

Indicadores de dinámica urbana para la identificación de áreas susceptibles de actualización en el MGN y su aprovechamiento como estadísticas experimentales

GIT Investigación y Desarrollo
Dirección de Geoestadística

Noviembre 2024



Indicadores de dinámica urbana



A nivel de cabecera municipal:

- Densidad del suelo urbano (2015 y 2020)
- Índice de expansión del paisaje (2015 y 2020)

Intraurbanos

- Índice de expansión del paisaje intraurbano (2015 y 2020)
- Desbalanceo del crecimiento poblacional y urbano (PUGI) (2015 y 2020) (Sección urbana)
- Análisis de autocorrelación espacial (LISA) a partir de operaciones estadísticas del DANE (Sección urbana)
 - Novedades cartográficas (2021) – Visualización y actualización
 - Licencias de construcción (2020) 50 cabeceras de las 63 priorizadas, teniendo en cuenta el número de registros georreferenciados - Visualización y actualización
 - Censo de Edificaciones (2020) 51 de las 63 cabeceras municipales priorizadas – Visualización y actualización

Conceptos básicos

Área de Influencia (*Buffer*) : Zonas con distancias especificadas alrededor de una característica geográfica objetivo (Liu et al., 2010)

Autocorrelación espacial: Mide el grado de asociación que una variable desarrolla a través de un espacio definido como marco geográfico, derivado de la conocida primera ley de la geografía, que establece que "todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las lejanas"⁵ (Tobler 1970, 236).

Parche Urbano (*Urban Patches*): Denota un fragmento de área urbana (Jaeger et al., 2010).

Patrones de paisaje (*Landscape Pattern*): se define como la disposición espacial de varios elementos del paisaje en diferentes tamaños y formas (Liu et al., 2010).

Suelo Urbano: "En términos físicos se refiere a un complejo de superficies impermeables y vegetación urbana. Las superficies impermeables, incluyen el pavimento, los techos y el suelo compactado, que están estrechamente asociadas con un entorno edificado, dominan un área urbana. Cuando se utilizan imágenes de teledetección, el suelo urbano se define mejor por una superficie impermeable" (Jiao, 2015).

Tasa de crecimiento poblacional (rcp): Cambio de la población residente en una zona de interés en un período específico, expresado en porcentaje de la población total.

Tasa de consumo del suelo (rcr): Cambio en el consumo del suelo a usos urbanos en una zona de interés en un período específico, expresado en porcentaje del área total.



Densidad del suelo urbano



Indicador de Densidad del Suelo Urbano

Objetivo

Caracterizar la dinámica de la expansión urbana a partir del centro de la ciudad

Fuentes

- Consumo del suelo urbano ODS 11.3.1 (2015-2020)
- Cuerpos de agua de Open Street Map

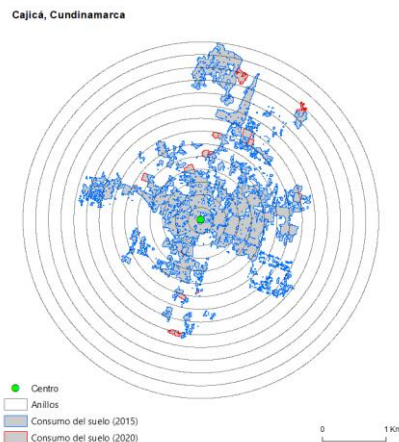
Zona de estudio

- 63 Cabeceras municipales.

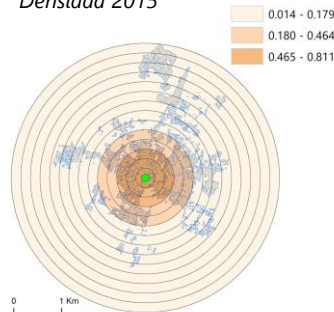
Alcance

- Caracterización del crecimiento urbano en términos de densidad del suelo de las ciudades objeto de estudio.

Resumen de la metodología



Densidad 2015

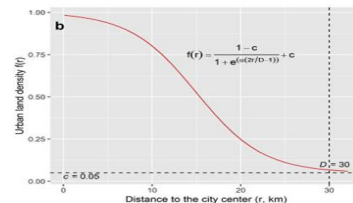


Densidad del suelo urbano

$$Dens = \frac{S_{urban\ land}}{S - S_{water}}$$

Función de densidad del suelo urbano

$$f(r) = \frac{1 - c}{1 + e^{\alpha(2r/D - 1)}} + C$$



Método de mínimos cuadrados no lineales

Identificación del centro de la ciudad

Construcción de anillos concéntricos (200 m)

Cálculo de la densidad del suelo urbano por cada anillo y época

Ajuste de la función de densidad de suelo urbano

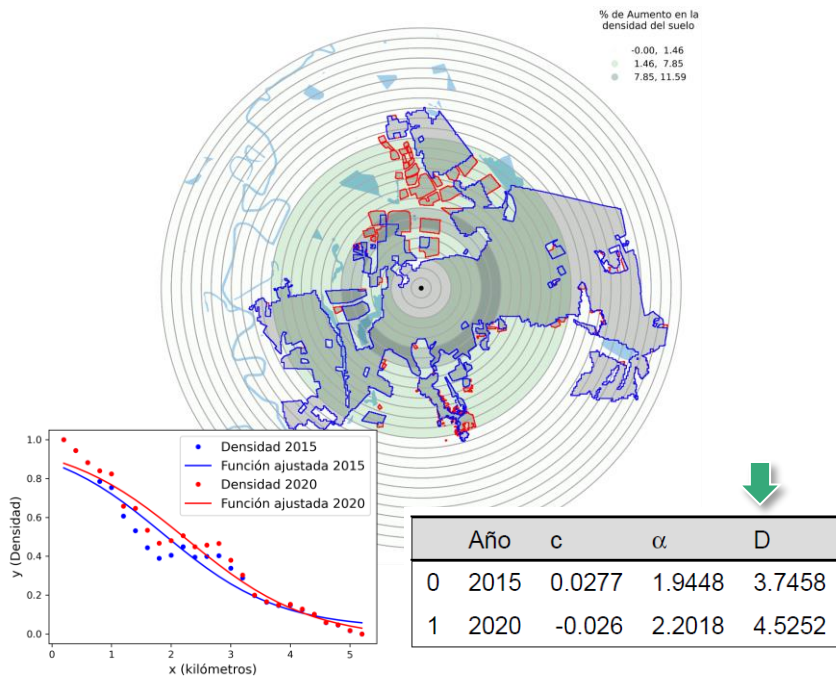
$S_{urban\ land}$ = Área del suelo urbano

S = Área total del suelo

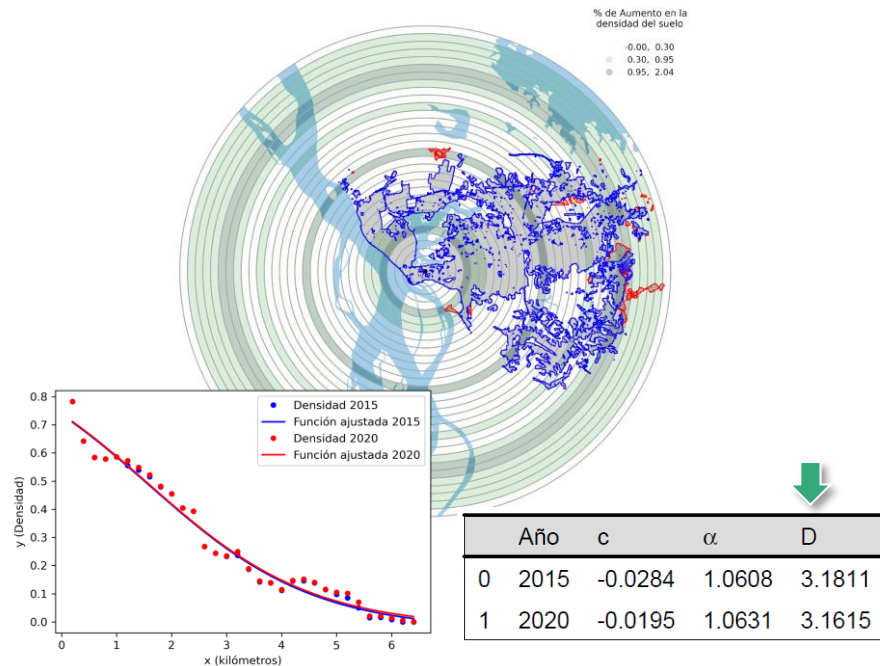
S_{water} = Área de cuerpos de agua

Indicador de Densidad del Suelo Urbano

Ciudad con mayor crecimiento respecto a su centro - Soacha

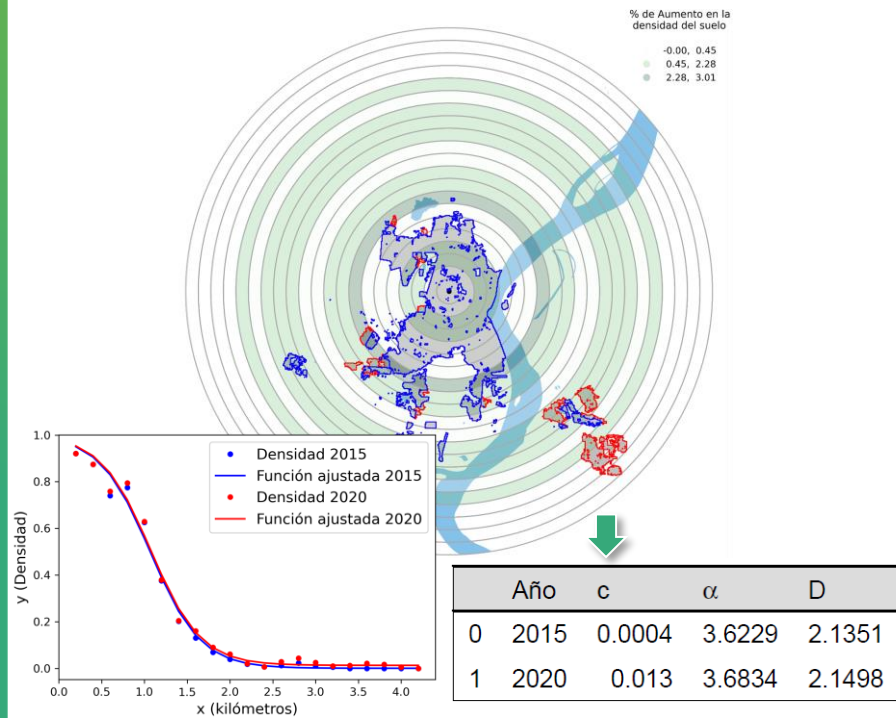


Ciudad con menor crecimiento respecto a su centro - Barrancabermeja

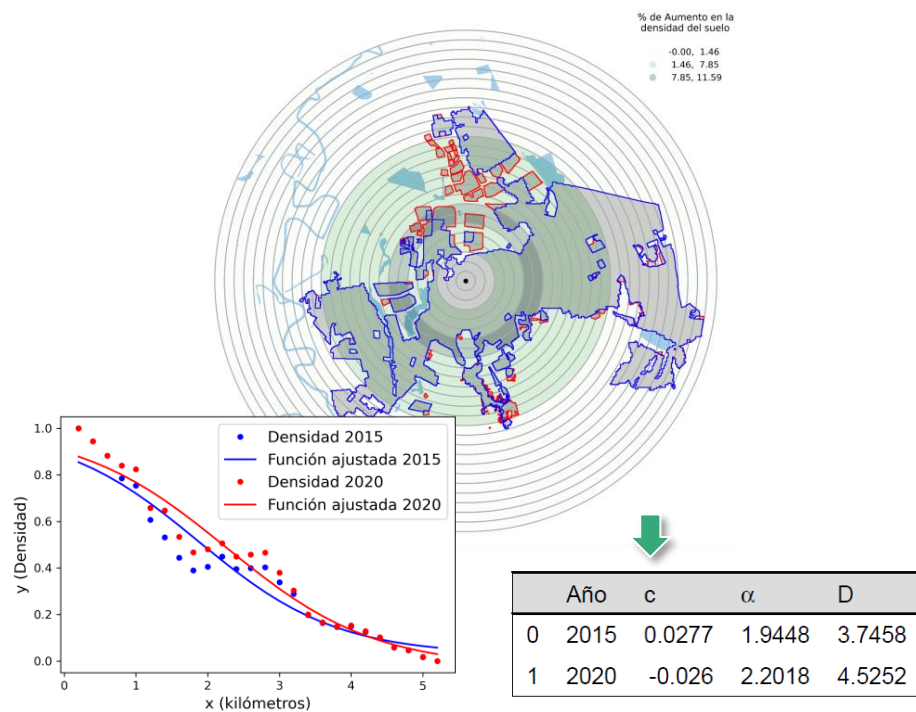


Indicador de Densidad del Suelo Urbano

Ciudad con mayor crecimiento periférico - Caucasia

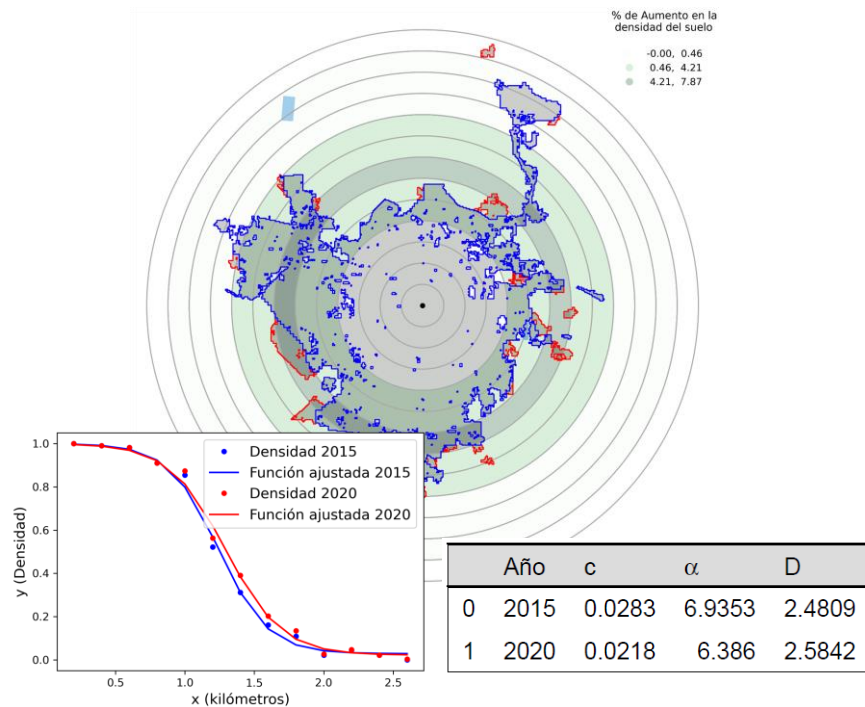


Ciudad con menor crecimiento periférico - Soacha

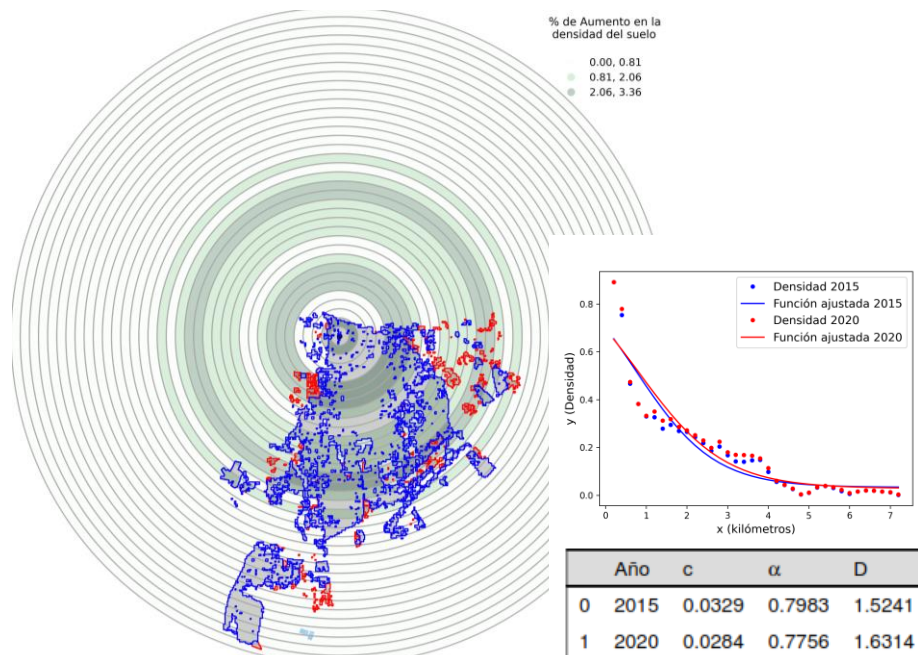


Indicador de Densidad del Suelo Urbano

Ciudad más compacta - Sabanalarga



Ciudad más dispersa - Yopal



Resultados relevantes

Ciudades con mayor crecimiento respecto a su centro

CABECERA MUNICIPAL	D 2015	D 2020	Dif D
SOACHA	3.7458	4.5252	0.7794
MADRID	1.8815	2.417	0.5355
MALAMBO	1.9514	2.3142	0.3628
SOLEDAD	5.4818	5.8284	0.3466
CARTAGENA DE INDIAS	15.6602	15.9898	0.3296

Ciudades más compactas

CABECERA MUNICIPAL	α 2015	α 2020
SABANALARGA	6.9353	6.386
ENVIGADO	5.9294	5.7914
MAICAO	4.8477	4.9166
SINCELEJO	4.4706	4.5356
ITAGÜÍ	4.3431	4.1832

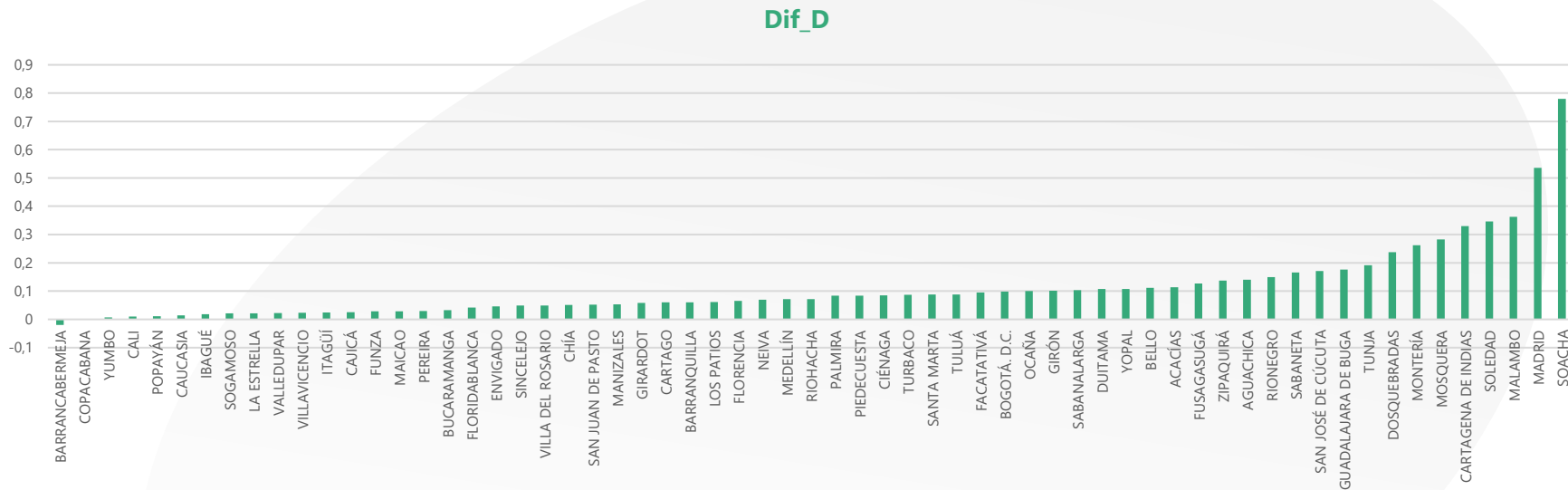
Ciudades con mayor crecimiento periférico

CABECERA MUNICIPAL	C 2015	C 2020	Dif C
CAUCASIA	0.0004	0.013	0.0126
BARRANCABERMEJA	-0.0284	-0.0195	0.0089
DUITAMA	0.0287	0.0376	0.0089
TURBACO	0.045	0.0513	0.0063
RIOHACHA	-0.1839	-0.1777	0.0062

Ciudades más dispersas

CABECERA MUNICIPAL	α 2015	α 2020
YOPAL	0.7983	0.7756
BARRANCABERMEJA	1.0608	1.0631
BOGOTÁ, D.C.	1.2498	1.2477
MALAMBO	1.2854	1.5502
VILLAVICENCIO	1.4648	1.4445

Crecimiento de ciudades respecto a su centro



Los resultados sugieren que las cinco (5) ciudades con mayor crecimiento urbano cercano al centro fueron las ciudades de **Soacha, Madrid, Malambo, Soledad y Cartagena**, mientras que las ciudades con menor crecimiento en el centro de la ciudad fueron las ciudades de **Barrancabermeja, Copacabana, Yumbo, Cali y Popayán**.

Indicador

Índice de expansión del
paisaje



Índice de expansión del paisaje

Objetivo

Identificar y caracterizar el tipo de crecimiento urbano entre dos o más periodos de tiempo.

Datos

- Consumo del suelo urbano ODS 11.3.1 (2015-2020)

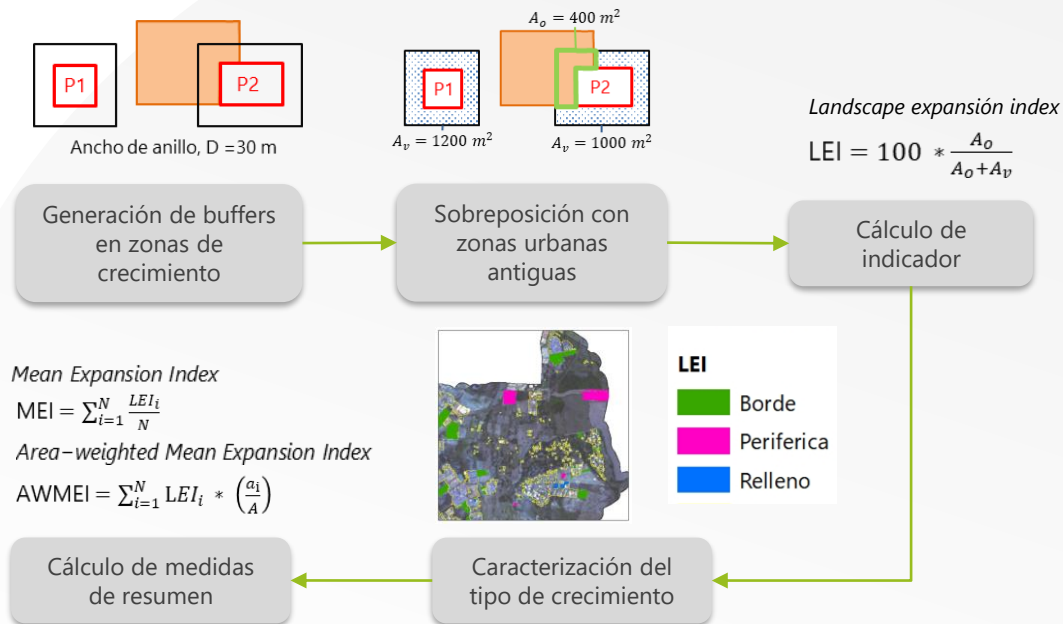
Zona de estudio

- 63 Cabeceras municipales

Alcance

- Listado de nuevas áreas identificadas y categorizadas según resultados del indicador

Resumen de la metodología



A_o = Intersección entre la zona de buffer y la categoría ocupada

A_v = Intersección entre la zona de buffer y la zona desocupada (vacante)

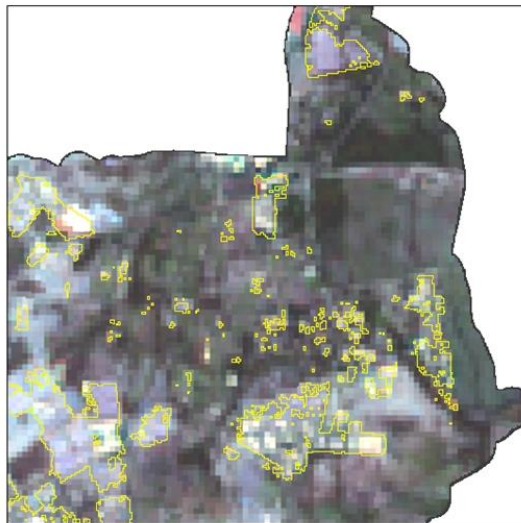
LEI_i = valor LEI de cada nuevo "parche"

N = Número total de nuevos "parches"

a_i = Área de cada nuevo "parche"

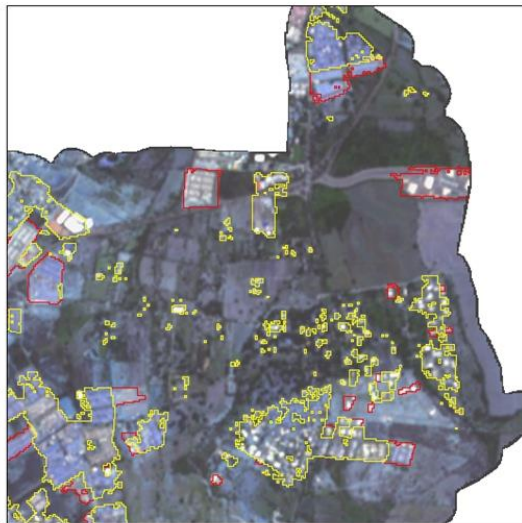
A = Área total de nuevos "parches"

Índice de expansión del paisaje



Consumo del suelo (2015)

Mosaico Landsat (2015)



Consumo del suelo (2015)

Consumo del suelo (2020)

Mosaico Sentinel 2 (2020)



LEI

Borde

Periferica

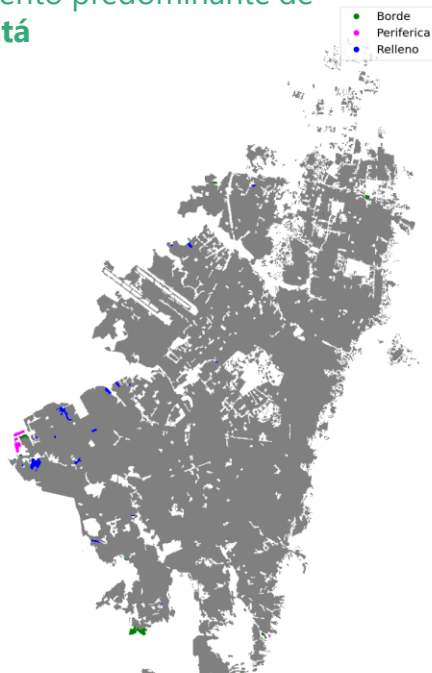
Relleno

Consumo del suelo (2015)

Índice de expansión del paisaje

Ciudad con crecimiento predominante de tipo relleno - **Bogotá**

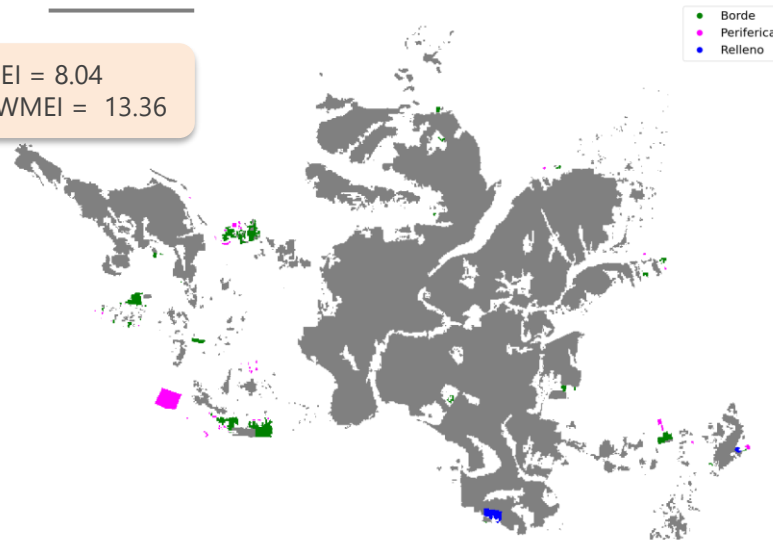
MEI = 59.16
AWMEI = 49.82



	Clasificación	n.º de parches	Área (ha)	% por n.º de parches	% por área
0	Borde	9	52.98	26.5	30.7
1	Periferica	3	29.07	8.8	16.8
2	Relleno	22	90.791	64.7	52.5

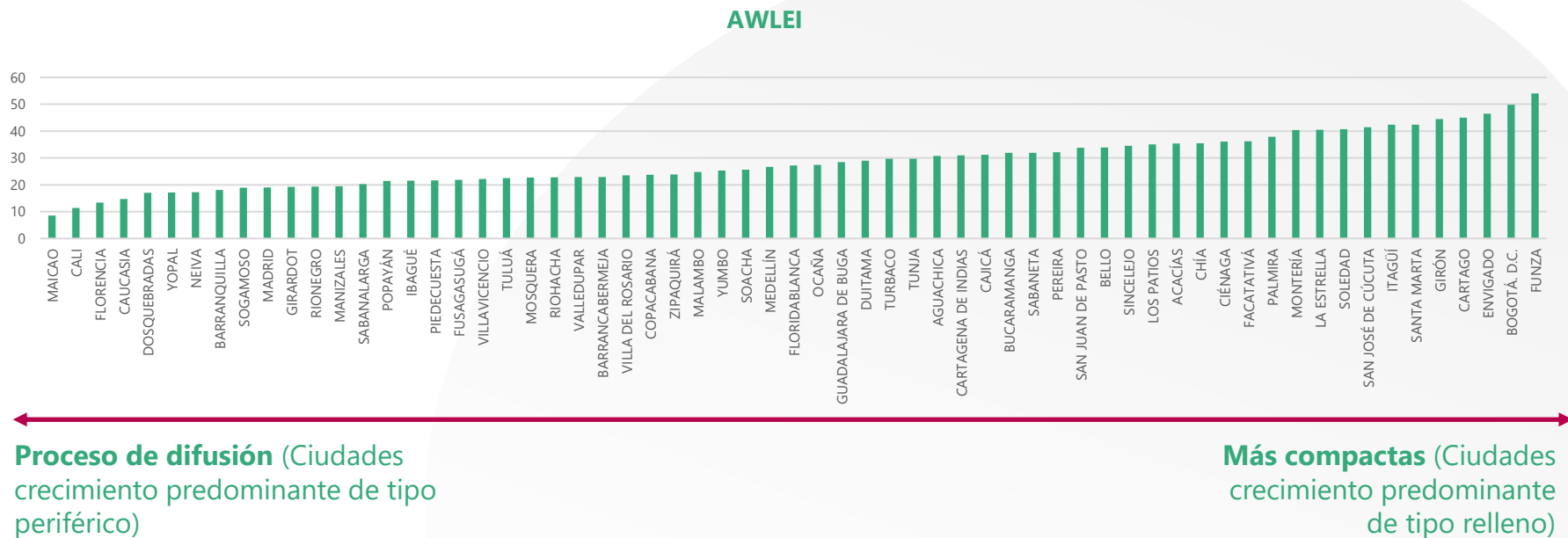
Ciudades crecimiento predominante de tipo periférico - **Florencia**

MEI = 8.04
AWMEI = 13.36



	Clasificación	n.º de parches	Área (ha)	% por n.º de parches	% por área
0	Borde	42	15.34	46.7	63.3
1	Periferica	46	6.71	51.1	27.7
2	Relleno	2	2.2	2.2	9.1

Resultados relevantes



Indicador

**Desbalanceo del crecimiento
poblacional y urbano (PUGI)**



Indicador de desbalance del crecimiento poblacional y urbano (PUGI)

Objetivo

Evaluar la dinámica multitemporal zonal teniendo en cuenta los cambios poblacionales y el crecimiento en área de las zonas residenciales.

Datos

- Datos poblacionales de WorldPop (100 m) y GHSL (75 m) (2015 y 2020)
- Consumo del suelo urbano ODS 11.3.1 (2015-2020)

Zona de estudio

- Cabeceras municipales priorizadas.

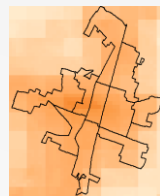
Alcance

- Categorización intraurbana de las secciones urbanas de las cabeceras municipales.

Resumen de la metodología



Sección Urbana
Consumo del suelo (2015)
Consumo del suelo (2020)



112.2	123.5	225.2
20.5	85	332.5
115.5	74.6	552.1
0	80.6	554.2

T1: 2040 habitantes

Clasificación supervisada de la zona urbana en dos épocas

Estimación de la población para cada una de las secciones urbanas

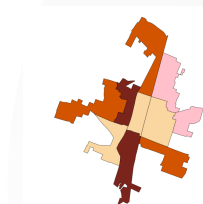
Tasa de crecimiento urbano

$$rcr = 100 * \frac{r_{t2} - r_{t1}}{r_{t1}}$$

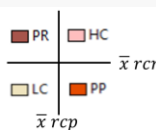
Tasa de crecimiento poblacional

$$rcp = 100 * \frac{p_{t2} - p_{t1}}{p_{t1}}$$

Cálculo de las tasas de crecimiento de población y urbana



Categoría	Significado
HC	Crecimiento residencial y poblacional
LC	Estabilidad residencial y poblacional
PP	Densificación
PR	Urbanización



Generar los mapas temáticos de cada ciudad

Clasificar la unidad administrativa en alguno de los cuatro cuadrantes

Cálculo del PUGI

$$PUGI = \frac{rcr - rcp}{\sqrt{2}}$$

r = Área urbana de un uso específico, preferiblemente residencial.

p = Número de habitantes que reside en la zona de interés.

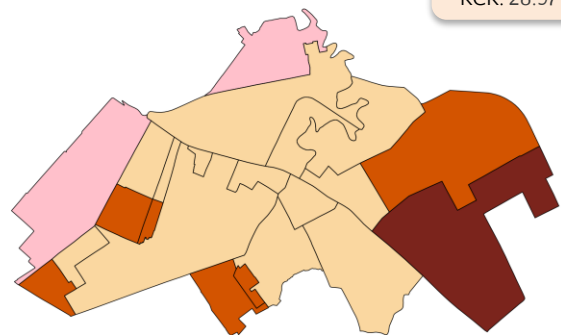
$t1$ = Tiempo 1

$t2$ = Tiempo 2

Indicador de desbalanceo del crecimiento poblacional y urbano (PUGI)

Valor alto indicador PUGI Madrid

HC
LC
PP
PR

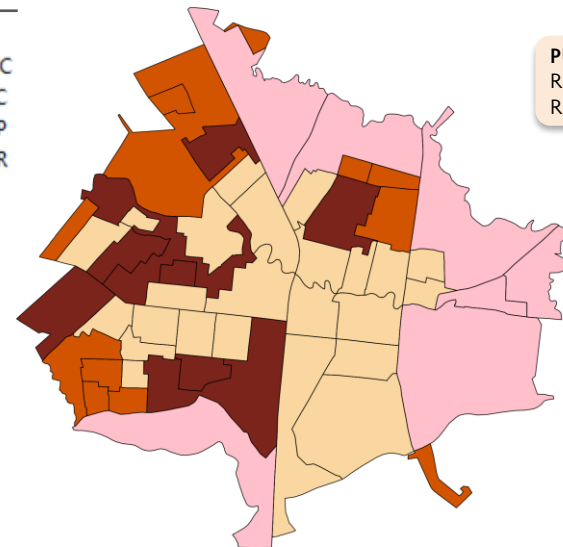


PUGI: 28,20
RCP: -10.91
RCR: 28.97

Categoría	n.º de secciones	% por n.º de secciones
0 HC	2	9.1
1 LC	13	59.1
2 PP	6	27.3
3 PR	1	4.5

Valor bajo indicador PUGI Acacías

HC
LC
PP
PR

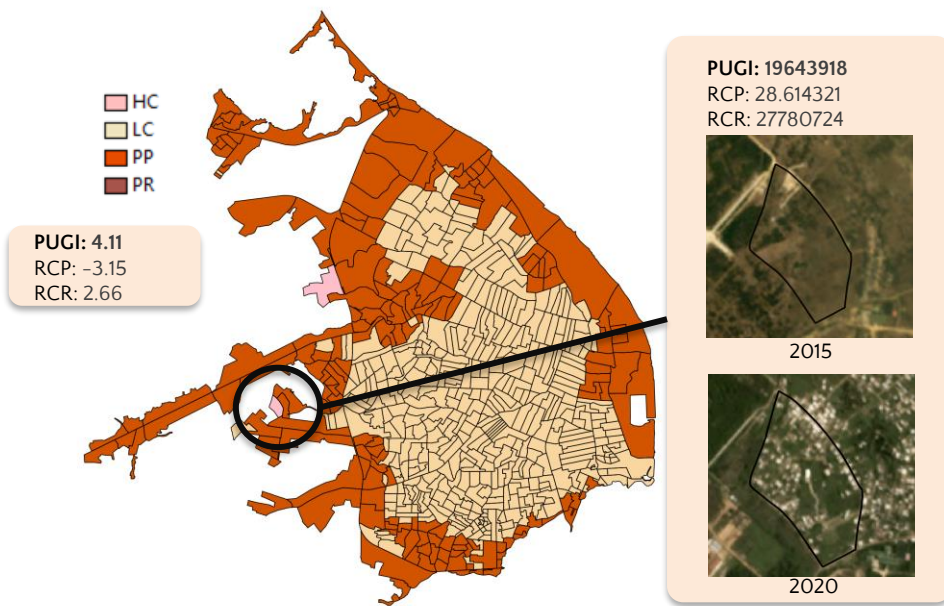


PUGI: -36.28
RCP: 59.75
RCR: 8.44

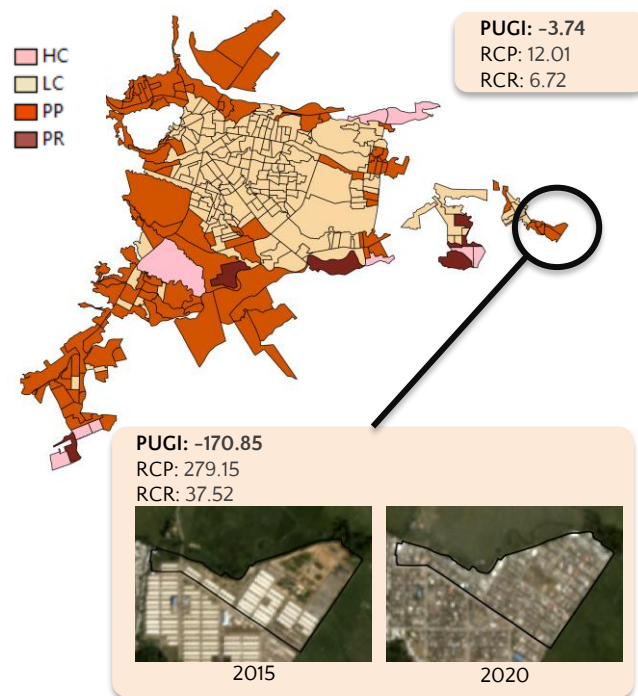
Categoría	n.º de secciones	% por n.º de secciones
0 HC	7	13.7
1 LC	24	47.1
2 PP	12	23.5
3 PR	8	15.7

Indicador de desbalanceo del crecimiento poblacional y urbano (PUGI)

Ciudad con mayor PUGI en una sección Urbana Barranquilla



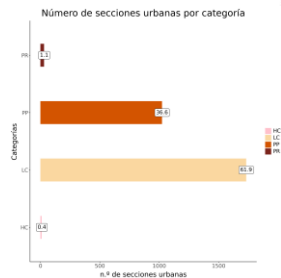
Ciudad con menor PUGI en una sección Urbana Villavicencio



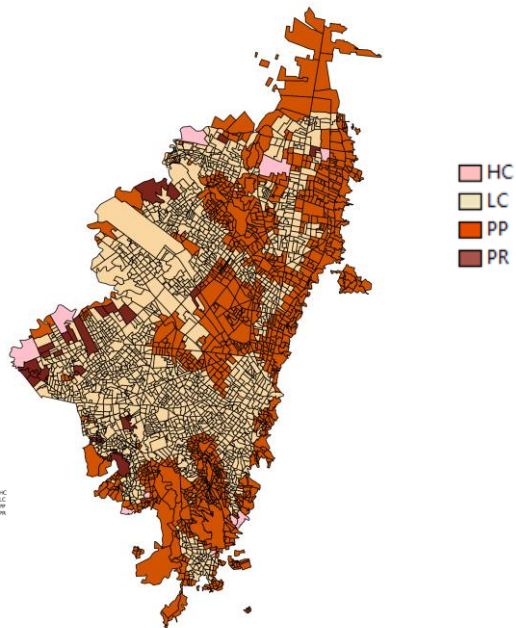
Indicador de desbalanceo del crecimiento poblacional y urbano (PUGI)

Valor indicador PUGI Bogotá

PUGI: -2.17
RCP: 3.59
RCR: 0.52

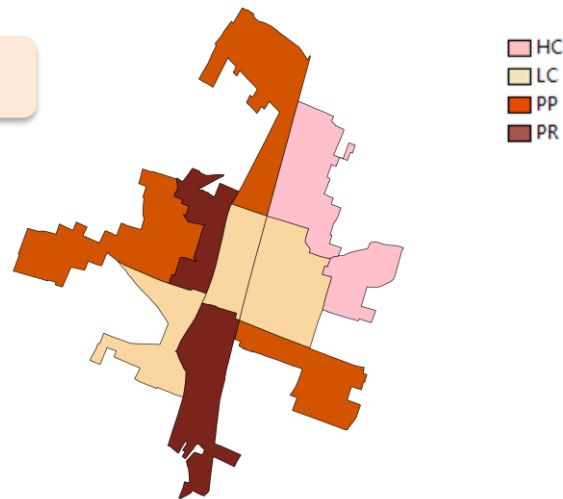


Categoría	n.º de secciones	% por n.º de secciones
0 HC	11	0.4
1 LC	1731	61.9
2 PP	1023	36.6
3 PR	31	1.1



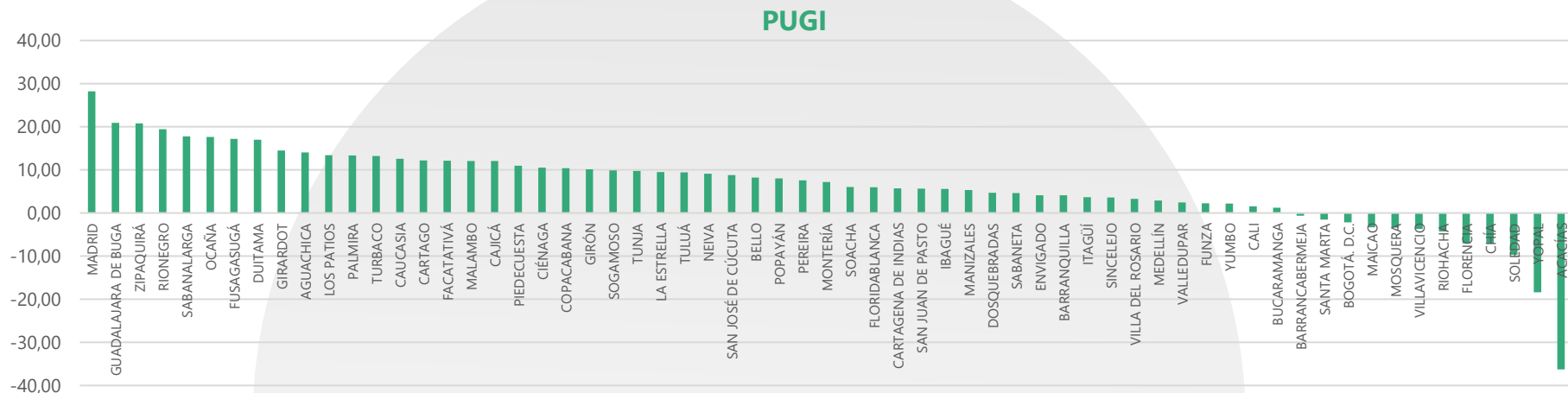
Valor indicador PUGI Cajicá

PUGI: 12.07
RCP: -12.39
RCR: 4.68



Categoría	n.º de secciones	% por n.º de secciones
0 HC	2	20.0
1 LC	3	30.0
2 PP	3	30.0
3 PR	2	20.0

Resultados relevantes



Ciudades con mayor valor indicador PUGI

CABECERA MUNICIPAL	RCR	RCP	PUGI
MADRID	28.97	-10.91	28.20
GUADALAJARA DE BUGA	9.83	-19.76	20.92
ZIPAQUIRÁ	19.65	-9.73	20.78
RIONEGRO	12.84	-14.60	19.40
SABANALARGA	7.04	-18.04	17.73

Ciudades con menor valor indicador PUGI

CABECERA MUNICIPAL	RCR	RCP	PUGI
ACACÍAS	8.44	59.75	-36.28
YOPAL	8.00	34.00	-18.38
SOLEDAD	6.31	20.03	-9.70
CHÍA	3.78	13.76	-7.06
FLORENCIA	2.48	12.45	-7.05

Indicador

Indicadores derivados del análisis de autocorrelación espacial (LISA) a partir de operaciones estadísticas del DANE (novedades cartográficas, licencias de construcción y Censo de Edificaciones)



Análisis de autocorrelación espacial a partir de operaciones DANE

Objetivo

Microfocalizar las agrupaciones y atípicos espaciales del conteo de cada variable a nivel de sección urbana.

Datos

- Novedades cartográficas a nivel de manzana censal, vigencias 2021
- Censo de edificaciones 2020
- Licencias de construcción 2020

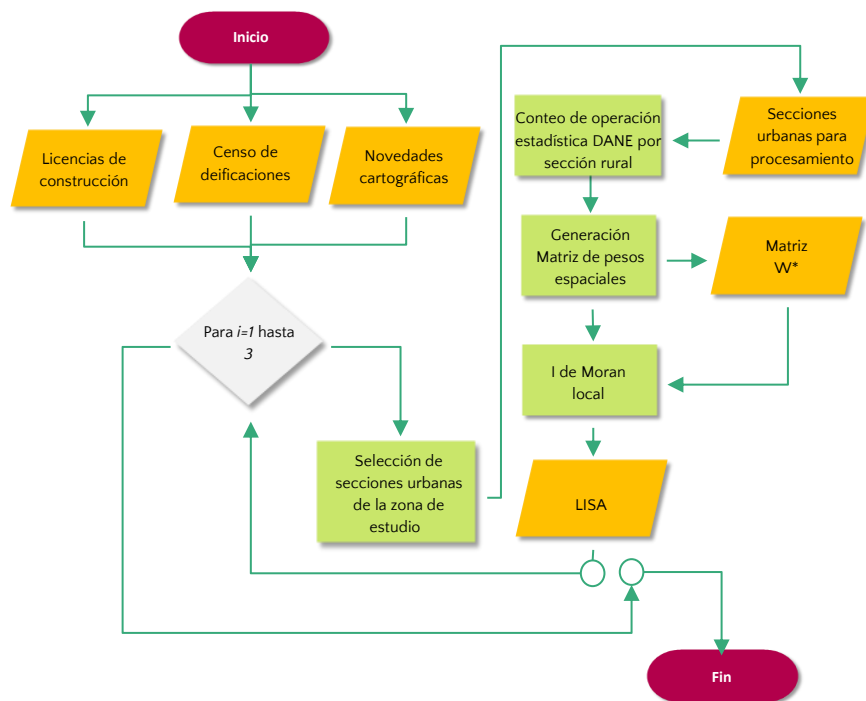
Zona de estudio

- Cabeceras municipales priorizadas

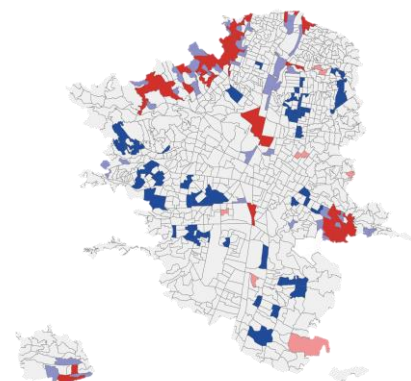
Alcance

- Categorización intraurbana de secciones de cabeceras municipales

Resumen de la Metodología



Resultados esperados



Clúster



Atípicos



Análisis de autocorrelación espacial a partir de operaciones DANE

Novedades cartográficas

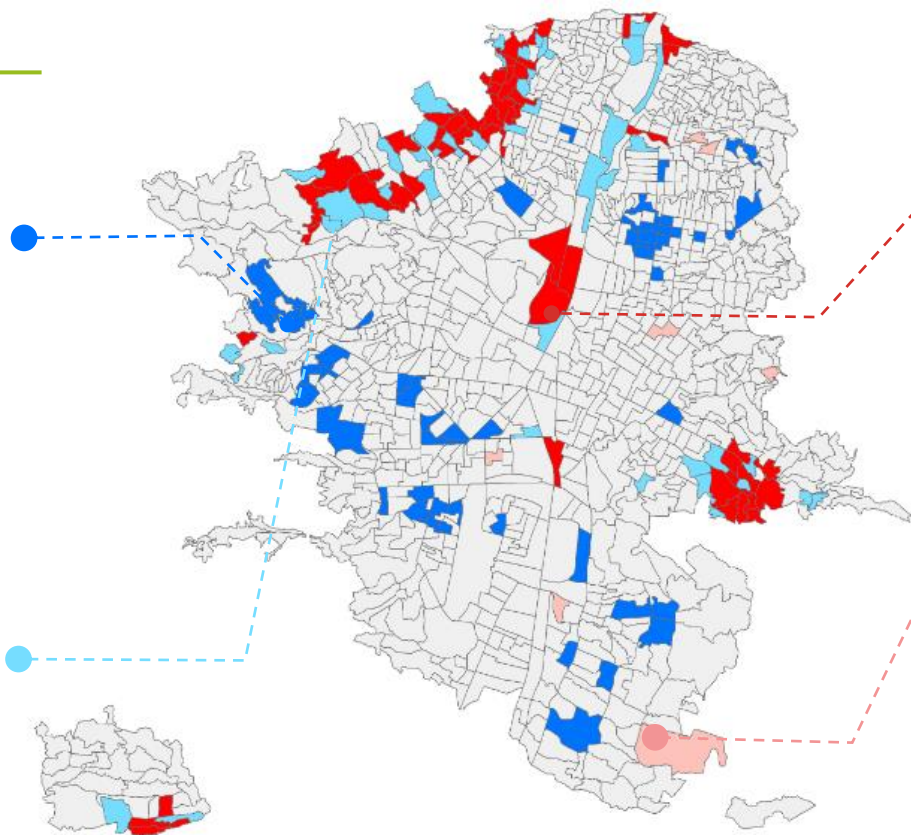
Año 2021

Agrupación Bajo – Bajo:

Concentraciones de secciones urbanas con bajo número de novedades cartográficas, rodeadas por valores bajos

Atípico Bajo - Alto:

Concentraciones de secciones urbanas con bajo número de novedades cartográficas, rodeadas por valores altos



Agrupación Alto-Alto:

Concentraciones de secciones urbanas con alto número de novedades cartográficas, rodeadas por otros valores altos

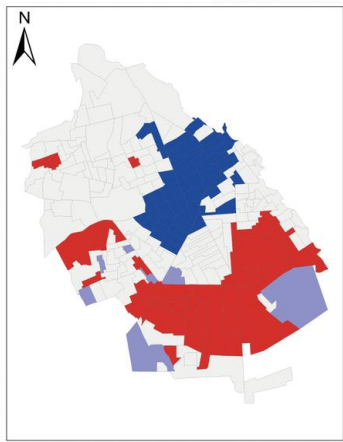
Atípico Alto-Bajo:

Concentraciones de secciones urbanas con alto número de novedades cartográficas, rodeadas por valores bajos

Análisis de autocorrelación espacial a partir de operaciones DANE

Novedades Cartográficas (2021)

20001 - Valledupar



Clúster

Atípicos

Alto-Alto

Alto-Bajo

Bajo-Bajo

Bajo-Alto

Total Secciones Urbanas: 232

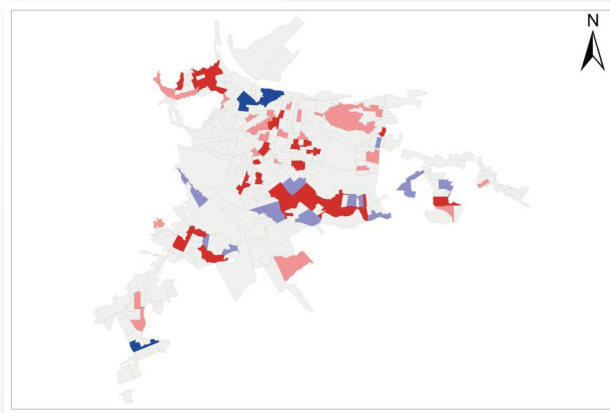
Porcentaje alta dinámica urbana en NC: 14.655%

Porcentaje alta dinámica urbana en ELIC: 7.328%

Porcentaje alta dinámica urbana en CEED: 6.466%

Licencias de Construcción (2020)

50001 - Villavicencio



Clúster

Atípicos

Alto-Alto

Alto-Bajo

Bajo-Bajo

Bajo-Alto

Total Secciones Urbanas: 308

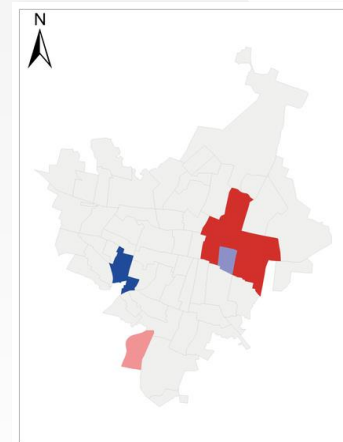
Porcentaje alta dinámica urbana en NC: 4.870%

Porcentaje alta dinámica urbana en ELIC: 20.455%

Porcentaje alta dinámica urbana en CEED: 3.247%

Censo de Edificaciones (2020)

08638 - Sabanalarga



Clúster

Atípicos

Alto-Alto

Alto-Bajo

Bajo-Bajo

Bajo-Alto

Total Secciones Urbanas: 59

Porcentaje alta dinámica urbana en NC: 5.085%

Porcentaje alta dinámica urbana en ELIC: 10.169%

Porcentaje alta dinámica urbana en CEED: 11.864%

Resultados relevantes

Novedades Cartográficas (2021)

Código	Nombre	(%)
20001	Valledupar	14,66%
05360	Itagüí	13,58%
52001	Pasto	13,38%
08433	Malambo	13,33%
25269	Facativá	11,36%
05361	Sabaneta	11,11%
15001	Tunja	11,01%
70001	Sincelejo	10,50%
76147	Cartago	10,47%
68276	Floridablanca	10,00%

Licencias de Construcción (2020)

Código	Nombre	(%)
50001	Villavicencio	20,46%
05380	La Estrella	18,18%
54405	Los Patios	11,32%
05360	Itagüí	11,11%
68547	Piedecuesta	10,71%
76892	Yumbo	10,29%
08638	Sabanalarga	10,17%
76001	Cali	10,03%
08758	Soledad	9,83%
19001	Popayán	9,58%

Censo de Edificaciones (2020)

Código	Nombre	(%)
08638	Sabanalarga	11,86%
50006	Acacías	11,77%
05361	Sabaneta	11,11%
15001	Tunja	9,17%
05380	La Estrella	9,09%
19001	Popayán	8,98%
76834	Tuluá	8,85%
47001	Santa Marta	8,31%
68307	Girón	8,22%
15759	Sogamoso	7,81%

Ficha técnicas

**Indicadores de dinámica
urbana**



Indicadores de dinámica urbana

Nombre	Objetivo	Línea de trabajo	Fórmula de cálculo propuesta	Características del indicador	Fuente de información				Referencia bibliográfica
					Nombre	Nivel geográfico	Tipo de variable	Variables	
Densidad del suelo Urbano	Cuantificar la forma urbana y la expansión urbana.	Categorización de cabeceras municipales (Caracterización espacial de la dinámica urbana)	1. Construcción de anillos concéntricos. 2. Cálculo de la densidad del área construida de cada anillo con:	Tipo de indicador: Numérico Escala de medición: Razón Unidad de medida: Adimensional Frecuencia: Anual	Clasificación multitemporal del área urbana con imágenes de satélite	Cabecera municipal	Variable Numérica continua (Razón)	Zonas de consumo de suelo ODS 11.3.1.	Jiao, L. (2015). Urban land density function: A new method to characterize urban expansion. Landscape and Urban Planning, 139, 26–39. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.017

Indicadores de dinámica urbana

Nombre	Objetivo	Línea de trabajo	Fórmula de cálculo propuesta	Características del indicador	Fuente de información				Referencia bibliográfica
					Nombre	Nivel geográfico	Tipo de variable	Variables	
Índice de expansión del paisaje (Landscape Expansion Index)	Identificar los tipos de expansión urbana y la forma en que evolucionan a lo largo del tiempo.	Categorización de cabeceras municipales (Caracterización de dinámicas de crecimiento urbano)	$LEI = 100 \times \frac{A_0}{A_0 + A_v}$ $MEI = \sum_{i=1}^N \frac{LEI_i}{N}$ $AWMEI = \sum_{i=1}^N LEI_i \times \left(\frac{a_i}{A}\right)$	Tipo de indicador: Numérico, Espacial Escala de medición: Razón Unidad de medida: Adimensional Frecuencia: Bi-anual (Tener en cuenta que la información ODS 11.3.1 esta disponible cada 5 años, pero si se requiere de forma anual se puede realizar)	Clasificación multitemporal del área urbana con imágenes de satélite	Cabecera municipal	Cuantitativa de razón (áreas de las zonas nuevas y antiguas)	Zonas de consumo de suelo ODS 11.3.1. 2018 y 2020. Se puede calcular para otras zonas y otros años.	Characterizing urban expansion dynamics. (Elsevier, Ed.) <i>Landscape and urban planning</i>, 30–39. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.023 Xiaoping, L., Xia, L., Yimin, C., Zhangzhi, T., Shaoying, L., & Bin, A. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. <i>Landscape Ecol</i>(25), 671–681. doi:10.1007/s10980-010-9454-5

- A_0 : intersección de la zona del buffer y el área existente
- A_v : intersección entre la zona del buffer y el área vacía (sin construcción).
- N : número de parches nuevos.

- a_i : área del nuevo parche
- A : área total de los nuevos parches.

Indicadores de dinámica urbana

Nombre	Objetivo	Categoría (expansión) Línea de trabajo	Fórmula de cálculo propuesta	Características del indicador	Fuente de información				Referencia bibliográfica
					Nombre	Nivel geográfico	Tipo de variable	Variables	
Desbalanceo del crecimiento poblacional y urbano (PUGI)	Evaluar la dinámica multitemporal zonal teniendo en cuenta los cambios poblacionales y el crecimiento en área de las zonas residenciales.	Categorización de cabeceras municipales (cambios poblacionales y de dinámica urbana)	1. Se calcula el cambio porcentual en población y el cambio en área en la zona urbana. 2. Cálculo del indicador PUGI. 3. Cálculo del valor promedio de cada una de las tasas por ciudad. 4. Categorización de la sección urbana. 5. Generación de mapas temáticos.	Tipo de indicador: Numérico Escala de medición: Razón Unidad de medida: Adimensional Frecuencia: Anual o Bianaual.	Fuentes de población como WorldPop y GHSL. Información de detección de consumo del suelo proveniente de clasificación de imágenes. Categorías de uso del suelo del MGN.	Sección urbana	Cuantitativa (conteo)	i) Capa geográfica de manzana censales según CNPV 2018. ii) Zonas de consumo de suelo 2018 y 2020. Se puede calcular para otras zonas. iii) Proyección o estimación de la población a nivel sector 2018 y 2020.	Salena, M., & Ruiz, L. Á. (2019). Analysis of land use/land cover spatio-temporal metrics and population dynamics for urban growth characterization. Computers, environment and urban systems, 73, 27-39.

Indicadores de dinámica urbana

Nombre	Objetivo	Línea de trabajo	Fórmula de cálculo propuesta	Características del indicador	Fuente de información				Referencia bibliográfica
					Nombre	Nivel geográfico	Tipo de variable	Variables	
Análisis de autocorrelación espacial (LISA) a partir de investigaciones DANE	Microfocalización espacial de agrupaciones y atípicos espaciales del conteo de novedades cartográficas, censo de edificaciones y licencias de construcción, a nivel intraurbano	Categorización de cabeceras municipales	$I_i = \frac{z_i}{\sum_i z_i^2 / N} \sum_{j \in I_i} w_{ij} z_j$ <i>I_i</i>: valor del índice local de Moran <i>Z_i</i>: valor de la variable de interés en el punto/polígono <i>i</i> <i>Z_j</i>: valor de la variable de interés en el punto/polígono <i>j</i> <i>N</i>: número de datos <i>W_{ij}</i>: matriz de pesos espaciales	Tipo de indicador: Numérico Escala de medición: Razón Unidad de medida: Adimensional Frecuencia: Anual	Novedades Cartográficas (DIG-DANE) ELIC (DIMPE-DANE) CEED (DIMPE-DANE)	Manzana censal Obra (punto) Obra (punto)	Cuantitativa	Conteo de manzanas censales con reporte de novedad cartográfica, agrupado por secciones urbanas Conteo de puntos del censo de edificaciones agrupado por secciones urbanas Conteo de puntos de licencias de construcción, agrupadas por sección urbana.	DANE. (2020). Instructivo formato registro de novedades cartográficas. DANE-DIMPE(2020). Metodología general censo de edificaciones- CEED. DANE-DIMPE(2017). Metodología general estadísticas de edificación licencias de construcción – ELIC. Moreno Serrano, R., & Vayá, E. (2002). Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas. <i>Journal of Regional Research</i> . Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. <i>Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía</i> , 1-22.

Gracias

GIT Investigación y Desarrollo
Dirección de Geoestadística

Noviembre 2024

