

**DINÁMICA EN LAS COBERTURAS Y USO DE LA TIERRA EN EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA DEL
BORDE SUR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, DC. LOCALIDAD DE USME - UPZ 61**



AUTOR

JUAN CARLOS MEDINA AVELLANEDA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA EN GEOMÁTICA

Director:

FRANCISCO JAVIER BRICEÑO ZULUAGA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA

BOGOTÁ, 23 ENERO 2021

DINÁMICA EN LAS COBERTURAS Y USO DE LA TIERRA EN EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA DEL BORDE SUR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, DC. LOCALIDAD DE USME - UPZ 61

Juan Carlos Medina Avellaneda
u3101501@unimilitar.edu.co
Universidad Militar Nueva Granada

Resumen

La expansión urbana sobre los alrededores de la ciudad de Bogotá ha ido en incremento en las últimas décadas, generando problemas sociales como ambientales. Esto ha ocasionado cambios en las coberturas y usos del suelo en zonas de borde, especialmente en el sur de la ciudad de Bogotá. Se propuso considerar esta dinámica de transformaciones a través del análisis multitemporal y métricas espaciales aplicadas a las zonas urbanas durante los periodos de 1998, 2007 y 2017. Basado en la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas se logró diferentes índices de ocupación del territorio por uso de la tierra, conseguidos a partir de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. La dinámica de cambios demostró una principal transformación de rural a urbano, convirtiendo las actividades económicas y sociales tradicionales de los habitantes de la zona, acelerando procesos de conurbación y expansión. Evidenciando un crecimiento en el tejido urbano y en la red vial, además la influencia del hallazgo arqueológico denominado “La necrópolis de Usme” pausando proyectos de urbanismo como el planeado por el distrito capital.

Abstract

The urban expansion on the outskirts of the city of Bogotá has been increasing in the last decades, generating social as well as environmental problems. This has caused changes in land cover and land use in border areas, especially in the south of Bogotá. It was proposed to consider this dynamic of transformations through multi-temporal analysis and spatial metrics applied to urban areas during the

periods of 1998, 2007 and 2017. Based on the interpretation of satellite images and aerial photographs, different indices of land occupation by land use were achieved. These were obtained from the CORINE Land Cover methodology adapted for Colombia. The dynamics of change demonstrated a major transformation from rural to urban, converting the traditional economic and social activities of the inhabitants of the area, accelerating processes of conurbation and expansion. Evidencing a growth in the urban fabric and in the road network, in addition the influence of the archaeological find called "La necrópolis de Usme" pausing urban projects like the one planned by the capital district.

Índice de Términos: Expansión urbana, cambios uso del suelo, Cobertura de la tierra CORINE Land Cover.

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades albergan al 54% de la población del mundo y se pronostica de acuerdo con las Naciones Unidas para el 2030 que aumente al 59% (Losco & de Biase, 2021).

Este aumento en la población urbana genera presión en los límites de las ciudades, propiciando la expansión del tejido urbano. Por lo general este aumento de área construida es no planificada lo que configura una ciudad fragmentada, donde las características de urbanidad-ruralidad se fusionan generando un territorio urbano/antropizado (Losco & de Biase, 2021).

En este escenario, la expansión urbana en los países en desarrollo específicamente América del Sur tiene casi el 84% de su población viviendo en las ciudades

y donde esta dinámica estará mantenida por las dinámicas urbanas (Inostroza et al., 2013).

De acuerdo a (Inostroza et al., 2013) la investigación de la expansión urbana en América Latina representa un gran desafío debido al enorme falta de información de medición y de los fenómenos urbanos.

En la ciudad de Bogotá, La declaración de zona de expansión urbana a la UPZ (Unidad de Planeación Zonal) 61 ‘Ciudad Usme’ se da en el marco de la declaración del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en la ciudad de Bogotá adoptado en el año 2000. En 2007 se adopta el Plan de Ordenamiento Zonal del Usme (POZ).

En este POZ, se contempla frenar la construcción informal de vivienda y detener la venta ilegal de predios, por parte de bandas delincuenciales que engañaban a los ciudadanos que estaban en busca de terreno para construir.

Debido a este fenómeno, los habitantes de la zona, en su gran mayoría población rural se empezaron a organizar, para la defensa de sus actividades económicas rurales y su territorio, en dos grandes asociaciones; el Agroparque Los Soches (Zona norte de la UPZ 61) y el Corredor Cultural Ruta Agroturística La Requilina (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015)

En 2009 desde el establecimiento público distrital se adopta la denominada “Operación Urbanística Nuevo Usme” el cual contemplaba el crecimiento urbano a partir del núcleo del pueblo de Usme y que fue encargada por la empresa distrital Metrovivienda, la cual compraba la tierra rural a precios bajos y la vendía a las grandes empresas constructoras para que se hiciera vivienda de interés social (Camacho, 2016)

La importancia de la investigación radica en ser la única área de expansión en el sur de la ciudad de Bogotá, dinámica que en el año 2007 se vio frenada por el hallazgo arqueológico de la Necrópolis de Usme en la Hacienda El Carmen y posteriormente la declaración de área arqueológica por el Instituto Colombiano de Antropología (ICANH, 2014).

Aunque en 2009 se aprobó un plan parcial de construcción denominado “Tres Quebradas” que no toca el área cultural antes declarada, pero si queda colindante a este hallazgo.

La zona de expansión sur de la ciudad de Bogotá, se han documentado experiencias del tipo organizativo, social y ambiental de la problemática del efecto de la expansión urbana sobre la ruralidad ancestral de la localidad de Usme (Garavito G. & De Urbina G., 2019), asimismo desde la perspectiva del concepto de borde urbano – rural y las periferias en la ciudad (Ballén-Velásquez, 2014).

Teniendo en cuenta los conflictos sociales que ha conducido el planeamiento de la expansión del tejido urbano, se conforma por iniciativa de la Alcaldía de Bogotá plantear una solución teniendo en cuenta al campesino y al ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015).

Ahora bien desde el punto de vista ambiental, la zona sur como una de las zonas rurales colindantes a la ciudad de Bogotá, se han visto como áreas proveedoras del abastecimiento hídrico sin la justa retribución a estas áreas, de acuerdo con este escenario se ha buscado la socialización y recopilación de las experiencias en la gobernanza de las comunidades (Universidad Externado de Colombia, 2018)

Específicamente en esta zona de expansión no se han llevado a cabo estudios de cambios en la cobertura y uso del suelo de manera detallada, aun así, en áreas cercanas como el corregimiento Pasquilla (Hernández-Gómez, A; Rojas-Robles, R y Sánchez-Calderón, 2013), área cercana y con la misma configuración del borde sur, presentando fenómenos de ocupación de territorio de nuevas unidades de vivienda así como menor área en las actividades agropecuarias.

Comúnmente el termino de cobertura de la tierra es confundido en clasificaciones y leyendas con el del uso del suelo (Di Gregorio y Jansen, 2005). De acuerdo a Melo, H; Camacho, 2005 la cobertura corresponde a los atributos de la tierra que están sobre ella. Sin embargo, algunos autores coinciden en la definición de cobertura como a la descripción

de la vegetación y las construcciones (Di Gregorio y Jansen, 2005).

Asimismo, de acuerdo a Melo, H; Camacho, 2005 el origen de las coberturas esta dado desde los ambientes naturales y antrópicos (*e.g.* Bosques, Cultivos, Ciudades, entre otros)

El uso del suelo está estrechamente relacionado con las coberturas de la tierra. De acuerdo a (Di Gregorio y Jansen, 2005) el uso de la tierra son los arreglos, actividades que el ser humano ejecuta en cada una de las coberturas de la tierra para su beneficio económico. Asimismo, las características del uso de la tierra son resultantes de los atributos biofísicos del entorno y los factores culturales (Melo, H; Camacho, 2005).

El desconocimiento de las diferencias de cobertura y uso del suelo son aceptadas y confundidas generalmente por los tomadores de decisiones en el ámbito de planeación territorial, sin desconocer que el territorio involucra muchos elementos como el social que es preponderante.

En América latina y en especial en el país no existen trabajos de una gran envergadura, la cual muestren una tendencia del crecimiento regional o nacional para poder decidir sobre políticas de territorio que propendan por lineamientos acordes a la sostenibilidad social, ambiental y rural.

En este artículo se aborda primero: la introducción y antecedentes, después los objetivos, los métodos empleados, resultados, discusión y por ultimo las conclusiones

El fin de este artículo es conocer la dinámica que ha tenido la zona de expansión correspondiente a la UPZ 61 – ‘Ciudad Usme’

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar las principales dinámicas de las coberturas y del uso del suelo en el área de expansión urbana del borde sur de la ciudad de Bogotá, DC, en la localidad de Usme - UPZ 61

Objetivos específicos

- Obtener el mapa de las coberturas de la tierra en la UPZ 61, para los periodos 1998, 2007 y 2017, con la metodología CORINE Land Cover.
- Identificar los cambios de uso del suelo a través del análisis multitemporal.
- Establecer las dinámicas de la expansión urbana a partir del análisis en los cambios de uso del suelo y métricas espaciales.

III. ÁREA DE ESTUDIO

Esta corresponde a la unidad de planeación zonal (UPZ) numero 61, denominada ‘Ciudad Usme’ que se ubica dentro de la localidad de Usme al suroriente de la ciudad de Bogotá (Figura 1).

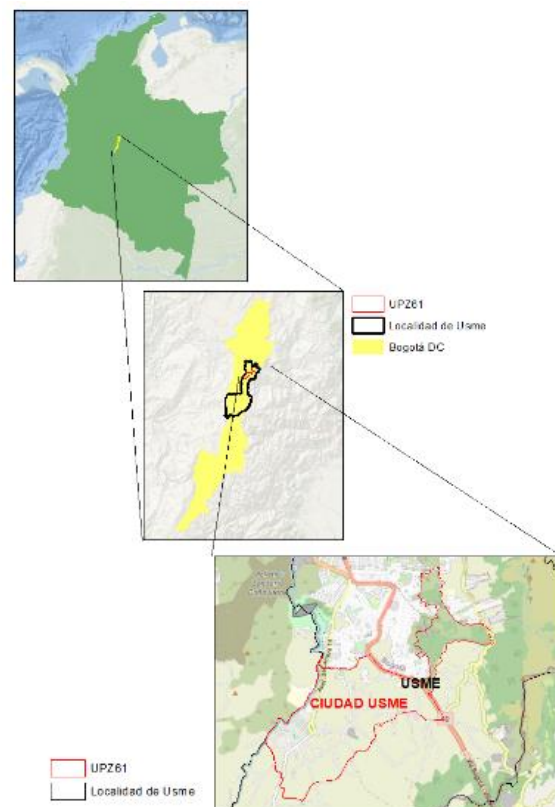


Figura 1. contexto geográfico de la UPZ 61 en la ciudad de Bogotá y Colombia

Con una superficie de 909.260 hectáreas, ha sido declarada por el distrito capital de Bogotá DC como

la zona de expansión al sur de la ciudad, así mismo esta área presenta varias actividades propias de las zonas rurales, como cultivos, pastos y vivienda rural (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015).

Estas actividades han sido modificadas por la declaración de expansión urbana, además del hallazgo arqueológico, en el año 2007 y que hizo de punto de inflexión en la dinámica de urbanización.

La posición geográfica de esta zona de expansión está dada por la cercanía al relleno sanitario Doña Juana y la represa seca de cantarrana, los cuales han propendido por el detrimento de la calidad del medio ambiente y de vida de sus habitantes.

IV. METODOLOGÍA

Análisis multitemporal

La obtención de las imágenes de satélite y de ortofoto mosaicos de fotografías aéreas de las fechas seleccionadas (Figura 2), fueron facilitadas por el servicio WMS (Web Map Service) por parte de catastro distrital¹.

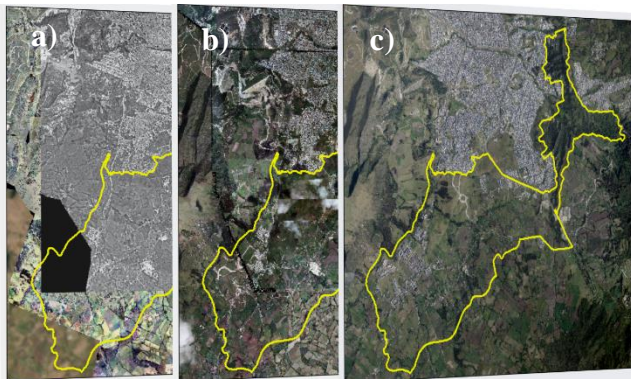


Figura 2. Ortofotomosaicos de los periodos a) 1998, b) 2007 y c) 2017, empleados para la interpretación visual.

Se efectuó la interpretación visual de las imágenes de satélite, siguiendo la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). En el software SIG, ArcMap de ArcGIS a escala detallada de 1:5000 delimitando unidades de

cobertura y asignando un uso por cada una de las coberturas, adaptadas en este estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades de cobertura con su respectivo uso del suelo, adaptada para este estudio

Cobertura de la Tierra (CORINE Land Cover) (IDEAM, 2010)	Uso del suelo
1.1.1. Tejido urbano continuo	Asentamiento
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Asentamiento
1.2.2.1. Red vial y terrenos asociados	Transporte
1.2.5. Obras hidráulicas	Abastecimiento hídrico
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	Minería
1.4.1.2. Parques cementerios	Equipamiento
1.4.1.5. Parques urbanos	Equipamiento
2.1.1. Otros cultivos transitorios	Agrícola
2.1.2.2. Maíz	Agrícola
2.1.5.1. Papa	Agrícola
2.3.1. Pastos limpios	Pecuario
2.3.2. Pastos arbolados	Pecuario
2.3.3. Pastos enmalezados	Pecuario
2.4.1. Mosaico de cultivos	Agrícola
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Agropecuario
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Agropecuario
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Conservación
3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	Conservación
3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	Conservación
3.2.2.1. Arbustal denso	Conservación
3.2.2.2. Arbustal abierto	Conservación
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Conservación
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Tierras en descanso
3.3.2. Afloramientos rocosos	Conservación
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	Restauración y recuperación
5.1.1. Ríos	Abastecimiento hídrico
5.1.2. Lagunas lagos y ciénagas naturales	Abastecimiento hídrico

Interpretación visual de imágenes de satélite y fotografías aéreas

De acuerdo a (Chuvieco, 2016) hasta hace unos años la interpretación visual de fotografías aéreas era común, sin embargo esto ha cambiado debido a la

¹ URL WMS Catastro distrital
<http://serviciosgis.catastrobogota.gov.co/arcgis/rest/services>

digitalización de la información, la cual no solo se limita a la información implícita de la imagen sino también a los datos que se pueden extraer (metadatos).

Los ordenadores han podido clasificar unidades de cobertura a través de los rangos espectrales que maneja una imagen de satélite. Sin embargo, estas técnicas han presentado limitaciones en cuanto esta discriminación no es del todo multicriterio y llega a niveles generales de clasificación (Chuvienco & Huete, 2009).

La interpretación visual consiste en la delineación directa en medios análogos o digitales de unidades de cobertura sobre la imagen de satélite o fotografías aéreas (Campbell, J y Wynne, 2011) teniendo criterios espectrales, espaciales y temporales propios de las imágenes tomadas por sensores remotos (Figura 3)

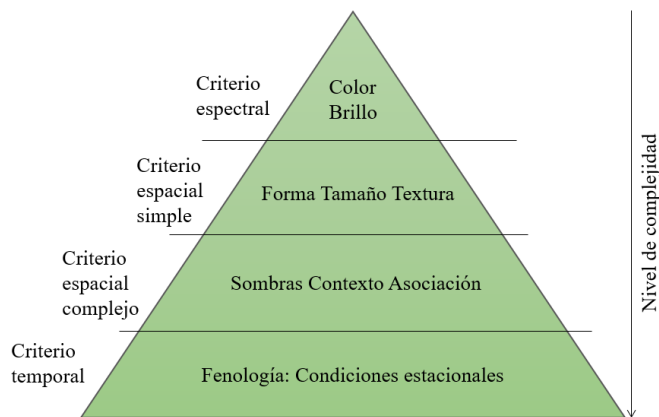


Figura 3 Criterios de la interpretación visual ordenados jerárquicamente (European Commission 1993, citado por (Chuvienco, 2016; Chuvienco & Huete, 2009))

Los criterios de interpretación hacen parte de una de las etapas denominados características pictórico-morfológicas las cuales consisten en elementos de identificación que se encuentra en la imagen, además de los diferentes procesos desde la lectura a la clasificación, propias de un intérprete con suficiente experiencia (Melo, H; Camacho, 2005) (Figura 4)

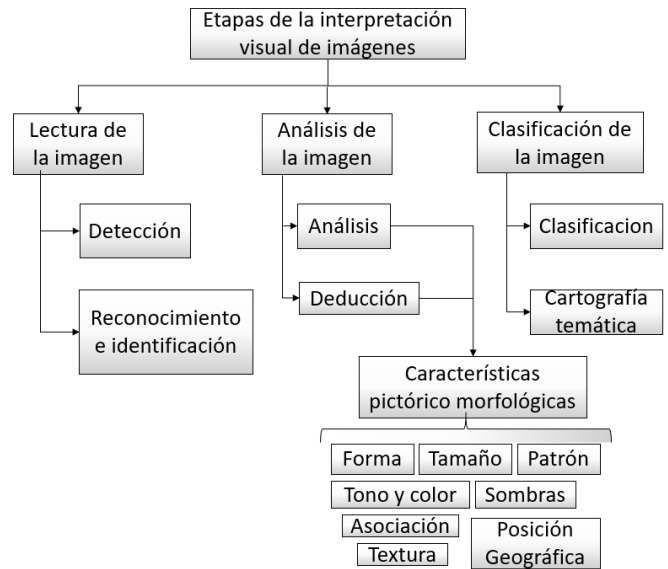


Figura 4. Etapas de la interpretación visual de imágenes de satélite y fotografías aéreas (Melo, H; Camacho, 2005)

Métricas espaciales

Estos consisten en índices cuantitativos que representan características físicas de parches de unidades en un espacio determinado, representando algunas de las dimensiones de las formas urbanas (Huang et al., 2007), en este estudio se evaluaron las siguientes índices:

Complejidad (Complexity)

De acuerdo a (Huang et al., 2007) este índice mide la irregularidad de la forma del parche o polígono de la cobertura a dimensionar, en este caso las áreas urbanas.

Tomando como ejemplo lo que se realizó en el estudio de (Huang et al., 2007) en el cual se utilizaron AWMSI o Area Weighted Mean Shape Index (Media del Índice de forma ponderada en función del área) y AWMPFD Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (media de la dimensión fractal del parche o polígono ponderada en función del área).

El Primer índice representa la irregularidad de la forma de los polígonos, entre más alto el valor significa que la irregularidad de sus bordes es mayor (McGarigal & Marks, 1995) (Ecuación 1)

$$AWNSI = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{4} \frac{P_i}{\sqrt{S_i}}}{N} \times \frac{S_i}{\sum_{i=1}^N S_i}$$

Ecuación 1. Media del Índice de forma ponderada en función del área (donde S_i y p_i son el área y el perímetro del parche i y N es el número total de polígonos) (Huang et al., 2007).

En cuanto al segundo índice empleado (Ecuación 2) se utiliza para disminuir el peso de los fragmentos muy pequeños, ya que estos al ser pequeños por lo general su forma es simple cuando los resultados tienden a uno, si se acercan a dos indica que poseen una alta irregularidad (Martí & Pintó, 2011).

$$AWMPFD = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{2 \ln 0.25 P_i}{\ln S_i}}{N} \times \frac{S_i}{\sum_{i=1}^N S_i}$$

Ecuación 2. Media de la dimensión fractal del parche o polígono ponderada en función del área (donde S_i y p_i son el área y el perímetro del polígono i y N es el número total de polígonos).

Centralidad (Centrality)

Según (Huang et al., 2007) este índice mide la distancia promedio de las partes dispersas al polígono más grande o en este caso al centro consolidado de urbe, este último fue declarado como el área más grande de todo el estudio (Ecuación 3).

Sin embargo, se utiliza un radio de un círculo que tenga esa misma área del polígono más grande o centro, con el fin de evitar el sesgo del tamaño urbano.

$$Centralidad = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \frac{D_i}{N-1}}{R} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \frac{D_i}{N-1}}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}}$$

Ecuación 3. Centralidad (donde D_i es la distancia del centroide del polígono i al centroide del polígono más grande, R es el radio de un círculo con el área S y donde S es la sumatoria del área de todos los parches (Huang et al., 2007)).

Compactación (Compactness)

El índice de compactación no solo mide la forma individual de cada polígono, sino también el paisaje urbano en general (Li & Yeh, 2004), citado en (Huang et al., 2007) (Ecuación 4).

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{P_i}{p_i}}{N^2} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{2\pi \sqrt{\frac{S_i}{\pi}}}{p_i}}{N^2}$$

Ecuación 4. Compactación (donde S_i y p_i es el área y el perímetro del polígono i , P_i es el perímetro de un círculo con el área s_i y N es el número total de polígonos (Huang et al., 2007)

Cuanto sea más regular el polígono y existan menos de estos, el CI será mayor, como la mayor área representa la mayoría de la superficie urbana, se calcula también la compactación de la figura más grande (Huang et al., 2007) (Ecuación 5).

$$CILP = \frac{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}}{p}$$

Ecuación 5. Compactación del polígono más grande (donde s y p son área y perímetro de la figura más grande) (Huang et al., 2007)).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados

Coberturas de la tierra

Las áreas más representativas en los tres periodos analizados (1998, 2007 y 2017) son los pastos limpios, 362.088 (39.822%), 300.817 (33.084%) y 362.527 (39.870%) hectáreas respectivamente (Figura 5).

Consecutivamente las áreas agrícolas y áreas naturales se han mantenido estables. en comparación las áreas urbanas continuas han crecido aproximadamente de 36.322 hectáreas desde el año 1998 al 2017, un 189.215% (Figura 5).

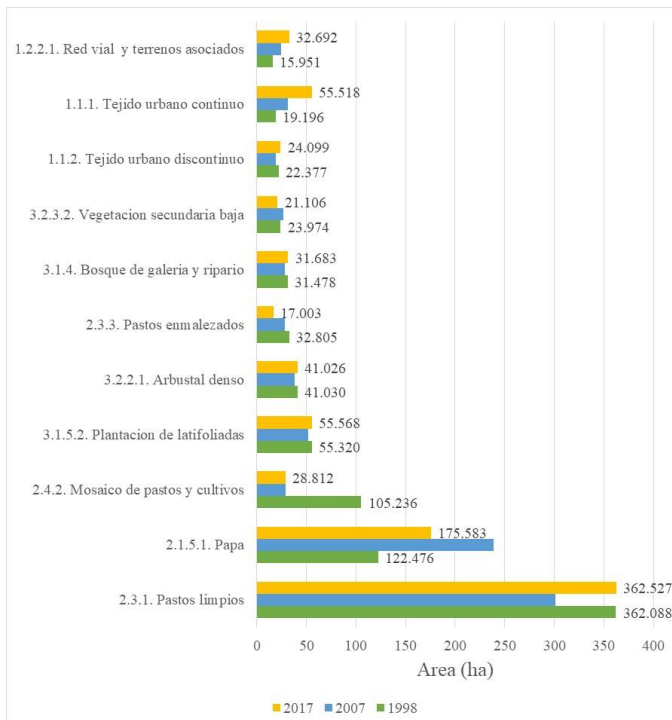


Figura 5. Área en hectáreas de las categorías de las coberturas más relevantes en los tres periodos analizados (1998, 2007 y 2017)

Los cultivos de papa crecieron en el periodo de 1998 a 2007 en 116.141 hectáreas siendo el 51.358% la participación de cultivo de papa en 1998 respecto al 2007. Sin embargo, se vio una disminución del 26.416% o 63.034 hectáreas (Figura 5).

En cuanto a las parcelaciones de cultivos como maíz, arveja, hortalizas con pastos (referido a los mosaicos de pastos y cultivos) la disminución al año 2017 es de 76.424 hectáreas lo que significa la pérdida de 72.621% respecto a 1998.

A las plantaciones forestales, especialmente de *Eucalyptus globulus* Mill, presentes en la zona de estudio no presentan una disminución más allá del 0.5% del área en el año 1998. En esta misma tendencia están los arbustales densos y los bosques de galería que las variaciones no pasan del 0.1% y 0.6% respectivamente (Figura 5).

En contraste, las áreas de vegetación secundaria baja y pastos enmalezados disminuyeron 2.868 y 15.802 hectáreas respectivamente (11.962% y 48.170%).

En cuanto al tejido urbano discontinuo creció del periodo de 1998 a 2017 en 7.696% (1.722 hectáreas).

Uso del suelo

Las áreas de los usos pecuarios en los tres periodos analizados 1998, 2007 y 2017 son de alrededor de 395.285, 330.198 y 380.060 hectáreas respectivamente, lo que representa el 43.473% en 1998, 36.315% en 2007 y 41.799% en 2017 del área total de la UPZ 61 (Figura 6)

El segundo uso del suelo de importancia es el agrícola con una participación en 1998 de 149.848 hectáreas, en 2007 de 261.155 hectáreas y en 2017 de 189.515 hectáreas con una participación en el área de estudio de 16.48%, 28.722% y 20.843% respectivamente en los periodos analizados.

En cuanto a la conservación las áreas han tenido una variación menor al 1% en los tres periodos, en 1998 es de 151.596 ha, 2007 de 145.496 ha y 2017 de 152.303 ha (16.672%, 16.001% y 16.750% respectivamente) (Figura 6).

Se presenta una disminución abrupta en el uso agropecuario de 105.498 hectáreas en 1998 que representaba el 11.602% del área total de aquel periodo. En 2007 y 2017 era de 28.806 y 29.074 hectáreas y una participación de 3.17% y 3.19% para cada uno de los periodos mencionados.

El uso de asentamiento ha ido en crecimiento desde 1998 al 2017, pasando del 4.572%, 5.607% y 8.756% en los tres periodos. De 41.573, 50.988 y 79.617 hectáreas respectivamente (Figura 6).

Directamente proporcional al crecimiento de los asentamientos está el uso del transporte. Este crecimiento de 15.951, 24.523 y 32.692 hectáreas, escalando de 1.754% en 1998, 2.697% en 2017 y 3.595% en 2017.

Las áreas degradadas presentan un crecimiento en el periodo de 1998 - 2007, específicamente en 18,712 hectáreas y en el año 2017 solo se encontraban 4,987 hectáreas. Siendo este pico en 2007 de 2.645% de toda el área de estudio.

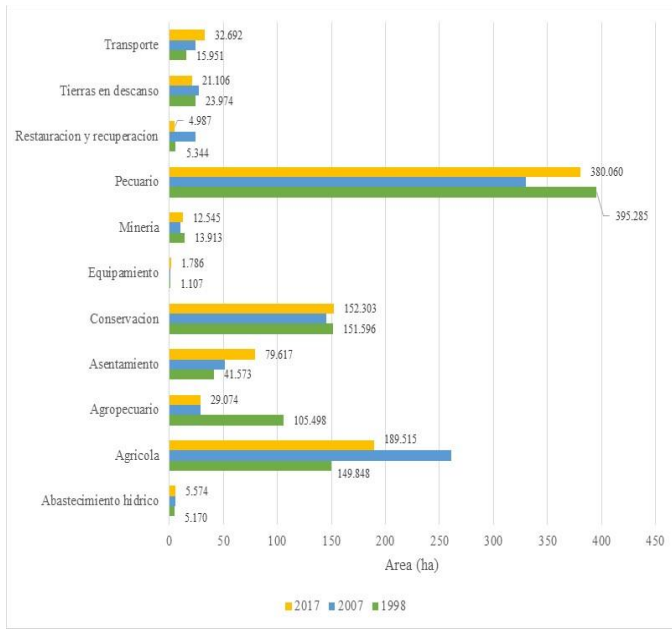


Figura 6. Área en hectáreas de las unidades de uso del suelo en los tres periodos (1998, 2007 y 2017)

Métricas espaciales

Complejidad

En la Tabla 2, el valor máximo de los valores máximos es en el año 1998 con un valor de 3.585, seguido del año 2007 con 3.332 y el año 2017 con 3.023.

Tabla 2. Estadísticas de la Media del Índice de forma ponderada en función del área

AWMSI - Media del Índice de forma ponderada en función del área			
Periodo	1998	2007	2017
No de polígonos	153	225	188
Valor mínimo	0.004	0.002	0.002
Valor máximo	3.585	3.332	3.023
Suma	19.861	16.765	19.319
Media	0.130	0.075	0.103
desviación estándar	0.373	0.273	0.277

En la Tabla 3 se muestra que los valores máximos del año 2007 es el máximo de los máximos, con un 0.208 que es el más cercano a 2, pero que en los resultados de media y numero de polígonos el periodo más irregular en cuanto a sus parches es 2007

Tabla 3. Estadísticas de la media de la dimensión fractal del polígono ponderado en función del área

AWMPFD - Media de la dimensión fractal del polígono ponderado en función del área			
Periodo	1998	2007	2017
No de polígonos	153	225	188
Valor mínimo	0.0002	0.0001	0.0001
Valor máximo	0.189	0.208	0.164
Suma	1.047	1.046	1.045
Media	0.007	0.005	0.006
Desviación estándar	0.020	0.017	0.015

Las figuras 7 y 8 muestran espacialmente el índice de forma ponderada en función del área y la media de la dimensión fractal del polígono ponderado en función del área, respectivamente. La complejidad en los polígonos que representan al centro de Usme desde el año 1998 al 2017 presentan una mayor irregularidad. Agregándose grandes polígonos que corresponden a áreas de edificios de apartamentos.

En cuanto a los pequeños polígonos correspondientes a vivienda rural tradicional se ha mantenido, pero la que se encuentra cerca a estos grandes centros de concentración poblacional han sido absorbidas y pasado al tejido urbano.

Centralidad y compactación

De acuerdo con los valores de la Tabla 4, el periodo de 2017, en la centralidad es el más consolidado, debido a la cercanía de los parches urbanos al parche más grande indicando un núcleo de crecimiento y la compactación es mayor en el 2017, pero el polígono más grande tiene una compactación mayor en 1998

Tabla 4. Centralidad, compactación y compactación del polígono más grande

Periodo	1998	2007	2017
Centralidad	4.677	4.769	3.616
Compactación	0.005	0.003	0.004
Perímetro (m)	2263.030	3949.785	3697.170
Área (m ²)	75037.151	101327.077	124576.559
Compactación del polígono más grande	0.429	0.286	0.338



Figura 7. Índice de forma ponderada para los periodos de 1998, 2007 y 2017.

Figura 8. Media de la dimensión fractal del polígono ponderado en función del área para los periodos de 1998, 2007 y 2017.

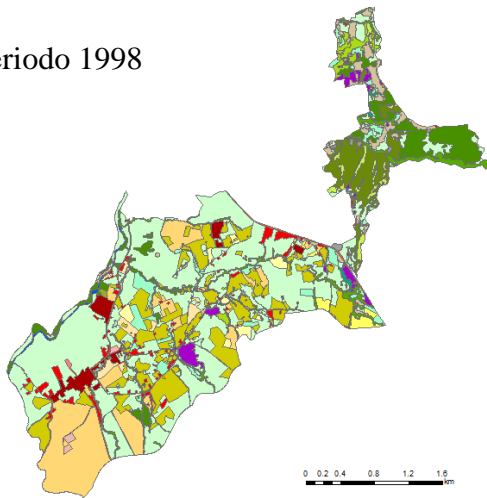
Discusión

Coberturas de la tierra

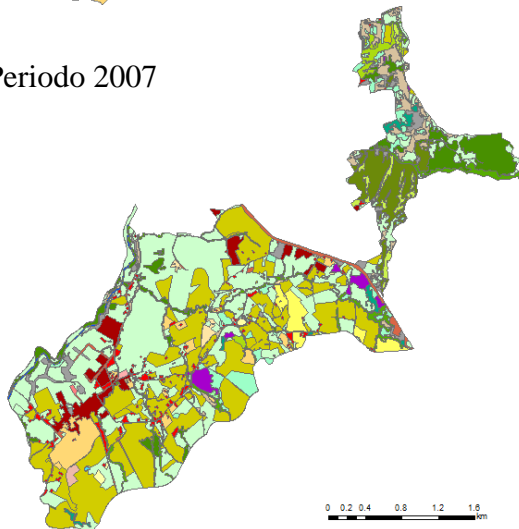
La distribución espacial de los cambios en las coberturas en la UPZ 61, especialmente el crecimiento urbano, ha sido notorio en el borde suroccidental, que corresponde al tejido urbano del pueblo de Usme (Figura 9).

En gran parte de la zona de estudio, las áreas naturales o seminaturales se han mantenido constantes, especialmente en la zona norte donde se encuentran arbustales y plantaciones de árboles. Asimismo, en la zona suroriental las coberturas de pastos limpios y cultivos transitorios se han mantenido en los tres periodos interpretados, variando en el periodo del año 2007.

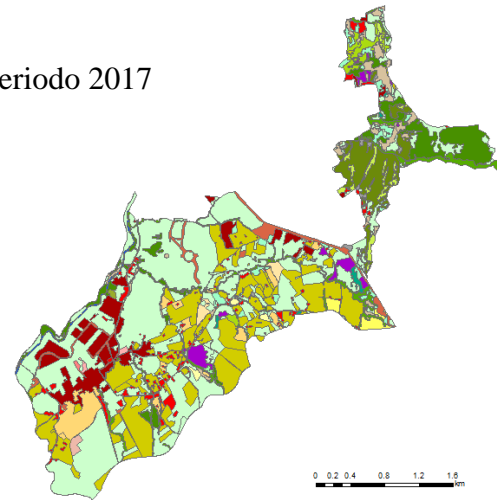
Periodo 1998



Periodo 2007



Periodo 2017



COBERTURA

- 1.1.1. Tejido urbano continuo
- 1.1.2. Tejido urbano discontinuo
- 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados
- 1.2.5. Obras hidraulicas
- 1.3.1.5. Explotacion de materiales de construccion
- 1.4.1.2. Parques cem enterios
- 1.4.1.5. Parques urbanos
- 2.1.1. Otros cultivos transitorios
- 2.1.2.2. Maiz
- 2.1.5.1. Papa
- 2.3.1. Pastos limpios
- 2.3.2. Pastos arbolados
- 2.3.3. Pastos enmalezados
- 2.4.1. Mosaico de cultivos
- 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
- 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
- 3.1.4. Bosque de galeria y ripario
- 3.1.5.2. Plantacion de latifoliadas
- 3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
- 3.2.2.1. Arbustal denso
- 3.2.2.2. Arbustal abierto
- 3.2.3.1. Vegetacion secundaria alta
- 3.2.3.2. Vegetacion secundaria baja
- 3.3.2. Afloramientos rocosos
- 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
- 5.1.1. Rios
- 5.1.2. Lagunas lagos y cienagas naturales

Figura 9. Dinámica en las coberturas de la tierra en los periodos de 1998, 2007 y 2017 y las convenciones de la leyenda CORINE Land Cover de las unidades de coberturas presentes en los tres

periodos analizados (colores referenciados en (IDEAM et al., 2008))

Ha existido un reemplazo de las áreas de mosaicos de pastos y cultivos propios de la subsistencia campesina y de la tradición rural, por ganadería o en este caso pastos, puede ser por la falta de mano de obra rural que emigra a los oficios propios de la urbe.

En cuanto al crecimiento urbano el hallazgo arqueológico desvió hacia la parte sur oriental y conectando hacia el límite más oriental (donde se encuentra la vía al llano), utilizando como puntos de aglomeración, las antiguas viviendas rurales que terminarían dando conexión a esos parches de tejido urbano.

Debido al crecimiento de estas áreas discontinuas se seguirá reduciendo áreas como los cultivos de subsistencia, seguido de áreas de cultivo comercial como lo es el de tubérculos o específicamente el de papa.

Uso del suelo

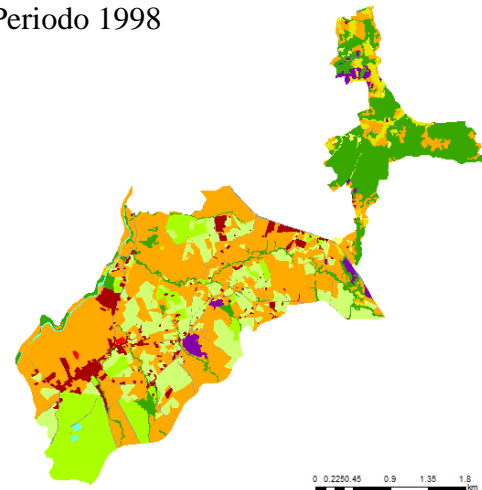
Las actividades económicas de la UPZ 61 no han presentado un incremento o disminución relevante (Figura 10), salvo en los usos de suelo de transporte y asentamientos que han tenido un aumento en los tres periodos analizados.

Especialmente los usos del suelo se reparten en la zona suroriente en las actividades agropecuarias (Figura 9 y 10). En la zona norte se encuentra la reserva de los soches la cual ha tenido intervención de enriquecimiento y reforestación, también se presenta expansión de barrios subnormales en los bordes en el último periodo (2017).

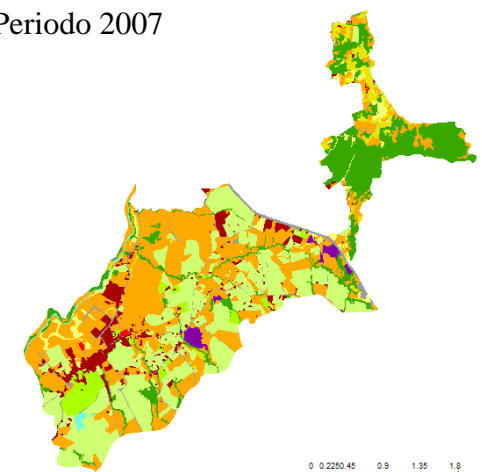
Este último uso del suelo se localiza en gran parte en la zona denominada “Usme Pueblo” el cual se incrementó de forma más acelerada desde el periodo 2007-2017.

Las áreas de uso de asentamiento que corresponden a las viviendas rurales (o la unidad 1.1.2. Tejido urbano discontinuo), ha funcionado como núcleos de agregación para el aumento de áreas de construcción.

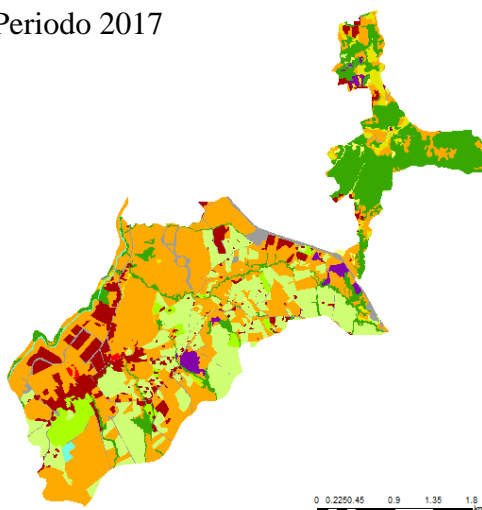
Periodo 1998



Periodo 2007



Periodo 2017



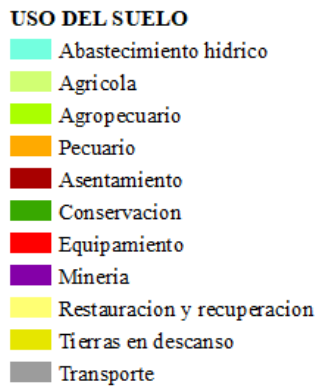


Figura 10. Dinámica de los usos del suelo en los periodos de 1998, 2007 y 2017 y su respectiva leyenda de usos del suelo

Métricas espaciales

Los índices espaciales a los cuales se obtuvieron por la medición de los polígonos del uso del suelo de asentamientos, mostro que el núcleo de agregación es el centro de “Usme pueblo” como se denomina al casco urbano por tradición. El cual ha tenido no muy poca complejidad en sus bordes, lo que demuestra que ha venido creciendo compactamente y donde han aumentado parches de construcciones alrededor que por la vivienda informal se irán conectado en un solo tejido urbano con este centro de la población de Usme.

La poca complejidad de estos parches urbanos demuestra que la influencia de este centro es importante, debido a su tamaño e influencia.

Interpretaciones, implicaciones y recomendaciones

El hallazgo arqueológico se había convertido en un hito para la detención de la expansión urbana desde la parte urbana de Bogotá, que sin lugar a dudas es el mayor polígono de influencia para que exista dicho fenómeno. Sin embargo, se demuestra en este estudio que el crecimiento se está dando también desde “Usme pueblo”

El hallazgo arqueológico en, si no detendrá la expansión sobre esta frontera rural. Serán la conservación de los usos del suelo tradicionales los que mitigarán o detendrán por más tiempo la expansión. Un ejemplo es el agro parque los soches

que se erige como una de las zonas donde la dinámica de expansión ha sido menor.

Como tal la necrópolis (como se ha denominado al hallazgo) será bordeado en un futuro por usos urbanos.

para seguir la línea de investigación en este punto de interés, es importante conocer las dinámicas sociales que han venido teniendo influencia en la dinámica de la expansión, así como del componente de métricas espaciales que deben ser monitoreadas en más periodos de tiempo.

Así mismo se recomienda utilizar los demás índices de métricas, que se encuentran en la literatura, que no se pudieron utilizar debido al alcance de esta investigación; los cuales pueden vislumbrar un fenómeno, así como el de general modelos de pronóstico de escenarios, el cual ayudara a anticiparse y tomar decisiones tempranamente.

VI. CONCLUSIONES

La dinámica en las coberturas de la tierra ha cambiado de mosaicos de pastos y cultivos en su gran mayoría en el año 1998 a un incremento en el cultivo de papa en 2007, la primera unidad evidenciaba una actividad de subsistencia alimenticia de los pobladores, en el segundo periodo resulta una gran cantidad de área correspondiente a cultivo de papa el cual esta correlacionado a una disminución de los pastos limpios y en el tercer periodo predomina esta última unidad de cobertura.

Los pastos limpios están relacionados a la no utilización de la tierra, lo que es el primer paso para la urbanización de esas zonas, ya que no existe un valor económico relevante y puede ser vendido al menor precio posible.

En el periodo 2007 que fue el año del hallazgo arqueológico, bajo el área de pastos limpios y subió el área del cultivo de papa.

En cuanto a los usos del suelo, ha predominado el pecuario sobre el agrícola, el primero relacionado con la cobertura de pasto, aunque en el periodo 2007

existen un incremento significativo en el renglón agrícola.

El hallazgo arqueológico de la necrópolis de Usme solo ha detenido por más tiempo la expansión urbana, haciendo que lo bordee el fenómeno de agregación de tejido urbano discontinuo que ha tenido su origen en la vivienda rural.

Sin embargo, la defensa en contra de la expansión urbana será la conservación de estas. Una evidencia de esto es el agro parque Los Soches que han sido poco transformados en estos 19 años de análisis.

La diferenciación de la cobertura y uso del suelo, demuestra que este tipo de cartografía es un elemento indispensable para el diagnóstico de áreas con fenómenos territoriales como el del crecimiento de las ciudades.

Las métricas espaciales comprueban que existe un polígono central, en este caso es el núcleo de “Usme Pueblo” en el año 1998 era más compacto, pero al ir creciendo áreas urbanas cercanas este se ha hecho menos relevante y trasladándose el centro hacia el norte (Centralidad).

En su complejidad era mas irregular debido a los menores parches o polígonos de tejido urbano que se tenían en el periodo 1998. Siendo el año 2007 el mas critico debido a un gran numero de viviendas aisladas que no se habían consolidado en grupos más grandes.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). *Modelo de Ocupación Territorio de Borde Sur* (M. Melo-García, Germán; Rúa-Rodríguez, Juan y Romero (ed.); Primera). Secretaria del Habitat.
- Ballén-Velásquez, L. M. (2014). “Desbordando” la categoría de borde. Reflexiones desde la experiencia bogotana Revista. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 24(2), 31–39. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74833911014>
- Camacho, A. (2016). La expansion urbana como reveladora de territorialidades: conflicto de proximidad en Usme-Bogotá. *URBANA: Revista Eletrônica Do Centro Interdisciplinar de Estudos Sobre a Cidade*, 8(3), 133–148.
- <https://doi.org/10.20396/urbana.v8i3.8646409>
- Campbell, J y Wynne, R. (2011). *Introduction to remote sensing* (Fifth). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27104-0_52
- Chuvienco, E. (2016). Fundamentals of satellite remote sensing: An Environmental Approach. In *Fundamentals of Satellite Remote Sensing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18954>
- Chuvienco, E., & Huete, A. (2009). Fundamentals of satellite remote sensing. In *Fundamentals of Satellite Remote Sensing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18954>
- Di Gregorio y Jansen, L. (2005). *Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software version (2)* (FAO (ed.); Food and A, Issue 125).
- Garavito G., L., & De Urbina G., A. (2019). El borde no es como lo pintan. El caso del borde sur de Bogotá, D. C. *Territorios*, 40, 83. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.6350>
- Hernández-Gómez, A; Rojas-Robles, R y Sánchez-Calderón. (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia) / Changes in Land Use Associated with Urban Expansion and Territorial Planning in Pasquilla, A Rural Area to the. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía VO - 22*, 22(2), 257. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0121.215X201300020014&lang=es&site=eds-live>
- Huang, J., Lu, X. X., & Sellers, J. M. (2007). A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 82(4), 184–197. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.010>
- ICANH. (2014). *El ICANH declara nueva área arqueológica protegida*. <https://www.icanh.gov.co/index.php?idcategoria=8708>
- IDEAM. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. In

Area (Issue 257).

y De Urbina (ed.)). www.uexternado.edu.co

- IDEAM, IGAC, & CORMAGDALENA. (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. In *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena* (Vol. 1).
- Inostroza, L., Baur, R., & Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management*, 115, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>
- Li, X. y, & Yeh, A. G. O. (2004). Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 335–354. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.033>
- Losco, S., & de Biase, C. (2021). Land consumption versus urban regeneration. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 178 SIST, 228–239. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4_22
- Martí, C., & Pintó, J. (2011). Pautas teórico-metodológicas para el estudio de la transformación del paisaje litoral de la Costa Brava. *Ería. Revista Cuatrimestral de Geografía*, 0(86), 201–236. <https://doi.org/10.17811/er.0.2011.%p>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service, PNW-GTR-351*. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>
- Melo, H; Camacho, M. (2005). *Interpretación Visual de Imágenes de Sensores Remotos y su Aplicación en Levantamientos de Cobertura y Uso de la Tierra* (IGAC (ed.); Primera). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Universidad Externado de Colombia. (2018). *Fuentes Vivas en el Borde: Investigación y experiencias colaborativas para la gobernanza de un sur sostenible en Bogotá* (A. Van-der-Hammen, Maria Clara; Palacio, Dolly Cristina