantes. Estas simulaciones precisas pueden maximizar los beneficios de planteamientos como la ciudad de los 15 minutos: al diseñar rutas más eficientes, con menos obstáculos y ubicando los servicios de manera estratégica, se puede crear un entorno urbano que favorezca los desplazamientos cortos, la eficiencia del tiempo y la interacción social. Principios básicos de la propuesta de Moreno (2024) para una ciudad que prioriza la escala humana, la sostenibilidad y la cohesión social.

Producto de las investigaciones de Hillier (2007) a partir de los años ochenta se desarrollaron un conjunto de herramientas y técnicas analíticas para evaluar la configuración de la red urbana de las ciudades, fruto de estas investigaciones uno de los principales resultados es el software DepthMap que permite crear y evaluar diferentes escenarios y modelos espaciales urbanos. Con estas técnicas se han analizado los niveles de integración de las calles desde la perspectiva histórica centrándose en la evolución de la red y la accesibilidad que se ha configurado en cada uno de los momentos, así lo desarrolla Arnáiz (2013) en las ciudades de Toledo y Alcalá de Henares. Pero también, la técnica ha permitido evaluar a escala detallada los conflictos peatonales, permitiendo crear en espacios más reducidos soluciones de movilidad *eco-friendly* como las planteadas por Mirón (2016) para la ciudad de Pontevedra en su zona amurallada.

El uso cada vez más frecuente del DepthMap lo ha vuelto más común, llevándolo a incorporarse como una extensión de análisis en los Sistemas de Información Geográfica, dentro de Qgis se denomina Space Syntax Toolkit y permite diagnosticar, comparar y evaluar distintos diseños de redes, patrones en los movimientos y uso del espacio. Este diagnóstico demuestra como los cambios en la configuración espacial pueden afectar el rendimiento y la calidad de la movilidad en el espacio construido.

El principal componente para el diagnóstico de las redes viales con esta técnica lo brinda Open Street Maps (OSM) la plataforma de datos geográficos de código abierto permite descargar datos de la red de carreteras según su jerarquía y en formato vectorial, compatible con la extensión Space Syntax Toolkit y con el Software Qgis, condición necesaria para generar el mapa axial que se usa posteriormente para el análisis de la Conectividad e Integración de las vías. Su resultado es el insumo principal para evaluar la organización espacial.

El perímetro urbano de Cali, obtenido de la Infraestructura de Datos Espaciales de Cali (IDESC), se utilizó como marco geográfico para la investigación. Este perímetro define el área de análisis, asegurando que solo las vías urbanas pertinentes (primarias, secundarias y terciarias) sean incluidas en el estudio. Los datos viales fueron extraídos de Open Street Maps a través de la extensión OSMDownloader en QGIS, permitiendo la recolección precisa de la información necesaria para el análisis.

El poderío de esta herramienta analítica radica en sus múltiples aplicaciones, fiabilidad y disponibilidad de los datos: a partir del análisis se podría determinar la segregación urbana, esto en términos de una subdivisión de la ciudad en áreas que tienen características físicas y funcionales similares, permitiría analizar cómo se distribuyen los usos del suelo en la ciudad y como se conectan con diferentes áreas de la ciudad. También se podrían identificar y jerarquizar los nodos urbanos, la separación por segmentos de mayor o menor valor cuantitativo (mayor o menor concentración de actividades) que brindarían diagnósticos relevantes para el desarrollo de políticas públicas y estrategias de planeación urbana.

Sin embargo, para efectos de este trabajo la atención se centró en el análisis de la red de calles, esto con el fin de determinar la conectividad, accesibilidad y grado de integración que tienen las diferentes áreas de la ciudad que se comunican entre sí. Estudiar la estructura y configuración de la red de calles permite evaluar la calidad de esta en relación con los aspectos cotidianos de la vida urbana: desde la generación de riqueza hasta el bienestar ciudadano. Este principio se basa en la comprensión de como el diseño urbano influye en la conectividad y movilidad en la ciudad, una red bien conectada y con alto grado de accesibilidad puede mejorar la movilidad urbana y en consecuencia propiciar un buen escenario (flujo de personas) para las actividades económicas y la generación de empleo.

De la misma manera un diseño urbano apropiado ajustado a los parámetros establecidos puede ayudar a aumentar la actividad en las calles e incentivar las actividades en los espacios públicos, lo que favorecería la seguridad con la presencia de más personas transitando y por ende coadyuvaría a la cohesión social.

### **Procedimiento Metodológico:**

**Preparación de los Datos Espaciales:** Se depuraron los datos viales obtenidos en OSM para eliminar cualquier elemento no pertinente (como ríos, límites municipales u otras capas innecesarias), asegurando que solo las vías primarias, secundarias y terciarias permanecieran en la capa final para el análisis. Este paso es crucial para mantener la precisión y la relevancia de los resultados.

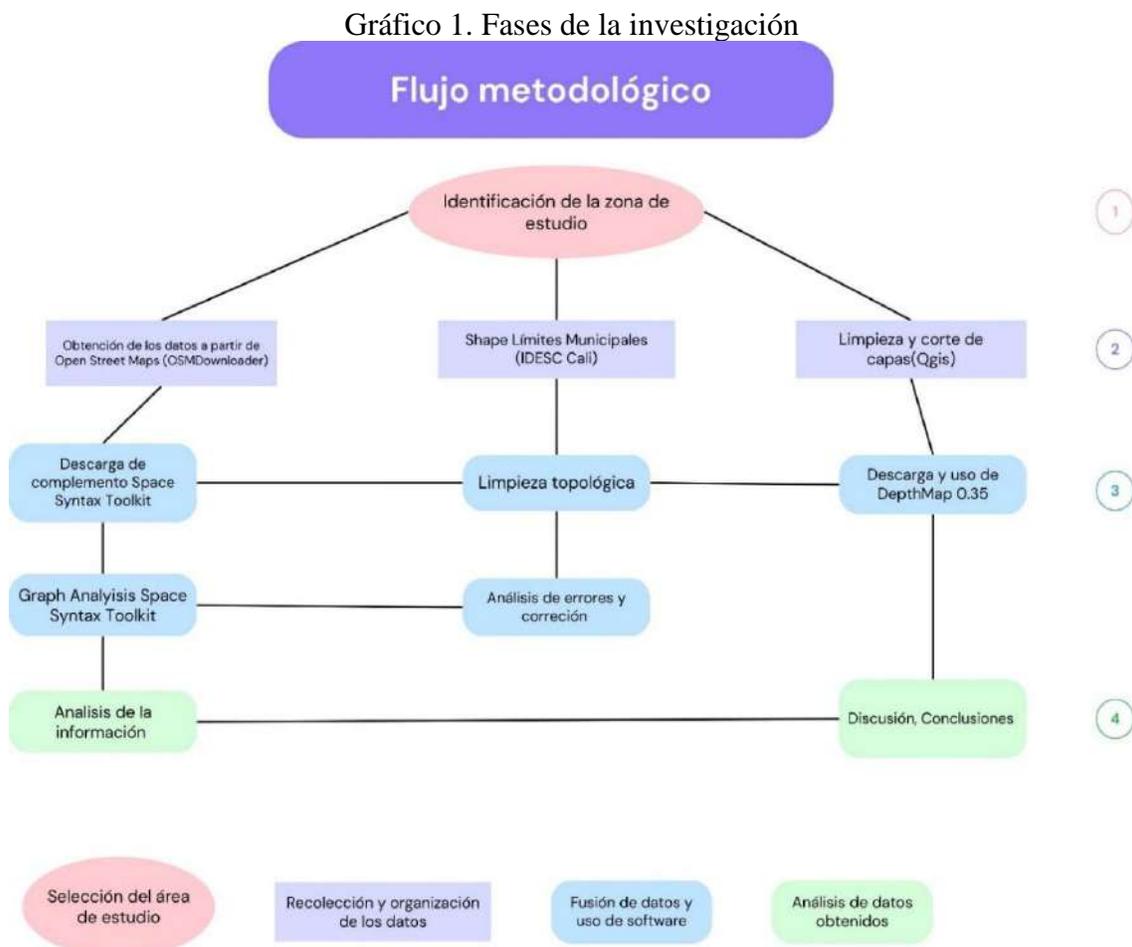
**Análisis de la red vial:** Con los datos depurados, se procedió a realizar el análisis de Conectividad e Integración utilizando el complemento Space Syntax Toolkit. El proceso incluyó la corrección de errores topológicos en la red vial, como la unión de segmentos desconectados o la eliminación de superposiciones, empleando el software DepthMapNet 0.35 Se calcularon métricas

clave como la integración (indicativa de la accesibilidad global) y la elección (Choice), que mide la centralidad de los segmentos viales dentro de la red.

Enfoque metodológico: La elección de la teoría de grafos y el uso de Space Syntax se justifica por su capacidad para modelar la red urbana de manera cuantitativa, ofreciendo una visión profunda de cómo la configuración espacial influye en la movilidad y en la distribución de actividades dentro de la ciudad. Este enfoque permite identificar con precisión áreas de alta y baja accesibilidad, lo que es esencial para comprender las dinámicas de desarrollo urbano en la ciudad de Cali.

Contribuciones esperadas: Los resultados derivados de este análisis espacial proporcionarán una base sólida para discutir las implicaciones de la conectividad urbana en Cali, especialmente en cómo afecta la distribución de servicios y la calidad de vida en diferentes zonas de la ciudad. Este estudio aportará nuevas perspectivas sobre la planificación urbana en contextos similares.

El flujo metodológico de la investigación, que abarca desde la delimitación de la zona de estudio hasta el análisis de los datos obtenidos, se resume en el Gráfico 1. Este gráfico ilustra las etapas clave del estudio, desde la identificación del área de interés y la recolección de datos, hasta la aplicación del análisis espacial con el software QGIS.

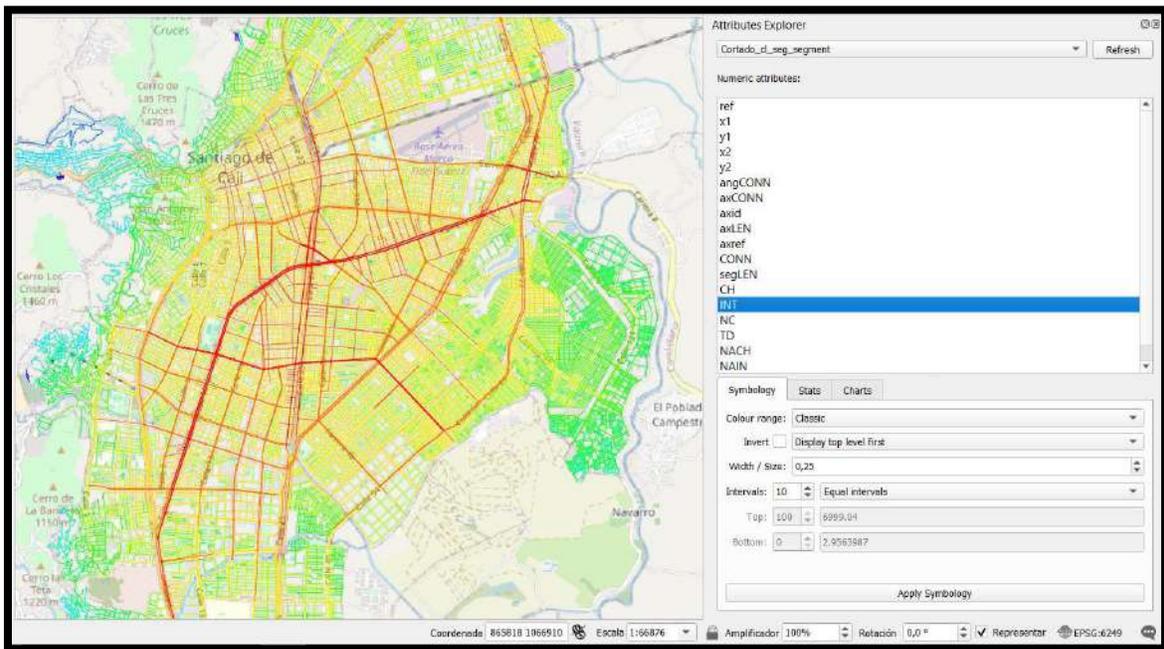


Fuente: Elaboración propia, 2024

## Resultados

Para analizar los resultados obtenidos con el proceso detallado en la sección anterior, se procede a desplegar la pantalla en que se pueden explorar los atributos, en Qgis usando el botón del menú Space Syntax denominado “*Attributes Explorer*”, seleccionamos la última capa obtenida guardada con el sufijo *\_Segment* y automáticamente detecta y se despliegan columnas con distintos atributos como se ve en la figura 6.

Figura 1. Resultados finales con los atributos de la red vial de Cali



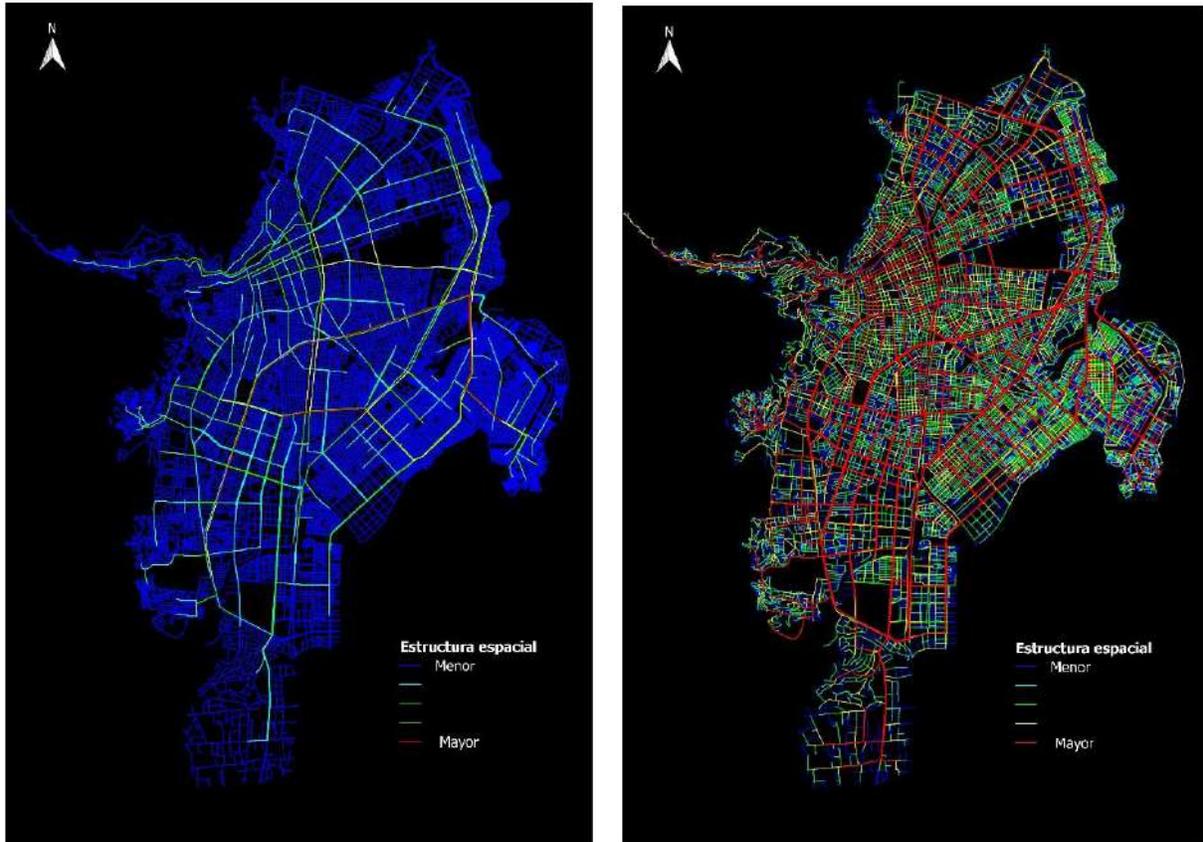
Fuente: Tomado de pantalla principal de Qgis

A pesar de que son múltiples los atributos que derivaron del *Graph Analysis* solo nos enfocaremos en los resultados que guardan relación con la Conectividad e Integración de las vías, principal objetivo de esta investigación. Se tomaron en cuenta cuatro atributos del total obtenido, el Choice (CH), la Integración Axial (INT), la Conectividad (CONN) y la Integración Axial Normalizada (NAIN) el análisis de estos atributos permite tener un panorama de la estructura espacial del sistema de vías en la ciudad de Cali, lo que a su vez nos dejará poner en evidencia el funcionamiento de este Subsistema y la incidencia con la vida social. De las cuatro variables elegidas se representaron en 2 mapas cada una usando el método de clasificación de datos Intervalos iguales y Cuantiles para cada uno de ellos, con el fin de representarlos con la misma amplitud y con una distribución en partes iguales (misma cantidad de valores).

El primer atributo de la red vial analizado fue el *Choice* o de estructura espacial vial, este atributo analiza de manera segmental la estructura vial de una ciudad, el software es capaz de identificar los segmentos más importantes dentro de una red, a escala de ciudad se pueden observar patrones de conectividad asociados al nivel de jerarquía de las vías, se pueden identificar vialidades primarias, secundarias o terciarias. Para Yamu, van Nes, & Garau (2021) el Choice “muestra cuán integrado está cada segmento de calle en relación con todos los demás en términos del menor número total de desviaciones angulares” Sin embargo, a escala barrio con esta información se

podrían identificar las vialidades más importantes dentro de ese espacio gracias a la segmentación que brinda. En términos de movilidad la información a escala detallada serviría para la planificación de transporte no motorizado mientras que el análisis a escala ciudad, sirven para evaluar la capacidad de movilidad para vehículos motorizados. Ver mapas 1 y 2.

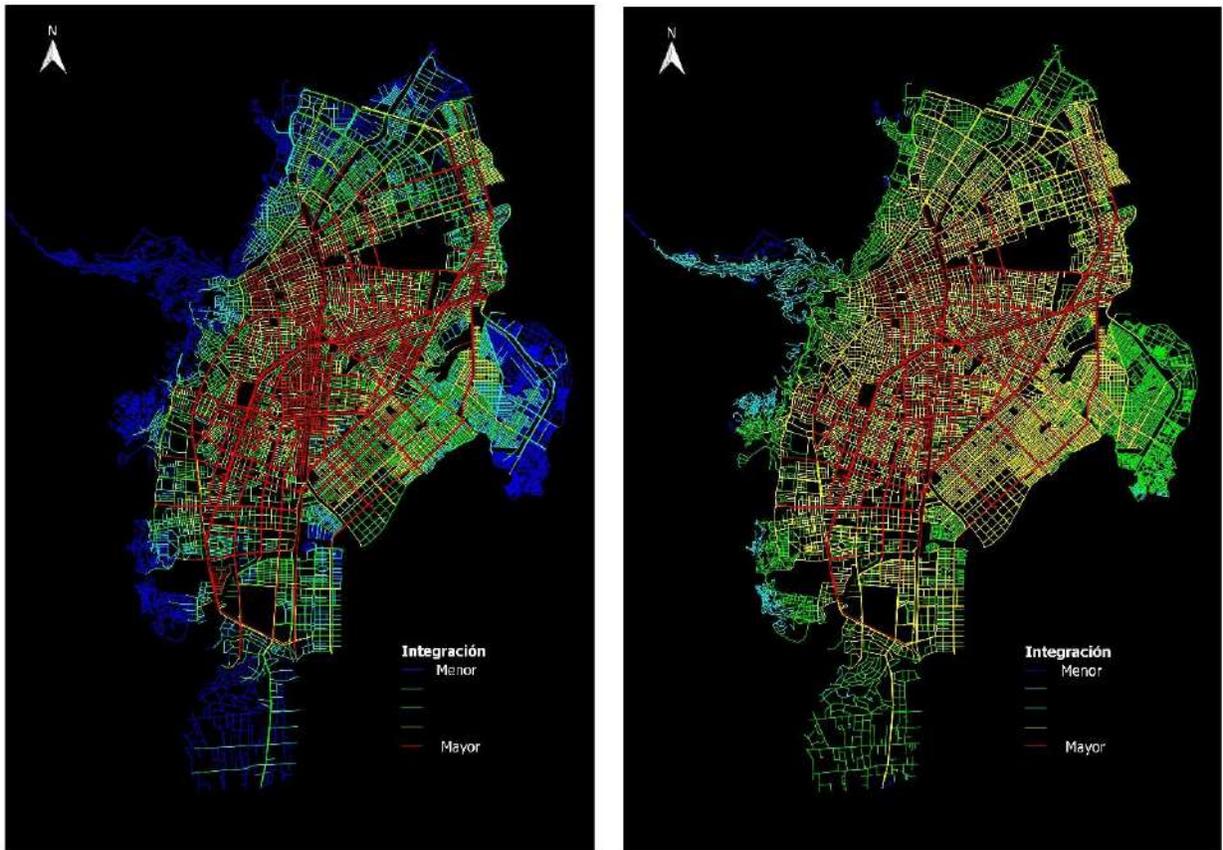
Mapas 1 y 2. Estructura espacial vial clasificados en *intervalos iguales* y *cuantiles*



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados (2024)

El segundo atributo destacado obtenido del procesamiento de datos es la integración (INT) esta tiene una fuerte relación con la conectividad y en palabras de Yamu, van Nes, & Garau (2021) “Esta medida considera el movimiento hacia un destino y estima el grado de accesibilidad que una calle tiene a todas las demás calles en el sistema urbano, teniendo en cuenta el número total de cambios de dirección (pasos sintácticos) de una entidad urbana” lo que significa que cuanto menos sean los cambios de dirección en una determinada calle respecto a las demás del sistema, mayor debería ser su integración “cuanto más larga sea la línea axial en un área urbana, mayor será su conectividad con otras líneas y mayor será su valor de integración, y viceversa” (Yamu, van Nes, & Garau 2021). Ver mapas 3 y 4.

Mapas 3 y 4. Integración vial clasificada en *intervalos iguales* y *cuantiles*



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados (2024)

El tercer atributo resultado del análisis tiene que ver con la conectividad vial, este atributo está relacionado con la densidad de las vías, es una medida local estática “... y *da cuenta de todas las conexiones directas que cada calle tiene con otras calles en su vecindad inmediata*” (Yamu, van Nes, & Garau, 2021). es decir que una calle con muchas conexiones laterales tiene un alto valor de conectividad, contrario a una calle que tenga pocas conexiones. La conectividad se puede asociar también a la accesibilidad, para Yamu, van Nes, & Garau (2021) “*La accesibilidad se puede definir conceptualmente como un grado de dificultad para poder acceder a un espacio o para el movimiento en un espacio determinado. La conectividad paramétrica de Space Syntax es la sumatoria de los segmentos que se unen un solo nodo*” en otras palabras, la conectividad revela el grado de accesibilidad: entre más conexiones más accesibilidad y entre menos conexiones, menos accesibilidad. La conectividad puede entenderse entonces como la posibilidad de moverse en el espacio. Ver mapas 5 y 6.

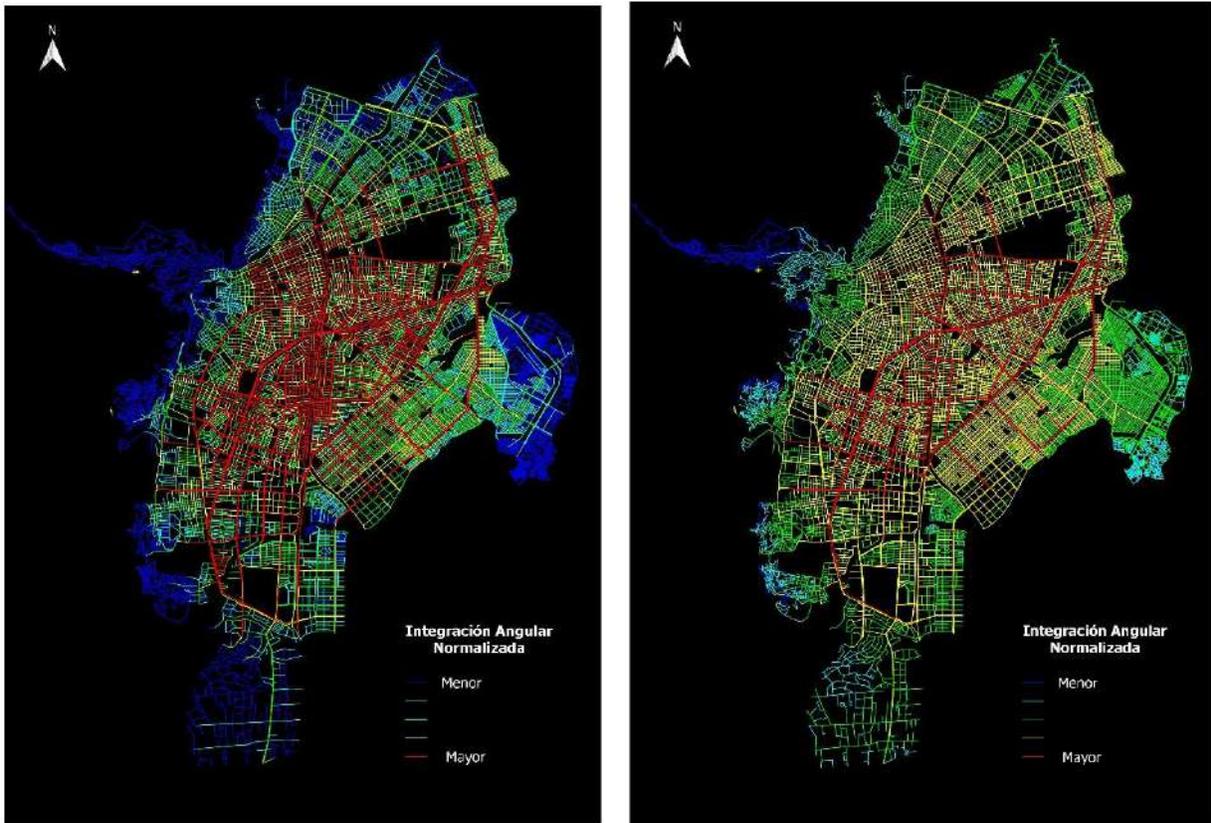
Mapas 5 y 6. Conectividad vial en Cali clasificada en *intervalos iguales* y *cuantiles*



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados (2024)

Finalmente se tuvo en cuenta el atributo denominado Integración Angular Normalizada (NAIN) que es producto de la normalización de la integración axial (INT) según Yamu, van Nes, & Garau (2021) “*la integración del segmento angular mide los potenciales de movimiento. La conectividad de segmentos forma la base para calcular angulares. integraciones. Se diferencia de la integración axial en que está más "afinada" y por lo tanto describe la realidad con mayor detalle*” La normalización se realiza para ajustar la integración angular a diferentes escalas o tamaños de red, permitiendo comparaciones más precisas entre diferentes entornos o entre diferentes niveles de análisis dentro del mismo entorno. Ver mapas 7 y 8.

Mapas 7 y 8. Cálculo de la Integración Angular Normalizada (NAIN) clasificada en *intervalos iguales* y *cuantiles*



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados (2024)

## Discusión

Por guardar relación directa con el objetivo del estudio, los principales atributos que se tuvieron en cuenta derivados de la información obtenida finalmente fueron los que tienen que ver con el funcionamiento vial, el primero fue el resultado de la estructura vial representado en la columna *Choice* y que describe los segmentos con mayor centralidad geométrica, los mapas 1 y 2. representan la estructura vial de la ciudad de Cali, identificándose claramente las avenidas principales y calles de primer orden que denotan mayor conectividad/accesibilidad en el Subsistema y que concuerdan con la importancia que la autopista Sur-Oriental, la Avenida Simón Bolívar, Avenida Ciudad de Cali, la Calle Quinta y la avenida Tercera Norte tienen dentro de la jerarquía vial.

El segundo atributo analizado fue el de integración axial o simplemente (INT) como se observa en la columna de la lista desplegada, según Yamu, van Nes, & Garau (2021) esta medida “considera el movimiento y estima el grado de accesibilidad que tiene una calle hacia todas las demás calles del sistema urbano, tomando en consideración el número total de cambios de dirección (pasos sintácticos) de una entidad urbana” de acuerdo a esta consideración y teniendo en cuenta que la integración está relacionada con la conectividad se puede afirmar que las grandes autopistas reflejan mayor nivel de integración y de inter-accesibilidad, el eje más evidente en los resultados del ejercicio es el de la autopista Sur-Oriental donde se puede identificar como resalta

una larga línea axial con valores altos en los indicadores de integración lo que se traduce en mayor conectividad con otras líneas, así se puede ver en los mapas 3 y 4.

Con este indicador de Integración se pueden identificar también las centralidades claramente marcadas en todos los mapas. Calle 5, Autopista Sur, Av. Simón Bolívar, Av. Ciudad de Cali, Calle 25 ilustran la estructura del eje sur norte que rige el sistema vial en el entorno urbano de la ciudad de Cali. Del mismo modo se pueden identificar la falta de integración en zonas vitales de la ciudad como el Sur, donde el nivel de integración bajo contrasta con la necesidad de solucionar los altos niveles de congestión en esa área.

El tercer atributo utilizado para este ejercicio tiene que ver con la Conectividad, que para efectos de interpretación del Space Syntax hace referencia a la sumatoria de los segmentos que se unen en un solo nodo, es decir, la suma de calles que se unen en una intersección. Por consiguiente las calles con muchas conexiones tienen un alto valor de conectividad, si detallamos las imágenes 5 y 6 podemos observar que se destacan la avenida Pasoancho, la avenida Simón Bolívar, y en menor medida calles que confluyen al centro de la ciudad. Se vuelve a destacar la autopista y se evidencia como disminuye la conectividad en la carrera 85 y en los barrios recién consolidados como Valle de Lili, Calicanto y Caney en el sur de la ciudad, los resultados en los mapas confirman la dificultad de conexión en las zonas periféricas de la ciudad y en la zona de expansión urbana.

El cuarto atributo (NAIN) que representa a la integración axial con la información normalizada es de lejos el mapa que describe con mayor precisión el entorno vial de la ciudad de Cali, la imagen deja ver la importancia de la autopista sur-oriental y la integración que forma con la calle 25 y en algún tramo con la avenida Simón Bolívar. Este resultado evidencia también la importancia de conectar avenidas que tienen potencial para integrar la red de manera más adecuada, revela además la necesidad de acabar de conectar la avenida de los cerros al Occidente y la Avenida Ciudad de Cali en el Sur-Oriente donde se evidencia una baja integración de las vías y que corresponde con la realidad.

Por lo mencionado anteriormente y con miras a responder el objetivo se puede afirmar que el análisis del sistema vial por medio de la extensión SST brinda un panorama real tanto de la estructura vial de la ciudad, como de la Conectividad e Integración de las vías, de igual manera los resultados obtenidos permiten abrir la discusión sobre la incidencia que tiene esta configuración espacial con el funcionamiento de la vida social: Si analizamos la mayoría de los mapas evidencian una gran integración y conectividad de las vías en un eje central orientado de norte a sur coincidiendo con la estructura por donde se mueve el transporte formal de Cali, contrario a esto, las periferias de la ciudad como la salida al mar y el distrito de Aguablanca cuentan con indicadores más bajos de integración y conectividad que coinciden con las zonas donde históricamente se ha documentado déficit en el servicio de transporte público formal y se concentra el transporte público informal.

Los resultados obtenidos permiten identificar el potencial del alcance que tiene la aplicación ejecutada con software libre, presenta un sinnúmero de oportunidades para identificar problemáticas desde la evaluación cuantitativa y sobre todo permite visualizar soluciones para la conectividad de los espacios, en el caso de Cali podemos observar varias zonas en la ciudad en las que se podrían proponer planes parciales para la integración y conectividad de las vías, como en la zona del distrito y la zona de expansión urbana. Se evidencia la necesidad de conectar la Av. Cañasgordas con el sur de la ciudad y de la conexión de la av. Ciudad de Cali con Jamundí, esto contribuiría a la descongestión y a la mayor integración del sistema vial.

Este análisis permite además, poder determinar cómo hay áreas en la ciudad de Cali, donde la red vial se encuentra con alto grado de conectividad e integración y no se aprovecha de manera adecuada, son zonas de potencial desarrollo económico y urbanístico como toda la calle 25 desde el terminal hasta la autopista sur, una zona que además puede ser un corredor de espacio público bien conectado, que de ser bien adecuado de infraestructura ayudaría a mejorar la seguridad y la calidad de vida en un área de la ciudad que lo necesita.

Una de las principales fortalezas de este trabajo se trata de la disponibilidad de la información y la aplicación con software de uso libre. La facilidad de obtener los datos de cualquier ciudad donde esté presente OSM resultó una gran ventaja para poder realizar el ejercicio, los datos se obtuvieron de la plataforma de datos espaciales IDESC de Cali, y la información vial se obtuvo a través de Open Street Maps de forma gratuita y procesada con el software Qgis y DepthMap 0.35 disponibles para uso libre. Sin embargo, una de las dificultades que pueden derivar de la obtención de datos abiertos es que generalmente estos traen demasiada información inútil para nuestro objetivo, por lo que se hace necesario depurar detalladamente si se quiere tener un resultado verídico.

Otra dificultad radica de la naturaleza del análisis del Space Syntax que se basa en los patrones de comportamiento de movilidad de la gente, es decir, en la tendencia de economizar en la actividad de desplazamiento que se considera en los estudios de observación. Esta tendencia si se asocia a la estructura de la geometría o la morfología urbana sería perfectamente analizable en un contexto urbano de una retícula perfecta, sin embargo, una de las características principales de las ciudades latinoamericanas es la irregularidad en la ocupación del suelo y por consiguiente en la distribución desordenada de la estructura vial, situación que puede distorsionar los resultados.

## **Conclusiones**

El objetivo de este ejercicio estuvo enfocado en evaluar por medio de la extensión Space Syntax Toolkit el Subsistema de vías urbano de la ciudad de Cali, específicamente determinar si la estructura, integración y conectividad de las vías tienen incidencia con la dinámica de la vida social. Al respecto se pudo identificar que la estructura vial del Subsistema urbano favorece la movilidad en sentido norte-sur, este eje lo lidera la conexión que representa la autopista Sur-Oriental, la Avenida Simón Bolívar y en menor medida la calle Quinta que conectan el norte con el sur de la ciudad.

Esta configuración vial condiciona la conectividad en otros sectores de la ciudad que según los resultados tienen valores más bajos de Integración y por consiguiente de accesibilidad, zonas como el Oeste de Cali y la mayoría del Oriente presentan un sistema vial menos integrado respecto al eje central de la ciudad, si además analizamos que en las áreas donde el sistema se encuentra con menos conectividad son también las áreas donde se concentra la mayoría de la población y donde el déficit del transporte público es constante, se puede afirmar que si tiene incidencia con la dinámica de la vida social de manera positiva o negativa según la distancia a la que el usuario viva de las vías con mayor o menor nivel de Integración y Conectividad.

Aunque ya se mencionaron las dificultades que puede presentar el manejo del software para este análisis que tienen que ver con la naturaleza de la teoría de la Sintaxis Espacial y la adecuada obtención y preparación de los datos, se resalta el potencial que puede tener el análisis de las vías a partir de la aplicación de esta técnica. A pesar de que solo se usaron cuatro indicadores los resultados incluyen otros indicadores que se recomienda explorar en otros tipos de análisis como

los presentados por Xing (2022) y por Tannous (2021). Estos indicadores adicionales pueden ser comparados o mezclados con otro tipo de datos para generar nueva información, un ejemplo claro es la inclusión de datos de tráfico en tiempo real a la estructura vial, con el cruce de estos datos se podría determinar la necesidad de cambiar de sentido a alguna calle o en su defecto construir otras con miras a mejorar la Conectividad e Integración, todo un abanico de posibilidades ofrece esta poderosa herramienta para aportar a la construcción de programas o políticas públicas que contribuyan a mejorar la movilidad urbana en el lugar donde se haga el estudio.

La comprensión de la configuración de la red urbana constituye un factor determinante en la administración del uso del suelo dentro de una ciudad. Esta red, compuesta por calles, avenidas y carreteras que interconectan los distintos barrios y zonas urbanas, juega un papel crucial en la organización y aprovechamiento de los espacios urbanos. El diseño y la organización de la red urbana influyen directamente en la accesibilidad, conectividad y flujo de personas en diferentes áreas de la ciudad. Una red urbana bien articulada y accesible puede estimular el desarrollo de zonas comerciales y de ocio, facilitando el acceso tanto a residentes como a visitantes. Por otro lado, una red urbana fragmentada o deficientemente conectada puede restringir el acceso a determinadas áreas, limitando su uso y desarrollo, y propiciando la formación de guetos.

En consecuencia, la comprensión, configuración y administración de la red urbana es un elemento fundamental en la planificación del uso del suelo urbano, es indispensable para el diseño de una ciudad que promueva un desarrollo sostenible y equilibrado, considerando tanto las necesidades y demandas de la población como las particularidades propias del entorno urbano.

El uso de Space Syntax también facilita la evaluación de la accesibilidad a servicios esenciales dentro de la ciudad. Los usuarios de la herramienta pueden utilizarla para analizar la distancia y el tiempo de desplazamiento requeridos para acceder a servicios como hospitales, escuelas, parques y centros comerciales. Con estos datos, se pueden identificar áreas con deficiencias en la accesibilidad y realizar mejoras en la planificación urbana para garantizar que todos los ciudadanos tengan acceso equitativo a estos servicios.

A través del análisis de la configuración espacial de la ciudad, se pueden identificar las áreas donde existen barreras que dificultan el desplazamiento fluido de peatones y ciclistas. Esta información permite a los planificadores diseñar intervenciones que eliminen o mitiguen estos obstáculos, tales como la creación de pasos peatonales seguros, la instalación de carriles bici y la optimización de las rutas de transporte público.

El enfoque de Space Syntax facilita la evaluación de la interrelación entre los diversos componentes del entorno urbano, como los edificios, las calles y los espacios públicos. Esto ofrece la oportunidad de identificar mejoras en el diseño y la disposición de estos elementos, promoviendo así una mayor interconexión y accesibilidad a través de rutas y espacios bien planificados.

Asimismo, la conectividad urbana se fortalece mediante el análisis de los patrones de movimiento dentro de la ciudad. Utilizando Space Syntax, es posible identificar las rutas más transitadas y los puntos de interacción clave, lo que permite tomar decisiones informadas sobre la ubicación de servicios y equipamientos públicos. Al ubicar estratégicamente estos elementos a lo largo de las rutas más frecuentadas, se promueve una mayor conectividad y se reducen las distancias de desplazamiento para los residentes.

## Referencias literarias

- Arnáiz, M., Ruiz-Apilánez, B., & de Ureña, J. M.** (2013). El análisis de la traza mediante Space Syntax. Evolución de la accesibilidad configuracional de las ciudades históricas de Toledo y Alcalá de Henares. *ZARCH*, (1), 128–141.  
[https://doi.org/10.26754/ojs\\_zarch/zarch.201319364](https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.201319364)
- Concejo de Cali.** (2014) Acuerdo 0373 de 2014 Plan de Ordenamiento Territorial
- Cuervo, L. Villamizar, C. Osorio, L. et al.** (2024) Dynamic measurements of geographical accessibility considering traffic congestion using open data: a cross-sectional assessment for haemodialysis services in Cali, Colombia. *The Lancet Regional*. 34.  
<https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100752>
- Gil, J.** (2015) Space Syntax Toolkit for QGIS Version 0.1.0 User Guide. University College London
- ONU.** (2023) Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición especial
- Henaó, J. M. M.** (2023). Comparison of the Spatial Patterns of Residential Segregation and its Relationship with Daily Mobility in the Main Urban Agglomerations of Colombia: Bogotá, Medellín and Cali. *Territorios*, 48, 1–37.  
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.12256>
- Hillier, B.** (2007) Space is the Machine. Space Syntax. ISBN 978-0-9556224-0-3
- Moreno, C.** (2024) La “Ciudad de 15 Minutos”: rediseñar la vida urbana con la proximidad de servicios. Barcelona Societat. *Journal on Social Knowledge and Analysis* , 2024, 30.
- Mirón, B.** (2016) Pontevedra : la movilidad eco-friendly en intramuros.  
<http://hdl.handle.net/10400.26/17962>
- Tannous, H. Major, M. Furlan, R.** (2021) Accessibility of green spaces in a metropolitan network using space Syntax to objectively evaluate the spatial locations of parks and promenades in Doha, State of Qatar. *Urban Forestry & Urban Greening*. 58.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126892>
- Vergara, R.** (2020) Congestión urbana en Santiago de Cali, un estudio de caso de política pública. *Revista Territorios*, 42, 1-29.  
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.7239>
- Yamu, C. Van Nes, A. Garau, C.** (2021) Bill Hillier's Legacy: Space Syntax—A Synopsis of Basic Concepts, Measures, and Empirical Application. *Sustainability*, 13(6), Article 3394.  
<https://doi.org/10.3390/su13063394>
- Xing, Z. Guo, W.** (2022) A New Urban Space Analysis Method Based on Space Syntax and Geographic Information System Using Multisource Data. *International Journal of Geo-Information*. 11. 297. <https://doi.org/10.3390/ijgi11050297>