

**ANÁLISIS MULTI TEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA COBERTURA
DEL SUELO PARA EL HUMEDAL DE SANTA MARÍA DEL LAGO (BOGOTÁ,
D.C.) EN LOS AÑOS DE 1952, 1990 Y 2014**



DANIEL JOSÉ MORALES MEJÍA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
ESPECIALISTA EN GEOMÁTICA

Director:
TATIANA FERREIRA BORDA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ, 01 FEBRERO DE 2018**

ANÁLISIS MULTI TEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA COBERTURA DEL SUELO PARA EL HUMEDAL DE SANTA MARÍA DEL LAGO (BOGOTÁ, D.C.) EN LOS AÑOS DE 1952, 1990 Y 2014

MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF THE LAND CHANGE COVER FOR THE WETLAND OF SANTA MARÍA DEL LAGO (BOGOTÁ, D.C.) IN THE YEARS OF 1952, 1990 AND 2014

Daniel José Morales Mejía
Título Ing. Geógrafo y Ambiental, Esp. Gestión Social y Ambiental,
Estudiante de Posgrado de la Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia,
u3101384@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La transformación del paisaje por intervención antrópica ha ocasionado cambios en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Tal es el caso de los humedales, en donde diversos estudios sugieren que tan sólo quedan entre el 5% y el 10% de sus coberturas originales, en donde los múltiples bienes y servicios que prestan se han visto afectados principalmente por la ampliación de la infraestructura vial y los acelerados procesos de urbanización. Como caso de estudio para esta investigación se realizó un análisis multi temporal entre los años 1952, 1990 y 2014 para el humedal Santa María del lago (Bogotá D.C). Para ello se interpretaron las coberturas de uso del suelo para el periodo de tiempo mencionado, encontrando coberturas tales como, Arbustales, áreas endurecidas, espejo de agua, pastos, vegetación acuática y vegetación herbácea. El total del paisaje tuvo un área aproximada de 40,51 ha. Posterior a la interpretación se describieron los procesos espaciales de transformación del paisaje, encontrando que el total de la matriz para los tres años de análisis evidenció un proceso de disección a nivel de paisaje, ya que hubo un aumento en el número de parches y la longitud total del borde, y una disminución en el tamaño promedio del parche. Finalmente el análisis multi temporal mostró que todas las coberturas analizadas presentaron pérdidas y ganancias en términos naturales en el porcentaje de sus coberturas.

Palabras clave: Transformación, paisaje, cobertura del suelo, humedal.

ABSTRACT

The transformation of the landscape by anthropic intervention has caused changes in the structure and functioning of ecosystems. Such is the case of wetlands, where several studies suggest that only between 5% and 10% of their original coverages remain, where the multiple goods and services they provide have been affected mainly by the expansion of infrastructure road and accelerated urbanization processes. As a case study for this research, a multi-temporal analysis was conducted between 1952,

1990 and 2014 for the Santa María del Lago wetland (Bogotá D.C). To this end, land use covers for the aforementioned period of time were interpreted, finding coverings such as Arbustales, hardened areas, water mirror, pastures, aquatic vegetation and herbaceous vegetation. The total landscape had an approximate area of 40.51 ha. After the interpretation the spatial processes of transformation of the landscape were described, finding that the total of the matrix for the three years of analysis evidenced a process of dissection at the landscape level, since there was an increase in the number of patches and the length total of the border, and a decrease in the average patch size. Finally, the multi-temporal analysis showed that all the hedges analyzed presented losses and gains in natural terms in the percentage of their hedges.

Keywords: Transformation, landscape, land cover, wetland.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos derivan su supervivencia de los ecosistemas y de los bienes y servicios que estos prestan. No obstante, y según la evaluación de los ecosistemas del milenio (Millennium Ecosystem Assessment - MEA por sus siglas en inglés) [1], afirmó que en los últimos cincuenta años la actividad humana ha modificado la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas más rápido, inclusive que cualquier periodo de extinción masiva. McGarigal [2] nombró a dichas modificaciones como la transformación del paisaje, y a su vez la definió como una porción cambiante del territorio por procesos naturales y antrópicos. Dentro de dichos procesos se encuentran los humedales, los cuales según RAMSAR [3] abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos [...], cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 m.

En la actualidad son diversos los estudios que exponen la problemática de transformación del paisaje en humedales, como por ejemplo el llevado a cabo por Bergkamp & Orlando [4], en donde afirmaban que los humedales cubrían cerca del 10% de la superficie de la Tierra. Así mismo que las mayores extensiones de humedales se encontraban en latitudes elevadas y en el trópico. Datos más recientes como los de Jobbagy & Litter [5], sugirieron que tan solo el 5% de la superficie terrestre estaba cubierta por humedales, lo cual era una muestra del acelerado proceso de transformación por incidencia antrópica.

Por su parte, Turner II, *et al.* [4], sostienen que las transformaciones en los humedales se deben a un aumento en la construcción de viviendas, ampliación de la infraestructura vial, para suplir las necesidades propias de un crecimiento demográfico desmesurado. De otro lado, se encuentran acciones como cambios en el uso del suelo, la extracción de agua, la eutrofización y contaminación, el exceso de recolección y sobreexplotación y la introducción de especies exóticas invasoras. Los autores también mencionan que esto trae como consecuencia fragmentación del hábitat, alteración del ciclo hidrológico y que esto a su vez ha conllevado a la fragmentación de hábitats de importancia faunística, florística y de provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

Dicha situación no es ajena a Bogotá en donde Salas Tobón [6], estima que alrededor de 50.000 hectáreas de humedales se han transformado o perdido dentro del perímetro urbano en los últimos 60 años a consecuencia del aumento desmesurado de la urbe. Por su parte, Leal [7], afirma que el resultado de dicha transformación ha

ocasionado pérdida de conectividad entre parches, fragmentación de los bordes naturales y alteraciones morfológicas en los mismos alterando el equilibrio natural de los ecosistemas.

Para el caso específico de la zona de estudio del Humedal Santa María del Lago, este presenta presiones antrópicas que han incidido en la transformación del mismo, se encuentran la expansión de la frontera urbana por asentamientos legales e ilegales y contaminación por residuos sólidos. Sumado a esto, Batista & Rodríguez, [8] afirman que la construcción de obras hidráulicas (Jarillones), construcción de infraestructura vial, remoción de la cobertura vegetal, el aumento de la erosión, tuvo incidencia en la estructura el funcionamiento del humedal. Con base en lo anteriormente expuesto, esta investigación realizó un análisis de la transformación reciente de la cobertura del suelo para el humedal de Santa María del lago (Bogotá D.C) en los años de 1952, 1990 y 2014, con el fin de identificar motores y patrones de cambio en el paisaje, utilizando tecnologías y herramientas geoespaciales.

1. METODOLOGÍA

1.1. SITIO DE ESTUDIO

El humedal Santa María del Lago, reconocido mediante Resolución SDA 7773 del 22 de diciembre de 2010, está localizado al noroccidente de la ciudad dentro de la localidad de Engativá, entre coordenadas 1'010.600 - 1'011.150 Norte y 997.800 - 998.400 Sur, extendiéndose en dirección suroeste – noreste (Fig. 1). Limita por el norte con el Conjunto Residencial de San Francisco; hacia el oriente con las Carreras 74 y 73 A y el Conjunto Residencial Sago, por el occidente con la carrera 76 y por el sur con la calle 75. Actualmente cuenta con una extensión de 10,86 ha de las cuales 5.64 conforman el espejo de agua [9].

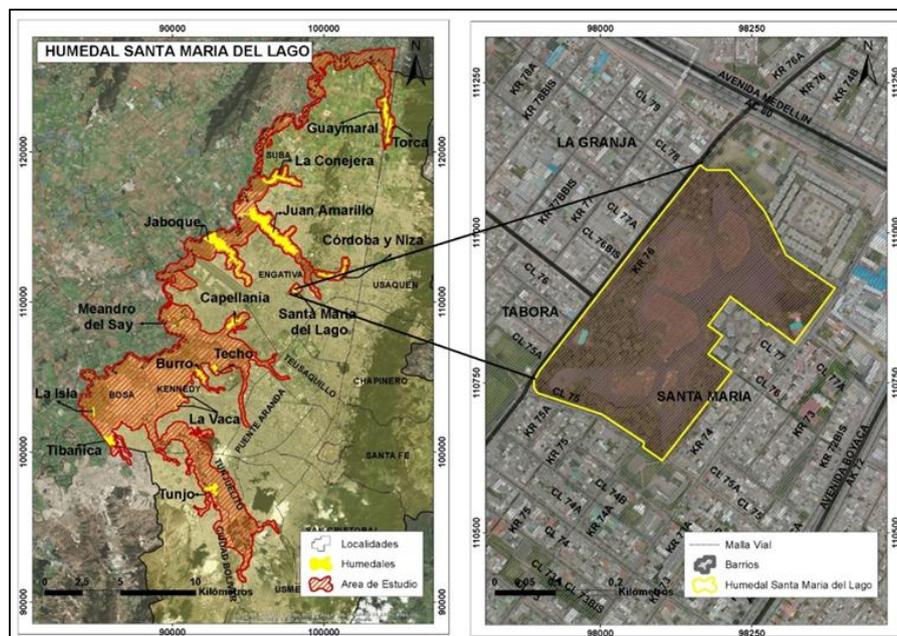


Fig. 1. Localización del humedal Santa María del Lago

Fuente: Elaboración propia.

1.2 MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en tres fases, en donde en primera instancia se llevó a cabo una interpretación de las coberturas, seguido de esto se describieron los procesos de cambios de uso del suelo en la ventana de tiempo seleccionada y finalmente identificaron los patrones y motores de cambio de las coberturas. Cada una de estas etapas se describen con detalle a continuación.

1.2.1 Interpretación de las coberturas de uso del suelo para el periodo de tiempo 1952, 1990 y 2014 para el Humedal Santa María de Lago, Bogotá D.C.

Para interpretar las coberturas de uso del suelo en los años de 1952 y 1990 se procedió a realizar un análisis espacial utilizando Fotografías aéreas, las cuales fueron adquiridas del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, IGAC. Para ello se consultaron los vuelos realizados, con el fin de hacer un reconocimiento de las fotografías aéreas a adquiridas para el proceso de fotointerpretación.

Posteriormente se determinaron cuales fotos de esos vuelos que caen dentro de la zona de interés (

Tabla 1. Relación de las fotografías aéreas que serán utilizadas en el análisis) y se procedió a la adquisición de las fotografías aéreas en físico (papel calidad fotografía en tamaño de 23 cm X 23 cm) y en medio magnético (Fotografías en formatos JPG y TIF).

Para interpretar las coberturas del año 2014 se utilizara la imagen satelital de la secretaría de ambiente que se encuentra en la Web Map Service –WMS.

Tabla 1. Relación de las fotografías aéreas que serán utilizadas en el análisis y que se encuentran en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

AÑO	VUELO	SOBRE	FOTOGRAFÍA	AÑO	ESCALA
Índice de vuelos Bogotá 1952	C-620	S-20024	90	1952	1:18000
			91		
			92		
Índice de vuelos Bogotá 1990-1991	R-1131	S-8566	2695	1990	1:5000
			2696		
			2697		
	R-1131	S-8550B	1454		
			1455		
			1456		

Fuente: Elaboración propia.

Seguido de esto se procedió a la obtención de los ortofotomosaicos los cuales se realizaron en dos etapas, la primera: identificación de puntos de control y la segunda: elaboración de Ortofotomosaicos.

- Identificación de Puntos De Control

Para la determinación de puntos de control se utilizaron como base la información del servicio Web Map Service – WMS de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD, en donde se conoce que existen los ortofotomosaicos para los años de 1998 y 2014, a través de la conexión URL en el software ArcGIS 10.4.1:

- <http://imagenes.catastrobogota.gov.co/arcgis/services/Ortho1998/MapServer/WMServer>
- <http://imagenes.catastrobogota.gov.co/arcgis/services/Ortho2014/MapServer/WMServer>

A partir de esta información se procedió a realizar la georreferenciación de las aerofotografías a través del módulo **Georreferencing** de ArcGIS el cual permitió seleccionar puntos en lugares que pudieran ser reconocidos en ambos archivos. Para este proceso se implementó un algoritmo de segundo orden de tal forma que se identificaron seis puntos de control para cada fotografía.

Para control de calidad se tuvo en cuenta el Error RMS (ERROR MEDIO CUADRÁTICO) el cual debe ser inferior al valor del pixel de la fotografía a georreferenciar. El RMS es calculado automáticamente por el software y corresponde a la distancia entre la posición de entrada (fuente) de un punto de control y la posición transformada del mismo punto de control. En otras palabras, es la diferencia entre la coordenada de salida real para el mismo punto, cuando el punto es transformado mediante el proceso de transformación geométrica [9].

Finalizada la georreferenciación se procedió a crear una capa de puntos repartidos de forma homogénea y en lugares fácilmente identificables sobre la fotografía aérea con el fin de extraer en ellos información horizontal (coordenadas X y Y). La información obtenida será exportada en un archivo .txt para ser utilizada posteriormente en el proceso de ortorectificación

- **Elaboración de Ortofotomosaicos**

El proceso de elaboración de ortofotomosaicos se desarrollara mediante el ajuste de bloques a través del módulo **IMAGINE photogrammetry** o **LPS Core** del software **ERDAS IMAGINE** [9] mediante cinco pasos (Fig.2)



Fig.2. Flujo de trabajo Fotogramétrico
Fuente: elaboración propia.

Posterior a la obtención de los ortofotomosaicos, se realizó un reconocimiento e identificación, el cual es un proceso para determinar un objeto conocido, apoyándose en atributos pictoricomorfológicos como; tamaño, forma, sombra, patrón, textura, sitio y posición geográfica, esto con el fin de hacer un análisis de la fotolectura, consistiendo este en una separación de grupos de objetos identificados. Finalmente se clasificarán los grupos encontrados en el análisis, y para ello se seguirá la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM [10].

Identificadas y clasificadas las coberturas del suelo se realizará la digitalización de las imágenes mediante una interpretación visual de los tres años de estudio mediante el programa de computador ArcGIS 10.4.1. Posteriormente, se corroborarán las

coberturas del suelo en campo prestando mayor cuidado a los puntos donde se presentaron mayores dudas en la clasificación.

1.2.2 Descripción de los procesos de cambios de uso del suelo en la ventana de tiempo seleccionada

Para describir los procesos de cambios de uso de suelo durante el periodo señalado se procedió a realizar un análisis de las métricas del paisaje obteniendo los índices del paisaje en formato vectorial con la extensión de ArcGis "Patch Analyst". Los índices a tener en cuenta son el número de parches, el tamaño promedio del parche, y la longitud total del borde, los cuales siguiendo la metodología de Forman [11], permitieron realizar una clasificación de procesos espaciales de perforación, disección, fragmentación, encogimiento o contracción, y abrasión o desgaste. Esto se realizó para los años de 1952 y 1990; 1990 – 2014.

1.2.3 Análisis multi temporal de cambio de las coberturas del suelo para la zona de estudio

Para el análisis de cambio de las coberturas de uso del suelo se realizó una comparación multi temporal con la interpretación de coberturas en ortofotos e imágenes de satélite con el objetivo de encontrar las áreas donde hubo cambio (pérdidas y ganancias) en términos naturales y un consolidado en hectáreas en tiempos diferentes del Humedal Santa María del Lago, para ello fue necesario realizar una intersección de las coberturas de la tierra entre los años de 1952 y 1990, 1990 – 2014, esto se llevó a cabo con base en la herramienta "intersect" del baúl de herramientas de ArcGIS.

2. RESULTADOS

2.1 COBERTURAS DE USO DEL SUELO DEL HUMEDAL SANTA MARÍA DE LAGO, BOGOTÁ D.C.

Para la interpretación de las coberturas de uso del suelo para los años de 1952 y 1990 del Humedal Santa María de Lago, Bogotá D.C, se utilizaron nueve fotografías aéreas a escala 1:18000 y 1:5000 respectivamente. En el proceso de interpretación de las coberturas del año 2014 se utilizó la imagen satelital de la secretaría de ambiente que se encuentra en la Web Map Service –WMS.

De acuerdo con lo observado, interpretado y corroborado en campo se clasificaron seis (6) coberturas para las tres (3) temporalidades ya mencionadas según la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM [11]. Las coberturas definidas para el análisis fueron: Espejo de Agua, Vegetación Acuática, Vegetación, Herbácea, Arbustales, Pastos, Áreas Endurecidas.

2.2 MÉTRICAS DEL PAISAJE

2.2.1 Coberturas de uso del suelo para el año de 1952

Con base en las coberturas identificadas, se procedió a realizar un cálculo de áreas (ha) y números de parches (NP), determinando que la cobertura de pastos era la que

estaba mayor representada con 25,66 ha, no obstante esta se encontraba en un (1) único parche (polígono), por el contrario la cobertura de vegetación acuática también tenía un único parche pero este era el que contaba con la menor área 1,77 ha. Por su parte, la cobertura de áreas endurecidas mostró la mayor cantidad de parches con un total 7, no obstante esto no influyó en el total de su área (3,39). El total del área del sitio de estudio fue de 40,51 ha.



Fig. 3. Coberturas de uso del suelo del humedal Santa María del Lago (Bogotá D.C) para los años de 1952, 1990 y 2014.

Fuente: elaboración

2.2.2 Coberturas de uso del suelo para el año de 1990

Con base en la identificación de las coberturas y el cálculo de áreas se determinó que la cobertura que mayor área ocupaba era la de áreas endurecidas con 26,14 ha, dicha cobertura también representó el mayor número de parches con un total de 16; por otra parte se encuentra la cobertura de vegetación acuática con un total de 11 parches, pero con la menor representatividad de área (0,85 ha).

2.2.3 Coberturas de uso del suelo para el año de 2014

Según las coberturas identificadas y el cálculo de sus respectivas áreas la cobertura de Arbustales fue la que obtuvo un mayor número de parches con 86, pero esto no influyó en su área ya que tuvo un total de 5,24 ha. Por otra parte, la cobertura de áreas endurecidas tuvo la mayor área en el total de la matriz con un total de 26,14 ha y un total de 30 parches, al igual que en la cobertura anterior, la cobertura de pastos mostró un área de 3,95 ha y 30 parches. La vegetación acuática mostró la menor cantidad de área (0,39 ha) con 18 parches. La cobertura de espejo de agua aumentó su área con respecto al año anterior de análisis.

Tabla 2. Número de parches y Área (ha) de las coberturas del suelo para el humedal Santa María del Lago, Bogotá D.C. para los años de 1952, 1990 y 2014.

Año	1952		1990		2014	
	N° Parches	Área (ha)	N° Parches	Área (ha)	N° Parches	Área (ha)
Arbustales	6	5,3	5	2,92	86	5,24
Áreas Endurecidas	7	3,39	16	26,14	30	26,14
Espejo de Agua	2	2,29	4	1,02	1	2,14
Pastos	1	25,66	2	4,1	30	3,95
Vegetación Acuática	1	1,77	11	0,85	18	0,39
Vegetación Herbácea	5	2,11	3	5,48	15	2,64
Total general	22	40,51	41	40,51	180	40,51

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Procesos espaciales de transformación para las coberturas de uso de suelo

El proceso espacial evidenciado para los tres años de análisis fue de disección, ya que el número de parches aumento, el promedio del tamaño del parche disminuyo y la longitud total del borde aumento. Para los años entre 1952 y 1990 el número de parches aumento en 19 y el total del borde en 1778,78 m, por su parte, el promedio del tamaño del parche disminuyo en 0,10 ha. Entre los años de 1990 y 2014 el número de parches aumento en 139 y la longitud total del borde en 8854,81 m, el tamaño promedio del parche disminuyo en 0,09 ha, mostrando una cifra muy baja, no obstante siendo este trabajo de investigación un análisis multi temporal a nivel de paisaje resulta ser significativa. Finalmente, se realizó una comparación a través de los tres años, es decir, entre 1952 y 2014, en donde los resultados sugirieron que el número

de parches aumento en 158 y a longitud total del borde en 10633,6 m, por su parte el tamaño promedio del parche disminuyo en 0,20 ha.

Tabla 3. Procesos de transformación del paisaje para las coberturas del suelo del humedal Santa María del Lago, Bogotá D.C. Para los años de 1952, 1990 y 2014.

Año	N° parches	Promedio del tamaño del parche (ha)	Longitud total del borde (m)
1952	22	1,870852	7858,34059
1990	41	1,762574	9637,12944
2014	180	1,666093	18491,9462

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Procesos espaciales para las coberturas del suelo del humedal Santa María del Lago, Bogotá D.C. Para los años de 1952, 1990 y 2014.

Año	N° de parches	Promedio del tamaño del parche (ha)	Longitud total del borde (m)	Proceso espacial
1952 - 1990	+	-	+	Disección
1990 - 2014	+	-	+	Disección
1952 - 2014	+	-	+	Disección

Fuente: Elaboración propia.

2.4 ANÁLISIS MULTI TEMPORAL DE CAMBIO DE LAS COBERTURAS DEL SUELO PARA LA ZONA DE ESTUDIO

2.4.1 Cambio en las coberturas de uso del suelo para los años de 1952 y 1990

De acuerdo a la Tabla 5 se observa que la cobertura Vegetación Acuática tuvo una perdida (en términos naturales) de 90,96% de su cobertura total, pasando a ser en un 72,19% de Arbustales, 9,08% de Espejo de Agua y el restante 9,68% entre, Pastos y Vegetación Herbácea; así mismo se determina que existió una ganancia (en términos naturales) de 0,69 ha las cuales representan un 8,13% del total del área de estudio del humedal para el año de 1990. Para la cobertura Espejo de Agua, tuvo una pérdida de 60,17%, reemplazada en su mayoría por Arbustales, así mismo se amplió el Espejo de Agua en 0,28 ha las cuales representan un 3,25% con respecto al área total del humedal. En términos de la Vegetación Herbácea se tuvo una pérdida de cobertura del 87,37% representada en su mayoría por Arbustales, así mismo presento una ganancia de 3,30 ha las cuales representan un 38,82% del total del área de estudio del humedal para el año de 1990.

2.4.2 Cambio en las coberturas de uso del suelo para los años de 1990 y 2014

De acuerdo a la

Tabla 6, se observa que la cobertura Vegetación Acuática tuvo una perdida (en términos naturales) de 94,23% de su cobertura total, pasando a ser en un 50,68% de Vegetación Herbácea, 21,50% de Arbustales, 11,89% de Espejo de Agua y el restante 10,16% de Pastos y Áreas Endurecidas; así mismo se determina que existió una ganancia (en términos naturales) de 0,35 Hectáreas las cuales representan un 4,11% del total del área de estudio del humedal para el año de 2014. Para la cobertura Espejo de Agua, en esta temporalidad tuvo una pérdida del 27,33% reemplazada en

su mayoría por Vegetación Herbácea, así mismo se amplió el Espejo de Agua en 0,82 ha las cuales representan un 9,52% con respecto al área total del humedal. En términos de la Vegetación Herbácea se tuvo una pérdida de cobertura del 66,70% representada en su mayoría por Arbustales, así mismo presentó una ganancia de 1,53 ha las cuales representan un 17,75% del total del área de estudio del humedal para el año de 1990. Para el año 2014 se observa que la cobertura tipo Espejo de Agua tiene una representación en área de 2,16 ha, el cual muestra un adicional de más de 1 has con respecto a la existente en 1990.

Tabla 5. Resultado en área (ha) y porcentajes (%) del análisis multi temporal entre 1952-1990. Para las coberturas del suelo del humedal Santa María del Lago, Bogotá D.C.

COBERTURAS 1952-1990	Área (ha)	%
Arbustales	5,30	100,00%
Arbustales	0,24	4,58%
Áreas Endurecidas	3,65	68,74%
Espejo de Agua	0,01	0,18%
Pastos	0,50	9,47%
Vegetación Acuática	0,09	1,77%
Vegetación Herbácea	0,81	15,26%
Áreas Endurecidas	3,39	100,00%
Arbustales	0,11	3,13%
Áreas Endurecidas	2,16	63,83%
Espejo de Agua	0,02	0,69%
Pastos	0,42	12,42%
Vegetación Acuática	0,09	2,61%
Vegetación Herbácea	0,59	17,31%
Espejo de Agua	2,29	100,00%
Arbustales	0,61	26,82%
Áreas Endurecidas	0,24	10,54%
Espejo de Agua	0,75	32,59%
Pastos	0,11	4,96%
Vegetación Acuática	0,03	1,42%
Vegetación Herbácea	0,54	23,67%
Pastos	25,66	100,00%
Arbustales	0,58	2,25%
Áreas Endurecidas	19,10	74,44%
Espejo de Agua	0,01	0,05%
Pastos	2,72	10,59%
Vegetación Acuática	0,47	1,84%
Vegetación Herbácea	2,78	10,83%
Vegetación Acuática	1,77	100,00%
Arbustales	1,26	71,29%
Áreas Endurecidas	0,00	0,04%
Espejo de Agua	0,16	8,97%
Pastos	0,11	6,28%
Vegetación Acuática	0,16	8,93%
Vegetación Herbácea	0,08	4,49%

COBERTURAS 1952-1990	Área (ha)	%
Vegetación Herbácea	2,11	100,00%
Arbustales	0,12	5,75%
Áreas Endurecidas	0,98	46,70%
Espejo de Agua	0,07	3,48%
Pastos	0,24	11,28%
Vegetación Acuática	0,00	0,22%
Vegetación Herbácea	0,69	32,57%
Total general	40,51	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resultado en área (ha) y porcentajes (%) del análisis multi temporal entre 1990-2014. Para las coberturas del suelo del humedal Santa María del Lago, Bogotá D.C.

COBERTURAS 1990-2014	Área (ha)	%
Arbustales	2,92	100,00%
Arbustales	0,64	22,01%
Áreas Endurecidas	0,18	6,25%
Espejo de Agua	0,71	24,27%
Pastos	0,48	16,29%
Vegetación Acuática	0,08	2,80%
Vegetación Herbácea	0,84	28,74%
Áreas Endurecidas	26,14	100,00%
Arbustales	0,91	3,47%
Áreas Endurecidas	24,30	92,97%
Pastos	0,92	3,51%
Vegetación Acuática	0,01	0,04%
Vegetación Herbácea	0,01	0,02%
Espejo de Agua	1,02	100,00%
Espejo de Agua	0,74	72,67%
Vegetación Acuática	0,03	3,14%
Vegetación Herbácea	0,25	24,19%
Pastos	4,10	100,00%
Arbustales	0,59	14,36%
Áreas Endurecidas	1,54	37,46%
Espejo de Agua	0,01	0,22%
Pastos	1,98	48,27%
Vegetación Acuática	0,00	0,00%
Vegetación Acuática	0,85	100,00%
Arbustales	0,18	21,75%
Áreas Endurecidas	0,00	0,21%
Espejo de Agua	0,10	12,02%
Pastos	0,09	10,07%
Vegetación Acuática	0,05	5,84%

Vegetación Herbácea	0,44	51,26%
Vegetación Herbácea	5,48	100,00%
Arbustales	2,94	53,68%
Áreas Endurecidas	0,15	2,78%
Espejo de Agua	0,60	10,91%
Pastos	0,50	9,15%
Vegetación Acuática	0,23	4,20%
Vegetación Herbácea	1,13	20,69%
Total general	40,51	

Fuente: Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

Las coberturas identificadas a través de los años de análisis para el humedal Santa María del Lago, evidencian como la ampliación de la infraestructura vial y la ampliación del tejido urbano van consumiendo el espejo del agua, afectando así la prestación de servicios ecosistémicos como lo son el de regulación climática y regulación hídrica.

En el análisis de las métricas del paisaje se determinó que el número de parches no incidió en el tamaño promedio del parche, ya que se encontraron coberturas con un único parche pero que en el total de su área era el que mayor representatividad tenía a nivel de paisaje. De igual manera se encontraron coberturas con una gran cantidad de parches pero que su área total era baja con respecto a otras coberturas.

Los procesos espaciales de disección encontrados sugieren que pueden estar dados al acelerado proceso de transformación por intervención antrópica en el que se encuentran inmersos casi la totalidad de los humedales en Bogotá D.C y en Colombia.

Realizando el análisis multi temporal entre 1952 y 1990 se determinó que la influencia antrópica es amplia en términos de modificación de las coberturas naturales en el Humedal de Santa María Del Lago debido a la construcción de viviendas, aspecto que se puede observar en la Figura 3.

Para el año 2014 se observa que la cobertura tipo Espejo de Agua tiene una representación en área de 2,16 Hectáreas, el cual muestra un adicional de más de 1 Has con respecto a la existente en 1990; con lo anterior se concluye que en las últimas décadas se han construido obras civiles para mantener el Humedal con más cantidad de agua.

REFERENCIAS

- [1] Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, vol. 5, 2005.
- [2] K. M. McGarigal, «Landscape pattern metrics,» de *Encyclopedia of Environmetrics*, John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- [3] RAMSAR, «Convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat,» UNESCO, Paris, 1994.
- [4] G. Bergkamp y B. Orlando, *Los humedales y el cambio climático*, 1999.
- [5] E. Jobbagy y P. Littera, *Valoración de Servicios Ecosistémicos Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, Mexico, 2010.
- [6] A. Salas Tobón, «Humedales Bogotá,» 12 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://humedalesbogota.com/2013/11/12/el-ayer-y-el-hoy-de-los-humedales-de-bogota/>.
- [7] J. Leal, «Humedales Bogotá,» Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://humedalesbogota.com/2013/03/26/bordes-y-humedales/>.
- [8] M. F. Batista y C. Rodríguez, *Cambio reciente de la cobertura del suelo en tres humedales de Bogotá. Casos: La Conejera, Santa María del Lago y Techo*, Bogota D.C, 2012.
- [9] D. Bernal, «Humedales Bogotá,» 20 Junio 2012. [En línea]. Available: <http://humedalesbogota.com/2012/06/20/parque-ecologico-distrital-de-humedal-santa-maria-del-lago-parque-o-humedal/>.
- [10] ESRI INTERGRAPH, «Photogrammetry Suite Contents,» 2013. [En línea]. Available: C:\Intergraph\ERDAS IMAGINE 2013\help\html\orthobase\LPS_intro.html.
- [11] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*, Bogotá, D. C.: IDEAM, 2010, p. 72.
- [12] R. T. Forman, *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*, Cambridge: Cambridge University Press, 1995 .
- [13] R. L. Hooke, J. F. Martín-Duque y J. Pedraza, «Land transformation by humans: A review,» *GSA Today*, pp. 22(12), 4–10, 2012.
- [14] M. E. Andrade L y H. Benitez Castañeda, «Los Humedales de la Sabana de Bogotá : Área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y el Mundo,» 2005. [En línea]. Available: <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Humsabbogareimpconavecolmunco.pdf>.
- [15] Humedales de Bogotá, «¿Qué es un Humedal?,» 19 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://humedalesbogota.com/humedales-bogota/>.
- [16] C. A. Núñez Restrepo y E. E. Madero Morales, «Changes of the coverage of three wetland areas in Cauca Valley,» *Acta Agronómica*, pp. Vol 58, No 4, 2009.
- [17] B. Turner II, D. Skole, S. Sanderson, G. Fischer, L. Fresco y R. Leemans, «Land-Use and Land-Cover Change - IGBP Report No. 35 / HOP Report No. 7,» LINKOPINGS UNIVERSITET, Stockholm and Geneva, 1995.
- [18] L. Cui, C. Gao, D. Zhou y L. Mu, «Quantitative analysis of the driving forces causing declines in marsh wetland landscapes in the Honghe region, northeast

- China, from 1975 to 2006,» *Environmental Earth Sciences*, p. 71:1357–1367, 2014.
- [19] W. J. Junk, S. An, C. M. Finlayson, B. Gopal, J. Kveřt, S. A. Mitchell, W. J. Mitsch y R. D. Robarts, «Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis,» *Aquatic Sciences*, p. 75:151–167, 2013.
- [20] N. J. Murray, R. S. Clemens, S. R. Phinn, H. P. Possingham y R. A. Fuller, «Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea,» *Frontiers in Ecology and the Environment*, p. 12(5): 267–272, 2014.
- [21] G. Rodríguez-Loinaz, J. G. Alday y M. Onaindia, «Multiple ecosystem services landscape index: A tool for multifunctional landscapes conservation,» *Journal of Environmental Management*, pp. 152 - 163, 2015.
- [22] T. W. M. & B. L. Håkansson, «Introduction : Historical and Regional Perspectives on Landscape,» *International Journal of African Historical Studies*, pp. 41(3), 369–382, 2008.
- [23] R. T. & G. M. Forman, *Landscape Ecology.*, New York: John Wiley and Sons, 1986.