



**EFFECTOS DEL PROCESO DE URBANIZACIÓN SOBRE EL ESPEJO DE
AGUA Y LA COBERTURA VEGETAL DEL HUMEDAL JABOQUE EN LOS
ÚLTIMOS 31 AÑOS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL.**

Natalia Alejandra Salgado Rojas

Iván Camilo Triana Martín

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, 16 de octubre del 2019

EFECTOS DEL PROCESO DE URBANIZACIÓN SOBRE EL ESPEJO DE AGUA Y LA COBERTURA VEGETAL DEL HUMEDAL JABOQUE EN LOS ÚLTIMOS 31 AÑOS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL.

Natalia Alejandra Salgado Rojas

Iván Camilo Triana Martin

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director:

Juan García Delgadillo

Línea de Investigación:

Gestión y Medio Ambiente

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2019

Acta de Sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Este proyecto quiero dedicárselo a mis padres y mi hermana, con su gran ejemplo siempre me han dado una visión fuerte, honesta y noble del mundo, gracias por su constante apoyo, los amo.

Este trabajo con mucho esfuerzo se lo quiero dedicar a Jaime, a mi hermana y a la tesorita que viene en camino, para que encuentre un mundo cada vez mejor. Especialmente a mi mamá, la mujer a la que agradezco todo lo que soy; mi determinación, mi criterio, mi carácter y mis principios. Te amo ma

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la ayuda y acompañamiento que nos brindó nuestro profesor y director Juan García Delgadillo, guiándonos por el mejor camino para culminar esta etapa de nuestras vidas. Además, quisiéramos agradecer a Marcela Peñuela y su hijo, por acompañarnos y guiarnos en nuestro recorrido por el humedal, especialmente por su dedicación y compromiso con este ecosistema.

1. Tabla de Contenido

1.	Tabla de Contenido	7
2.	Lista de Tablas	10
3.	Lista de Figuras	10
4.	Resumen	11
4.1.	Palabras Claves:	11
5.	Abstract	11
5.1.	Keywords:	11
6.	Introducción	11
7.	Planteamiento del Problema	12
8.	Justificación	13
9.	Objetivos Generales y Específicos	14
9.1.	Objetivo general	14
9.2.	Objetivos Específicos	14
10.	Marcos de Referencia	14
10.1.	Antecedentes	14
10.1.1.	Estado del Arte	15
10.1.1.1.	Análisis Multitemporal y Ecosistemas	15
10.1.1.2.	Marco Nacional	17
10.2.	Marco Teórico	18
10.2.1.	Humedales	18
10.2.2.	Estructura Ecológica Principal	19
10.2.3.	Crecimiento Urbano en Bogotá	20
10.2.4.	Efectos de la Urbanización en los Humedales	21
10.2.5.	Análisis Multitemporal	22
10.3.	Marco Conceptual	23
10.3.1.	Categoría de uso múltiple:	23
10.3.2.	Conservación:	23
10.3.3.	Unidad de Planeamiento Zonal [UPZ]:	23
10.3.4.	Ordenamiento Ambiental Territorial:	23
10.3.5.	Parque Ecológico Distrital:	23
10.3.6.	Plan de Ordenamiento Territorial:	23

10.3.7.	Preservación:	24
10.3.8.	Rehabilitación:	24
10.3.9.	Restauración ecológica:	24
10.3.10.	Ronda hidráulica:	24
10.3.11.	Tasa de cambio:	24
10.3.12.	Zonas de Manejo de Preservación Ambiental:	25
10.3.13.	Zonas de ronda:	25
10.3.14.	Desarrollo urbano informal:	25
10.4.	Marco Normativo	25
10.4.1.	Normatividad de humedales	25
10.4.2.	Ordenamiento Territorial	27
10.5.	Marco geográfico	28
10.6.	Marco Institucional	29
11.	Metodología	30
11.1.	Diseño Metodológico	30
11.1.1.	Enfoque de la investigación	30
11.1.1.1.	Objetivo específico 1.	31
11.1.1.2.	Objetivo específico 2.	32
11.1.1.3.	Objetivo específico 3.	33
12.	Plan de Trabajo	36
12.1.	Cronograma de actividades	40
13.	Aspectos Éticos	40
14.	Resultados, Análisis y Discusión	41
14.1.1.	Objetivo específico 1.	41
14.1.1.1.	Verificación en campo	46
14.1.1.2.	Análisis y discusión de resultados.	47
14.1.2.	Objetivo específico 2.	54
14.1.2.1.	Análisis y discusión de resultados	55
14.1.3.	Objetivo específico 3.	59
14.1.3.1.	Análisis y discusión de resultados	61
15.	Conclusiones	63
16.	Recomendaciones	64

17.	Referencias Bibliográficas	65
18.	Anexos	72
18.1.	Anexo 1. División del Humedal Jaboque. Muñoz y Jaramillo (2005)	72
18.2.	Anexo 2. Evidencia de limpieza de buchón en el humedal. Autores	72
18.3.	Anexo 3. Panorámica resultado de la recuperación hidromorfológica en el tercio alto del Humedal Jaboque. EAAB-ESP (2010).	73
18.4.	Anexo 4. Área inundable añadida por la Resolución 01097. Res 01097 (2014)	73
18.5.	Anexo 5. Evidencia de la visita de campo. Autores	74
18.6.	Anexo 6. Zonas del proyecto de compostaje de la SDA, aledañas al Humedal Jaboque. Autores	74
18.7.	Anexo 7. Evidencia de basuras dentro del cauce del Humedal Jaboque. Autores	75
18.8.	Anexo 8. Evidencia de basuras (mueble) dentro de los canales perimetrales del Humedal Jaboque	75
18.9.	Anexo 9. Basuras en el perímetro del PEDH. Autores	76
18.10.	Anexo 10. Mapa del humedal Jaboque donde se evidencia la delimitación de la ZMPA del Río Bogotá, EAAB-ESP (s.f)	76
18.11.	Anexo 11. Tercio alto del humedal canalizado en su totalidad, Autores	77
18.12.	Anexo 12. Canales perimetrales del tercio alto del humedal, Autores.	77
18.13.	Anexo 13. Bosque de las lechuzas, Autores	78
18.14.	Anexo 14. Proyecto de Senderos Ecológicos, Autores	78
18.15.	Anexo 15. Cálculo grado de fiabilidad caracterización de coberturas de la tierra, Autores	79
18.16.	Anexo 16. Cronograma de actividades.	79
18.17.	Anexo 17. Formato dirección de trabajo de grado	80
19.	Glosario de Términos	80
19.1.1.	<i>Función Ecológica:</i>	80
19.1.2.	<i>Ecosistemas Urbanos:</i>	80
19.1.3.	<i>Cobertura vegetal:</i>	81
19.1.4.	<i>Espejo hídrico:</i>	81
19.1.5.	<i>Fotointerpretación:</i>	81
19.1.6.	<i>Urbanización:</i>	81
19.1.7.	<i>Unidad de planeación zonal (UPZ):</i>	81

2. Lista de Tablas

Tabla1. Imágenes satelitales del escenario retrospectivo.	32
Tabla2. Variables e indicadores por objetivo específico.	35
Tabla3. Cuadro metodológico	36
Tabla4. Resumen general del presupuesto del proyecto de grado a doce (12) meses.	40
Tabla5. Áreas de las unidades de cobertura en los últimos 31 años.	48
Tabla6. Tasa de cambio de las unidades de cobertura de la tierra cada 10 años y período total de estudio.	49
Tabla7. Variaciones espacio-temporales de las coberturas de la tierra en los últimos 31 años.	49
Tabla8. Correlación lineal de Pearson en las Unidades de Cobertura de la Tierra de la UPZ 73 y 74.	54

3. Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del Humedal Jaboque dentro de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá. Secretaria Distrital de Planeación (2011).....	13
Figura 2. Tipos de humedales Distrito Capital de Bogotá. DAMA (2006).	19
Figura 3. Localización del área de estudio. Autores	29
Figura 4. Organigrama de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. EAAB-ESP (2019). 30	
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología del proyecto de grado. Autores.	39
Figura 6. Escenario retrospectivo de los procesos de urbanización de la UPZ Garcés Navas y Engativá 1988-2019. Autores a partir de EarthExplorer.....	41
Figura 7. Coberturas de la tierra 1988 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.....	42
Figura 8. Coberturas de la tierra 1998 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.....	43
Figura 9. Coberturas de la tierra 2008 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.....	44
Figura 10. Coberturas de la tierra 2019 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.....	45
Figura 11. Verificación en campo. Autores.	47
Figura 12. Variaciones espacio temporales de las unidades de cobertura entre 1988 a 2019. Autores..	48
Figura 13. Gráfico correlación lineal de Pearson Zonas Urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. Autores.	55
Figura 14. Zonas alteradas por procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74. Autores.....	59
Figura 15. Coberturas de la tierra del Humedal Jaboque. Autores.	60
Figura 16. Zonificación Ambiental del Humedal Jaboque. Autores.....	61

4. Resumen

El presente proyecto pretende analizar los efectos de los procesos de urbanización de la UPZ 73 y 74 de la ciudad de Bogotá sobre la cobertura vegetal y el espejo hídrico del Humedal Jaboque en los últimos 31 años. Para ello, se realizó un escenario retrospectivo de los cambios sobre las coberturas de la tierra a través del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 4, 6, 7 y Sentinel II, con base a este se determinó el grado de asociación entre las unidades de cobertura y sus variaciones espacio temporales a través del cálculo del coeficiente de correlación lineal de Pearson; lo anterior permitió establecer que el 99,68% de los cambios espaciales sobre el Humedal Jaboque pueden explicarse por los procesos de urbanización, aquellos que para el año 2019 ocuparon 286,344 Ha que correspondían a áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva en 1988. La interpretación de estas dinámicas espaciales, dieron paso a la formulación de una propuesta de Zonificación Ambiental enmarcada en el contexto sobre el cual se ha desarrollado Humedal Jaboque.

4.1. Palabras Claves:

Humedales, análisis multitemporal espejo hídrico, cobertura vegetal, dinámica espacial, Zonificación Ambiental, urbanización.

5. Abstract

This project aims to analyze the effects of the urbanization processes of the UPZ 73 and 74 in the city of Bogota on the vegetation cover and water mirror of the Jaboque Wetland in the last 31 years. To this end, a retrospective scenario of changes in land coverage was carried out through the processing of Landsat 4 satellite images, 6, 7 and Sentinel II, based on this, the degree of association between the coverage units and their temporal space variations was determined through the calculation of the Pearson linear correlation coefficient; this allowed us to establish that 99.68% of the spatial changes on the Jaboque Wetland can be explained by the processes of urbanization, those that by 2019 occupied 286,344 ha corresponding to areas with herbaceous and/or shrubby vegetation in 1988. The interpretation of these spatial dynamics gave way to the formulation of an Environmental Zoning proposal framed in the context on which Humedal Jaboque has been developed.

5.1. Keywords:

Wetlands, multitemporal analysis, water body, plant cover, spatial dynamics, environmental zoning, urbanization.

6. Introducción

No se conoce con exactitud el porcentaje de la superficie terrestre que corresponde a humedales, el Centro Mundial de Monitoreo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] estima que son 570 millones de hectáreas, estos biomas son considerados uno de los medios más productivos debido a su capacidad para albergar diversidad biológica y genética vegetal, de igual manera son una fuente de sustento para aves, mamíferos, reptiles, anfibios, también generan beneficios económicos y valores socio-culturales a comunidades aledañas (Ramsar, 2006, pp. 8-10). A pesar de su importancia, desde el año 1900 han desaparecido el 64% de los humedales del mundo, siendo los humedales continentales los que desaparecen a una mayor tasa y se ve comprometida su capacidad de prestar servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono, control de inundaciones, mitigación de los

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

efectos del cambio climático y la accesibilidad al agua dulce de comunidades cercanas, lo anterior a causa de las constantes presiones antrópicas de procesos de urbanización, conflictos en el uso del suelo, falta de educación ambiental y la disposición de altas concentraciones de contaminantes al agua (Ramsar, 2018).

En relación con el complejo de humedales urbanos del Distrito Capital de Bogotá, el aumento acelerado de la población ha ocasionado procesos de urbanización descontrolados, sobre dichos ecosistemas estratégicos han quedado inmersos, Van der Hammen, et al. (2008) asegura que las dinámicas y funciones ecosistémicas los humedales de Bogotá han sido dirigidas a un estado alteración y desequilibrio, a causa de los constantes impactos antrópicos como la descarga de vertimientos con altas concentraciones orgánicas, disposición de residuos sólidos, fragmentación ecosistémica, entre otros. Con respecto al Humedal Jaboque, ubicado en la localidad de Engativá específicamente sobre la UPZ 73 y 74, se destacan problemáticas como la contaminación de suelos por la disposición de residuos sólidos, condiciones de eutrofia que generan el crecimiento de macrófitas que han ocupado el 70% del espejo del agua, ocupación ilegal de su ronda hidráulica, y la falta de implementación efectiva de instrumentos de planificación, gestión y manejo ambiental (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016).

Resulta importante conocer un poco el contexto de la localidad de Engativá, su extensión total es de 3588,1 Ha y para el año 2018 presentó una población total de 883.319 personas, con una densidad poblacional de 257 habitantes por hectárea, el fenómeno de ocupaciones ilegales hace parte de su historia, en cifras, 552,4 ha obedecieron en algún momento a ocupaciones informales, en el año 2014 contaba con 277.460 hogares construidos y tan solo cuatro años después, sumó 59 ocupaciones informales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018), por otra parte, la comunidad colindante al humedal refleja un desconocimiento generalizado y poco relacionamiento con la protección de este (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016). Por consiguiente, se hace necesario, proponer una zonificación ambiental del Humedal Jaboque a partir de la comprensión de los efectos de la urbanización sobre las dinámicas espacio temporales de las áreas húmedas continentales y las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva de la UPZ 73 y 74 de Bogotá.

7. Planteamiento del Problema

Los humedales son ecosistemas reconocidos por su importante valor ecológico debido a la capacidad de brindar bienes y servicios (Navarro, Ruiz y Rodríguez, 2017), tales como control de inundaciones, reposición de aguas subterráneas, protección contra tormentas, retención y exportación de sedimentos y nutrientes, depuración de aguas, reservorios de biodiversidad, recreación y mitigación del cambio climático entre otros (Ramsar, s.f).

Por tal razón, es de vital importancia conservarlos mediante políticas y acciones que reconozcan, regulen y promuevan un uso adecuado como ecosistemas estratégicos para minimizar los impactos existentes productos de la urbanización. No obstante, el conflicto en el uso del suelo y la ocupación de áreas de humedales en Bogotá dan lugar a que se ejerzan constantes presiones sobre estos ecosistemas (Rojas, 2018) y se haya provocado la pérdida de 49.200 hectáreas en menos de cuarenta (40) años, por la afectación de estructuras y dinámicas ecológicas (Cardozo et al., 2018, p.16 citando a DAMA, 2005).

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Dentro de esa línea de ideas, el progresivo crecimiento de la población desencadena procesos de urbanización desorganizados, los cuales ocasionan impactos negativos dentro del humedal, por ejemplo la pérdida de espejo hídrico y diversidad biológica, fragmentación del ecosistema y conflictos en el uso del suelo. La localidad de Engativá en el 2011 presentó una densidad poblacional de 245 habitantes por hectárea, mayor a la que presenta Bogotá con 192 habitantes/ha. (Secretaría Distrital de Planeación, 2011). Es decir, la localidad donde se ubica el Humedal Jaboque tiene una alta densidad urbana, lo cual generó asentamientos irregulares que desencadenaron una serie de efectos ya mencionados en el área del ecosistema.

En este contexto, es importante determinar ¿De qué manera se ha visto comprometido el espejo de agua y la cobertura vegetal del Humedal Jaboque, a causa de los procesos de urbanización que se han llevado a cabo en las UPZ 73 y 74 de la ciudad de Bogotá, durante los últimos 31 años? partiendo de la hipótesis que el espejo hídrico y la cobertura vegetal del ecosistema ha presentado un decrecimiento en su área, a causa del crecimiento urbano no planificado.



Figura 1. Ubicación del Humedal Jaboque dentro de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá. Secretaria Distrital de Planeación (2011).

8. Justificación

Los humedales son de suma importancia para la riqueza hídrica de la ciudad de Bogotá, sus funciones ecosistemas permiten que tengan la capacidad de controlar caudales de las fuentes superficiales, alimentar fuentes subterráneas, albergar diferentes especies de flora y fauna autóctona de la capital y ofrecer resguardo a especies migratorias (Roa y Douglas, 2012). No obstante, el constante crecimiento de la población residente en el Distrito Capital, ha generado tasas de crecimiento de hasta 317 Ha/año (Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013), dicha expansión del tejido urbano ha ocupado zonas periféricas como los cerros orientales o predios cercanos al Río Bogotá (Inostroza, 2017) en la que la mayoría de estas construcciones carecieron de planificación urbana y se ubicaron de manera indiscriminada sobre

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

ecosistemas periféricos (Basnou, Pino & Terradas, 2015), es así cómo se desencadenó una pérdida sistematizada de biodiversidad en Bogotá.

Los procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74 de la localidad de Engativá datan del año 1956 (Fundación para el Desarrollo Ambiental y Social [ADESSA], 2006), por lo que el Humedal Jaboque presenta altos niveles de contaminación en el complejo lagunar a causa del continuo aporte de vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales que modifican su función natural, así mismo, se evidencia la pérdida de vegetación arbórea, invasión de especies foráneas y cambio en su flora endémica (Moreno, García & Villalba, s.f).

Por lo tanto, se pretende realizar la construcción de un escenario retrospectivo que permite identificar y analizar las variaciones espacio-temporales de las coberturas de la tierra en la UPZ 73 y 74 de Bogotá, para de esta manera identificar los procesos subyacentes al cambio y los motores que lo generaron y formular una propuesta de zonificación ambiental que establezca las zonas de uso y manejo más apropiadas para el Humedal Jaboque.

9. Objetivos Generales y Específicos

9.1. Objetivo general

Evaluar los efectos de la expansión urbana sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque en los últimos 31 años.

9.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis multitemporal sobre los cambios de las coberturas de la tierra en el Humedal Jaboque y las UPZs 73-74 de la localidad de Engativá entre los años 1988 y 2019.
- Analizar la relación de los procesos de urbanización sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque.
- Proponer una Zonificación Ambiental para establecer las zonas de uso y manejo más adecuadas para el Humedal Jaboque.

10. Marcos de Referencia

10.1. Antecedentes

Las migraciones rurales hacia las urbes (ONU-Hábitat, 2012) ocasionaron asentamientos informales y periféricos en la ciudad, aumentando los impactos en las zonas naturales al no considerar la capacidad del ambiente para soportar la concentración de población (Pósada y Paéz, 2016 citando a Rodríguez,

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

2010). Caso concreto Engativá, ya que esta localidad antes de ser anexada a Bogotá en 1954 era de carácter rural asentada por campesinos y fincas agropecuaria, ahora en la actualidad su carácter se identifica como urbano, con barrios de autoconstrucción, producto una oleada migratoria, que consolidó y alcanzó la legalidad a pesar de la carencia de servicios básicos sanitarios (DAMA, 2000).

Del mismo modo sucedió con el Humedal Jaboque, a comienzos del siglo XX las áreas circundantes mantenían su condición rural con cultivos de papa, maíz, hortalizas y frutas. Las primeras afectaciones directas en el ecosistema se produjeron luego de la construcción del Aeropuerto y la “Avenida El Dorado” realizadas en el periodo de 1948 a 1958, reduciendo un brazo del humedal y afectando los cambios en el flujo hídrico de la zona a raíz de las obras de drenaje para la construcción de la pista (DAMA, 2000).

En la década de los sesenta se mantenía un asentamiento enfocado en fincas agropecuarias, no obstante, en el costado sur del humedal ya se comenzaba a evidenciar construcciones dispersas que se fortalecieron a medida de los años, a causa del desplazamiento forzado y la época de violencia de Colombia. Se generaron dos tipos de urbanización; los privados como Villas de Granada y La Perla y los asentamientos clandestinos como San José Obrero o Villa Teresita que, junto con otros, han entrado en procesos de legalización (DAMA, 2000). Sin embargo, la Alcaldía Local en 1994 adelantó proyectos y acciones encaminadas a la restitución de terrenos públicos ocupados por particulares, con el fin de recuperar el territorio del ecosistema. Aunque factores como “la carencia de conciencia ciudadana de los habitantes del sector y el afán de lucro de las urbanizaciones piratas” (DAMA, 2000, pp. 63) intensifican los impactos generados en el Humedal.

10.1.1. Estado del Arte

10.1.1.1. Análisis Multitemporal y Ecosistemas

Para el año 2000, el conjunto de datos mundiales sobre la cobertura terrestre se consideraban inadecuados para ser tomados como base para la detección el cambio, principalmente por tres razones, su antigüedad, exactitud y resolución espacial, por lo que no había una base sólida y coherente con un nivel de detalle considerable como para llevar a cabo clasificaciones confiables (Loveland, Reed, Brown, Ohlen, Zhu, Yang & Merchants, 2000). Por tal razón, Loveland y su grupo de investigación se propusieron desarrollar la primer base de datos de alta resolución (1 km) a nivel global, compuesta por 16 categorías de cobertura terrestre y ecosistemas globales reuniones en 10 grandes grupos, como resultados de su caracterización las tierras forestales fue la cubierta dominante al representar el 41,78 % del área global, seguida por la cobertura agrícola que ocupó el 41, 64%, sin embargo se identificó dos fuente de incertidumbre, (1) confusión espectro-temporal entre cobertura agrícola y vegetación natural y (2) limitaciones con la base de datos del hemisferio sur. Como conclusiones, se evidenció que los contaminantes atmosféricos generan incertidumbre en las características espectrales y temporales de las imágenes satelitales, mientras que en ecosistemas con cobertura herbácea y suelos inundados la caracterización de las coberturas se dificulta, si se cuenta solo con radiometría avanzada de muy alta resolución [AVHRR por sus siglas en inglés] (Loveland et al., 2000).

Coppin et al. en el año 2004, se plantearon como objetivo sintetizar los métodos más efectivos para la detección de cambios abruptos o rápidos en un ecosistema, partiendo de técnicas que utilizan imágenes bitemporales (solo dos imágenes) o trayectorias temporales, del mismo modo desarrollar una selección efectiva de imágenes, indicadores a evaluar y la definición del intervalo de cambio. En tercer lugar, realizaron una revisión de los procesos de pretratamiento de imágenes que garantizaban la reducción de errores producidos por la relación señal/ruido y por último, llevaron a cabo una evaluación minuciosa de las metodologías de detección de cambio más empleadas durante la época. A manera de conclusiones, la selección de indicadores y la técnica para la detección de cambio sobre las coberturas de la tierra, se encontró dependiente al enfoque que se quiera emplear en la investigación y al contexto específico del territorio, por lo que establecer alguna base universal no sería correcto; sin embargo, afirmaron que una georeferenciación acertada de las imágenes resulta un prerequisite fundamental para obtener resultados confiables, por último se aseguró que la inclusión de nuevas tecnologías SIG y la combinación de metodologías para la detección del cambio puede conducir a mejores resultados (pp. 1-32).

Frente a la metodología para la detección del cambio, se determinó que un procedimiento estándar debe contener una diferenciación de las imágenes, análisis de componentes principales y la comparación post clasificación y la precisión será proporcional a la calidad del pretratamiento de los datos e imágenes (Latifovic & Pouliot, 2005, p. 2). Bajo esta premisa, Latifovic y Pouliot (2005) tomaron una serie multitemporal que iniciaba en 1985 y terminaba en el 2005, para analizar tendencias de cambio espacio-temporales causadas por factores ambientales y antrópicos en Canadá. A su vez, establecieron una metodología que permitiera identificar y mapear cambios ambientales producidos en la superficie. Esta metodología se caracterizó por realizar actualizaciones cartográficas a partir de la detección del cambio a nivel de cada píxel, con base a una norma de decisión aplicada a la categorización local. En concreto establece la distancia euclidiana entre lo píxel del periodo inicial y final de la serie temporal, si el valor de esta distancia con respecto a cero, indicaba la dirección del cambio y se encontró que trabajar nivel local facilitaba la decisión de clasificación considerando el paisaje circundante. De esta manera, se concluyó que a medida que se acercaba al año límite de la serie multitemporal, la metodología mejoraba su exactitud en áreas de cambio, a razón de la recopilación de informa era cada vez más robusta, por otro lado, se determinó que los mapas construidos podían ser utilizados en cualquier otro estudio o enfoque investigativo, puesto que la corroboración en campo alcanzó una efectividad del 92%, sin embargo se realizó la salvedad de que evaluaciones muchos más profundas, podrían abrir paso a errores (Latifovic & Pouliot, 2005, pp.347-363).

Para terminar con el marco Global, Madhavi y su equipo de investigación (2018) expusieron las principales características y desafíos de una clasificación por medio de teleobservación en humedales, luego de haber realizado una evaluación sobre las metodologías aplicadas (eg. clasificaciones supervisadas y no supervisadas) a los diferentes conjuntos de datos base (eg. radares aéreos, multiespectrales, tasa de absorción específica) (pp. 623-624). A manera de resultados, se estableció que los sistemas de clasificación Cowardin Classification System [CCS] y Canadian Wetland Classification System [CWCS] son los más efectivos para la caracterización de humedales en áreas extensas, con diversidad de condiciones climatológicas, geológicas y ecológicas, mientras que las metodologías de teledetección satelital, son la mejor opción para el desarrollo y actualización de inventarios de humedales, al considerar la relación costo-eficiencia y la disponibilidad de imágenes satelitales, cabe señalar que los autores señalaron que el borde o límite rojo junto a las bandas infrarrojas cercanas son las bandas más útiles para la clasificación, mientras que los ángulos de incidencia pronunciados y longitudes de ondas

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

largas funcionan muy bien con humedales caracterizados por la prevalencia de arbustos o bosques (Madhavi et al., 2018).

10.1.1.2. Marco Nacional

Frente a la búsqueda de comprender las dinámicas espacio-temporales y las fuerzas conductoras del cambio, Gonzáles (2010) planteó como objetivo principal de su investigación desarrollar un análisis multitemporal de la cobertura en el sector norte urbano de Soacha en un periodo que comprende los años 1891 y 2007, para esto, llevo a cabo la caracterización de las coberturas de la tierra en cinco grandes grupos: superficies artificiales, zonas agrícolas, zonas forestales, zonas húmedas y superficies de agua. Como resultado, la conurbación de Bogotá y Soacha fue identificada como la fuerza conductora de cambio sobre el territorio, al tratarse de dos centros urbanos aislados en un principio, pero a razón de una tasa de crecimiento urbano de 18 Ha/ año, se constituyó un tejido urbano continuo de 428 Ha, esto trajo consigo procesos de denudamiento de suelo en zonas aledañas, la desaparición total de pastizales naturales, que para el año 1981 correspondía a 23 Ha y la transformación de ecosistemas estratégicos como humedales, que presentaron una pérdida de 38 Ha a una tasa de transformación de 09 Ha/ año (Gonzáles, 2010).

Por otra parte, Castillo y Rodríguez (2017) estudiaron la dinámica multitemporal de la cobertura vegetal acuática de la laguna de Fúquene, ubicada en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá en un lapso de 29 años (a partir de 1984, hasta el 2013). Para tal fin, realizaron la composición de color falso (RGB 453) en el software GRASS 6.3 con el objetivo de discriminar diferentes tipos de vegetación y espejos de agua (Tarasenko, 2013), llegados a este punto, los autores efectuaron la clasificación de las coberturas de la tierra con cinco categorías: Espejo de agua, vegetación emergente de ribera (vegetación ubicada en el borde de la laguna), vegetación acuática flotante, praderas emergentes y áreas cultivadas, para así determinar las correlaciones lineales de Rho-Spearman entre coberturas (Castillo y Rodríguez, 2017). Finalmente, el estudio concluyó que en la década de los noventa los cambios más significativo, al concentrarse la aparición de cobertura vegetal acuática en las orillas sur y norte de la laguna, y como la intervención de obras hidráulicas (canales) y la consolidación de áreas de cultivo han conducido a la concentración de compuestos orgánicos en el cuerpo de agua, frente a la correlación de variables, la vegetación acuática flotante, praderas emergentes, las áreas cultivadas, las coberturas de praderas emergentes y la vegetación acuática flotante presentaron un $P > 0.05$ lo que demostró que cada una de ellas crecieron de manera conjunta, aunque a ritmos diferentes, caso contrario con la correlación del espejo de agua y las coberturas de vegetación acuática flotante y pradera emergentes, su asociación lineal fue negativa, esto quiere decir que el crecimiento progresivo de las dos coberturas mencionadas desencadenó la pérdida del 78,7% del espejo hídrico, a causa de procesos de eutrofización, generados a su vez por el vertimiento de aguas residuales (Castillo y Rodríguez, 2017).

Para terminar, Rojas (2018) realizó un análisis sobre la dinámica territorial del Humedal Tibabuyes de Bogotá durante el periodo que comprende los años 2004 y 2014, como objetivo general planteó un análisis multitemporal sobre la disminución del territorio del humedal a causa de los asentamientos humanos que allí tuvieron lugar. Durante su metodología, inició con la digitalización en ArcMap 10.3 de ortofotos de los años 2004, 2007, 2009 y 2014 obtenidas de la plataforma Infraestructura de Datos

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Espaciales para el Distrito Capital [IDECA], luego llevó a cabo una verificación en campo sobre puntos de interés, de igual manera compiló e identificó los proyectos viales, predios privados y desarrollos urbanísticos que tuvieron lugar en el área de estudio, al igual que efectuó una revisión de las dinámicas poblacionales en las UPZ aledañas al humedal (Tibabuyes, El Rincón, Bolivia y El Minuto de Dios), como resultados determinó que de las 223,37 Ha del humedal, se perdieron 19,88 Ha equivalentes al 8,94% del área total, por otro lado, el desarrollo de proyectos viales generó la mayor pérdida de territorio al transformar 6,60 Ha, seguido de asentamientos formales e informales con un área de cambio igual a 2,98 Ha (Rojas, 2018). Por lo que se refiere a las presiones ejercidas por la densidad poblacional de las UPZ, se estableció que Rincón ocupó el primer lugar, seguida de Tibabuyes y Minuto de Dios, mientras que Bolivia no representó una presión considerable para la autora; como propuesta de gestión, Rojas (2018) planteó una sala pedagógica que buscar promover la integridad entre las comunidades aledañas y el humedal, al mismo tiempo se encargue de ejecutar actividades de gestión sostenible, de forma compartida con las entidades de gobernanza del territorio, para así generar conocimientos sobre las riquezas del humedal. De esta manera, concluyó que a pesar de las múltiples presiones sobre el ecosistema, a partir del desarrollo de los proyectos, planes y programas del PMA los impactos disminuyeron, pero considera importante realizar un proceso de seguimiento sobre la gestión del humedal para identificar oportunidades de mejora (Rojas, 2018).

10.2. Marco Teórico

10.2.1. Humedales

Los humedales están definidos como “aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 2013, p.7); es decir, el concepto de humedal abarca a gran escala ecosistemas donde su eje principal es el agua, debido a la influencia que posee sobre las dinámicas de la biota y el medio (Herrera, Sepúlveda y Aguirre, 2008). Tanto así que, dos de los tres componentes que conforman la unidad ecológica declarada en el decreto 190 de 2004 para los Parques Ecológicos Distritales de Humedales, son referentes al medio acuático; ronda hidráulica y cuerpo de agua. Con respecto a las Zonas de Manejo y Preservación Ambiental [ZMPA] se establece, entre otras muchas cosas, de acuerdo a los dos primeros componentes mencionados. La composición de la unidad ecológica de los humedales, tiene como objetivo desarrollar lineamientos territoriales en el ecosistema para determinar qué áreas se deben conservar para mantener los principales procesos ecológicos (Decreto 190, 2004).

Por otro lado, a un nivel nacional, Según Vilarly, et al, el país cuenta con 11 tipos de humedales naturales cuya formación varía de acuerdo a su localización geográfica; empezando con lagunas de alta montaña, pasando por planicies de inundación, turberas, morichales, madre viejas hasta ciénagas y várzeas. La diversidad de humedales del país está relacionada con su múltiple topografía y sus condiciones climáticas generadas por su ubicación en el trópico (2014).

Ahora bien, a nivel distrital el DAMA en la política de humedales del distrito capital, clasifica a los humedales capitalinos de acuerdo a su origen, tipología y posición orográfica, generando tres categorías; humedales de páramo, andinos de ladera y de planicie (2006).

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

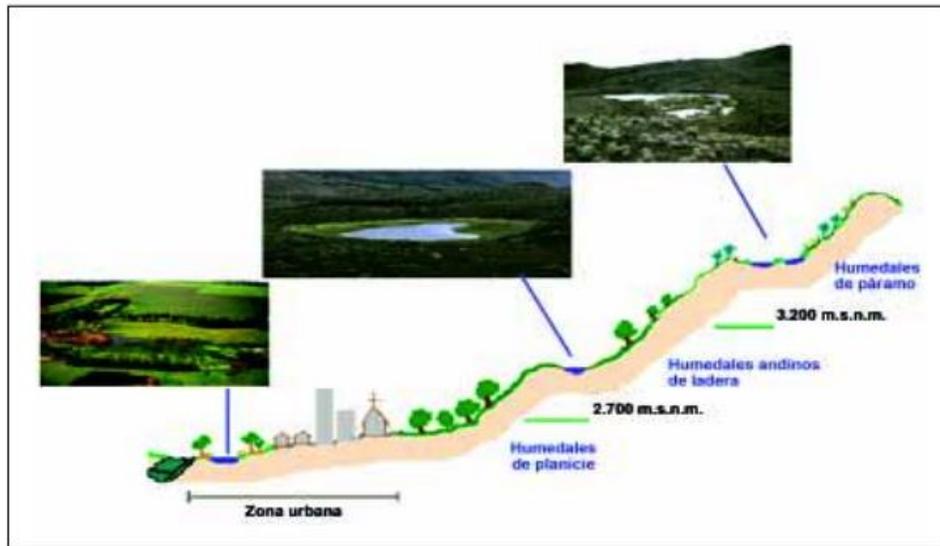


Figura 2. Tipos de humedales Distrito Capital de Bogotá. DAMA (2006).

Conforme a las tres características descritas en el párrafo anterior, el Humedal Jaboque se encuentra por debajo de 2.700 msnm siendo un humedal de planicie (Ver Figura 2), en sus aspectos morfológicos presenta un espejo único múltiple, áreas inundables morfométricamente no uniformes, de origen fluviolacustre y la sabana como posición orográfica.

Este tipo de humedales ha presentado históricamente grandes transformaciones, comenzando por las prácticas agrícolas indígenas, mediante la construcción de camellones y zanjas. Luego, en la época de la conquista el objetivo era secar la sabana para actividades ganaderas, después con la inclusión de pesticidas y abonos a comienzos del siglo XX, el efecto fue el aumento de eutrofización y contaminación de agua en los pocos humedales que sobrevivieron al desecamiento. De manera semejante, en la segunda mitad del siglo XX se intensificaron las degradaciones y contaminaciones a causa de la expansión urbana no planificada por un crecimiento poblacional exponencial oriundo del desplazamiento forzado en el margen del conflicto armado. Estos asentamientos cercanos a los humedales de planicie, son caracterizados por no tener los servicios sanitarios básicos y vivir en condiciones de precariedad, convirtiéndose estos en botaderos de basura y zonas de pantano “inservibles” (DAMA, 2006, p. 39).

10.2.2. Estructura Ecológica Principal

La Estructura Ecológica Principal es entendida como una “red de espacios y corredores que sostienen y conducen la biodiversidad y sus procesos ecológicos esenciales a través del territorio” (Posada y Paéz, 2016 citando al Decreto 190, 2004) constituyéndose en un elemento significativo para la planificación del Distrito, ya que conecta el componente urbano con el ecológico; impactando de manera directa la ocupación del territorio y su población.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Sumado a lo anterior, la estructura ecológica principal ocupa una superficie del 42% del área total de Bogotá, la cual está integrada por cuatro componentes; Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos, Corredores Ecológicos y Área de Manejo Especial del río Bogotá (Andrade et al, 2008), esta última conforma el eje integrador de la EEP (Decreto 190, 2004).

Ahora bien, el Parque Ecológico Distrital es una de las cinco categorías del componente de Áreas Protegidas del Distrito debido a sus altos valores biológicos para el patrimonio natural de la ciudad (Decreto 190, 2004), la categoría en mención incluye dos tipos; de montaña y humedales. Los Parques Ecológicos Distritales de Humedal son en total 16, cuentan con una extensión de 799.68 Ha (Contraloría de Bogotá D.C, 2018) enfocadas hacia la preservación y conservación de fauna y flora; tanto así, que se podría afirmar que “los humedales forman parte esencial de la EEP del distrito”(Cardozo, 2017, p. 63).

En definitiva, la Estructura Ecológica Principal junto con sus componentes, es un instrumento de ordenación del territorio y eje articulador (Cardozo, 2017) entre las áreas naturales y el crecimiento urbano del distrito. Por lo cual, es necesario establecer relaciones entre la EEP y el proceso de expansión urbana (Posada y Paéz, 2016) para definir estrategias de solución a problemáticas de conflictos en el uso del suelo y ocupación del territorio.

10.2.3. Crecimiento Urbano en Bogotá

La expansión urbana en Latinoamérica para el año 2013 tuvo un promedio de 1076 Ha/ año (Inostroza, 2017 citando a Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013), mientras que Bogotá D.C. presentó para ese mismo año una tasa de crecimiento de 317 Ha/ año, sin embargo, el distrito capital se caracteriza por ser una de las ciudades con más densidad poblacional en el mundo con 272 habitantes/ hectárea y mostrar tendencias opuestas, ya que mientras la densidad poblacional del continente disminuye, en Bogotá se presentaba un crecimiento del 27% que superó 2.5 veces el promedio de Sur América (Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013).

La expansión del tejido urbano se ha visto impulsada por proceso migratorios de la población rural del país y se ha concentrado sobre el norte y occidente de la ciudad, precisamente sobre las zonas aledañas al Río Bogotá, en las localidades de Suba, Kennedy, Bosa, Fontibón y Usme; estas zonas de crecimiento presentaron diferencias muy marcadas frente al interior de la ciudad, ya que se desarrollaron sobre zonas aisladas en su momento, no presentaban un grado de concentración que permitiera considerarlos como barrios (Inostroza, 2017) y la construcción de estos sectores fue realizada por sus propios habitantes (Inostroza, 2017 citando a Navarrete y Forero, 2008). Esto ocasionó una estructura discontinua (Inostroza, 2017 citando a Ortiz y Morales, 2002) y un desarrollo urbanístico que no es sostenible en un mediano y largo plazo, debido a la ocupación de sectores adyacentes a áreas de gran valor ecológico, que a su vez genera pérdidas en la biodiversidad local (Duque et al., 2019) y la constante vulnerabilidad de estos asentamientos a periodos de inundación (Inostroza, 2017 citando a Alonso, 2012).

Se determina que el desarrollo urbano de Bogotá en su mayoría ha sido informal y ha excedido el sistema de planificación, lo que generó que el tejido urbano sea abierto, fragmentado y heterogéneo, donde los

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

elementos que lo componen no se relacionan entre sí (Inostroza, 2017 citando a Hidalgo & Borsdorf, 2009; Levy, 1999), este modo de urbanización es conocido como Peri-urbanización (Inostroza, 2017), y hace referencia al establecimiento de zonas residenciales aisladas que invaden zonas rurales pero con el paso del tiempo y la multiplicación del mismo se acopla a cascos urbanos ya establecidos (Inostroza, 2017 citando a Borsdorf, 2003; Hidalgo & Borsdorf, 2009; Longchamp, 1989).

10.2.4. Efectos de la Urbanización en los Humedales

Las distintas actividades humanas no sostenibles ocasionan mayor impacto en los ecosistemas más cercanos, los humedales del distrito se caracterizan por estar inmersos en las urbes y malla vial de la ciudad, por lo cual están siendo destruidos y/o alterados por factores como la agricultura intensiva, urbanización, contaminación, entre otros (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002). Según González 2018 factores como la migración intensa, el crecimiento poblacional y la desigualdad económica, inciden en la expansión e insuficiencia de zonas verdes contribuyendo al deterioro de los humedales.

De manera semejante, un estudio del estado ecológico de los humedales en Colombia en los últimos 15 años analizó cuáles son los factores y problemáticas más habituales que se presentan en estos ecosistemas, por lo cual “se encontró que los procesos urbanísticos son un factor influyente de alto impacto en el deterioro del humedal” (Navarro, Ruíz y Rodríguez, 2016, p.1). Es decir, el crecimiento físico de la ciudad provoca una pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación del ecosistema (Andrade, Delgado y Franco, 2012), además de un aumento en la concentración de los contaminantes causando súbitas en la materia orgánica reduciendo el oxígeno disuelto, que desencadenan procesos de eutrofización, alterando dinámicas en la hidrología y estructura del paisaje (Cortés, 2018 citando a Ehrenfeld 2004; Kentula, Gwin y Pierson 2004; Rubbo y Kiesecker, 2005) todo lo anterior enmarcado en la premisa que los asentamientos tanto legales como ilegales generan vertimientos de aguas residuales sin tratamiento alguno, lo cual convierten a los ríos urbanos en alcantarillado a cielo abierto (Andrade, Delgado y Franco, 2012) originando procesos degenerativos en el espejo hídrico y cobertura vegetal a medida que pasa el tiempo.

En la década de los cincuenta la ciudad albergaba una gran cantidad de humedales que fueron desapareciendo a causa del crecimiento urbano que se venía dando (Cortés, 2018 citando a Andrade, 2003). Puesto que, a mediados del siglo XX la violencia y los conflictos internos en el país originaron grandes migraciones de zonas rurales a la capital, generando asentamientos ilegales en las periferias como Bosa, Fontibón, Engativá, Usaquén y Usme los cuales fueron anexionados a Bogotá (Cortés, 2018 tomado de Zambrano, 1998). Estos asentamientos se caracterizaban por no tener las condiciones sanitarias básicas vertiendo residuos sólidos y aguas residuales en los humedales (Cortés, 2018 tomado de Zambrano, 1998) por lo cual existe desinterés por parte de la comunidad que según el DAMA “los humedales eran concebidos como basureros y zonas de pantanos, y no se tenía en cuenta su valor paisajístico” (2006, p. 39).

Con base a lo anterior, es importante enmarcar soluciones enfocadas al crecimiento verde tal como lo plantea González; enfocadas al crecimiento económico sin dejar a un lado las dinámicas ecosistémicas y la protección del medio ambiente. Dicha propuesta está basada en cuatro factores que afectan la dinámica

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

urbana de los humedales de Bogotá, siendo lo social, urbanístico, económico y ambiental categorías interrelacionadas para dicho fin (2018).

10.2.5. Análisis Multitemporal

La teledetección se ha convertido en la técnica más efectiva para monitorear cambios sobre un territorio (Yang, Li, Zipper, Shen, Miao & Donovan 2018 citando a Coppin y Bauer, 1996; Mouat et al., 1993; Kaiser, 2009), la detección de los cambios sobre las coberturas y uso de la tierra se ha realizado con éxito en distintas áreas del conocimiento y bajo diferentes metodologías (Yang et al., 2018 citando a Kennedy et al., 2007), la disponibilidad de imágenes satelitales ha incrementado con el pasar de los años y ha ocasionado que estas se conviertan en el insumo más utilizado para el monitoreo y análisis sobre cambios en el uso y las coberturas de la tierra (Yang et al., 2018). En este orden de ideas, los mapeadores temáticos Landsat (LTM por sus siglas en inglés) y los mapeadores temáticos mejorados (ETM+) registran la reflectancia emitida por la tierra en sus diferentes bandas espectrales, cuentan con una resolución espacial de 30 metros y son ideales para la teledetección de cambios sobre las coberturas de la tierra (Zhao et al., 2018 citando a DeVries et al., 2015; Gómez, White & Wulder, 2016 citando a Cohen & Goward, 2004).

A partir de la primer misión de observación terrestres conocida como Landsat-1 en el año 1976, diferentes organizaciones internacionales han generado productos cartográficos a nivel regional y global (Belward y Skøien, 2015), programas como National Land Cover Database [NLCD] en Estados Unidos y National Carbon Accounting - Land Cover Change Project [NCAS-LCCP] en Australia generan cartografía con una periodicidad que no supera los tres años, mientras que en Brasil el Programa de Cálculo de Deforestación de la Amazonia [PRODES por sus siglas en portugués] producen mapas de cobertura terrestre cada año (Gómez, White & Wulder, 2016). Sin embargo, la periodicidad de un análisis multitemporal debe tener en cuenta aspectos como la densidad poblacional y el desarrollo tecnológico de una región, puesto que se consideran catalizadores de la transformación superficial (Gómez, White & Wulder, 2016 citando a Goldewijk, 2001), regiones periféricas a urbes son áreas de transformación rápida y permanente por lo que demandan evaluar imágenes en series consecutivas, mientras que existen áreas estables al cambio como por ejemplo reservas naturales pueden evaluarse mediante series discontinuas (Gómez, White & Wulder, 2016). De manera que un análisis multitemporal más allá de cuantificar zonas de cambio y procesar imágenes satelitales, debe evaluar los patrones espacio-temporales del cambio, al identificar la ubicación, extensión y dirección del mismo, para solo así generar conocimiento sobre los procesos subyacentes y motores de la transformación que ha sufrido una región (Kennedy et al. 2014), los cambios sutiles deben considerarse tan importantes como los cambios rápidos (Gómez, White & Wulder, 2016 citando a Lambin et al., 2003).

Finalmente, se hace importante generar productos de mapeo de coberturas terrestres aprovechables para futuras evaluaciones del cambio, puesto que las diferencias en esquemas de clasificación, resolución espacial de los insumos y el nivel de detalle, genera dificultades para realizar comparaciones futuras (Bai et al., 2014), por lo que se recomienda acoplarse a esquemas ya utilizados por comunidades científicas y políticas de organizaciones internacionales, tales como MODIS desarrollado por la Nasa, Vegetation Continuous Field [VCF] ampliamente utilizado en Estados Unidos y CORINE Land Cover Project desarrollado en Europa (Gómez, White & Wulder, 2016 citando a Hansen et al., 2013).

10.3. *Marco Conceptual*

10.3.1. Categoría de uso múltiple:

“Es aquella zona donde se realizará la producción sostenible, para restauración la subzona de manejo, es el de recuperación” (MADS, 2014, p. 59).

10.3.2. Conservación:

Conjunto de actividades dirigidas al mantenimiento y aprovechamiento sostenible de los procesos ecológicos esenciales y los recursos naturales renovables. Comprende la preservación, la restauración y el uso sostenible (Decreto 190, 2004, p. 88).

10.3.3. Unidad de Planeamiento Zonal [UPZ]:

Tiene como propósito definir y precisar el planeamiento del suelo urbano, respondiendo a la dinámica productiva de la ciudad y a su inserción en el contexto regional, involucrando a los actores sociales en la definición de los aspectos de ordenamiento y control normativo a escala zonal (Secretaría Distrital de Planeación, 2011).

10.3.4. Ordenamiento Ambiental Territorial:

La planificación, el seguimiento, y la evaluación de resultados e impactos en cuanto al manejo, uso, ordenamiento y aprovechamiento del territorio del Distrito Capital, debe considerar la complejidad e importancia de los humedales como elementos fundamentales de la Estructura Ecológica Principal, siendo compatible con sus características ecológicas y su papel en la Ciudad-Región (Decreto 624, 2007).

10.3.5. Parque Ecológico Distrital:

“Es un área de alto valor escénico o biológico que, tanto por sus condiciones de localización y accesibilidad se destina a la preservación, restauración y aprovechamiento sostenible y racional de sus elementos biofísicos y para la recreación pasiva” (DAMA, 2004, p. 93).

10.3.6. Plan de Ordenamiento Territorial:

Instrumento técnico y normativo para el ordenamiento territorial de un municipio con una población mayor a 100.00 habitantes, define un conjunto de objetivos, políticas, estrategias, metas, programas y proyectos para el desarrollo físico del territorio, establecido por la Ley 388 de 1997 (Cámara de Comercio, s.f).

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

10.3.7. Preservación:

“Conjunto de actividades dirigidas a proteger y mantener las características y dinámicas de los ecosistemas y los paisajes” (Decreto 190, 2004, p. 88).

10.3.8. Rehabilitación:

“Tiene por objeto reparar la productividad o los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales” (MADS, 2014, p. 59).

10.3.9. Restauración ecológica:

“Tiene por objeto iniciar o acelerar procesos de restablecimiento de un área degradada, dañada o destruida en relación a su función, estructura y composición” (MADS, 2014, p. 59).

10.3.10. Ronda hidráulica:

“Es la zona de protección ambiental e hidráulica no edificable de uso público, constituida por una faja paralela o alrededor de los cuerpos de agua, medida a partir de las líneas de mareas máximas (máxima inundación), de hasta de 30 metros de ancho, destinada principalmente al manejo hidráulico y la restauración ecológica” (Decreto 190, 2004, pp. 87-88).

10.3.11. Tasa de cambio:

Los cambios que presenta la superficie cubierta con diferentes coberturas de la tierra a través del tiempo están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio, este indicador permite determinar la dinámica que presentan estos cambios y cuantificar la tasa en la que algunas coberturas ganan y otras pierden superficie (IDEAM, s.f).

$$TCDC_{ijt12} = \left(\frac{\left(\frac{SCT_{ijt2} - SCT_{ijt1}}{SCT_{ijt1}} \right)}{T_2 - T_1} \right) * 100$$

- $TCDC_{ijt12}$ = Es el promedio anual de variación en la superficie que ocupa la cubierta de la tierra i, en la unidad espacial de referencia j entre dos instantes de tiempo t, 1 y 2.
- SCT_{ijt1} y SCT_{ijt2} = Son las superficies que ocupa la cubierta de la tierra i, en la unidad espacial de referencia j en los instantes de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.
- t_1 y t_2 = Son los años correspondientes al instante de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

10.3.12. Zonas de Manejo de Preservación Ambiental:

Franja de terreno público o privado, contigua a la ronda hidráulica, que tiene como fin generar una adecuada transición entre áreas urbanizadas y una estructura ecológica, como también, generar una defensa para el sistema hídrico (Empresa de renovación y desarrollo urbano de Bogotá , 2016).

10.3.13. Zonas de ronda:

Se refiere al terreno natural que ocupa la creciente de aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efectos de lluvia o deshielo (CAR, s.f.).

10.3.14. Desarrollo urbano informal:

Hace referencia a las malas condiciones de vida y la ausencia de estándares adecuados de planeación urbana en las características físicas y de infraestructura de un hogar, que a su vez, fue constituido por medio de una ocupación ilegal (Inostroza, 2017).

10.4. *Marco Normativo*

10.4.1. Normatividad de humedales

El contexto internacional comienza en 1970 en Spoo-Francia sobre la conservación de los humedales y aves acuáticas, a partir de ahí se realizó una Conferencia Internacional sobre la Conservación de los Humedales y las Aves Acuáticas [Ramsar] en 1971 en Irán (Ramsar, 1970), con el objetivo de incluir esta temática en el ámbito internacional y cooperación para la resolución de este campo (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006). Sin embargo, para el año 1999 la convención decretó la Resolución Ramsar VII.20 ya que muchas de las partes contratantes no habían realizado un inventario nacional de humedales, en este se buscaba caracterizar la pérdida de los mismos e identificar cuáles eran susceptibles a una restauración, así que se solicitó conferir una prioridad alta al desarrollo del inventario en el próximo trienio, por último se destaca la Resolución VIII.14 de 2002 que establece los nuevos lineamientos para realizar la planificación de la gestión de sitios Ramsar (Chaves, Santamaría, Sánchez y Sarmiento, 2016).

En Colombia, con la Ley 357 de 1997 se aprueba la Convención Ramsar y se establece que se debe seleccionar la lista de humedales que por sus características ecológicas, botánicas, limnológicas e hidrológicas son relevantes para las aves acuáticas, y los que fueran seleccionados debían contar una herramienta de planificación y gestión con enfoque de conservación (Ley 357, 1997) . Mediante el Decreto 224 de 1998, se designa al sistema Delta Estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta como el primer humedal de importancia internacional en Colombia (Chaves et al., 2016). Considerando el compromiso internacional se crea La política Nacional para Humedales Interiores de Colombia [PNHIC] en el 2002, con el objetivo de desarrollar estrategias orientadas al (1) manejo y uso

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

sostenible de los recursos generados por un humedal a través de un ordenamiento ambiental territorial que reconozca su importancia, (2) conservación y recuperación de estos ecosistemas y (3) la concientización y sensibilización a comunidades locales y la sociedad en general a través de la articulación y fortalecimiento de trabajos de instituciones gubernamentales, todo lo anterior enmarcado en establecer objetivos y acciones específicas para dar cumplimiento a la ley 357 de 1997 (PNHIC, 2002).

El estado buscó reforzar la Política Nacional mediante una reglamentación del uso sostenible, conservación y manejo de los humedales mediante la Resolución 0157 de 2004 expedida por el llamado en ese tiempo Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Chaves et al., 2016), este objetivo se complementa con la guía técnica para la formulación de PMA, dicha guía fue una adaptación del modelo Ramsar desarrollado en 1994 por el Centro de Asesoría y Entrenamiento de Humedales de Holanda (Resolución 196, 2006). Para resaltar, se establecen lineamientos que faciliten las etapas de formulación, actualización o complementación de planes de manejo para humedales y su delimitación, además presenta anexos con un sistema para clasificar bienes y servicios ecosistémicos, criterios para la identificación y delimitación (Resolución 196, 2006). Para el año 2018, se buscó centralizar la formulación, implementación, evaluación y seguimiento de los esfuerzos dirigidos a la gestión de humedales para así alcanzar lo estipulado por la política nacional de humedales interiores y las responsabilidades asumidas con la convención Ramsar, todo lo anteriormente mencionado a través del Consejo Nacional de Humedales, constituido por la Resolución 301 de 2010 como ente asesor del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Resolución 1497, 2018).

Del mismo modo, según el Plan Estratégico de Ramsar para 2016-2024 tiene como meta la conservación de los sitios Ramsar mediante acciones locales y nacionales enmarcadas en la cooperación internacional y desarrollo sostenible; el Plan estratégico en mención, contiene 4 objetivos generales y 19 metas específicas que tiene como objeto la conexión de los distintos actores interesados para detener el deterioro de aquellos ecosistemas. El primer objetivo hace frente a los factores que impulsan la pérdida y degradación de los humedales, el segundo lleva a cabo una conservación y un manejo eficaces de la red de sitios Ramsar, el tercero realiza un uso racional de todos los humedales y el cuarto está enfocado en las medidas para reforzar la implementación de los anteriores tres objetivos, implicando acciones de las partes interesadas y la gestión interna y externa que se pretenda (2015). Lo anterior, debe estar en marcado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que por sus múltiples servicios ecosistémicos proveen al ser humano bienestar, crecimiento económico, mitigación del clima aportando al logro de los ODS (Ramsar, 2018).

Por lo que se refiere a Bogotá, con el Decreto Distrital 190 de 2004 y el Acuerdo Distrital 577 de 2014 se establecieron once (11) humedales como Parques Ecológicos Distrital de Humedales [PEDH], que a su vez conforman la Estructura Ecológica Principal [EEP] de la capital (Decreto 1468, 2018), el primer establecimiento de la ZMPA del Humedal Jaboque se realizó bajo el Acuerdo 35 de 1999.

Con el Decreto 624 de 2007 el Alcalde Mayor de Bogotá adopta la política de humedales del Distrito Capital, esta plantea como objetivo principal conservar los ecosistemas de humedal en vista de los bienes y servicios ecosistémicos que ofrece a la ciudad y región, de manera que plantea como visión hacer de los humedales una red áreas protegidas mediante la construcción social del territorio, educación ambiental, uso y manejo sostenible, recuperación y protección ecológica, enmarcados en planes de manejo ambiental con planes de seguimiento y evaluación de la gestión (2007). En consonancia con lo anterior, la administración de Bogotá adopta medidas que permitan conservar, recuperar y preservar en

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

el tiempo los humedales, establece instituciones responsables e instancias que permitan dar cumplimiento a dichas medidas, de igual manera se advierten actos correctivos y sancionatorios para personas naturales o jurídicas que incumplan lo allí establecido (Decreto 386, 2008).

Sabiendo que el complejo de humedales de Bogotá, pertenece al área hidrográfica de del Magdalena-Cauca, zona hidrográfica Alto Magdalena, subzona hidrográfica de la cuenca del Río Bogotá (Decreto 1468, 2018 citando a IDEAM, 2013), la actualización y ajustes realizados sobre el plan de manejo y ordenamiento de la cuenca [POMCA] del Río Bogotá 2019 es aplicable para los tramos rurales o de expansión urbana del Humedal Jaboque (Resolución 0957, 2019).

La Alcaldía de Bogotá con el decreto 062 de 2016 establece mecanismos, lineamientos y directrices para la elaboración y ejecución de planes de manejo ambiental para humedales ubicados en la zona urbana del Distrito Capital, además reafirma que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB] tiene facultad para realizar estudios y acciones en pro de los humedales, dicho de otra manera es la encargada del manejo, mientras que SDA está encargada de la administración (Decreto 062, 2006).

Con base a lo establecido por el Decreto Distrital 190 de 2004, el PEDH Jaboque es de jurisdicción compartida por la CAR y la SDA, por lo tanto la aprobación y seguimiento del PMA debe realizarse por medio comité técnico conformado por las dos autoridades ambientales bajo los lineamientos de la Resolución Conjunta CAR-SDA No. 3712 de 2011 (Resolución Conjunta CAR-SDA 01, 2015), dicho Plan de Manejo Ambiental del Humedal Jaboque fue producto del convenio de cooperación No. 24100-061-2006 en el que se le designaron los estudios de diagnóstico a la Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá constituido por nueve capítulos dentro de los cuales se pueden destacar la zonificación ambiental, plan de acción y el cronograma general (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006). Su aprobación fue decretada en la Resolución conjunta CAR-SDA 01 de 2015 (Decreto 1468, 2018).

10.4.2. Ordenamiento Territorial

La planificación del territorio en Colombia inició con la Ley 152 de 1994, ya que en esta se establecieron los parámetros y directrices para diseñar los planes de desarrollo, con estos se buscó asegurar la continuidad de proyectos, participación de toda la ciudadanía durante la discusión del plan y la coordinación de autoridades de orden nacional hasta un nivel municipal.

No obstante, surgió la necesidad de promover el uso equitativo y racional del suelo, la protección del patrimonio ecológico y cultural, como también la prevención de desastres por asentamientos en zonas inestables, de modo que se presentó la ley 388 de 1997, esta busca armonizar el trabajo interinstitucional entre entidades territorial, autoridades ambientales, administrativas y de planificación a través del instrumento técnico y normativo conocido como Plan de Ordenamiento Territorial [POT] por lo que respecta a municipios y distritos con una población superior a 100.000 habitantes (Ley 388, 1997). Dicha disposición se fortalece con mecanismos de integración, coordinación y armonización de las entidades competentes para la implementación de planes de ordenamiento territorial dispuestos en la Ley 614 de 2000, y se enfocan las disposiciones de las leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 en el marco del desarrollo del ordenamiento del suelo y normas urbanísticas con el Decreto 3600 de 2007 (Chaves et al., 2016). Sin embargo, con la Ley 1454 de 2011 se consideró necesario definir competencias en materia de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

ordenamiento a entidades territoriales y definir los principios rectores de la planificación territorial en Colombia.

Con respecto al ordenamiento ambiental regional, se designado como responsables a las Corporaciones Autónomas Regionales con el Decreto 1200 de 2004, allí se presentaron tres instrumentos de planificación: Plan de Gestión Ambiental Regional [PGAR], (2) Plan de Acción Trianual [PAT] y (3) Plan Operativo Anual de Inversiones [POAI], en conjunto buscan contribuir al desarrollo sostenible a corto, mediano y largo plazo del territorio.

En la actualidad el POT que rige a Bogotá fue adoptado con el Decreto Distrital 190 de 2004 el cual estipula en su capítulo II las definiciones, objetivos, componentes y principios de la Estructura Ecológica Principal, frente al Humedal Jaboque este se establece como Parque Ecológico Distrital en el artículo 95 y se señalan los regímenes de uso principales, compatibles, condicionados y prohibidos en el artículo 96 (2004). Respecto a las Unidades de Planeamiento Zonal [UPZ] 73 - Garcés Navas y 74 - Engativá donde se ubica el Parque Ecológico Distrital de Humedal, solo se presenta reglamentada y adoptada la primera por medio del Decreto 073 de 2006, modificado posteriormente por el Decreto 590 de 2018 para realizar y hacer efectivas correcciones cartográficas (Decreto 590, 2018).

10.5. *Marco geográfico*

El Humedal Jaboque, está ubicado en la localidad de Engativá occidente de Bogotá D.C., pertenece a la estructura ambiental y de espacio público de las UPZs No. 74 - Engativá y 73 - Garcés Navas. Al tratarse de un Parque Ecológico Distrital de Humedal, el cual es de jurisdicción compartida por la CAR y la SDA, cuenta con un área aproximada de 151.9 Ha y es considerado una subcuenca cerrada en la llanura fluvio-lacustre del Río Bogotá (Resolución Conjunta CAR-SDA 01, 2015), Sus límites convergen con el Aeropuerto Internacional El Dorado y las urbanizaciones Villas de Granada, Villa de Mar, Bolivia, Villa Amalia y Álamos norte (Moreno, García y Villalba, s.f, págs. 10-11).

Con el fin de evaluar los efectos de los procesos de urbanización sobre el ecosistema, el área de estudio comprende un área de 1148,015 Ha, puesto que comprende el Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque sectorizado en un tercio alto, medio y bajo (Ver Anexo 1) y las UPZs 73 y 74. Como principales problemáticas en el bioma, se evidencian procesos de eutrofización, fragmentación de la ZMPA a causa de ocupaciones urbanas y obras hidráulicas, contaminación por disposición de residuos y aguas residuales, desagüe inducidos y pérdida de riqueza biológica (Resolución Conjunta CAR-SDA 01, 2015).

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

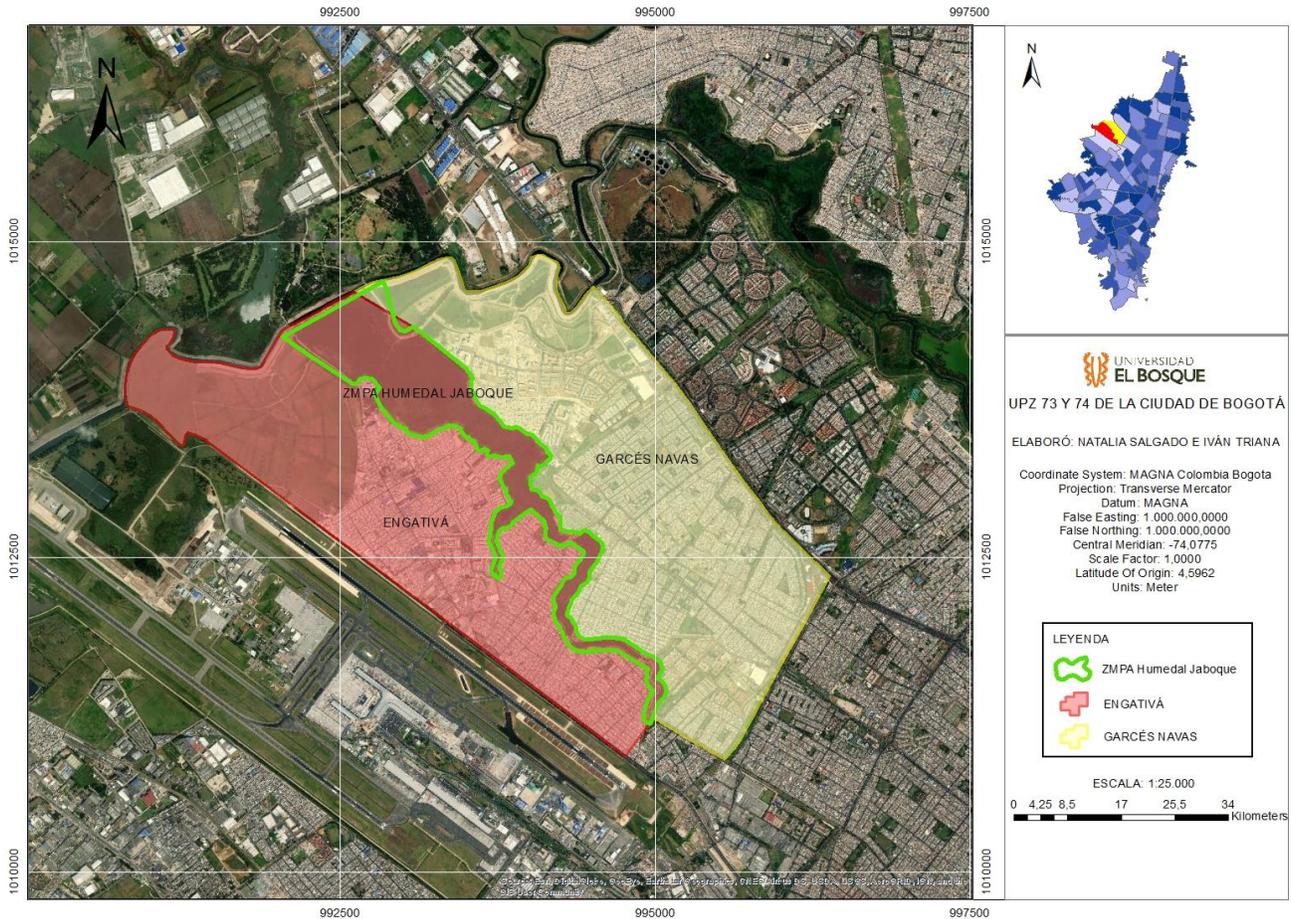


Figura 3. Localización del área de estudio. Autores

10.6. Marco Institucional

Organigrama de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB], encargada del manejo y gestión del Humedal Jaboque. Como primera en mando, Lady Johana Ospina Corso gerente general de la empresa, luego la sección encargada de temas de saneamiento y sistema hídrico está liderada por Maritza Zarate, que a su vez cuenta con dos directores especializados para cada área, la Dirección de Gestión Ambiental del Sistema Hídrico a cargo del profesional Edgar Rojas, es la encargada del manejo de las cuencas Salitre, Torca, Fucha y Tunjuelo; el Humedal Jaboque se enmarca dentro de la cuenca salitre manejada por la ingeniera Lady Quintero, quien es la profesional a cargo de la gestión y manejo de los temas referentes a este humedal junto con el Juan Amarillo, Santa María del Lago, Córdoba y Salitre.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

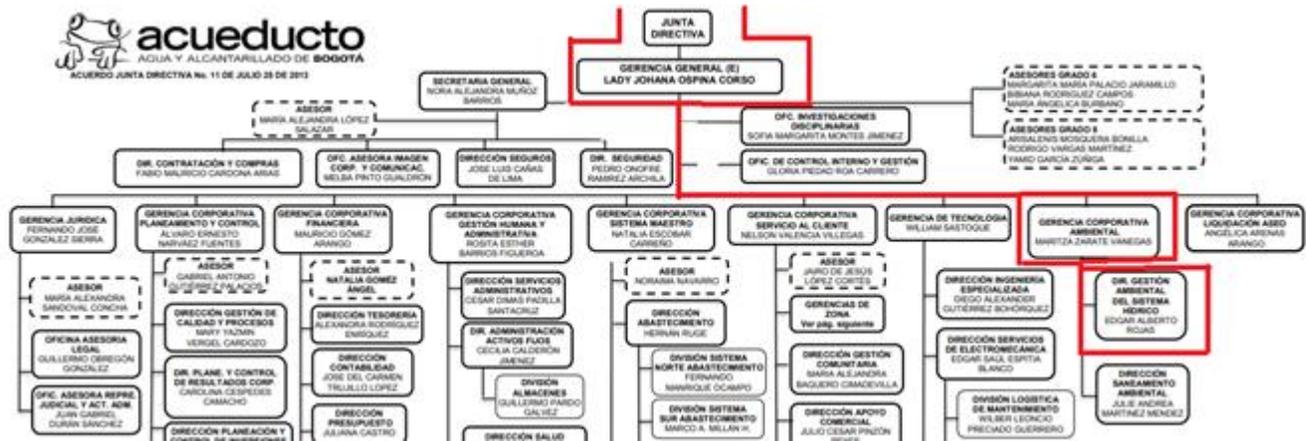


Figura 4. Organigrama de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. EAAB-ESP (2019).

11. Metodología

11.1. Diseño Metodológico

11.1.1. Enfoque de la investigación

El presente proyecto de grado tuvo un enfoque mixto; ya que buscó generar un entendimiento completo y una perspectiva profunda (Hernández-Sampieri, 2014 citando a Newman et al., 2002) de los efectos de los procesos de urbanización sobre el Humedal Jaboque, a partir de datos cuantitativos y cualitativos (Ídem).

El enfoque cuantitativo se empleó durante los objetivos específicos 1 y 2, en el desarrollo de un escenario retrospectivo y el cálculo de las correlaciones lineales entre unidades de cobertura identificadas en la UPZ 73 y 74, ambos utilizaron técnicas y metodologías aceptadas por la comunidad científica, para luego realizar un análisis de resultados a través de métodos estadísticos (Hernández-Sampieri, 2014). Por otra parte, el enfoque cualitativo se llevó a cabo en la formulación de la propuesta de zonificación ambiental, dado que “se fundamentó en la perspectiva interpretativa centrada en el entendimiento del fenómeno” (Hernández-Sampieri, 2014, p. 9), es decir, se establecieron las zonas de uso y manejo a partir de la interpretación de las variaciones espacio temporales observadas en los últimos 31 años en la UPZ Garcés Navas y Engativá.

La unidad de análisis, comprende un periodo de evaluación de 31 años (1988-2019) y se definió de acuerdo al territorio delimitado por las Unidades de Planeación Zonal 74 (Engativá) y 73 (Garcés Navas) de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá, las cuales abarcan el PEDH Humedal Jaboque. No se delimitó una muestra ni una población, ya que la recolección de datos se realizó sobre las 1148, 015 Ha que comprenden el área total de las UPZ.

11.1.1.1. Objetivo específico 1.

Realizar un análisis multitemporal sobre los cambios de las coberturas de la tierra en el Humedal Jaboque y las UPZs 73-74 de la localidad de Engativá entre los años 1988 y 2019.

Teniendo en cuenta que la finalidad de este objetivo es conocer los cambios de las variables de estudio seleccionadas y cómo esos cambios se relacionan entre sí en un marco espacio-temporal, el alcance se definió como correlacional, puesto que este tipo de estudios, pretenden evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, midiendo cada una, para así cuantificar, analizar y establecer las vinculaciones presentes (Hernández-Sampieri, 2014). De modo semejante sucedió con la metodología empleada en este objetivo, la cual identificó las tendencias espacio-temporales de las variables, mediante el cálculo de las áreas, a miras de establecer la relación entre las mismas.

Ahora bien, la *recopilación de información* se dividió en dos componentes, el primero relacionado a la información cartográfica, es decir la obtención de los insumos geoespaciales los cuales se adquirieron mediante la descarga de las imágenes satelitales a través del portal de Sistema Geológico de Estados Unidos [USGS], considerando como requisito la presencia mínima de nubes, años de interés y sensor remoto (Landsat y Sentinel), la no disponibilidad de imágenes con presencia mínima de nubes en el año 1989 y 1999, incidió en la ampliación del rango de los años de estudio (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2008, p.44)

La segunda parte fue referente a la revisión bibliográfica empleada para el análisis e interpretación de dichas imágenes apoyado en estudios existentes alrededor del tema (Hurtado, et al, 2014), planteados por autores como Cardozo (2017), Castillo y Rodríguez (2017) y Hurtado et al (2014). A partir de bases de datos de tipo Google Académico, Science Direct y Scielo.

En cuanto al *análisis y sistematización de la información* se empleó como instrumento el sistema de información geográfica (SIG) ArcGis 10.4 y mediante la técnica de teledetección se caracterizaron los cambios en las coberturas de tierra, para de esta forma, proceder a la construcción cartográfica integrando la información geoespacial recopilada (Cardozo, 2017). Para lo anterior, se procedió a realizar en primer lugar, el geoprocesamiento de las imágenes satelitales, el cual constó en crear combinaciones de banda RGB para discriminar mejor los tipos de coberturas presentes de acuerdo a la reflectancia reflejada (Castillo y Rodríguez, 2017). Luego, se desarrolló geoprocesamiento para recortar (clip) el área de interés conformado por el Humedal Jaboque junto con las UPZs 73 - 74. Con este insumo, se empleó la parte del pre tratamiento; proyectando el corte al sistema de coordenadas usado en el país Magna Sirgas/Colombia Bogotá zone con el código EPSG (European Petroleum Survey Group) 3116 (Castillo y Rodríguez, 2017), del inicial WGS 1984 UTM Zone 19N.

Finalmente, la *interpretación y análisis de los resultados* referentes a los mapas temáticos producto de la fase de sistematización de la información, están apoyados por la técnica de geoprocesamiento, el cual requirió herramientas geoespaciales como la intersección de polígonos y geometry calculator, a fin de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

calcular la tasa de cambio y el área fluctuante en las coberturas de tierra, cada 10 y 31 años desde 1988. Por otro lado, se realizó el recorrido de campo que se concentró sobre zonas de incertidumbre resultantes del proceso de interpretación, en concreto los puntos de convergencia entre las zonas urbanizadas y las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, puesto que en dichos límites la reflectancia espectral era ambigua y daba lugar a píxeles mixtos que dificultaron una caracterización precisa, por tal razón se georeferenciaron 124 puntos con GPS Garmin eTrex 10, sobre cada uno de ellos, se realizó registro fotográfico y anotación de observaciones en libreta de campo, para finalmente realizar el cálculo del porcentaje de error, con base a la similitud o disparidad de las coberturas realizadas en el software y la corroborada en campo.

Se debe agregar que, la presentación de la cartografía está justificada los criterios y parámetros de salidas gráficas para cartografía básica digital del IGAC. Las categorías de las coberturas de la tierra son con base a la clasificación de CORINE Land Cover adaptada para Colombia y la presentación de las tasas de cambio y áreas calculadas fueron presentadas en tablas estilo APA sexta edición.

Tabla1.

Imágenes satelitales del escenario retrospectivo.

Año	Sensor Remoto	ID Imagen Satelital	Fecha
1988	LANDSAT 4	LT40080571988082XXX14	Marzo 22
1998	LANDSAT 5	LT50080571998357AAA01	Diciembre 23
2008	LANDSAT 7	LE70080572008057EDC00	Febrero 26
2019	SENTINEL II	L1CT18NWLA019613	Marzo 25

Nota: Elaboración Autores.

11.1.1.2. Objetivo específico 2.

Analizar la relación de los procesos de urbanización sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque

El objetivo obedece a un alcance correlacional (Hernández-Sampieri, 2014), puesto que buscó cuantificar, analizar y establecer la asociación que existe entre los procesos de urbanización en las UPZ 73 y 74 y las variaciones espacio-temporales del Humedal Jaboque y las zonas urbanizadas.

Las áreas equivalentes para cada unidad de cobertura identificada en los años de análisis, se tomó como información base para realizar un análisis estadístico de datos, a través de una matriz de datos en Excel, por otra parte, se efectuó un análisis documental de impactos, presiones, dinámicas, fenómenos e informes técnicos de humedales en Bogotá, como también, condiciones socioeconómicas de la UPZ 73 y 74, con la finalidad de construir a partir de información secundaria una visión integral de las dinámicas

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

en las que se ve inmerso un ecosistema urbano y de esta manera comprender las relaciones que puedan existir durante los 31 años de estudio.

Por lo que se refiere a la sistematización y análisis de la información, como técnicas de cálculo de relaciones se empleó el coeficiente de correlación lineal de Pearson, con el fin de establecer si las variaciones espacio temporales de las zonas urbanizadas, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y las áreas húmedas continentales son independientes o se presenta una relación directa, de ser este el caso se determinaron las magnitudes y su dirección, es decir, si corresponde a una correlación lineal positiva o negativa (Hazra & Gogtay, 2016), seguido del cálculo del coeficiente de determinación que indica el porcentaje de correlación de las variables y por último el valor p, conocido como la significancia estadística de la correlación calculada, cuando $p \leq 0,05$ este indica que hay pruebas suficientes para afirmar que existe una relación lineal entre dos variables y el comportamiento de estas no es independiente (Bermudez, Barnagui & Moessner, 2018).

Como instrumento de análisis estadístico se utilizó el software InfoStat/L versión estudiantil, para el cálculo del coeficiente de correlación Pearson, coeficiente de determinación y el valor p, a su vez, permitió la construcción de una gráfica que permitiera visualizar un marco global de la correlación significativa estadísticamente que se encontró, de esta manera se confirmaron patrones visualizados en escenario retrospectivo y se llegaron a conclusiones contundentes.

Por último, con la técnica de análisis documental de bases de datos interdisciplinarias, se tuvo acceso a artículos de revistas científicas y se realizó el análisis e interpretación de las relaciones calculadas, con el propósito de identificar los procesos subyacentes al cambio y las fuerzas motoras que lo generaron (Kennedy et al. 2014).

11.1.1.3. Objetivo específico 3.

Proponer una Zonificación Ambiental para establecer las zonas de uso y manejo más adecuadas para el Humedal Jaboque.

El *alcance* del objetivo es correlacional, puesto que se buscó determinar de qué manera se comporta o se ve afectada una variable, a partir del comportamiento de otra (Hernández-Sampieri, 2014). Para el caso puntual del proyecto, durante la propuesta de zonificación ambiental del Humedal Jaboque, se buscó predecir qué zonas de uso y manejo ambiental serán las más vulnerables frente a las zonas urbanizadas, teniendo en cuenta las variaciones espacio temporales de los últimos 31 años en la UPZ 73 y 74.

Para la *recolección de información* se rescataron los mapas de las coberturas de la tierra en los 31 años del área de estudio, producto del primer objetivo. Además, se adquirió la ortofotografía digital del año 2017 mediante el servicio de metadatos de la plataforma de Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito [IDECA].

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Con respecto a la *sistematización y análisis de la información* se dividió en dos etapas, la primera consiste en el desarrollo de insumos cartográficos para identificar conflictos y grado de amenaza sobre el Humedal Jaboque, en primer lugar se establecieron las zonas alteradas por procesos de urbanización en los últimos 31 años, mediante el geoprocesamiento de los mapas de cobertura de la tierra de los años 1988 y 2019 por medio de ArcGIS 10.4, después, se realizó una caracterización de las unidades de cobertura de la tierra con la codificación propuesta por la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (Ideam, 2008) a un nivel de detalle 3 y a una escala 1:15.000, a partir de la técnica de fotointerpretación y el sistema de información geográfico ArcGIS 10.4 como instrumento. La segunda etapa consistió en la superposición de las capas cartográficas construidas en la primera etapa.

Llegados a este punto, el *análisis e interpretación* de la superposición de capas cartográficas se realizó con base a la interpretación de los procesos subyacentes al cambio y los motores que generaron las variaciones espacio temporales del Humedal Jaboque en los últimos 31 años, de esta manera se determinaron las zonas de uso y manejo definidas en la Fase 5 de la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas [POMCA] del MADS (2014).

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Tabla2.

Variables e indicadores por objetivo específico.

Objetivo	Variable	Indicador	Componente
Realizar un análisis multitemporal sobre los cambios de las coberturas de la tierra en el Humedal Jaboque y las UPZs 73-74 de la localidad de Engativá entre los años 1988 y 2019.	Unidad de coberturas de la tierra	$= \frac{\text{Área cambiante por unidad de cobertura}}{\text{Periodo de cambio seleccionado}}$	Espacial
Analizar la relación de los procesos de urbanización sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque.	Grado de asociación entre las variaciones de las unidades de cobertura [UC] de la tierra	$= \frac{(\text{Covarianza } UCx; UCy)^2}{\sqrt{\text{Varianza } UCx^2 * \text{Varianza } UCy^2}}$	Ecológico Social Espacial
Proponer una Zonificación Ambiental para establecer las zonas de uso y manejo más adecuadas para el Humedal Jaboque.	Zonas de uso y manejo del Humedal Jaboque	Zonas de Recuperación Zonas de Rehabilitación Zonas de Restauración Ecológica	Ecológico Espacial

Nota: Elaboración Autores.

12. Plan de Trabajo

Tabla3.
Cuadro metodológico

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Evaluar los efectos de la expansión urbana sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque en los últimos 30 años.	Realizar un análisis multitemporal sobre los cambios de las coberturas de la tierra en el Humedal Jaboque y las UPZs 73-74 de la localidad de Engativá entre los años 1988 y 2019.	Recopilación y procesamiento de imágenes satelitales.	Descarga de imágenes	USGS Geo Portal Data	Base cartográfica
			Análisis documental	Bases de datos interdisciplinarias	
			Teledetección	ArcGIS 10.4	
		Producción Cartográfica.	CORINE Land Cover adaptada para Colombia	ArcGIS 10.4	Mapas Coberturas de la tierra
			Verificación en campo	Bitácora de Campo	Control de calidad
		Análisis variaciones espacio temporales de las coberturas de la tierra.	Geoprocesamiento	Herramientas Geoespaciales ArcGIS 10.4	Cuantificación de áreas y variaciones de las coberturas de la tierra
			Análisis documental	Bases de datos interdisciplinarias	Comprensión dinámicas espacio temporales de la UPZ 73-74 y el Humedal Jaboque

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

	<p>Analizar la relación de los procesos de urbanización sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque.</p>	<p>Establecer grado de asociación entre las variaciones espacio-temporales de las coberturas de la tierra</p>	<p>Correlación lineal de Pearson</p>	<p>InfoStat/L (versión estudiantil)</p>	<p>Establecer magnitud, dirección y significancia de las correlaciones lineales entre unidades de cobertura</p>
				<p>Matriz de datos</p>	
			<p>Análisis documental</p>	<p>Bases de datos interdisciplinarias</p>	<p>Interpretar las relaciones lineales calculadas</p>
					<p>Identificar los procesos subyacentes al cambio y las fuerzas motoras que lo generaron</p>

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

	Proponer una Zonificación Ambiental para establecer las zonas de uso y manejo más adecuadas para el Humedal Jaboque.	Establecer zonas alteradas del humedal Jaboque por procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74 durante los últimos 31 años	Geoprocesamiento mapas de cobertura de la tierra 1988 y 2019	Herramientas Geoespaciales ArcGIS 10.4	Base cartográfica (Capas) de zonas alteradas por procesos de urbanización y coberturas de la tierra del Humedal Jaboque
		Procesamiento imagen Bogotá	Descarga recurso digital año 2014	Sistema de Metadatos Geográficos de La Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital [IDECA]	
				ArcGIS 10.4	
			Fotointerpretación	CORINE Land Cover adaptada para Colombia	
		Establecer zonas de uso y manejo ambiental (MADS, 2014) en el Humedal Jaboque	Superposición de capas cartográficas	ArcGIS 10.4	

Nota: Elaboración Autores.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

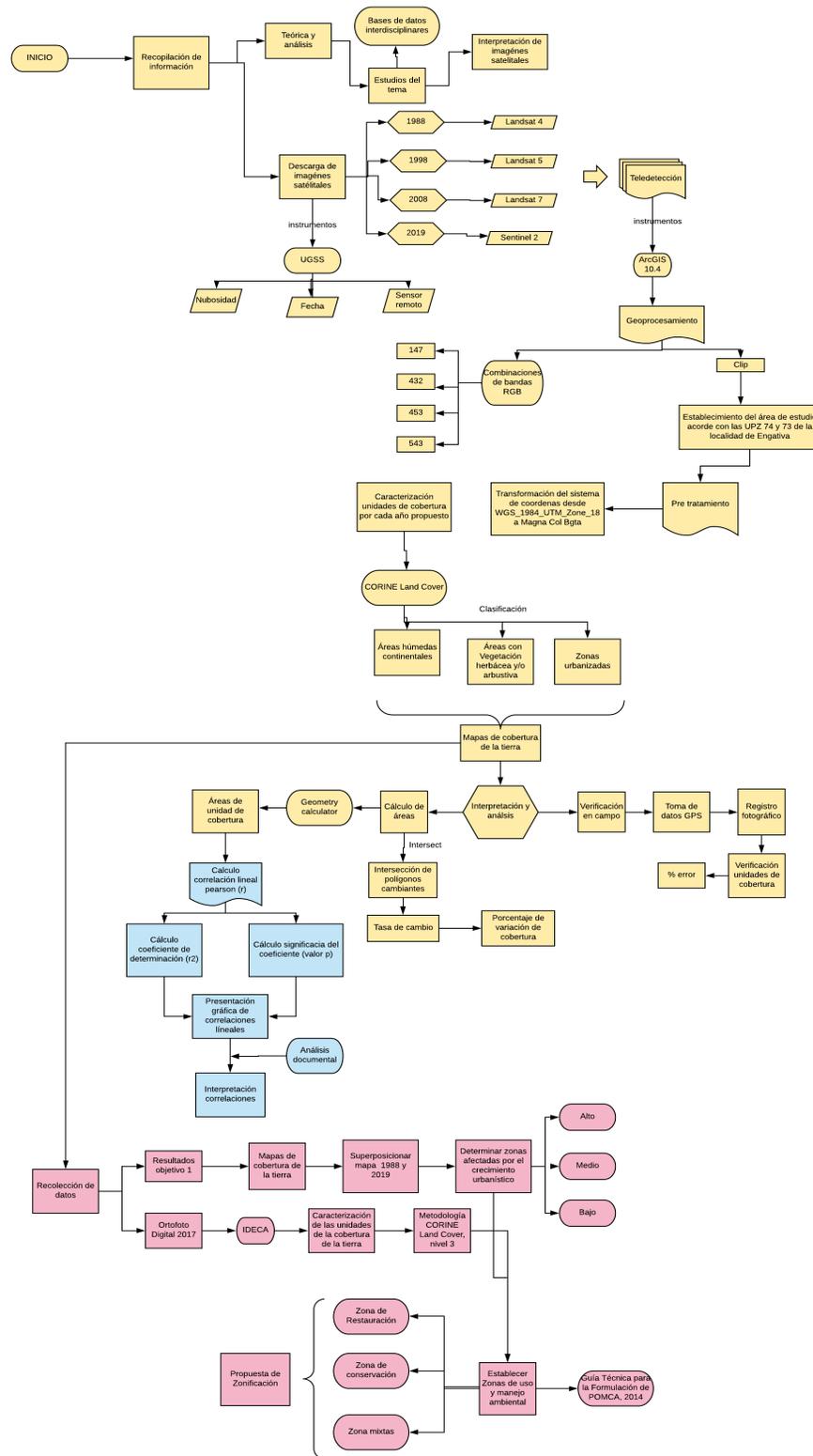


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología del proyecto de grado. Autores.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

12.1. Cronograma de actividades

Muestra y desarrollo de cronograma. Ver Anexo 16

Tabla4.
Resumen general del presupuesto del proyecto de grado a doce (12) meses.

Rubros	Fuentes						Nombre entidad 3	Nombre entidad 4	Total
	Colciencias	Universidad El Bosque		Total U. El Bosque	Nombre Entidad 1	Nombre Entidad 2			
		Desembolso nuevo	Desembolso normal						
1. Personal científico	0	0	28.233.240	28.233.240	0	0	0	28.233.240	
2. Equipos	Compra	0	3.640.078	0	3.640.078	0	0	3.640.078	
	Uso	0	0	0	0	0	0	0	
3. Materiales e insumos	0	110.436	0	110.436	0	0	0	110.436	
4. Bibliografía	0	109.499	0	109.499	0	0	0	109.499	
5. Software	0	0	0	0	0	0	0	0	
6. Viajes	0	0	0	0	0	0	0	0	
7. Salidas de campo	0	250.600	0	250.600	0	0	0	250.600	
8. Servicios técnicos	0	0	0	0	0	0	0	0	
9. Eventos académicos	0	0	0	0	0	0	0	0	
10. Mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	
11. Publicaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	
12. Seguimiento y evaluación (3% del total solicitado)	0	0	0	0	0	0	0	0	
13. Gastos de operación (7% del total solicitado)	0	0	0	0	0	0	0	0	
11. Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totales	0	4.110.613	28.233.240	32.343.853	0	0	0	32.343.853	

Nota: Elaboración Autores.

13. Aspectos Éticos

No se requiere requisitos éticos ya que basado en la Resolución 8430 de 1993 creada por el Ministerio de Salud, el cual establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, el estudio se categoriza como una investigación sin riesgo, es decir “Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio” (Ministerio de Salud, 1993).

14. Resultados, Análisis y Discusión

14.1.1. Objetivo específico 1.

Realizar un análisis multitemporal sobre los cambios de las coberturas de la tierra en el Humedal Jaboque y las UPZs 73-74 de la localidad de Engativá entre los años 1988 y 2019.

Se llevó a cabo un escenario retrospectivo de los cambios sobre las coberturas de la tierra en la UPZ 73 y 74 de la localidad de Engativá en Bogotá, por medio de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia con un nivel dos (2) de detalle, la caracterización tuvo lugar en los años 1988, 1998, 2008 y 2019.

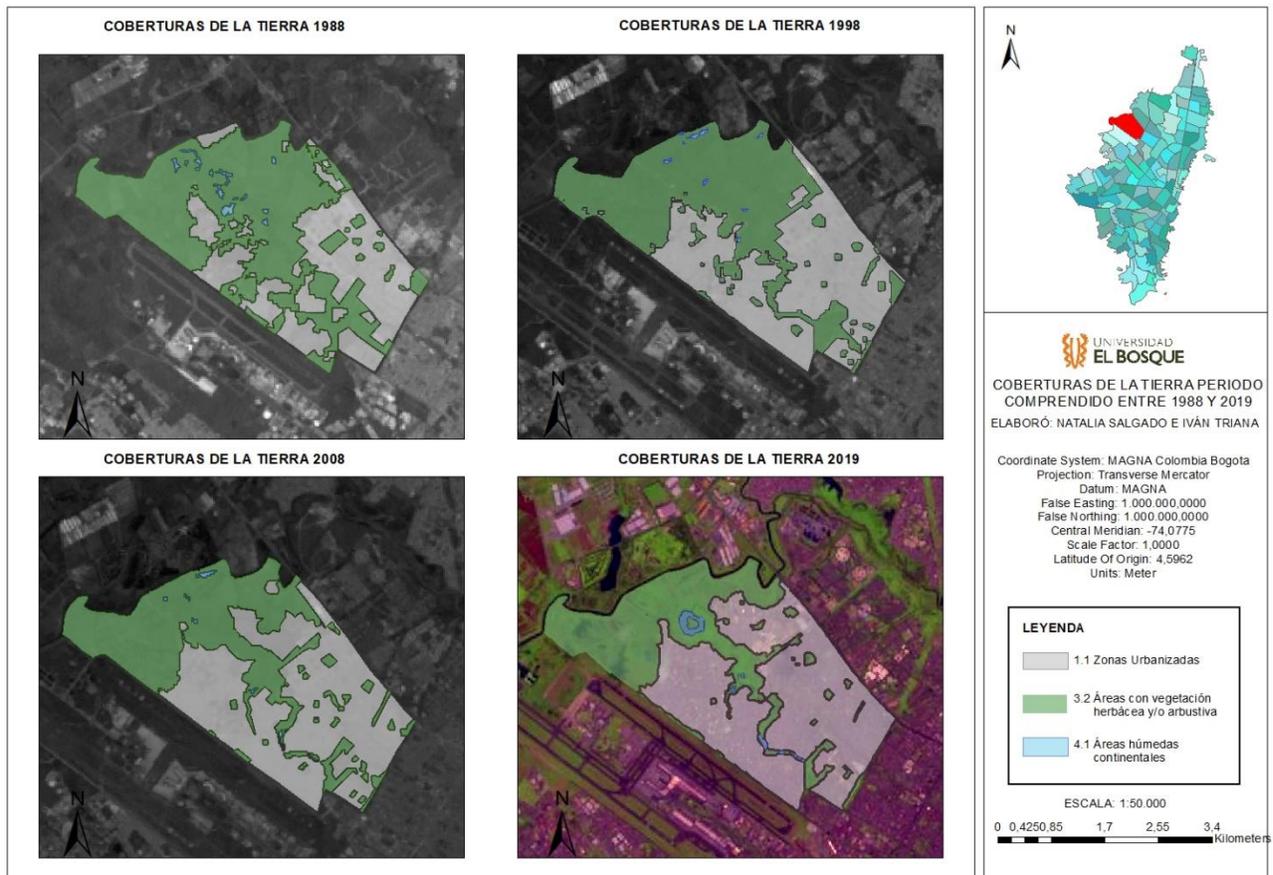


Figura 6. Escenario retrospectivo de los procesos de urbanización de la UPZ Garcés Navas y Engativá 1988-2019. Autores a partir de EarthExplorer.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

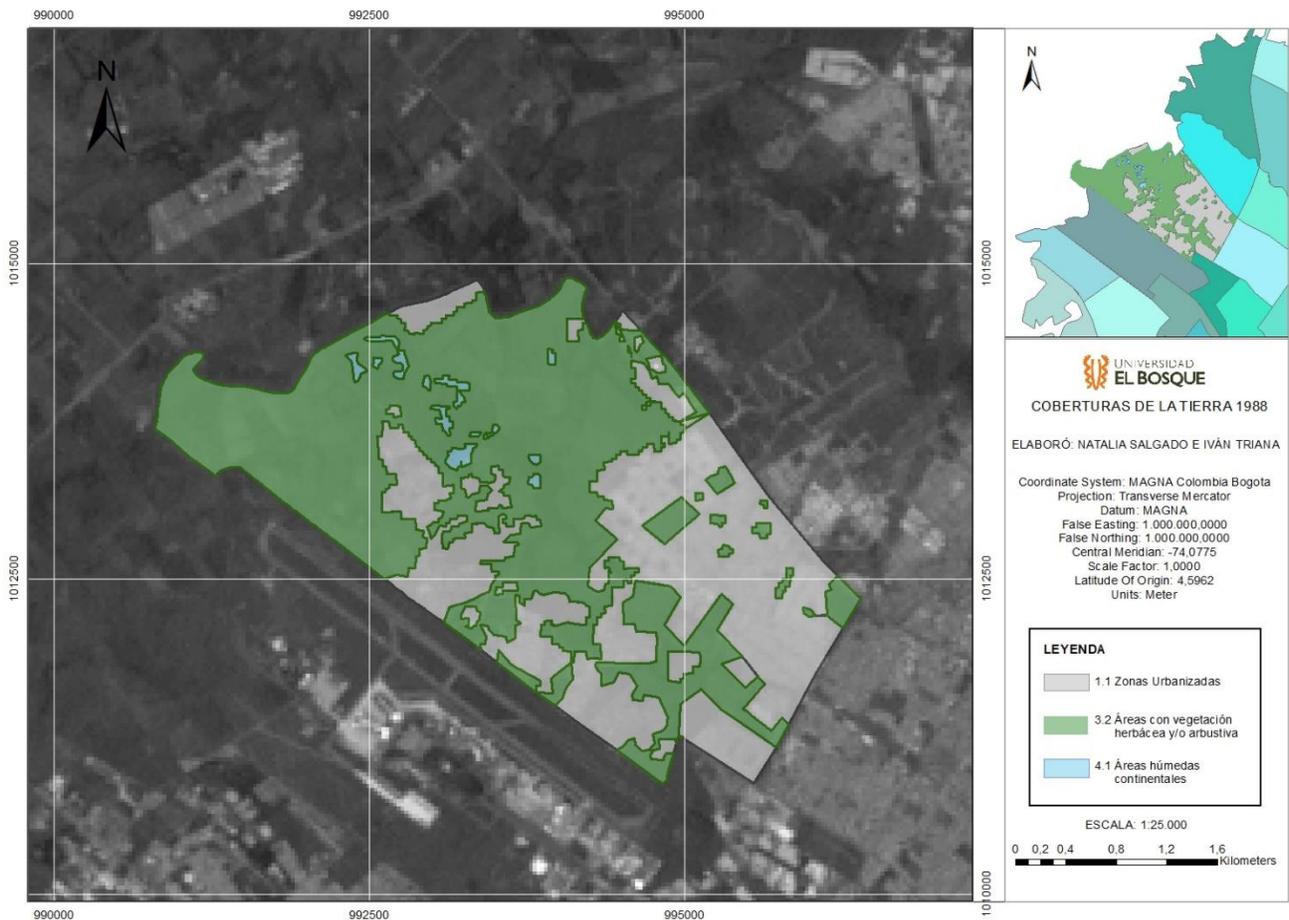


Figura 7. Coberturas de la tierra 1988 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.

Para el año 1988, se evidenció la presencia de tejido urbano sobre el sector sureste del territorio evaluado con una tendencia discontinua. En el área hoy conocida como la UPZ Engativá, se pudo identificar un desarrollo urbano fragmentado, abierto y con una conectividad parcial, estos polígonos no hacen referencia a ocupaciones aisladas a pesar de estar ubicadas en la periferia de Bogotá. Por lo que se refiere a la zona este, el tejido urbano es compacto y homogéneo, de igual manera es clara su conectividad con la localidad de Engativá, esto condujo a pensar que la ocupación de las zonas aledañas al Humedal Jaboque tuvo inicio sobre este sector. Sin embargo, las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva son la unidad de cobertura predominante, las áreas húmedas continentales se concentran sobre el norte, aunque su distribución no es uniforme. Esta caracterización de las coberturas de la tierra, fue la base para evaluar las variaciones espacio temporales de los años posteriores.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

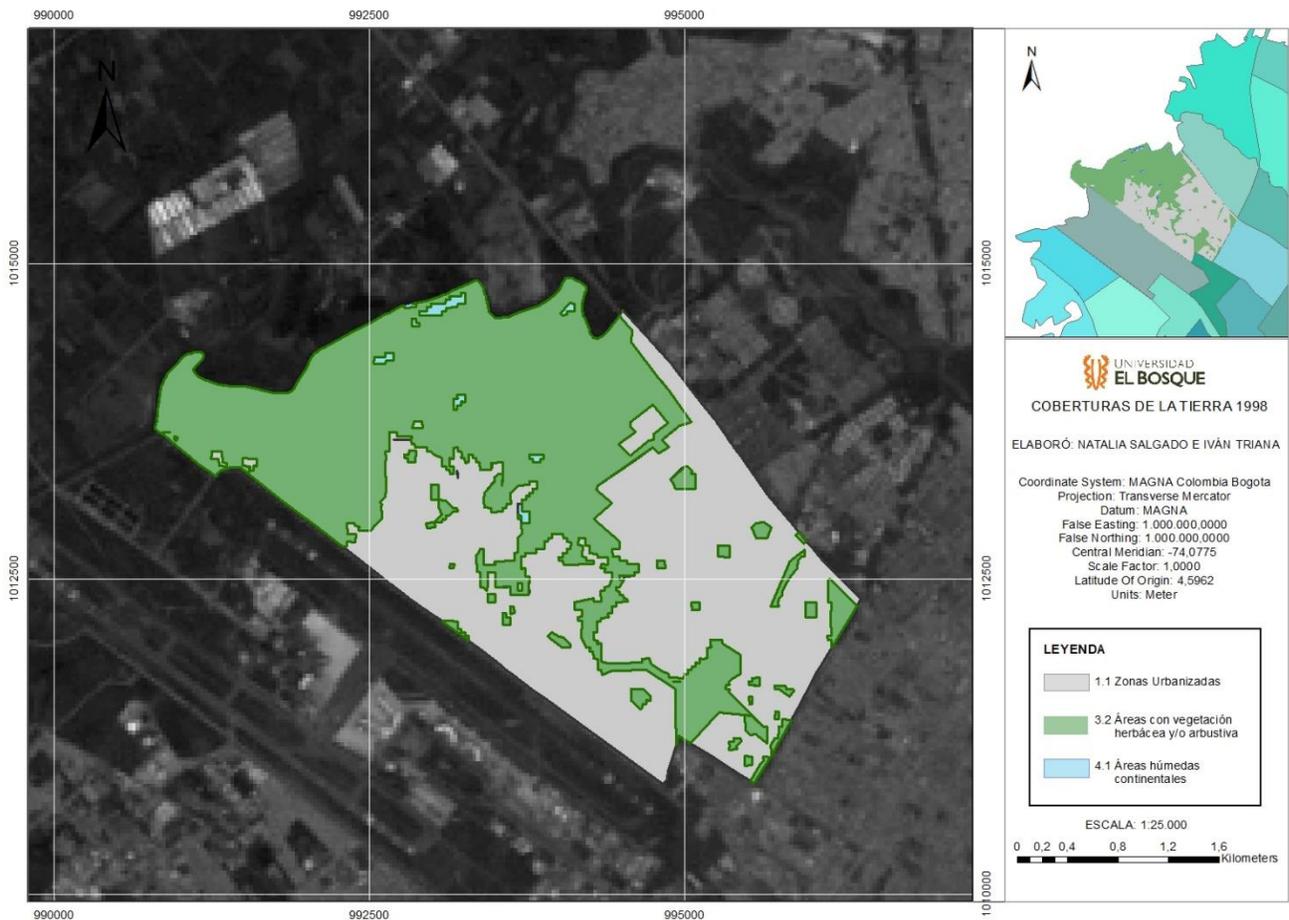


Figura 8. Coberturas de la tierra 1998 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.

Las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva pasaron a ocupar el segundo en cuanto a extensión, el crecimiento de las zonas urbanizadas fue prominente y se concentró sobre el sector sur oeste, de manera puntual la UPZ Engativá, allí las zonas urbanizadas fragmentadas y abiertas de 1988, se rellenaron para dar paso a un tejido urbano compacto y continuo en la mayoría de sectores, esta dinámica es característica de expansiones no planificadas y de autoconstrucción (Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013), sin embargo el aumento de sectores periféricos fue predominante, se evidencia como el desarrollo de asentamientos urbanos y de infraestructura acotaron el humedal, en el sector sur se consolidan casi por completitud la UPZ 73 y 74, mientras que en el suroeste se diferencian pequeños parches aislados. Frente a las áreas húmedas continentales, su reducción es notoria y es posible identificar como guarda distancia a las zonas urbanizadas.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

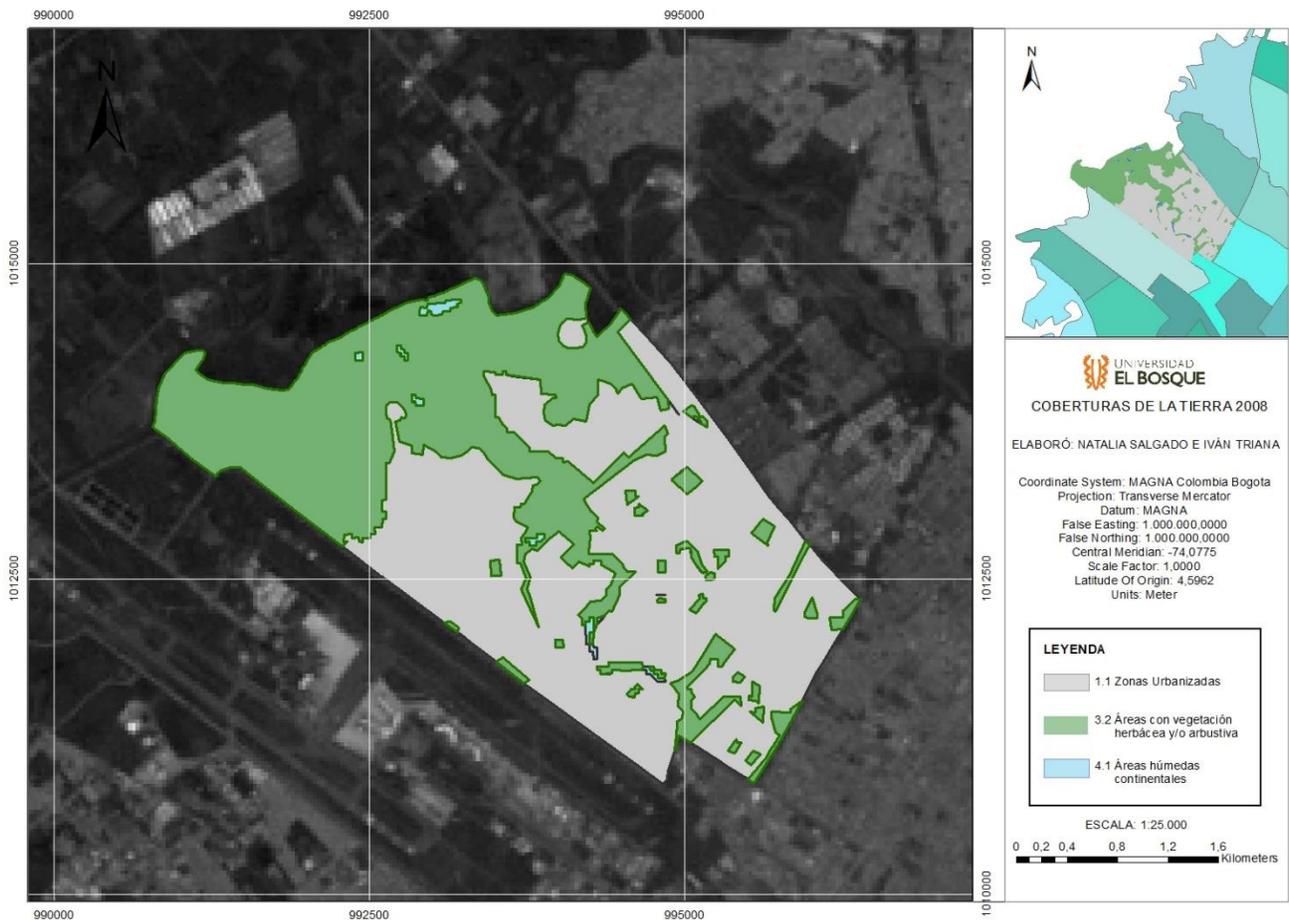


Figura 9. Coberturas de la tierra 2008 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.

En este año el evento cambiante más representativo con respecto al periodo de tiempo anterior, se evidenció en el costado nororiental; las zonas con vegetación herbácea y/o arbustiva disminuyeron y cambiaron a urbanización. Más a fondo, en 1998 la mitad de la UPZ 73 era cobertura vegetal, se lograba diferenciar una gran área verde, caso contrario a este año donde los asentamientos de la población en ese costado provocaron el cambio hacia zonas urbanizadas.

De modo semejante sucedió en la zona sur del área de estudio, los parches de vegetación irregulares y dispersos se vieron cambiados por áreas urbanizadas, probablemente los parches de vegetación que quedaron inmersos en la urbe hacen alusión a pequeños lotes sin construir o parques urbanos diseñados.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

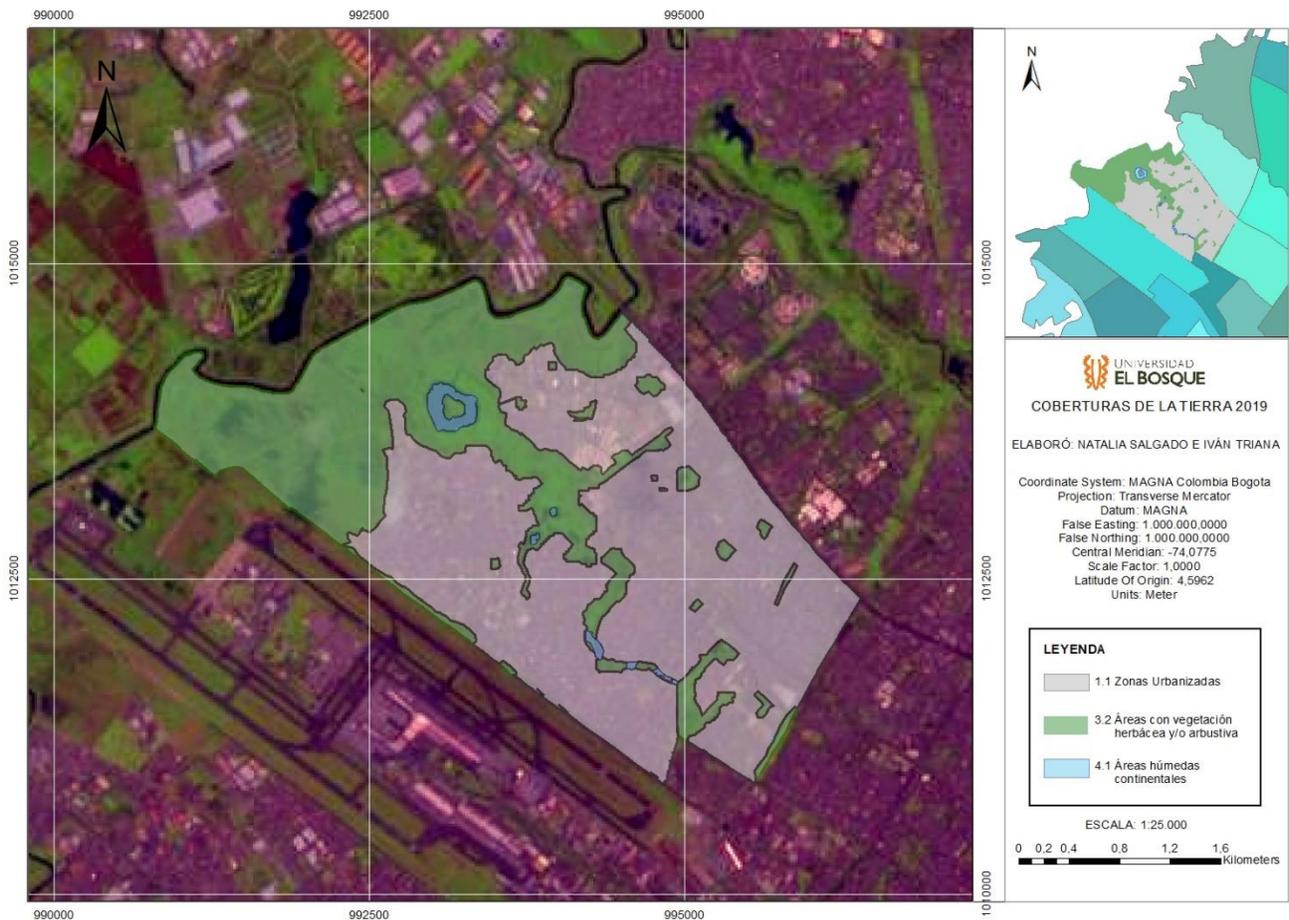


Figura 10. Coberturas de la tierra 2019 en el Humedal Jaboque. Autores a partir de EarthExplorer.

Por lo que se refiere al 2019, en la UPZ 73 se rellenaron áreas que aún conservaban espacios considerables de vegetación herbácea y/o arbustiva, de igual manera en la UPZ 74 la urbanización se volvió uniforme y mayoritaria en cuanto a extensión. Las áreas húmedas continentales se identifican claramente en el costado norte mediante una forma ovalada con un hueco en la mitad (Ver Anexo 3) lo anterior producto de las adecuaciones hidrogeomorfológicas realizadas por el EAAB-ESP durante el 2015 y 2017, para recuperar el espejo hídrico (EAAB, 2010) por tal motivo, solo en este año se pudo identificar la unidad de cobertura acuática, ya que en los años anteriores la eutrofización producto de vertimientos generados por las comunidades asentadas, generaron una expansión en la vegetación flotante reduciendo la visibilidad del espejo hídrico del humedal Jaboque (DAMA, 2000, p.59), por lo cual, solo con la adecuación de la obra del Acueducto fue posible evidenciar visualmente, a la escala manejada, las zonas acuáticas.

Es drástico el cambio con relación al mapa de 1988, hace 31 años la cobertura de tierra más dominante era el área con vegetación herbácea y/o arbustiva, a medida que transcurrió el tiempo la urbanización

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

creció de manera irregular y dispersa, fragmentando las coberturas vegetales identificadas y convirtiéndose en la cobertura más visible de la zona de estudio.

14.1.1.1. Verificación en campo

Durante los días 03 y 17 de Agosto de 2019, fue posible evidenciar algunas de las presiones ejercidas por la considerable cercanía de las zonas urbanizadas sobre el humedal, como por ejemplo la disposición de residuos domésticos sobre la cuenca media y alta se convirtió en una constante (Ver Anexos 7 y 8), el asentamiento de habitantes de la calle, el desarrollo de actividades comerciales sobre su ZMPA, de igual manera, el importante grado de intervención sobre el territorio del humedal a causa de obras hidráulicas. Sin embargo, fue posible observar el desarrollo de actividades por parte de la EAAB para la recuperación del espejo hídrico, la adecuación de espacios para senderos ecológicos (Ver Anexo 14) y la selección de zonas para el desarrollo de proyectos de compostaje (Ver Anexo 6). Lo anterior, permitió conocer realidades socioeconómicas y de estilos de vida en la UPZ Engativá y Garcés Navas que resultaron importantes al momento de realizar el análisis de resultados, como también durante la formulación de un instrumento de planificación para las dinámicas particulares de ese sitio.

Por temas de seguridad no resultó conveniente el desplazamiento sobre los sectores de la cuenca alta y media de la UPZ Garcés Navas, de modo que se geo referenció un total 124 puntos con GPS Garmin eTrex 10, sobre cada uno de ellos se realizó registro fotográfico y anotación de observaciones en libreta de campo. A manera de resultados, se calculó un grado de fiabilidad de 66,39% en la caracterización de las unidades de cobertura (Ver Anexo 15) el 80,49 % de los errores identificados corresponden a zonas urbanizadas que fueron clasificadas como áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva, esto condujo a pensar que probablemente los procesos de urbanización fueron más importantes y extensos en términos de área.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

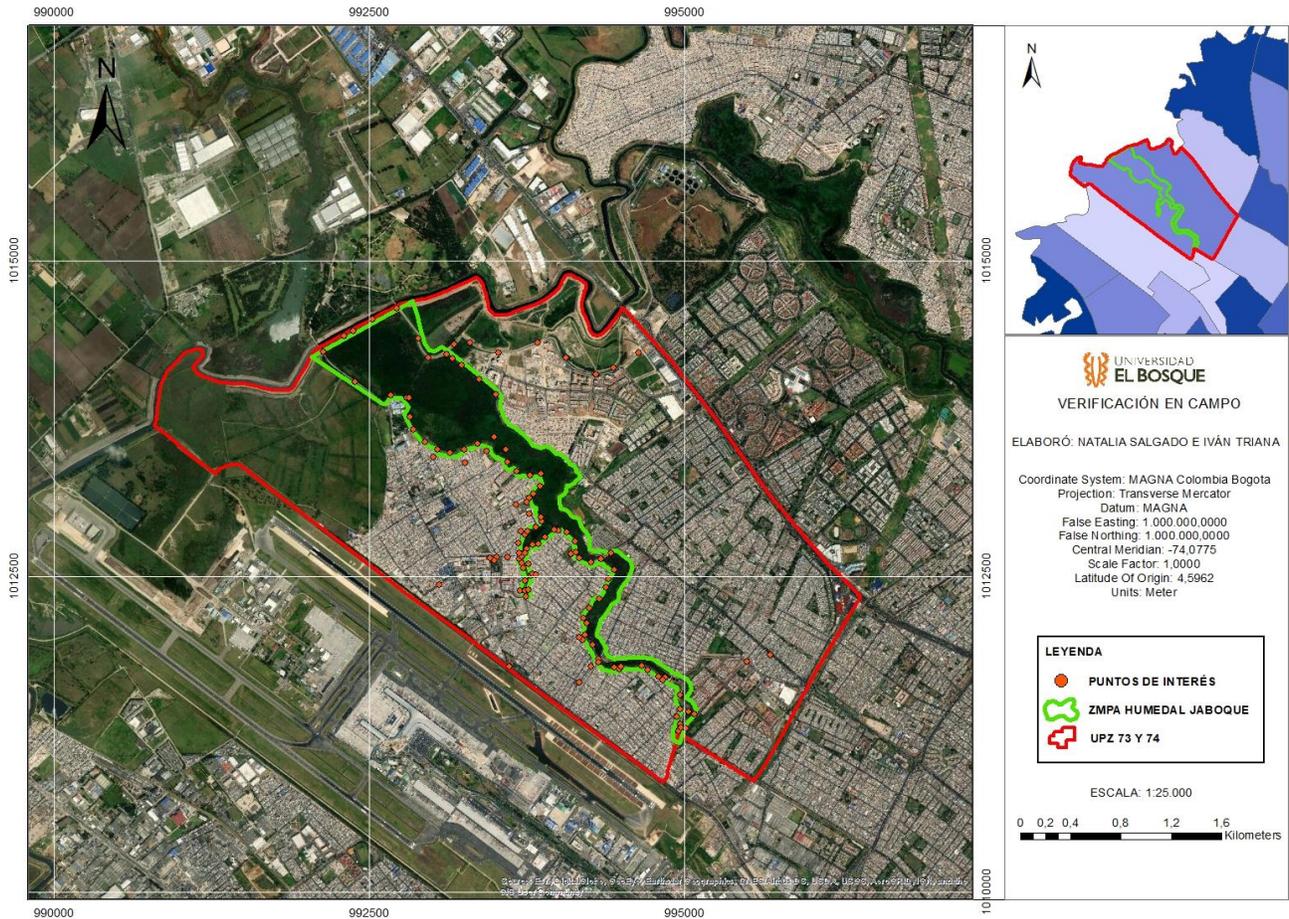


Figura 11. Verificación en campo. Autores.

14.1.1.2. Análisis y discusión de resultados.

A partir de la caracterización de unidades de coberturas en los años evaluados y su cuantificación, se realizó un análisis de las variaciones espacio temporales de las coberturas de la tierra en los últimos 31 años, en primera instancia se calculó la tasa de cambio que representa la variación promedio por año dentro de un periodo de 10 años, ya que este fue el rango de evaluación establecido para abarcar el periodo de evaluación, en segundo lugar, se calculó de manera diferenciada las transiciones de una unidad de cobertura a otra.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Tabla 5.

Áreas de las unidades de cobertura en los últimos 31 años.

Años	Áreas (Ha)		
	Áreas con vegetación herbácea	Áreas húmedas continentales	Zonas Urbanizadas
1988	664,114	15,165	468,992
1998	567,831	6,607	573,762
2008	475,510	6,480	675,601
2019	427,046	10,585	711,148
Área de estudio (Ha)		1148,015	

Nota: Elaboración Autores.

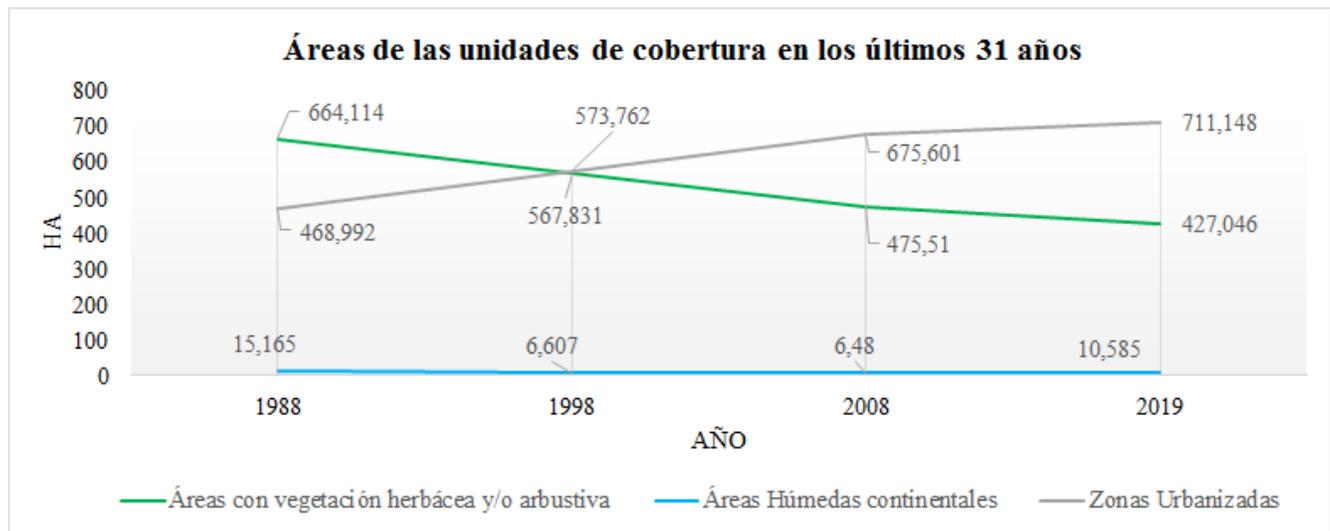


Figura 12. Variaciones espacio temporales de las unidades de cobertura entre 1988 a 2019. Autores.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Tabla6.

Tasa de cambio de las unidades de cobertura de la tierra cada 10 años y período total de estudio.

Año	Tasa de cambio (%)		
	Áreas con vegetación herbácea	Áreas húmedas continentales	Zonas Urbanizadas
1988-1998	-1,36	-5,64	2,11
1998-2008	-1,63	-0,19	1,77
2008-2019	-0,93	5,76	0,48
1988-2019	-1,15	-0,97	1,67

Nota: Elaboración Autores.

Tabla7.

Variaciones espacio-temporales de las coberturas de la tierra en los últimos 31 años.

Cobertura inicial	Cobertura final	Área total de cambio (ha)			
		1988-1998	1998-2008	2008-2019	1988-2019
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas Urbanizadas	172,660	130,796	66,872	286,344
	Áreas Húmedas Continentales	2,052	4,283	9,216	8,556
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	66,334	28,361	31,682	47,727
Zonas Urbanizadas	Áreas Húmedas Continentales	3,278	0,326	0,797	0,318
	Zonas Urbanizadas	1,785	0,056	0,691	3,547
Áreas Húmedas Continentales	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	12,106	4,670	5,217	9,909

Nota: Elaboración Autores.

Desde el periodo de 1988 a 1998 se empezó a presentar la tendencia que iba a marcar los cambios de los siguientes 31 años; la disminución de las zonas de vegetación herbácea y/o arbustiva y el aumento de las zonas urbanizadas. Tanto así que, el mayor cambio de área entre la unidad de cobertura de vegetal y la de urbanización fue la de estos primeros 10 años de estudio, transformando de cobertura a cobertura 170,66 Ha, a raíz de los acelerados procesos de asentamientos ocurridos desde la década de los 80, puesto que para 1991 la parte de la cuenca alta y el tercio alto de la cuenca media de la ronda del Humedal Jaboque, estaba invadido por viviendas de autoconstrucción (ADESSA, 2006, p. 379), las cuales sólo hasta 1998 se empezaron a legalizar (ADESSA, 2006). Lo anterior se evidenció con la tasa de cambio calculado para cada unidad de cobertura (Ver tabla 6), cabe resaltar que los signos negativos y positivos

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

en este caso implican un significado, el porcentaje de cambio de la urbanización, el cual es positivo, simboliza crecimiento en el área del 2,11% en promedio por año, siendo el más alto registrado en la totalidad del periodo de tiempo de estudio. Caso contrario con la cobertura vegetal al representar un porcentaje negativo, implica un decrecimiento promedio anual de 1,36%.

De modo semejante sucedió con las áreas húmedas continentales que representan al espejo hídrico del humedal. La caracterización de esta variable en la cartografía se determina dentro de zonas de vegetación herbácea y/o arbustivas (Ver Figura 7) por lo tanto, la variación de área más relevante se dio hacia de la cobertura vegetal, representando 12,106 Ha, puesto que la visibilidad espacial del espejo hídrico se minimizó por una ampliación del área de vegetación herbácea y/o arbustiva, razón de las aguas servidas, y desechos provenientes de la población circundante. Sin embargo, en los noventa la situación empeoró, los vertimientos y basuras de las viviendas aledañas contenían grandes cantidades de materia orgánica, lo que ocasionó afectaciones en la dinámica ecológica aumentando las especies flotantes como Buchón de Agua que se agruparon en las áreas libres del humedal, reduciendo la visibilidad del afluente. Para 1998, gran parte del espejo hídrico había desaparecido (ADESSA, 2006) por lo cual la tasa de cambio más alta fue esta; -5,74%, representando la mayor pérdida de área en el menor tiempo, a pesar de que el área de esta variable corresponde a una cantidad menor que otras variaciones de coberturas, la tasa de cambio es de las más altas en decrecimiento, por lo tanto es la unidad de cobertura con mayor conflicto.

Por lo que se refiere al periodo 1998-2008, las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva presentaron una tasa de cambio de -1,63 % (la más alta durante los 31 años estudiados), esto generó una pérdida de 92.321 Ha, sin embargo, durante estos diez años las áreas húmedas continentales sufrieron los cambios más leves y a la frecuencia más baja, las zonas urbanizadas presentaron un aumento importante a una tasa de 1,77%, a pesar de que la localidad de Engativá tiende a hundirse con facilidad, por cuenta de la porción importante de suelos hidromorfos que la constituyen (ADESSA, 2006).

La cantidad de hectáreas ganadas por las zonas urbanizadas y las pérdidas sobre el componente ecológico de la zona de estudio, no hacen referencia a una dinámica de cambio lineal y con una sola dirección, las variaciones de área entre unidades de cobertura calculadas permitieron evidenciar que la urbanización aumentó 130,795 Ha con proyectos de origen legal y sin homogeneidad en la UPZ Garcés Navas sobre zonas catalogadas como amenaza media por inundación y áreas colindantes a la ZMPA del Río Bogotá y del Humedal Jaboque (Decreto 619, 2000), baste como ejemplo el proyecto El Porvenir equivalente a 20,214 Ha, regulado y aprobado bajo el Decreto 027 de 2004 expedido por la Alcaldía Mayor y la prominente consolidación de proyectos de autoconstrucción que representaron el 90% de la UPZ Engativá para el 2006 (ADESSA). Así mismo, en la UPZ Garcés Nava, el Acuerdo 344 del 2000 incorporaba nuevos predios sobre el área urbana de Bogotá como El Porvenir, Altamira, entre otros; su adición significó la expansión de la red de servicios públicos de la capital, para este tiempo, la distancia que existía entre la red de servicios respecto a los asentamientos ilegales que se estaban conformando se traducía en un impedimento para el desarrollo de más procesos de autoconstrucción, una vez la red se amplió para los predios mencionados con anterioridad, surgió el Barrio UNIR II (Cruz, 2016).

El grupo autodenominado VISOCOL LTDA, consolidó un grupo de personas que tenían como objetivo autogestionar y autoconstruir el proyecto UNIR II, que bajo el argumento del derecho a la vivienda

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

sostuvo proceso judiciales con las autoridades distritales para no perder sus terrenos y seguir adelantando procesos de urbanización sobre la ZMPA del humedal, en concreto sobre la cuenca media (Cruz, 2016). La ausencia de planeación urbana e instrumentos de planificación ambiental generaron una serie de problemáticas ambientales que fueron más allá de la pérdida de área sobre la cobertura vegetal y la afectación directa a las dinámicas ecológicas del bioma. No obstante, lo anterior no impidió que la cobertura vegetal recuperaba 28,361 Ha tras el establecimiento de la ZMPA con el Acuerdo 35 de 1999, allí se establece que este territorio es espacio público y debe contribuir al mantenimiento, protección y preservación ambiental, de tal manera que solo se permite la adecuación de senderos peatonales, ciclovías y canchas deportivas, más no procesos de urbanización como los que se mencionaron, por lo tanto para el periodo de 1998-2006 los instrumentos de planificación territorial no lograban un alcance significativo para el Humedal Jaboque o la calidad de vida de las personas que habitaban la UPZ 73 y 74.

Las áreas húmedas continentales presentaron variaciones mucho más dinámicas, no son considerables si se evalúan a partir de las hectáreas de cambio ya que se mantuvieron casi constantes (Ver Tabla 4) y logró disminuir su tasa de cambio en un 96,6%, sin embargo en términos espaciales si fueron significativas, puesto que presentó un intercambio casi equitativo con las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva al perder 0,387 Ha, en los mapas de coberturas se evidencia que el espejo hídrico perdió concentración sobre el tercio bajo y se abrió espacio sobre el medio y alto, este comportamiento puede explicarse principalmente con dos razones, la primera se relaciona con procesos de eutrofizaciones generados por las cargas contaminantes depositadas por los asentamientos ilegales de la zona norte de la UPZ 74, las actividades agropecuarias y de recreación que tenían lugar en la cuenca baja, la segunda a las transformaciones morfológicas, hidráulicas y paisajísticas adelantadas por el proyecto Sistema Drenaje Jaboque II fase II que tuvo lugar desde el año 2000, este ejecutó la construcción del brazo Villa Gladys al igual que los canales perimetrales en el tercio medio y alto, seguidos de las obras de saneamiento en los barrios colindantes al humedal, al entregar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial (ADESSA, 2006). Lo anterior, sub sanó la predominancia de la amenaza alta por inundaciones en la UPZ 73 y 74 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004) pero al mismo tiempo, ocasionó estancamiento de agua sobre la cuenca alta y favoreció la presencia de especies invertebradas característicos de aguas eutrofizadas (ADESSA, 2006).

Ahora bien, los cambios en las unidades de cobertura de los últimos 11 años no fueron los más altos en comparación con los demás períodos de tiempo estudiados, esto se evidenció en las tasas de cambio de cada una arrojando los menores porcentajes de pérdida -0,93% (caso vegetación) y ganancia 1,77% (urbanización) de todos los años (Ver Tabla 6). Sin embargo, la pérdida de zonas con vegetación herbácea y/o arbustiva y el aumento de zonas urbanizadas siguió dándose en este tiempo, tanto así que la disminución y ganancia de área para cada una de las coberturas respectivamente fue de 48,464 Ha y 35,547 Ha. Del mismo modo, en la Tabla 7 alusiva a las variaciones de áreas entre coberturas durante los años de estudio, señala que el cambio de cobertura vegetal por urbanización posee los valores más significativos entre las unidades de coberturas cambiantes en el periodo de 2008 a 2019. Es decir, aun cuando las variaciones espacio-temporales entre 2008 a 2019 son las menores comparadas con los otros años, la fluctuación entre las zonas con vegetación herbácea a zonas urbanizadas siguen presentando las cantidades máximas dentro de las coberturas cambiantes del periodo de tiempo en mención. De manera

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

que, en el 2008 barrios como UNIR II (UPZ 73) y la Faena (UPZ 74) ubicados en el costado norte del humedal, invadían la ZMPA del ecosistema según informe de auditoría de desempeño de la Contraloría de Bogotá D.C. Por tal motivo, la EAAB-ESP adelantó proyectos de saneamiento predial con el fin de restablecer la delimitación y territorio del humedal, al restablecer 727 predios para el 2008 (2008) y para el 2015 reportar una gestión predial de 19,92 Ha en la ZMPA y 120,08 Ha para la Ronda hidráulica (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016). Tales proyectos mencionados, más los cerramientos realizados en ciertos perímetros del humedal (Contraloría de Bogotá D.C, 2010), generaron una disminución en el acelerado proceso de pérdida de cobertura vegetal del área de estudio, tal como se sugiere en las Tablas 6 y 7.

En contraste con lo anterior, las zonas húmedas continentales presentaron un crecimiento en su área de 4,105 Ha y una tasa de cambio de 5,76 %, las más altas de todos los 31 años analizados. El cambio de cobertura vegetal a espejo hídrico fue de 9,216 Ha, sin embargo el espejo hídrico cambio 5,217 Ha a zonas con vegetación herbácea, por lo cual existieron áreas que recuperaron el espejo hídrico y otras que lo perdieron. No obstante, la Figura 10 muestra los cambios en mención mediante el aumento en la visibilidad del espejo hídrico en la zona norte del humedal, cerca al Río Bogotá. Esa forma ovalada (anexo 5) es producto de las obras de adecuación hidrogeomorfológica realizadas por la EAAB durante el 2015 al 2017 por medio del contrato 1-01-24100-840-2010 que tiene como objeto la “Reconformación Hidrogeomorfológica y Rehabilitación de Hábitats Acuáticos y Semiacuáticos del Humedal Jaboque (Fase II)” (EAAB, 2010, p.1). Cabe resaltar que, hasta el 2007 no se habían podido terminar estudios para la recuperación hidrogeomorfológica del humedal por problemas de invasión en la ZMPA de los barrios mencionados en el párrafo anterior (Contraloría de Bogotá D.C, 2010). Por tal motivo, solo hasta el 2019 se pudo evidenciar espacialmente las áreas húmedas continentales con mayor claridad. Adicionalmente, según informes de la Contraloría de Bogotá desde el 2008 se tenían prevista actividades de limpieza y retiro de vegetación flotante como buchón de agua, a fin de restablecer el espejo del agua del ecosistema (Contraloría de Bogotá, 2010), dicha actividad fue confirmada en la visita de campo del día 17 de agosto del 2019 (Ver Anexo 2).

En consonancia con el aumento del espejo hídrico y la disminución de la urbanización en zonas con cobertura vegetal, es pertinente mencionar la modificación del área del Humedal Jaboque que se dio mediante el fallo del Concejo Distrital de Bogotá en el 2014 por medio de la Resolución 01097 que adopta medidas de protección ambiental sobre un sector inundable aledaño al Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque, y se toman otras determinaciones. El sector inundable en mención se ubica al costado noroccidental colindando con el Río Bogotá y el Parque Regional la Florida (Ver Anexo 4) (Resolución 01097, 2014), presenta “características de ecosistemas de humedal propios del Altiplano Cundiboyacense” (Resolución 01097, 2014, p. 7) por lo tanto, amerita ser reconocida como zona de conservación y restauración (Resolución 01097, 2014, p. 1) y restringe las acciones antrópicas de construcción de vivienda, razón por la cual en la Figura 10 sobre ese costado se puede visualizar que la urbanización no ha tocado la zona, sigue perteneciendo a áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.

En síntesis, al momento de realizar la comparación del escenario inicial y el actual se pudo evidenciar sobre el territorio, un crecimiento urbano y una disminución de áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva constante, mientras que las áreas húmedas continentales tuvieron un comportamiento diferente

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

sabiendo que este es dependiente al ciclo hidrológico (Betrán, 2017 citando a Wetzel, 2001) y a los periodos de precipitación (Beltrán, 2017). La tasa de cambio, permitió observar que factores económicos, sociales y culturas tienen una influencia significativa en el crecimiento del tejido urbano (Cruz, 2016) aunque se pudo apreciar que dentro de los 31 años se alcanzó un promedio anual de variación de 1,67 en las zonas urbanizadas, superando a localidades como Suba que para el año 2015 presentó una tasa de 0,92 (Achicanoy, Rojas y Sánchez, 2018), este dato permite respaldar la idea de que la UPZ 73 y 74 tuvo un crecimiento muy acelerado y en consecuencia generó la disminución de 286,344 Ha de cobertura vegetal en 31 años, cabe aclarar, que los procesos de urbanización no siempre se deben entender como la ocupación de áreas axiales, sino también la modalidad de relleno y compactación (Inostroza, Baur y Csaplovics, 2013), lo anterior se pudo observar con mayor claridad en el periodo de 2008 y 2019, donde las medidas de delimitación y establecimiento de la ZMPA del Río Bogotá, el PEDH Humedal Jaboque y el sector inundable aledaño a este permitieron que el tejido urbano no continuará su ritmo de crecimiento en términos de área y tasa de cambio (Ver Tablas 5 y 6), por otra parte, los esfuerzos de saneamiento predial adelantados por la EAAB tuvieron su papel importante en la disminución de áreas que invadieron la Ronda Hidráulica y la ZMPA del Humedal Jaboque, aunque los 148 Ha recuperadas no se ven traducidas en más cobertura vegetal, teniendo en cuenta que las obras hidráulicas y la canalización no lo permiten, de igual manera estos espacios al terminar siendo de propiedad del distrito se transforman en espacios como parque públicos con canchas de microfútbol y/o ciclovías, que según CORINE Land Cover adaptada para Colombia corresponden a zonas urbanizadas.

Con respecto a las áreas húmedas continentales, es correcto afirmar que fue la unidad de cobertura que presentó un comportamiento dinámico en el tiempo, para el año 2008 ya había perdido 8,685 Ha pero al mismo tiempo, en sus variaciones espacio temporales de las zonas del tercio alto y medio le ganó 15,551 Ha a la cobertura vegetal y 4,401 Ha a las zonas urbanizadas (Ver Tabla 7). Resulta muy preciso comparar el comportamiento del espejo hídrico en el escenario inicial y final, ya que ambas imágenes satelitales corresponden al mes de marzo, que a su vez, es un mes de transición después de los periodos de menor precipitación en Bogotá (Beltrán, 2017) de igual manera gran parte del espejo hídrico se ubicó sobre el tercio bajo del humedal, considerada una zona mesotrófica en el Humedal Jaboque (Beltrán, 2017), al momento de realizar una comparación la diferencia entre el área total, no es muy significativa a pesar de que durante los primeros 20 años si lo fue (Ver Figura 12), a razón de las obras hidráulicas que la EAAB dio inicio en el año 2000 (ADESSA, 2006) para canalizar el tercio medio y alto del humedal, fue posible visualizar espejo hídrico a pesar de que dicha zona se encuentra en condiciones de eutrofia (Beltrán, 2017) de tal manera que se puede concluir que diferentes estrategias de intervención lograron recuperar área perdida pero esto no debe considerarse como algo totalmente positivo, puesto que no es producto de una disminución de cargas contaminante vertidas o mejores condiciones ecológicas sobre el humedal. Para terminar, al identificar las variaciones espacio temporales en la UPZ Garcés Navas y Engativá se determinó que las zonas urbanizadas acompañadas de múltiples condiciones ecológicas, económicas, sociales generaron la pérdida de 286,344 Ha de áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y la incidencia directa en la pérdida de 3,547 Ha de áreas húmedas continentales, lo que permite afirmar que el periodo de 2008 y 2019 resultó muy positivo para el Humedal Jaboque, puesto que permitió disminuir la magnitud de las variaciones promedio anuales que se presentaron hasta 2008, tuvo lugar la implementación de instrumentos de planificación territorial y gestión ambiental que detuvieron fuerzas

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

motoras del cambio en la UPZ 73 y 74, que condujo a una disminución en la velocidad de las transformaciones sobre el territorio del humedal y consolidó medidas de protección.

14.1.2. Objetivo específico 2.

Analizar la relación de los procesos de urbanización sobre las variaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal y espejo hídrico del Humedal Jaboque.

Tabla8.

Correlación lineal de Pearson en las Unidades de Cobertura de la Tierra de la UPZ 73 y 74.

Código Unidades de Cobertura de la tierra asociadas (CORINE Land Cover adaptada para Colombia)	Coefficiente de Correlación (r)	de	Coefficiente de Determinación (r^2)	de	Valor p
3.2 – 4.1	0,5424		0,2942		0,4576
1.1 – 4.1	-0,5805		0,3381		0,4195
1.1 – 3.2	-0,9983		0,9966		0,0017

Nota: Elaboración Autores.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

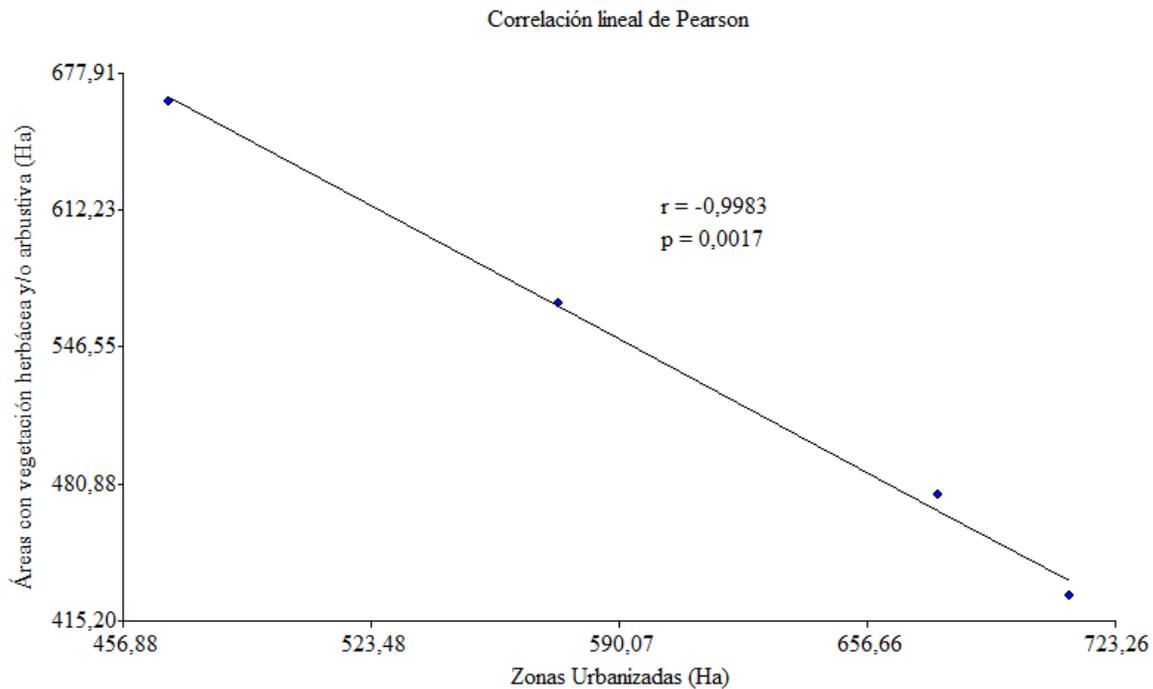


Figura 13. Gráfico correlación lineal de Pearson Zonas Urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. Autores.

14.1.2.1. Análisis y discusión de resultados

Tras el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson con las áreas totales de las tres unidades de cobertura identificadas en la UPZ 73 y 74 durante los 31 años en evaluación, se pudo encontrar que la única asociación lineal significativa estadísticamente (Bermúdez, Barnagui & Moessner, 2018) existe entre las zonas urbanizadas y las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, mientras que las demás indicaron una correlación moderada (Prion & Hearling, 2014 citando a Taylor, 1990; Shavelson, 1996) no significativa (Bermúdez, Barnagui y Moessner, 2018).

El grado de asociación entre las variaciones que sufrieron las zonas urbanizadas y las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva resultó ser un valor r muy cercano a una relación negativa perfecta, su coeficiente de determinación indicó que el 99,6583 % de los cambios espaciales sobre el humedal se explican por los procesos de urbanización de la UPZ 73 y 74, sin embargo esto no implica causalidad entre las dos variables (Prion & Hearling, 2014). La dirección de esta correlación lineal corresponde a la misma tendencia observada durante el escenario retrospectivo, baste como ejemplo las 238,617 Ha de cobertura vegetal presente en 1988 que se transformaron en zonas urbanizadas para el año 2019, la asociación inversa fue impulsada por el crecimiento axial de predios que poco a poco invadieron las zonas que presentaban características de humedal hasta conformar barrios. Sus habitantes, consolidaron sus construcciones mediante la técnica de rellenos conformados con rechos, desechos de construcción y suelos orgánicos (ADESSA, 2006), de manera semejante lo realizaron las constructoras en proyectos de urbanización legales, con el fin de acondicionar los cimientos para sus edificaciones (Decreto 027, 2004), este tipo de prácticas permitieron que los tercios altos y medios se encuentren totalmente

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

urbanizados tras la conformación de 35 barrios colindantes al Humedal Jaboque (ADESSA, 2006), a pesar de que se llevaron a cabo importantes avances en materia de saneamiento predial (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016) la presión es de magnitudes importantes.

Los fenómenos de expansión urbana traen consigo deterioro sobre ecosistemas circundantes, la destrucción de humedales es uno de ellos (Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013 citando a Kasanko et al., 2005; Schwarz, 2010), dentro de la planificación urbana se solía considerar las zonas no urbanizadas como sitios potenciales donde ubicar infraestructura y asentamientos, sin diferenciar que podía tratarse de áreas naturales que prestaban múltiples servicios ecosistémicos, de tal manera que durante mucho tiempo se realizaron ocupaciones indiscriminadas sobre ecosistemas periféricos a los cascos urbanos (Basnou, Pino & Terradas, 2015), la UPZ Garcés Navas y Engativá no fueron ajenas a este fenómeno, se convierte indiferente precisar si se trató de ocupaciones legales o ilegales ya que el resultado fue el mismo, ambos superaron el sistema de planificación y generaron degradación ambiental.

No obstante, en América Latina la informalidad corresponde a un patrón de urbanización y no debe entenderse como un fenómeno aislado, al considerarse como un fenómeno presenta tendencias entre las que se destaca su ubicación en zonas de periferia o en ecosistemas estratégicos (Inostroza, 2017) de modo que, el proceso de urbanización sobre el Humedal Jaboque resulta de una práctica estándar que ha sido visualizada en todo el continente y su morfología urbana es el producto de sus planificadores, arquitectos y constructores (Nielsen & Farrelly, 2019) que en concreto fueron sus propios habitantes (ADESSA, 2006) por lo que no resulta extraño la ocupación fragmentada y discontinua sobre un área periférica cercana al Río Bogotá, que ha sido reconocida como un punto de concentración urbano en Colombia (Inostroza, 2017). Con respecto a los proyectos legales de construcción en la UPZ 73 y 74, hacen referencia en su mayoría al sector de vivienda social (ADESSA, 2006), en el siglo XX fueron considerados el motor de expansión formal del tejido urbano hacia las periferias de la ciudades en Latinoamérica (Inostroza, 2017 citando a Abramo, 2012; Bähr y Mertins, 1993; Hidalgo, 2007), estos proyectos pueden abordarse como una expresión de la situación social en Bogotá, puesto que el Estado, Cajas de Compensación y constructoras como Cusezar propiedad de Roberto Salazar (ex Alcalde de la Capital que anexo la localidad de Engativá a Bogotá) (Cruz, 2016) fueron las impulsoras de configuraciones espaciales sobre el Humedal Jaboque. Por consiguiente, la correlación calculada (Ver Tabla 8) entre las zonas urbanizadas y las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva confirma los patrones visualizados por autores consultados y los observados en el análisis multitemporal construido en este trabajo, de igual manera, a través de la construcción de escenarios retrospectivos de los cambios sobre las coberturas de la tierra permitieron establecer que los procesos de urbanización que a su vez conllevan a la expansión de la frontera urbana causaron pérdida y deterioro del territorio de los humedales Meandro del Say y Santa María del Lago ubicados en la localidad de Fontibón y Engativá respectivamente (Rodríguez, Avendaño, González y Peña, 2018), resulta preciso la comparación ya que son humedales que han quedado inmersos en procesos de urbanización legal e ilegal y se encuentran ubicados sobre áreas colindantes al Río Bogotá, que como se ha mencionado con anterioridad fue una zona ocupada durante la expansión de Bogotá (Inostroza, 2017).

De igual modo, Rodríguez et al. (2018) y el análisis que realizaron sobre las variaciones en la densidad poblacional y predial de las UPZ aledañas a los biomas, suponen que el aumento poblacional lineal y un desarrollo urbanístico vertical, son factores o variables que ejercen mayor presión sobre las zonas cercanas a humedales urbanos, que al mismo tiempo conllevan a un deterioro y pérdida de la cobertura vegetal y el espejo hídrico, de manera que resulta coherente que el coeficiente de correlación lineal de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Pearson de estas unidades de cobertura no resulten significativas estadísticamente ni concluyentes, puesto que variables demográficas y socioeconómicas resultan fundamentales en los procesos subyacentes al cambio y en los motores que lo generaron.

De manera que las relaciones entre urbanización-espejo hídrico y espejo hídrico-cobertura vegetal no están asociadas a una tendencia lineal tan marcada como la de urbanización-cobertura vegetal, de hecho, el grado de asociación de ambas es moderado (Prio & Hearling, 2014 citando a Taylor, 1990; Shavelson, 1996), sin embargo el valor p de las correlaciones arrojaron datos mayores a 0,05 es decir, no son significativas estadísticamente las correlaciones (Bermudez, Barnagui & Moessner, 2018), por lo que no resulta pertinente analizar el comportamiento de estas variables desde una visión gráfica. Asimismo, al ser menores los valores absolutos de r en cada relación, la caracterización de los datos no se puede definir por una relación lineal (Neuhäuser, Puth & Ruxton, 2014) lo que significa que existen otros factores externos que inciden en los cambios y relaciones de las variables en estudio. Llegados a este punto es necesario considerar factores como vertimientos industriales, aguas residuales, conexiones erradas, inadecuada disposición de residuos sólidos, olores ofensivos, incremento de buchón y otras especies vegetales (Contraloría de Bogotá D.C, 2018), para poder analizar la incidencia indirecta en las correlaciones de las variables mencionadas.

Al estar inmerso en la ciudad, el Humedal Jaboque se ha caracterizado por sufrir problemáticas ambientales y sociales relacionadas a impactos del crecimiento urbano de la localidad en la que se ubica. Los factores de deterioro como la descarga de vertimientos industriales, basuras y aguas residuales resultado de conexiones erradas (Contraloría de Bogotá D.C, 2010) son consecuencias del poblamiento ilegal de los barrios levantados por autoconstrucción (DAMA, 2000), representativos de las UPZ 73 y 74. Baste como muestra, el informe técnico 00127 de 2015 el cual notifica la situación por vertimientos directos del predio ilegal UNIR II hacia el humedal, sumado a la sanción impuesta a la Empresa Printer Colombia S.A.S por la descarga de residuos de tinta en el ecosistema (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016). Adicionalmente, en los informes de auditoría de desempeño de los años 2008-2009 y 2015-2016, mencionan constantes problemáticas de vertimientos y basuras presentes en el humedal (Contraloría de Bogotá D.C, 2010; Contraloría de Bogotá D.C, 2018), específicamente “rellenos y disposición de escombros en el sector frente al barrio UNIR II y en la vía al Parque La Florida” (Contraloría de Bogotá D.C, 2010, p. 25) por tal motivo, el barrio UNIR II ha propiciado situaciones de impacto hacia al Humedal, debido a su naturaleza de autoconstrucción, carente de servicios básicos sanitarios (DAMA, 2000). De manera semejante, la “llegada de aguas residuales producto de conexiones erradas a través de la red de aguas pluviales que los alimentan” (Contraloría de Bogotá D.C, 2010, p.6) son situaciones persistentes en el humedal, por lo cual una de las acciones de la línea de saneamiento y protección del sistema hídrico, era la identificación de conexiones erradas, que para el 2007 todavía no se había iniciado con el proceso (Contraloría de Bogotá D.C, 2010) pero para el 2016 se evidenciaba las constantes descargas de aguas combinadas de las conexiones oriundas de los canales de aguas lluvias Carmelo y Los Ángeles hacia al humedal (Contraloría de Bogotá D.C, 2018). Ocasionado un aumento en los niveles de nutrientes del bioma incrementando el crecimiento en la producción primaria de la vegetación del ecosistema, lo que se traduce en una eutrofización (Beltrán, 2017).

La eutrofización es producto del aumento de nutrientes como N, P y C (Hofztra et al., 2013) ya que estos son nutrientes limitantes y la disponibilidad en grandes cantidades de los mismos ocasiona el incremento en la actividad biológica, maximizando el crecimiento de plantas, algas y bacterias que a su vez disminuyen los niveles de oxígeno disuelto causando un estado de hipoxia, alterando las dinámicas

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

bióticas del ecosistema acuático. (Hofztra et al., 2013; Beltrán, 2017). A pesar de que, los humedales presentan constantemente un proceso de eutrofización natural, debido a la composición de la roca madre que retiene fósforo y a la alta producción primaria de las macrófitas (Beltrán, 2017), la sobrecarga de aguas residuales e industriales al ecosistema contienen niveles significativos de N (Mitra & Banerji, 2018) y materia orgánica, generan un proliferación en la vegetación (Hofztra et al., 2013) dificultando la entrada de luz al agua y facilitado el desarrollo de ambientes anóxicos, caracterizados por su alta demanda de oxígeno e índices de calidad del agua muy bajos (Andrade, Delgado y Franco, 2012), aumentando especies como de buchón, que obstaculizan la visibilidad del espejo hídrico.

En definitiva, los efectos de la urbanización tales como vertimientos, basuras y conexiones erradas son causados por la dinámica de los barrios de autoconstrucción levantados en las UPZ de la localidad, provocando aumento en la vegetación acuática flotante y reduciendo la visibilidad del espejo hídrico. Por lo tanto, aunque espacialmente la urbanización no haya invadido áreas referentes al espejo hídrico, las consecuencias de las mismas han provocado indirectamente la disminución del afluente, incrementando la reproducción del buchón de agua y otras especies; de esta forma, realmente si existen factores indirectos que relacionan las variables urbanización-espejo hídrico y espejo hídrico-cobertura vegetal.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

14.1.3. Objetivo específico 3.

Proponer una Zonificación Ambiental para establecer las zonas de uso y manejo más adecuadas para el Humedal Jaboque.

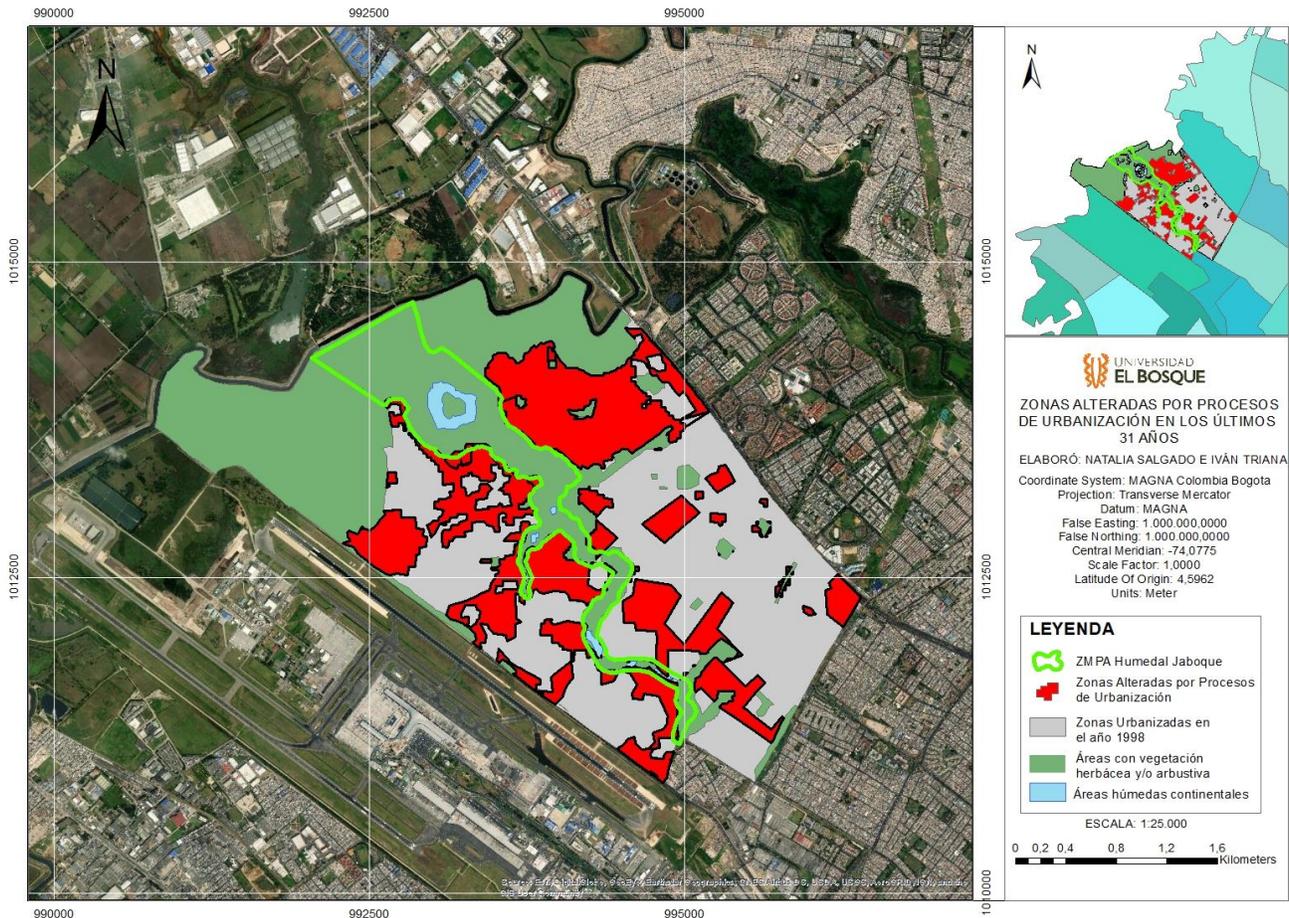


Figura 14. Zonas alteradas por procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74. Autores.

Las zonas alteradas por procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74 en los últimos 31 años permitieron establecer las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva transformadas a causa de la progresión de las zonas urbanizadas, de igual manera fue posible determinar que el crecimiento del tejido urbano en las Unidades de Planeación Zonal corresponde a un patrón axial (Inestroza, Baur & Csaplovics, 2013), ya que estas ocupaciones moldearon a su necesidad el Humedal Jaboque, la revisión bibliográfica soporta que la mayoría de barrios colindantes tuvieron un origen ilegal y se establecieron mediante la técnica de relleno en zonas con características ecológicas de humedal (ADESSA, 2006), al mismo tiempo, dieron origen a diferentes factores de deterioro como la descarga de aguas residuales, disposición de residuos sólidos y fragmentación ecosistémica debido a diferentes obras hidráulicas que se desarrollaron para

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

mitigar el riesgo a inundaciones (Contraloría de Bogotá D.C, 2010), por lo tanto dichas zonas se consideraron agentes de presión sobre el Humedal Jaboque.

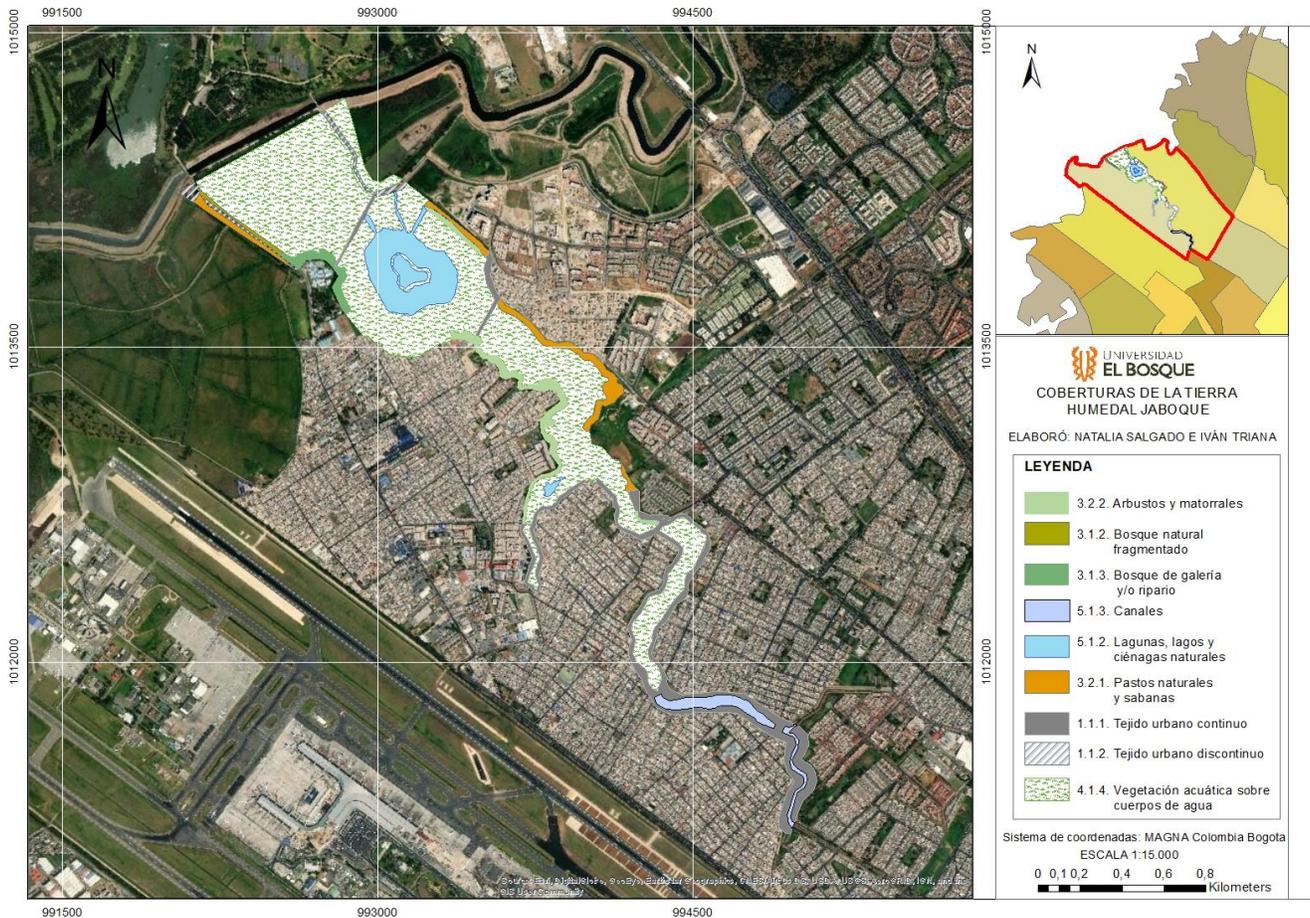


Figura 15. Coberturas de la tierra del Humedal Jaboque. Autores.

Para obtener mayor resolución se tomó la o digital del 2017 categorizando las coberturas de la tierra a partir de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a un tercer nivel de detalle. Permitiendo caracterizar, comparar y clasificar las superficies vegetales, de agua y urbanas delimitadas por la ZMPA del Humedal Jaboque y de esta forma conocer el inventario de las coberturas presentes en el ecosistema, para así definir el uso y manejo más adecuado acorde con la vegetación que presente.

En las superficies de vegetación se determinaron las categorías de Bosque de Galería y/o Ripario referente al bosque de las lechuzas, debido a su cercanía con el cauce del humedal (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2008), adicionalmente las unidades de cobertura como bosque fragmentado, arbustos y matorrales, pastos naturales y sabanas, se identificaron a los costados del límite del humedal puesto que la mayor parte del área fue la superficie de vegetación acuática sobre cuerpos de agua. Las zonas sin buchón y otras especies flotantes, se reconocieron como lagos, lagunas y ciénagas naturales puesto que el Humedal Jaboque se considera como ciénaga dulce permanente (Alcaldía Mayor de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

Bogotá, 2016). En cuanto a la urbanización, a partir del tercio bajo del humedal, se evidencia entre el límite del cauce y la ZMPA superficies alusivas a tejido urbano continuo, ya que en esas zonas los asentamientos son homogéneos y uniformes (Ver Figura 10). No obstante, el tejido urbano discontinuo se clasificó en la zona alta del ecosistema, a raíz de las dos vías menores de 50 metros (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2008) que fragmentan en los costados izquierdo y derecho al humedal, estas áreas hacen parte de la ZMPA del río Bogotá, por lo cual no se identifica, ni permiten, construcciones (Decreto 190, 2004).

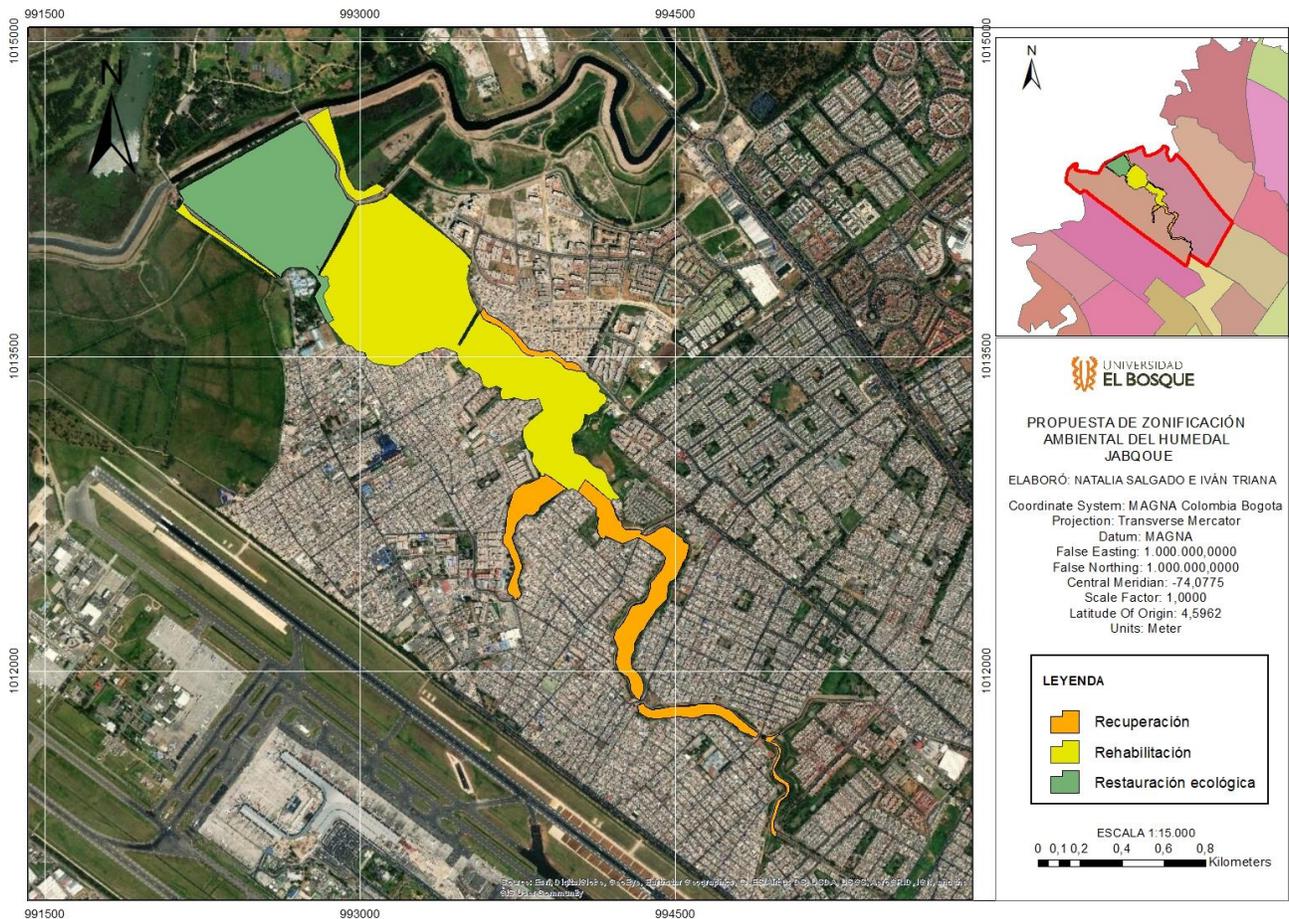


Figura 16. Zonificación Ambiental del Humedal Jaboque. Autores.

14.1.3.1. Análisis y discusión de resultados

El tercio bajo del humedal (ubicado sobre el sector sureste, ver Anexo 1) presentó las mejores condiciones paisajísticas, teniendo en cuenta que las afectaciones por urbanización no se dieron en esa

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

sección del ecosistema (Ver Figura 14), ya que en el costado occidental, al límite del perímetro urbano de la ciudad, cruza el Río Bogotá el cual mediante el decreto 190 del 2004 establece 270 m de ZMPA (Anexo 10), en los cuales solo se permite un uso de protección y conservación de la zona (Decreto 190, 2004), por lo que no se evidencia tejido urbano continuo. Adicionalmente los predios del costado izquierdo presentan características de inundación impidiendo la construcción en los mismos; parte de esta zona está protegida mediante la resolución 01097 de 2014 (Ver Anexo 4).

De modo semejante, a través de la clasificación de las unidades de cobertura y las visitas de campo realizadas en el humedal, se pudo definir que esta sección presenta las condiciones más óptimas. Por tal motivo, se categorizó como una zona de restauración ecológica, sabiendo que estas subzonas tienen como objeto recuperar el ecosistema a sus condiciones iniciales (MADS, 2014) a tal punto de restablecer el área degradada y asegurar los procesos ecológicos, servicios ecosistémicos y valor social del ecosistema a lo largo del tiempo (MADS, 2014). Los lineamientos para abordar el proceso de restauración ecológica se basan en 5 aspectos; hidráulicos, vegetación acuática y semiacuática, control de especies invasoras, vegetación terrestre y fauna silvestre (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008).

Sobre el tercio medio del Humedal Jaboque (Ver Anexo 1), se destaca la presencia de vegetación acuática sobre cuerpos de agua, arbustos matorrales, obras de canalización y la cercanía del tejido urbano sobre la Ronda Hidráulica, de modo que la zona de uso y manejo más adecuada es la de rehabilitación, a fin de enfocar sobre este espacio el restablecimiento de la funcionalidad del ecosistema y su estructura física (MADS, 2014), considerando que en primera medida su vegetación terrestre debe tomar un papel amortiguador con respecto a la UPZ Engativá, como resultado los arbustos y matorrales (Ver Figura 15) se establecieron como una área estratégica para esta zona.

Dicho lo anterior, la estrategia de revegetalización de los arbustos y matorrales de la UPZ Engativá y la creación de un banco de semillas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008) como catalizador de resultados, buscará obtener mejores condiciones estructurales en el sistema terrestre del humedal, para establecer una zona de amortiguación efectiva frente al tejido urbano y al mismo tiempo, se generaría un progreso importante en la conexión con el “bosque de las lechuzas”, es decir la zona de uso y manejo de restauración ecológica del tercio bajo. De igual manera, esta zona de uso y manejo busca mitigar las transformaciones descontroladas en los alrededores del ecosistema (Rodríguez et al., 2018) y las afectaciones causadas por las obras hidráulicas, en concreto los canales de conducción por su incidencia en el régimen hidrológico (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008). En un principio estos canales buscaron garantizar la dilución de cargas contaminantes por medio de un flujo rápido del agua (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008), a pesar de que se evidencie lo contrario (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016), no obstante, resulta importante dar continuidad a los trabajos de canalización de aguas lluvias hacia el humedal, siempre cuando se pueda garantizar una separación con los flujos de aguas residuales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008). Por lo cual, se debe seguir apuntando a la restitución parcial del espejo hídrico (Ver anexo 4) para facilitar el desarrollo de un hábitat para macroinvertebrados en vegetación sumergida y semisumergida, sabiendo que estos son principalmente consumidos por aves (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008).

En cuanto a la zona de uso y manejo de recuperación, ubicada en los pastos naturales y sabanas próximos al barrio UNIR II, los esfuerzos deben concentrarse en un mejoramiento estético, la prevención y/o control de comunidades vegetales invasoras (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008), no obstante, sobre esta área resulta esencial trabajar primero en factores socioeconómicos que permitan la sostenibilidad en el tiempo de cualquier técnica de intervención más ambiciosa que busque mejorar el estado de esta cobertura vegetal, Rodríguez et al. (2018) sostiene que la comunidad y el control social que puede ejercer al tener conocimiento sobre mecanismos jurídicos de conservación y protección, es significativo frente a la prevención del deterioro acelerado, del mismo modo, sintoniza con la idea de fortalecer las zonas de uso y manejo ambiental posicionadas sobre la ronda hidráulica puesto que por lo general son los espacios que reciben de primera mano los impactos generados por las variaciones en las coberturas y uso de la tierra tras la ampliación de la frontera metropolitana.

Por último, el tercio alto del Humedal Jaboque se categorizó como uso múltiple de recuperación (MADS, 2014), ya que desde 1988 se ha caracterizado por presentar asentamientos urbanos circundantes (Ver Figura 7) y el mayor número de problemáticas e impactos. La EAAB realizó obras de adecuación en búsqueda de controlar el ingreso de residuos sólidos provenientes de la conexión que existe entre el humedal y los canales Jaboque y Carmelo a través de una estructura de retención (rejillas) y tanques de sedimentación, sin embargo la falta de mantenimiento y limpieza en estos sistemas provocó inundaciones sobre los barrios aledaños y la comunidad decidió destruirlos o violentarlos con el fin de evitar nuevos eventos de inundación (ADESSA, 2006), por consiguiente esta iniciativa nunca alcanzó los resultados esperados pero sí generó una transformación importante de la estructura ecológica de este sector, dicho de otra manera, pretendió cambiar el uso deficiente del ecosistema por uno más productivo (MADS, 2014).

Sin embargo, es un área apropiada para el desarrollo de espacios de concientización, programas de educación ambiental liderados por colectivos sociales como Caicas, Amigos del Humedal Jaboque, entre otros, ya que resulta conveniente apoderar a la comunidad de su territorio natural y mostrar esta zona como una condición a la que el Humedal Jaboque no debe llegar, de manera que es de suma importancia el apoyo de la comunidad para alcanzar una gestión sostenible (Rodríguez et al., 2018) y valor sobre la línea base que representa esta investigación en materia de ordenamiento territorial.

15. Conclusiones

- Las variaciones espacio temporales de las coberturas de la tierra en la zona de estudio, presentaron una tendencia alusiva al continuo decrecimiento de las áreas con vegetación e incremento de las zonas urbanizadas. A lo largo de los 31 años, se evidenció el constante aumento de la urbanización mediante la dispersa y discontinua ocupación en zonas previamente cubiertas por vegetación, conllevando problemáticas indirectas que afectaron la visibilidad del espejo hídrico. Las dos coberturas de la tierra mencionadas al inicio del párrafo presentaron cambios más visibles que las zonas húmedas continentales, pues esta última pudo ser identificada con mayor claridad sólo en 1988 cuando aún existía el cuerpo hídrico y 31 años después, luego de las obras hidrogeomorfológicas terminadas en el 2017. De igual manera, se respaldó bibliográficamente

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

lo visualizado en la cartografía, producto de la metodología planteada y los procesos ocurridos en la zona de estudio.

- El cálculo de las correlaciones lineales entre las variaciones de las unidades de cobertura de la tierra permitieron determinar que los procesos de urbanización en la UPZ 73 y 74 de Bogotá se encuentran directamente relacionados (99,66 %) en el decrecimiento de las áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva, de igual manera, la revisión de literatura realizada permite sugerir que existe una asociación indirecta del crecimiento urbano sobre el comportamiento y las condiciones de eutrofia en el tercio medio y alto del bioma. Por lo tanto, la ocupación formal e informal de zonas periféricas de Bogotá obedece a la fuerza motora del cambio en el territorio del Humedal Jaboque, mientras que la problemática de conexiones erradas en los 35 barrios colindantes al humedal, la implementación de instrumentos de planificación ideados para realidades opuestas a la que se vive en localidad Engativá y la pérdida de zonas amortiguantes se entienden como procesos subyacentes a la transformación del espacio.
- La propuesta de Zonificación Ambiental del Humedal Jaboque fue coherente con los resultados del primer objetivo específico, ya que las zonas de uso y manejo establecidas responden con la tendencia de afectación urbana que se dió en los últimos 31 años, es decir, el tercio bajo al tener restricciones de construcción presentó las más óptimas unidades de cobertura (bosque ripario y bosque fragmentado) y se categorizó como zonas de protección y restauración ecológica, mientras que la mayor concentración de zonas alteradas por procesos de urbanización tuvo lugar en el tercio medio, de manera que los bosques o vegetación indicadora del buen estado del ecosistema se perdieron, dando a lugar a coberturas de pastos y arbustos las cuales no tienen la capacidad de cumplir una funcionalidad de zona amortiguadora de impactos tan efectiva como el bosque, por lo que se hace necesario formular programas para zonas de rehabilitación. Por último, el alto grado de transformación, las deficientes condiciones físicas evidenciadas en campo, las coberturas identificadas como tejido urbano continuo y canales en el tercio alto del humedal, definieron que dicha sección se categorice como uso múltiple de recuperación tras la necesidad de retornar la utilidad del ecosistema enmarcada dentro del contexto de las dinámicas de la UPZ 73 y 74.

16. Recomendaciones

- Se recomienda para próximos estudios la compra de imágenes de vuelo, ortofotos u otra fuente de insumo espacial para mejorar la calidad en las caracterizaciones de las coberturas de la tierra, maximizando la resolución y así identificar dentro de las coberturas vegetales la transición de

bosque o vegetación nativa a arbustales o pastos, los distintos tipos de urbanización que está establecido en la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.

- Una posible línea futura del proyecto está relacionada con la evaluación del estado de los servicios ecosistémicos del Humedal Jaboque, al tomar como base la caracterización de las coberturas de la tierra y la construcción del escenario retrospectivo, a través de herramientas de análisis espacial como InVest.
- Acorde con la propuesta de zonificación planteada y tomando como base el análisis tendencial que presentó el humedal en los últimos 31 años, se requiere plantear planes, programas y proyectos que se alineen a las zonas de uso y manejo establecidas para el Humedal Jaboque; restauración ecológica, recuperación y uso múltiple de restauración. A fin de dar continuidad a los objetivos realizados en este proyecto de grado y potencializar las zonas donde se mantienen dinámicas ecosistémicas y se asientan diferentes especies endémicas.
- Resulta conveniente realizar un análisis detallado sobre el componente socioeconómico de la UPZ 73 y 74 de la localidad de Engativá, de manera que la línea base de ordenamiento territorial desarrollada sobre este ecosistema, junto a los planes, programas y proyectos que estas conllevan, consigan estar alineados a la comunidad colindante al Humedal Jaboque, de manera que se alcancen resultados y procesos sostenibles en el tiempo.

17. Referencias Bibliográficas

- Achicanoy, J; Rojas, R y Sánchez, J. (2018). Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21 (1), 41-58.
- Acuerdo 35 [Concejo de Bogotá]. Por el cual se definen las zonas de ronda y las zonas de manejo y preservación ambiental de los humedales de Juan Amarillo, La Vaca y El Jaboque y se dictan otras disposiciones. Noviembre 10 de 1999.
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2004). Recorriendo Engativá. Recuperado el 27 de mayo de 2019, del sitio web www.shd.gov.co:
<http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/Recorriendo%20ENGATIVA.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008). Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Recuperado de https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=2860
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). Ficha Gestión de Parques Ecológicos Distritales de Humedales-PEDH. Recuperado de <http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2018). Localidad de Engativá. Recuperado 01 de abril de 2019, del sitio web <http://habitatencifras.habitatbogota.gov.co>:
<http://habitatencifras.habitatbogota.gov.co/documentos/boletines/Localidades/Engativa.pdf>
- Andrade, G. (2003). Los humedales de Bogotá y la convención Ramsar: oportunidades para la gestión del patrimonio natural de la ciudad. Serie Documentos Técnicos 1. Bogotá: Fundación Humedales.
- Andrade, G; Delgado, J; Franco, L. (2012). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

- Colombia al cambio climático global. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, Vol 22. (2), pp. 69-85. Consultado en: 27 de mayo del 2019. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/37018/43842>
- Bai, Y; Feng, M; Jiang, H; Wang, J; Zhu, Y & Liu, Y. (2014). Assessing Consistency of Five Global Land Cover Data Set in China. *Remote Sensing*, 6, 8739-8759. Recuperado el día 03 de septiembre de 2019, de la base de datos MDPI.
- Basnou, C; Pino, J & Terradas, J. (2015). Ecosystem services provided by green infrastructure in the urban environment. *CAB Reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources*, 10(4), 1-11.
- Beltrán, J. (2017). *Formulación de un modelo dinámico de simulación ecológica del humedal Jaboque con fines de restauración y conservación*. Recuperado del sitio web de la Secretaría General: <https://secretariageneral.gov.co/>
- Belward, A; Skøien, J. (2015). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24-31. Recuperado el 02 de septiembre del 2019, de la base de datos Science Direct.
- Bermúdez, M; Barnagui, P; Moessner, K. (2018). Analysing real world data streams with spatio-temporal correlations: Entropy vs. Pearson correlation. *Automation in Construction*, 88, 87-100.
- Caicedo Montaña, A. M. (2016). Simulación Dinámica del Uso del Suelo y los Cambios en la Biodiversidad de los Humedales de Bogotá Caso Jaboque, Juan Amarillo y Córdoba.
- Cámara de Comercio (s.f). Plan de Ordenamiento Territorial. Recuperado el 04 de abril de 2019, del sitio web www.ccb.org.co: <https://www.ccb.org.co/Transformar-Bogota/Gestion-Urbana/Ordenamiento-territorial/Plan-de-Ordenamiento-Territorial>
- CAR (s.f). Guía metodológica para la delimitación de zonas de ronda en la jurisdicción de la Corporación Autónoma de Cundinamarca - CAR. Recuperado el 27 de mayo del 2019, del sitio web www.car.gov.co: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ae22eb8f1daa.pdf>
- Cardozo Cuellar, Y. (2017). *Efectos del crecimiento urbano sobre el humedal capellanía: análisis multitemporal y propuestas de mejora en el marco del desarrollo sostenible*. (Tesis de pregrado). Universidad Libre, Bogotá, Colombia.
- Castillo, Y; Rodríguez, M. (2017) Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene. *Revista Mutis*, Vol 7 (1), pp. 20-33.
- Chaves et al. (2016). *Páramos y Humedales. Construcción de Insumos técnicos para la gestión integral del territorio y la adaptación del cambio climático en ecosistemas estratégicos*. Bogota D.C., Colombia.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Chuvieco; E. (1998) El Factor temporal en teledetección: Evolución Fenomenológica y Análisis de Cambios. *Revista Teledetección*, Vol. 10. Consultado el 23 de marzo de 2019. Recuperado de: http://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10_4.pdf
- Contraloría Bogotá D.C. (2010). *Informe de auditoría de desempeño*. Recuperado de <http://www.contraloriabogota.gov.co/>
- Contraloría Bogotá D.C. (2018). *Informe de auditoría de desempeño*. Recuperado de <http://www.contraloriabogota.gov.co/>
- Coppin et al (2004) Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 25 (9), pp 1565–1596.
- Coppin, P. R., & Bauer, M. E. (1996). Digital Change Detection in Forest Ecosystems with Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing Reviews*, 13(3-4), 207-234. <https://doi.org/10.1080/02757259609532305>

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

- Cortés, L. (2018). Aproximación al paisaje de los humedales urbanos de Bogotá dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27, (1): 118-130.
- Criz, D., Garcia, C. A., & Motta, J. (2017). Estimación de la pérdida de área en los humedales de Bogotá en las últimas cinco décadas debido a la construcción y sus respectivos efectos. Universidad Distrital.
- Cruz, J. (2016). El Tercio Medio del Humedal Jaboque: Un Territorio en Disputa (Tesis de Maestría, Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima).
- Decreto 027. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por el cual se adopta el Plan Parcial del predio denominado El Porvenir, ubicado en la localidad 10 de Engativá. Enero 24 de 2004.
- Decreto 062. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por medio del cual se establecen mecanismos, lineamientos y directrices para la elaboración y ejecución de los respectivos Planes de Manejo Ambiental para los humedales ubicados dentro del perímetro urbano del Distrito Capital. Marzo 14 de 2006.
- Decreto 1076. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se expide Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Mayo 26 de 2015.
- Decreto 1200. [El Presidente de la República de Colombia]. Por el cual se determinan los instrumentos de planificación ambiental y se adoptan otras disposiciones. Abril 20 de 2004.
- Decreto 1468. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, con el fin de designar al Complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital de Bogotá para ser incluido en la lista de Humedales de Importancia Internacional Ramsar, cumplimiento de lo dispuesto en la ley 357 de 1997. Agosto 06 de 2018.
- Decreto 190. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Junio 22 de 2004.
- Decreto 386. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por el cual se adoptan medidas para recuperar, proteger y preservar los humedales, sus zonas de ronda hidráulica y de manejo y preservación ambiental, del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. Noviembre 11 de 2008.
- Decreto 590. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por medio del cual se corrige la cartografía de la Unidad de Planeación Zonal - UPZ No. 73 Garcés Navas de la Localidad de Engativá, adopta mediante el Decreto Distrital 073 de 2006. Octubre 16 de 2018.
- Decreto 619. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital. Julio 28 de 2000.
- Decreto 624. [Alcaldía Mayor de Bogotá]. Por el cual se adopta la visión, objetivos y principios de la Política de Humedales del Distrito Capital. Diciembre 28 de 2007.
- Departamento Técnico y Administrativo de Medio Ambiente. (2006). Política de humedales del distrito capital. Bogotá, recuperado el 20 de febrero de 2019, del sitio web ambiente de bogotá: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=b3186a1c-c2a6-4cae-8e85-3eaecfee4fb7&groupId=55886
- Departamento Técnico y Administrativo de Medio Ambiente; Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2000). Historia de los Humedales de Bogotá. Con énfasis en cinco de ellos. Humedal de Jaboque (págs. 58-63). Bogotá D.C., Colombia: DAMA
- Duque, J; Lozano-Garcia, N; Patino, J; Restrepo, P & Velasquez, W. (2019). Spatiotemporal dynamics of urban growth in Latin American cities: An analysis using nighttime light imagery. *Landscape and Urban Planning*, 191, 103640. Recuperado el 07 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.
- Ehrenfeld, J. (2004) . The Expression of Multiple Functions in Urban Forested Wetlands. *Wetlands* 24 (4): 719-733

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2010). Consorcio Jaboque II Contrato 1-01-24100-840-2010.
- Empresa de renovación y desarrollo urbano de Bogotá (2016). Zona de manejo y preservación ambiental. Recuperado el día 27 de mayo del 2019, del sitio web <http://www.eru.gov.co>: <http://www.eru.gov.co/es/transparencia/informacion-interes/glosario/zona-manejo-y-preservaci%C3%B3n-ambiental>
- Fundación para el Desarrollo Ambiental y Social [ADESSA]. (2006). *Plan de manejo Ambiental Humedal Jaboque*. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Diagn%C3%B3stico+PMA+Humedal+Jaboque+06-13.pdf>
- Gillanders, S; Coops, N; Wulder, M; Gergel, S & Nelson, T. (2008). Multitemporal Remote Sensing of Landscape Dynamics and Pattern Change: Describing Natural and Anthropogenic Trends. *Progress in Physical Geography*, Vol. 32(5), pp. 503-528.
- Gómez, C; White, J & Wulder, M. (2016). Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 55-72. Recuperado el 2 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.
- González, J. (2010). Cambios de la Cobertura (1981 – 2007) y Fuerzas Conductoras en el Borde Urbano del Municipio de Soacha (Cundinamarca, Colombia). *Pontificia Universidad Javeriana*, Bogotá, Colombia.
- González, G. (2018). El impacto de la dinámica urbana sobre los humedales de Bogotá (Colombia). Análisis, modelización y propuestas en el marco del crecimiento verde. (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Hábitat, O. N. U. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. *UN Habitat: Nairobi*.
- Hazra, A; Gogtay, N. (2016). Biostatistics series module 6: Correlation and linear regression. *Indian Journal of Dermatology*, 61(6), 593-601. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019 de la base de datos ProQuest Central.
- Herrera, M. A., Sepúlveda, M. V., , N. J. (2008). Análisis sobre aplicabilidad de las herramientas de gestión ambiental. Bogotá.
- Hofztra et al., (2013). The links between global carbon, water and nutrient cycles in an urbanizing world — the case of coastal eutrophication. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 566-572. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.004>
- IDEAM. (s.f). Tasa anual de cambio de la superficie cubierta por diferentes coberturas (TCDC). Recuperado el 27 de mayo de 2019 del sitio web http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/55-5.02_HM_Tasa_cambio_coberturas_3_FI.pdf/88d72e1e-026b-4947-a2c0-0f81d2f4b8ff
- Inostroza, L. (2017). Informal urban development in Latin American urban peripheries. Spatial assessment in Bogotá, Lima and Santiago de Chile. *Landscape and Urban Planning*, 165, 267-279. Recuperado el 08 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.
- 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. Recuperado el 08 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

- Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo [IDEADE]. (2015). Evaluación de servicios ecosistémicos en humedales en Colombia: una propuesta de insumos espaciales para su delimitación. Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Recuperado de <http://documentacon.idea.gov.co/>
- Kennedy, R; Andréfouet, S; Cohen, W; Gómez, C; Griffiths, P; Hais, M; Healey, S; Helmer, E; Hostert, P; Lyons, M; Garrett, M; Pflugmacher, D; Phinn, S; Powell, S; Scarth, P; Sen, S; Schroeder, T; Schneider, A; Sonnenschein, R; Vogelmann, J; Wulder, M & Zhu, Z. (2014). Bringing an ecological view of change to Landsat-based remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 339-346. Recuperado el 02 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.
- Kentula, M., Gwin, S., Pierson, S. (2004). Tracking Changes in Wetlands with Urbanization: Sixteen Years of Experience in Portland, Oregon, usa. *Wetlands*, 24 (4): 734-743.
- La Tirajala (s.f). Urbanismo sostenible. Recuperado el 18 de marzo de 2019, del sitio web <http://www.latirajala.org>: <http://www.latirajala.org/ciudades-sostenibles>
- Latifovic, R; Pouliot, D. (2005) Multitemporal Land Cover Mapping For Canada: Methodology and Products. *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 31 (5).
- Ley 1454. Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones. Junio 29 de 2011- DO. No. 48.115.
- Ley 152. Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. Julio 15 de 1994. Do. No. 41.450.
- Ley 357 de 1997. Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971). Enero 27 de 1997. DO. No. 42.967.
- Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Julio 18 de 1997. DO. No. 43.091.
- Ley 614. Por medio de la cual se adiciona la Ley 388 de 1997 y se crean los comités de integración territorial para la adopción de los planes de ordenamiento territorial. Septiembre 18 de 2000. DO. No. 44.168.
- Loveland et al. (2000) Development of a global land cover characteristics data base and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 2000 Vol.21 No.6/7 pp.1303-1330 ref.54
- Madhavi et al. (2018) Remote sensing for wetland classification: a comprehensive review, *GIScience & Remote Sensing*, Vol 55 (5), pp. 623-658, DOI: 10.1080/15481603.2017.1419602.
- Meza et al. (2015) Análisis multitemporal del espejo de agua del humedal El Castillo, municipio de Barrancabermeja, Santander, Colombia. *Revista Citecsa*, Vol. 5(9), pp. 78-91.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2014). Guía técnica para la Formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA_DE_POMCAS.pdf
- Mitra, D., Banerji, S. (2018). Urbanisation and changing waterscapes: A case study of New Town, Kolkata, West Bengal, India. *Applied Geography*, 97, 109-118. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.04.012>
- Moreno, V; García, J. F., Villalba, J. C. (s.f). Descripción General de los Humedales de Bogotá D.C. Bogotá D.C
- Muñoz, J y Jaramillo, J. (2005). Evaluación Geológica del humedal Jaboque. Recuperado del sitio de

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

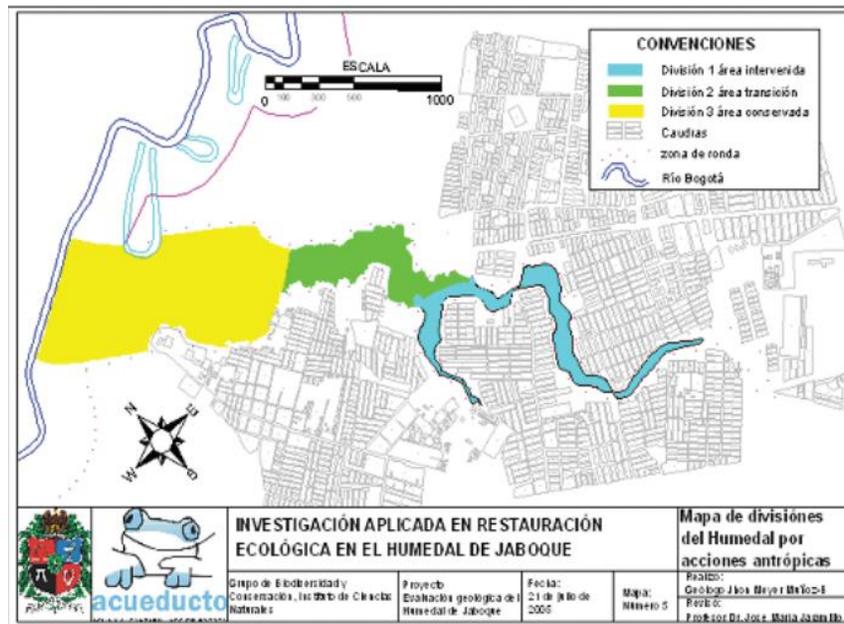
- internet Editorial Universidad Distrital: <https://editorial.udistrital.edu.co/contenido/c-913.pdf>
- Navarro, K., Ruíz, M.A. Rodríguez, J.P. (2017). Estado ecológico de algunos humedales colombianos en los últimos 15 años: Una evaluación prospectiva. *Colombia Forestal*, 20(2), 181-191. Recuperado el 4 de abril del 2019 de la base de datos scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n2/v20n2a07.pdf>
- Nielsen, J; Farrelly, M. (2019). Conceptualising the built environment to inform sustainable urban transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. doi:10.1016/j.eist.2019.07.001
- Orjuela López, D. L. (2016). Estudio multitemporal por pérdida de la cobertura vegetal debido a la expansión urbana en la localidad de Engativá occidente de Bogotá mediante imágenes de satélite 1998-2014.
- Pardo Urbano, D. (2018). Análisis multitemporal del índice de calidad de agua (Ica) determinado por métodos geoestadísticos para el humedal de Jaboque en la ciudad de Bogotá para los años 2009 y 2017.
- Peñalosa Molina, L. K., Castro, T., del Pilar, N., Vásquez Agudelo, E., Hurtado Acosta, A. P., Suárez Jaimes, P. A., & Montañón Moreno, A. O. (2014). Análisis multitemporal del impacto ambiental en el humedal Capellanía a través del uso de imágenes multisensor.
- Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia [Ministerio del Medio Ambiente]. Julio de 2002.
- Posada Arrubla, Adriana, & Páez Chávez, Jenny Vanessa. (2016). Modelo de desarrollo local para una zona de bogotá-colombia, relacionando la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 445-455.
- Prion, S; Haerling, S. (2014). Making Sense of Methods and Measurement: Pearson Product-Moment Correlation Coefficient. *Clinical Simulation in Nursing*, (10), 587-588.
- Puth, M; Neuhäuser, M; Ruxton, G. (2014). Effective use of Pearson's product-moment correlation coefficient. *Animal Behaviour*, 93, 183-189.
- Ramsar. (2006) Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Ramsar. (2015). El Cuarto Plan Estratégico para 2016 – 2024. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/4th_strategic_plan_2016_2024_s.pdf
- Ramsar (2018). Humedales: esenciales para un futuro urbano sostenible. Recuperado 01 de abril de 2019, del sitio web www.ramsar.org: https://www.ramsar.org/sites/default/files/urbanwetlands_sp.pdf
- Ramsar. (2018). Ampliar la conservación, el uso racional y la restauración de los humedales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wetlands_sdgs_s.pdf.
- Resolución 01097 [SDA]. Por la cual se adoptan medidas de protección ambiental sobre un sector inundable aledaño al Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque, y se toman otras determinaciones. 01 de julio de 2014.
- Resolución 0957. [CAR, Corporinoquia & Corpoguavio]. Por medio de la cual se aprueba el ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá y se dictan disposiciones. 02 de abril de 2019.
- Resolución 1497. Por la cual se modifica la Resolución No. 301 del 11 de febrero de 2010, por medio de la cual se crea el Comité Nacional de Humedales (CNH), y se adoptan otras determinaciones. 03 Agosto de 2018.
- Resolución 196. Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia. 01 de febrero de 2006.
- Resolución Conjunta 01 [CAR-SDA]. Por la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque y se toman otras determinaciones. Febrero 13 de 2015.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

- Roa, M., Douglas, A. (2012). Determinación de los principales efectos ambientales en humedales debido a la variación climática en la ciudad de Bogotá D.C. como un análisis del cambio climático. Tesis de grado obtenido no publicado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de abril de 2019, de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/1486/1/RoaMartinezMiguelAngel2012.pdf>
- Rodríguez, E. L. (2010). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana. Cuadernos geográficos, (46), 293-313.
- Rodríguez, V; Avendaño, L; González, G y Peña, D. (2018). Análisis geoespacial de la dinámica de los humedales Meandro del Say y Santa María del Lago: Conflictos del uso del suelo y su pérdida de área. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 15 (1), 131-149.
- Rojas Barahona, S. C. (2018). Análisis multitemporal de la dinámica territorial en el humedal Tibabuyes; diagnóstico y propuesta en el marco de la gestión sostenible.
- Rojas, S. (2018). Análisis Multitemporal De La Dinámica Territorial En El Humedal Tibabuyes; Diagnóstico Y Propuesta En El Marco De La Gestión Sostenible. Recuperado el 1 de Septiembre del 2019, del sitio web repositorio de la Universidad Libre: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11190/PR_01_SARA%20ROJAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rubbo, M., Kiesecker, J. (2005). Amphibian Breeding Distribution in an Urbanized Landscape. *Conservation Biology*, 19 (2): 504-511.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f). Estructura ecológica principal. Recuperado el 4 de abril de 2019, del sitio web de ambientebogota: http://www.ambientebogota.gov.co/c/journal/view_article_content?groupId=10157&articleId=14190&version=1.2
- Secretaria Distrital de Planeación. (2011). 21 monografías de las localidades # 10 Engativá. Bogotá.
- Trejos, N (2014). Dinámica del uso de la tierra e identificación de las áreas críticas de la región de Playa Venado, Provincia de Los Santos, República de Panamá, 2004. Trabajo de grado.
- UICN (1994) XIX Asamblea General. Recuperado el día 1 de abril de 2019, del sitio web portals.iucn.org: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/GA-19th-022-Es.pdf>
- Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 pág.
- Yang, Z; Li, Zipper, Shen, Miao & Donovan. (2018). Identification of the disturbance and trajectory types in mining areas using multitemporal remote sensing images. *Science of the Total Environment*, 644, 916-927. Recuperado el 02 de septiembre de 2019 de la base de datos Science Direct.
- Zaho, K; Suarez, J; García, M; Hu, T; Wang, C & Londo, A. (2018). Utility of multitemporal lidar for forest and carbon monitoring: Tree growth, biomass dynamics, and carbon flux. *Remote Sensing of Environment*, 204, 883-897. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de la base de datos Science Direct.
- Zambrano, F. (1998). Colombia país de regiones. Bogotá: Centro de Investigación y Educación Popular (cinep) y Colciencias.

18. Anexos

18.1. Anexo 1. División del Humedal Jaboque. Muñoz y Jaramillo (2005)



18.2. Anexo 2. Evidencia de limpieza de buchón en el humedal. Autores

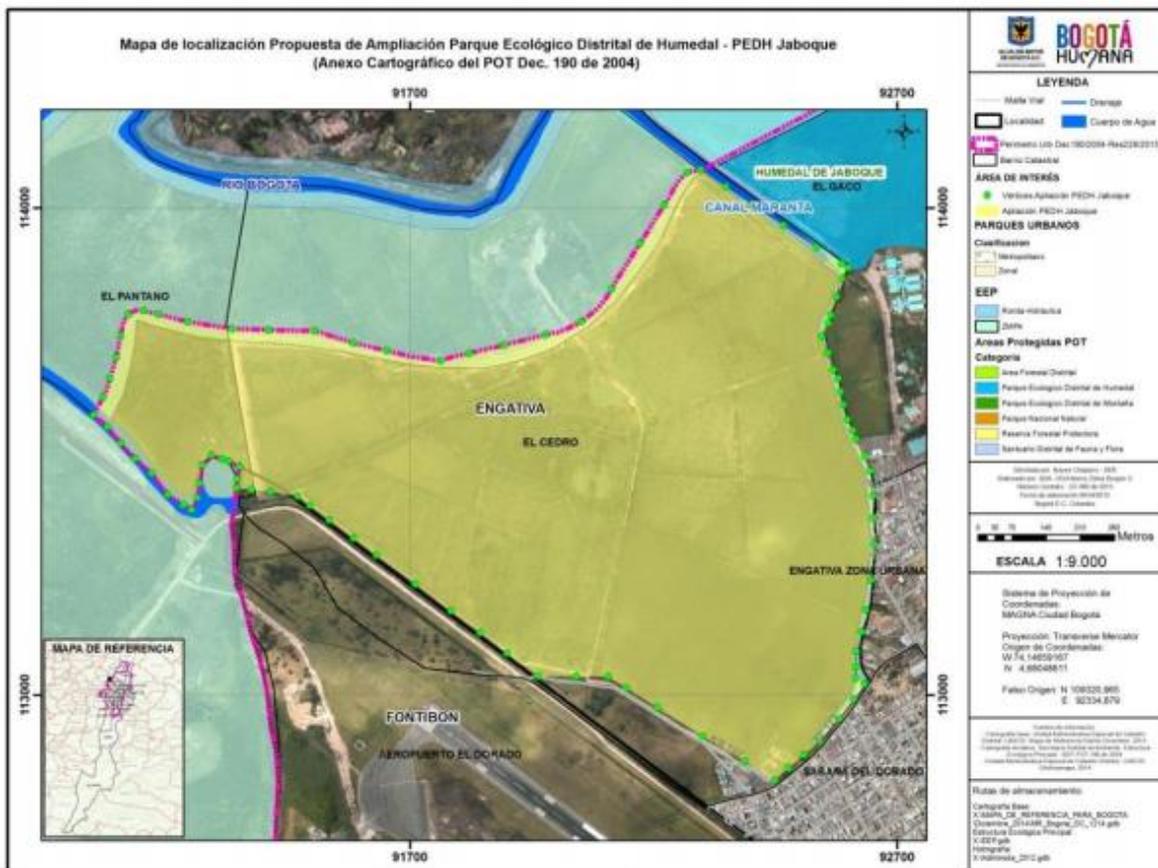


Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.3. Anexo 3. Panorámica resultado de la recuperación hidrogeomorfológica en el tercio alto del Humedal Jaboque. EAAB-ESP (2010).



18.4. Anexo 4. Área inundable añadida por la Resolución 01097. Res 01097 (2014)



Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.5. *Anexo 5. Evidencia de la visita de campo. Autores*



18.6. *Anexo 6. Zonas del proyecto de compostaje de la SDA, aledañas al Humedal Jaboque. Autores*



Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.7. Anexo 7. Evidencia de basuras dentro del cauce del Humedal Jaboque. Autores



18.8. Anexo 8. Evidencia de basuras (mueble) dentro de los canales perimetrales del Humedal Jaboque

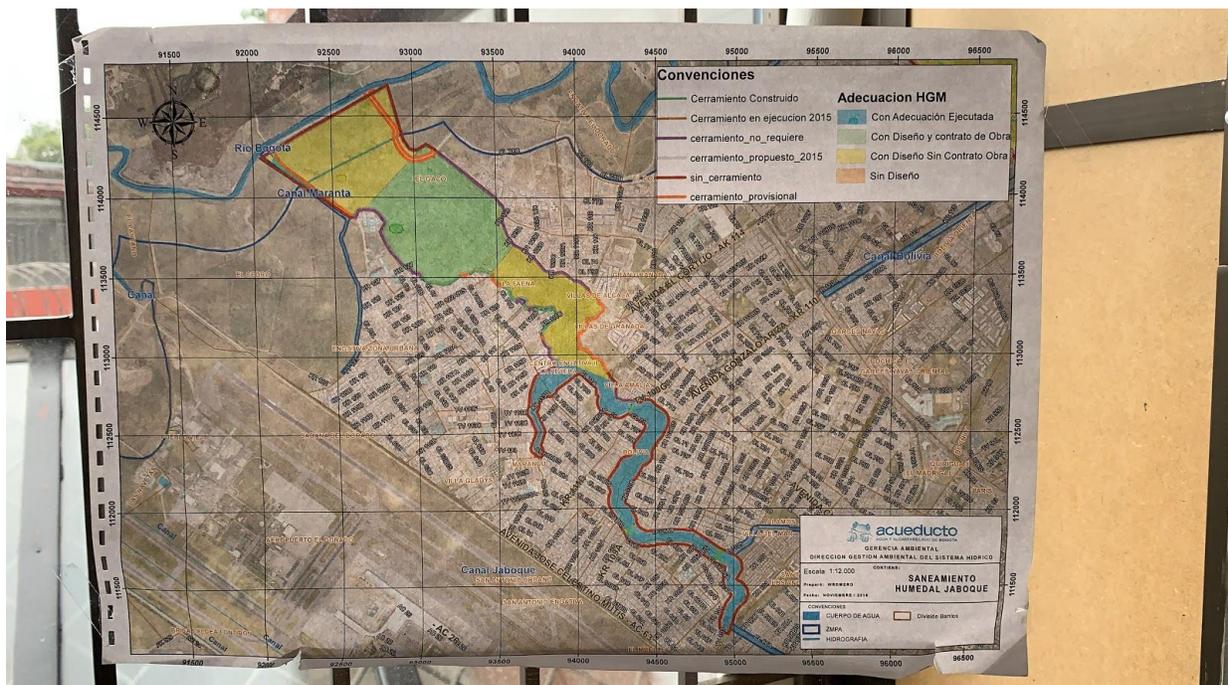


Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.9. Anexo 9. Basuras en el perímetro del PEDH. Autores



18.10. Anexo 10. Mapa del humedal Jaboque donde se evidencia la delimitación de la ZMPA del Río Bogotá, EAAB-ESP (s.f)



Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.11. *Anexo 11. Tercio alto del humedal canalizado en su totalidad, Autores*



18.12. *Anexo 12. Canales perimetrales del tercio alto del humedal, Autores.*

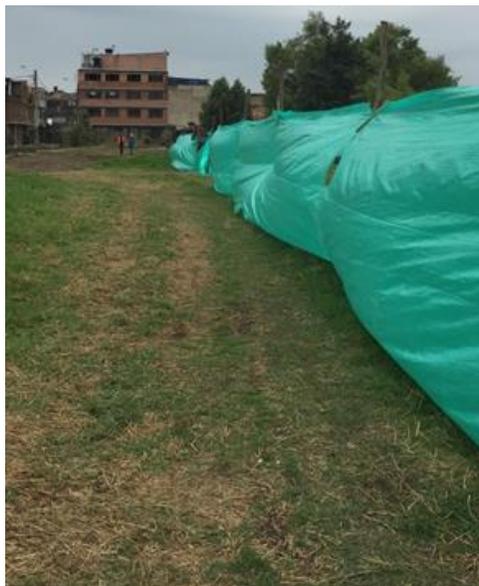


Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.13. *Anexo 13. Bosque de las lechuzas, Autores*



18.14. *Anexo 14. Proyecto de Senderos Ecológicos, Autores*



Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.15. *Anexo 15. Cálculo grado de fiabilidad caracterización de coberturas de la tierra, Autores*

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1T-rpNklBSe7cAafkA19RFgfxNBXmSb51CC85PT7Mxjc/edit?usp=sharing>

Correctos	Error	Total puntos registrados
81	41	122

Porcentaje de error
33,60655738

18.16. *Anexo 16. Cronograma de actividades.*

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1T-rpNklBSe7cAafkA19RFgfxNBXmSb51CC85PT7Mxjc/edit?usp=sharing>

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

18.17. Anexo 17. Formato dirección de trabajo de grado



**UNIVERSIDAD
EL BOSQUE**
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

FORMATO DIRECCIÓN TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DOCENTE: Juan Carlos Delgado CORTE: II PERIODO ACADÉMICO: 2019 II
 TÍTULO PROYECTO: Efectos de la urbanización sobre el espejo hídrico y cobertura vegetal del humedal Jaboque
 ESTUDIANTE 1: María Camila Troncoso Martín ESTUDIANTE 2: Natalia Soledad Rojas

FECHA	ACTIVIDADES	TAREAS	FIRMA 1	FIRMA 2
25/07/19	Resolver dudas de los resultados del FODA y determinar su relación con la metodología de la tesis	Revisión documento CAPUT (cont. conser. ordenado) en Colombia		
26/08/19	Presentación de resultados generales del FODA	Adaptación resultados obj 1		
3/09/19	Revisión mapas temáticos obj 1 y 2	Adaptación al formato de los mapas		
19/09/19	Revisión dudas de la metodología y verificación en campo	Metodología % DPM		
24/09/19	Dudas sobre obj 3	Revisión FOMC, INDES 2014		
3/10/19	Revisión análisis obj 1 y 2	Revisión cita y bibliografía		
10/10/19	Revisión mapas obj 3 y análisis	Análisis y resultados obj 3		

FIRMA DOCENTE: _____

Página 1 de

19. Glosario de Términos

19.1.1. Función Ecológica:

Propósito del humedal dentro de la interacción del componente biótico y abiótico.

19.1.2. Ecosistemas Urbanos:

Comunidad de seres vivos y no vivos que se relacionan entre sí, localizados dentro de ciudades con poblaciones humanas aledañas.

Efectos del Proceso de Urbanización sobre el Espejo de Agua y la Cobertura Vegetal del Humedal Jaboque en los Últimos 30 Años: Análisis Multitemporal.

19.1.3. Cobertura vegetal:

Definida como la capa de vegetación natural, comprendiendo un alta gama de biomasa, con distintas propiedades fisionómicas que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques (Geoinstitutos, sf)

19.1.4. Espejo hídrico:

Superficie de agua expuesta, en la que no se evidencie la presencia de sedimentos, colmatación natural, vegetación flotante o junco (Secretaria Distrital de Ambiente, sf, pp. 128-19)

19.1.5. Fotointerpretación:

Conjunto de técnicas y principios que tienen como fin identificar, analizar y clasificar los diferentes componentes del paisaje registrados en fotografías aéreas (Universidad Nacional de San Luis, 2011, p.1).

19.1.6. Urbanización:

Transformación del uso del suelo y medio natural, por la ejecución de obras y actividades previamente planeadas, para dar cabida a la concentración geográfica de la población (PUCV, sf, p. 5).

19.1.7. Unidad de planeación zonal (UPZ):

Unidades de planeación a nivel zonal, recoge un conjunto de barrios que presentan características comunes frente a su desarrollo urbanístico y uso del suelo (Cámara de comercio, s.f).