

**DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA RESPECTO A LOS  
CAMBIOS USO DEL SUELO EN LOS HUMEDALES TORCA Y GUAYMARAL  
DURANTE EL PERIODO 1960-2020, A PARTIR DE UN ANÁLISIS  
MULTITEMPORAL, BOGOTÁ D.C.**

**YESICA ALEJANDRA ARDILA ESCOBAR**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
BOGOTÁ DC**

**2020**

**DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA RESPECTO A LOS  
CAMBIOS USO DEL SUELO EN LOS HUMEDALES TORCA Y GUAYMARAL  
DURANTE EL PERIODO 1960-2020, A PARTIR DE UN ANÁLISIS  
MULTITEMPORAL, BOGOTÁ D.C.**

**YESICA ALEJANDRA ARDILA ESCOBAR**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE: LICENCIADA EN  
BIOLOGÍA**

**DIRECTORA: MARTHA JEANETH GARCÍA SARMIENTO, M.SC.**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
BOGOTÁ D.C.**

**2020**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Bogotá D.C., 2020.

## **DEDICATORIA**

*Al ser que me llenó de luz perenne en momentos oscuros incluso sin estar presente, a quien amaré eternamente, a mi compañero de vida, a mi amigo y confidente; A mi hermano Juan Jhonier Ardila Escobar QEPD. Guardaré tus enseñanzas toda mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por la existencia y la provisión de fuerzas diarias para afrontar con valentía este proceso, por la guía y el cuidado en cada paso.

A mis padres, mi símbolo de lucha y amor incondicional, a mi hermano, mi compañero de batallas; fueron mi bastón durante este camino y su confianza me cimentó de perseverancia día a día. Gracias por creer en mí, sin ellos nada hubiese sido posible.

A mi parcerero, mi novio Joaquín, por ser mi polo a tierra, su confianza y fé en lo que soy, me hicieron creer que todo es posible. Su compañía me iluminó en los momentos más complejos de este proceso.

A Ajelet Cubillos y Jonnatan Nogales, por brindarme un hogar y rodearme de amor aunque estuviera lejos de casa, por el cuidado y el privilegio de haber sido parte de su familia.

A la Universidad Pedagógica Nacional, la Educadora de Educadores, por forjar en mí la Humanidad. Gracias por cobijarme, por elegirme e impulsarme en mi vocación docente, por enseñarme a cuestionar y a defender la Educación.

A mi directora Martha J. García Sarmiento, ha sido un honor poder trabajar a su lado, bajo su apoyo y orientación permanente. Es un ser humano que admiro y respeto, por sus valiosos aprendizajes y por su gran ejemplo en la academia.

A la profesora Ellie Anne López Barrera por guiarme durante el proceso de obtención de referentes bibliográficos, por orientarme en temáticas relacionadas con los Humedales y su apoyo en el proceso evaluativo del trabajo investigativo.

Al profesor Héctor Guzmán, un gran ser humano que dedicó su tiempo y esfuerzo durante el proceso evaluativo. Su paciencia, comprensión y consejos fueron cruciales para el desarrollo de este trabajo investigativo.

A Datum Ingeniería por la colaboración en la generación de la Licencia de programas respectivas para el uso y manejo de programas de ortorectificación y fotointerpretación, a su equipo de trabajo; a Camilo Sánchez por hacer todo lo posible para la obtención del acceso a la Licencia con fines Educativos; a María Fernanda Pérez por estar pendiente de todo los requerimientos y gestionar rápidamente todos los documentos legales para el proceso de entrega de la Licencia, y,

finalmente, a Federico Sarmiento por ayudarme en la instalación de los programas, por el apoyo en la utilización de los mismos y los consejos para el diseño metodológico.

A todos los que fueron parte de este proceso formativo, a aquellos que me hicieron crecer como profesional, pero sobre todo como persona. A los profesores y compañeros de la academia que formaron parte de la vida universitaria y que forjaron en mí enseñanzas para la vida.



## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. JUSTIFICACIÓN .....	19
3. PROBLEMA .....	23
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	26
5. OBJETIVOS .....	26
5.1. General .....	26
5.2. Específicos .....	26
6. ANTECEDENTES .....	27
6.1. Carácter Internacional .....	27
6.2. Carácter Nacional .....	30
6.3. Carácter Local .....	34
7. MARCO TEÓRICO .....	35
7.1. Concepto Humedal .....	35
7.1.1. Clasificación de los Humedales .....	37
7.2. Estudios Multitemporales .....	39
7.3. Usos del suelo .....	39
7.4. Fragmentación ecosistémica .....	41
7.5. Metodología Corine Land Cover .....	43
8. MARCO NORMATIVO .....	35
9. METODOLOGÍA .....	51
9.1. Área de estudio .....	51
9.1.1. Bogotá .....	51
9.1.2. Humedales de Torca y Guaymaral .....	56
9.2. Método .....	56
9.2.1. Selección y obtención de imágenes .....	57
9.2.2. Rectificación de imágenes a través de Erdas Imagine 2020 .....	61
9.2.3. Interpretación de coberturas del suelo en ArcGIS Pro .....	61
9.2.4. Análisis de los cambios de cobertura .....	64
10. RESULTADOS .....	65
10.1. Interpretación de coberturas .....	65

<b>10.2. Análisis de los cambios de cobertura .....</b>	<b>74</b>
<b>10.2.1. Transformación de coberturas del Humedal Torca .....</b>	<b>75</b>
<b>10.2.2. Transformación de coberturas del Humedal Guaymaral .....</b>	<b>76</b>
<b>10.3. Análisis por coberturas .....</b>	<b>89</b>
<b>10.3.1 Humedal Torca .....</b>	<b>89</b>
<b>10.3.2 Humedal Guaymaral .....</b>	<b>91</b>
<b>11. DISCUSIÓN .....</b>	<b>92</b>
<b>12. CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>13. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>97</b>
<b>14. REFERENTES CITADOS .....</b>	<b>98</b>

## **LISTADO DE IMÁGENES**

<b>Imagen 1.</b> Amenazas de los ecosistemas de la región de los Andes.....	15
<b>Imagen 2.</b> Mapa de Colombia: Ubicación de Bogotá DC y de los Humedales Torca y Guaymaral.....	46
<b>Imagen 3.</b> Ubicación del Humedal.....	48
<b>Imagen 4.</b> Ingreso al sistema de USGS a través de EROS Registration System. ....	52
<b>Imagen 5.</b> Proceso de selección de parámetros para filtración de imágenes satelitales.....	53
<b>Imagen 6.</b> Comparación de imagen sin referenciar en el extremo izquierdo y la derecha..	55
<b>Imagen 7.</b> Geoprocesamiento para la creación de capas vectoriales en la aplicación ArcGIS Pro.....	55
<b>Imagen 8.</b> Clasificación de capas vectoriales que identifican las coberturas del Humedal de Guaymaral utilizando ArcGIS Pro.....	56
<b>Imagen 9.</b> Área del Humedal Guaymaral con presencia de plantas exóticas del año 2004. Herramienta de Métrica de área (ha) de ArcGIS Pro.....	57

## **ORTOFOTOS**

<b>Ortofoto 1.</b> Fotointerpretación cobertura humedales Torca y Guaymaral del año 1956.....	59
<b>Ortofoto 2.</b> Fotointerpretación cobertura humedal Torca del año 1977.....	60
<b>Ortofoto 3.</b> Coberturas de los Humedales de Torca y Guaymaral de 1997.....	61
<b>Ortofoto 4.1.</b> Coberturas del Humedal de Torca de 1997.....	62
<b>Ortofoto 4.2.</b> Coberturas del Humedal Guaymaral de 2004.....	63
<b>Ortofoto 5.1.</b> Coberturas del Humedal de Torca de 2009.....	64
<b>Ortofoto 5.2.</b> Coberturas del Humedal de Guaymaral de 2009.....	65
<b>Ortofoto 6.1.</b> Coberturas del Humedal de Torca de 2020.....	66
<b>Ortofoto 6.2.</b> Coberturas del Humedal de Guaymaral de 2020. ....	67

## **LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Clasificación General de los Humedales del Distrito.....	37
<b>Tabla 2.</b> Marco normativo y de referencia relacionado con los Humedales de Torca y Guaymaral.....	50
<b>Tabla 3.</b> Cuadro comparativo de los 3 últimos satélites Landsat lanzados al espacio.....	57
<b>Tabla 4.</b> Variación del área total de los Humedales Torca y Guaymaral.....	64
<b>Tabla 5.</b> Área total de las coberturas del Humedal Torca.....	89
<b>Tabla 6.</b> Área total de las coberturas del Humedal Guaymaral.....	91

## LISTADO DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1.</b> Modelo General de la Metodología Corine Land Cover.....	38
<b>Gráfica 2.</b> Ruta metodológica para el análisis multitemporal de los Humedales Torca y Guaymaral de acuerdo a la metodología Corine Land Cover.....	50
<b>Gráfica 4.</b> Área que representan las coberturas del Humedal de Torca por año.....	68
<b>Gráfica 5.</b> Comportamiento de las coberturas del Humedal de Torca por año.....	69
<b>Gráfica 6.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 1956.....	70
<b>Gráfica 7.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 1977.....	71
<b>Gráfica 8.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 1997.....	72
<b>Gráfica 9.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 2004.....	73
<b>Gráfica 10.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 2009.....	74
<b>Gráfica 11.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Torca en 2020.....	75
<b>Gráfica 12.</b> Área que representan las coberturas del Humedal de Torca por año.....	76
<b>Gráfica 13.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 1956.....	77
<b>Gráfica 14.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 1977.....	78
<b>Gráfica 15.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 1997.....	79
<b>Gráfica 16.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 2004.....	80
<b>Gráfica 17.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 2009.....	81
<b>Gráfica 18.</b> Porcentaje de coberturas del Humedal de Guaymaral en 2020.....	82

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los cuatro países con mayor disponibilidad de recursos hídricos del planeta. Su estratégica posición continental, en medio del trópico, la ha enriquecido con dos grandes extensiones de agua marina, que bañan la costa Pacífica y Caribe; sobre su superficie corren innumerables sistemas de agua dulce, que nutren cada rincón de nuestra geografía. Se puede considerar esta situación como relevante para la sociedad actual, aunque no debemos asumir posiciones utilitaristas e insostenibles respecto a la cantidad, calidad y disponibilidad de agua puesto que, como compuesto indispensable para la vida, crea y mantiene una amplia gama de ambientes ocupados por gran diversidad de plantas, hongos, microorganismos y fauna silvestre, tanto acuática como terrestre, que interactúan en intrincados sistemas ecológicos, de los cuales depende directa o indirectamente el hombre (Castellanos, C. 2006).

Las sabanas hacen parte de la gran diversidad ecosistémica. Estas se han constituido como macro-ecosistemas de gran relevancia en función de su topografía plana, al tiempo que han sido y son, refugio de muchas comunidades biológicas (De la Ossa, A., *et al.* 2016). Además, son remanentes de diversidad biológica ecosistémica significativos para la región, a raíz del alto nivel de deterioro expuesto por la presión urbana y los cambios de los usos del suelo de la zona (Calvachi, B. 2002).

De acuerdo a Van der Hammen (1998), la sabana es una zona con un potencial importante de Diversidad Biológica, que requiere una intervención restaurativa que se anticipe o amortigüe a la expansión desmedida de la ciudad de Bogotá y permitir la conectividad ecológica de los ecosistemas originales de la Sabana para la restauración de la cuenca del Río Bogotá, teniendo en cuenta que, según Cabrera, E., & Patricia, D. (2007), los cambios que ha presentado la superficie de los ecosistemas naturales para esta zona en los últimos años han representado una pérdida del 14,20% únicamente en el período entre 1985 y 2005.

La Sabana de Bogotá ha sufrido cambios determinantes en cuanto a su cobertura y su relación con el uso del suelo, en gran parte ocasionados por los continuos fenómenos de desplazamiento de personas y su llegada a la capital del país, a causa del conflicto social y armado colombiano, generando un alto nivel de presión sobre sus recursos y la aparición de nuevas zonas agrícolas, residenciales y ganaderas en espacios naturales (Veloza, J. 2017).

Con base en lo anterior, es evidente que el cambio del uso del suelo se establece como uno de los factores plenamente implicados en el cambio de las dinámicas ecosistémicas de una región, afectando los procesos y ciclos ecológicos (Veloza, J. 2017). Esto es algo trascendental si se tiene en cuenta que, mediante estos cambios, es donde se observa la relación entre seres humanos y el ambiente (Lambin, . *et al.* 199).

En este sentido, los humedales de Torca y Guaymaral presentan conflictos ambientales en el territorio, la realidad socioambiental, las dificultades del estado para hacer intervención política, técnica, económica, socioeducativa, la indiferencia socio-ambiental de los habitantes presentes en la zona, determina el desconocimiento de este ecosistema estratégico vital para la conectividad ecológica y su área de influencia en la ciudad de Bogotá D.C (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012). Además, determinó la importancia de prevenir el deterioro ambiental y conservación de la biodiversidad a través de acciones de intervención de políticas públicas, ambientales y de educación ambiental, intervenciones socio-ambientales destinadas a mejorar las condiciones ambientales (PMA de los Humedales de Torca y Guaymaral. 2012).

A partir de esta investigación se buscó determinar los cambios de uso del suelo en los Humedales, mediante la elaboración de un análisis multitemporal para el seguimiento de sus coberturas. Para esta investigación se evaluaron los cambios del uso en los Humedales Torca y Guaymaral durante un rango de tiempo de 60 años (1960-2020), mediante la realización de un estudio multitemporal, con el fin de realizar un seguimiento de sus coberturas. Para la ejecución de este propósito, se identificaron los 8 tipos de coberturas presentes en el área de estudio, de ortofotografías, las cuales fueron corregidas, rectificadas, interpretadas y analizadas mediante los programas Erdas Imagine 2020 y ArcGIS Pro.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los Andes tropicales son catalogados por Myers, N. (1988) como una de las regiones terrestres prioritarias a nivel mundial. Colombia, como parte integrante de esta ecorregión (junto con Venezuela, Perú, Ecuador y Bolivia), contribuye con cerca del 23% (287,720 km<sup>2</sup>) del área, exhibiendo un complejo mosaico de ecosistemas producto de la diversidad de clima, geología, geomorfología y suelos. Estos factores son el inicio de un amplio conjunto de formaciones vegetales, representadas por bosques altoandinos, andinos y subandinos, y páramos, con algunas zonas secas, que han tomado valor en el contexto nacional y mundial por ser ecosistemas únicos, frágiles y estratégicos, en donde las presiones antrópicas han ocasionado una reducción del hábitat para las especies que allí se desarrollan (Armenteras, D., *et al.* 2003).

De acuerdo con las características especiales de conglomerados de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales, Dinerstein, E., *et al.* (1995) identificaron para los Andes colombianos ocho ecorregiones que corresponden a los bosques montanos de los Andes noroccidentales, bosques húmedos occidentales ecuatorianos, bosques montanos del valle del río Cauca, bosques montanos del valle del Magdalena, bosques húmedos del Magdalena/Urabá, bosques montanos de la cordillera Oriental, bosques montanos de la cordillera Real Oriental y finalmente los bosques húmedos del Catatumbo. Estas regiones son catalogadas como áreas de alta prioridad para el desarrollo de actividades compatibles con la biodiversidad que frenen su desaparición, por encontrarse en un estado crítico, vulnerable y/o en peligro (Armenteras, D., *et al.* 2003).

Los cambios en la superficie de los ecosistemas naturales andinos en las últimas décadas han significado una pérdida del 14.20% únicamente tan solo en el periodo de 1985 a 2005, esto debido a las marcadas amenazas de se han presentado en las distintas zonas (figura 1). Entre los más golpeados en cuanto a la mayor disminución se encuentra el orobioma azonal andino del altiplano cundiboyacense (Cabrera, E., & Patricia, D. 2007), particularmente por su notable vulnerabilidad al estar en superficies pequeñas y la amenaza de la expansión de frontera agrícola y urbana de con gran influencia dentro de la ciudad de Bogotá.

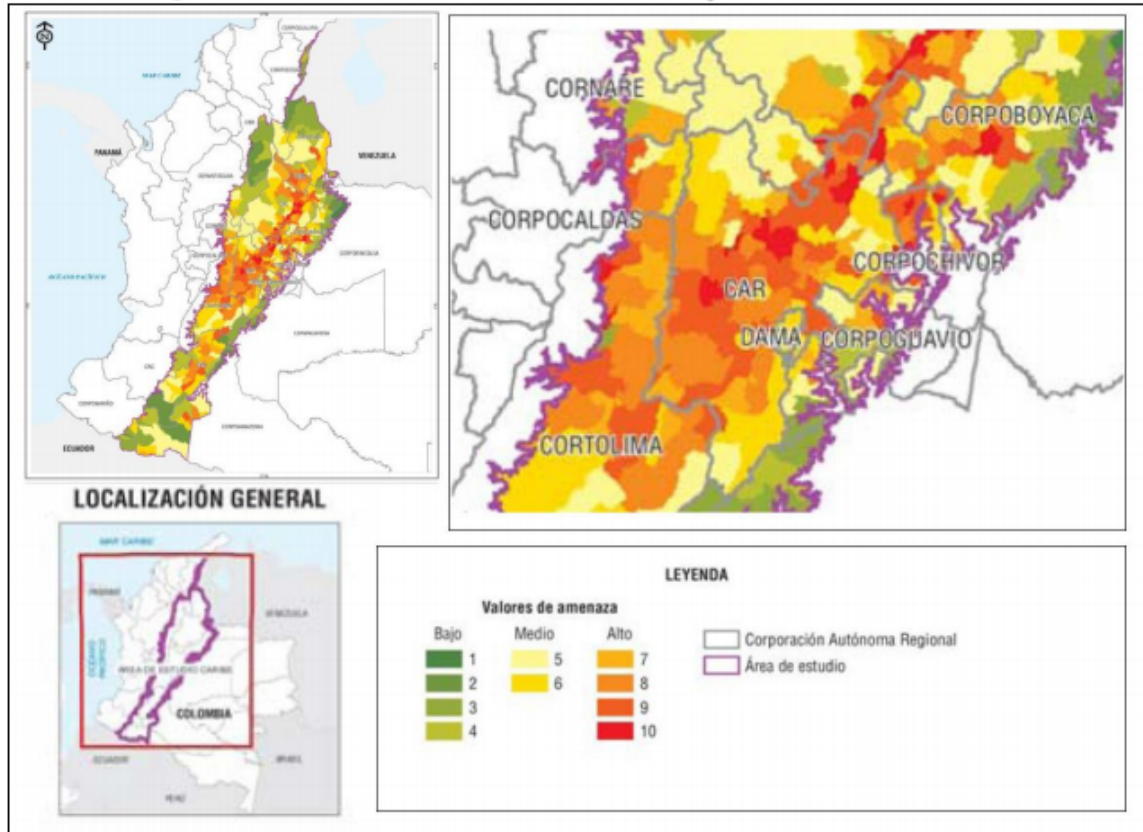


Imagen 1. Amenazas de los ecosistemas de la región de los Andes. Fuente: Recuperado de Galindo, Cabrera, Oterio, Bernal & Palacios (2009).

Dentro de la región comprendida por los Andes colombianos, se hallan los orobiomas azonales, que integran remanentes de una vegetación y se extienden por gran parte de la sabana de Bogotá, los cuales han sufrido una acelerada destrucción y modificación de sus hábitats, por actividades antrópicas asociadas con la agricultura, la ganadería, el establecimiento de plantaciones forestales y la minería, entre otras (Rodríguez, N., & Armenteras, D. 2014). La importancia de este tipo de bioma, al igual que el zonobioma altermohígrico y/o subxerofítico tropical, radica en su papel para la estabilidad física del ecosistema, y en él se constituyen bancos genéticos *in situ*, desconocidos hasta el momento. Igualmente, estos ecosistemas son fuente de importantes especies de uso antrópico, como es el caso de varias especies de leguminosas forrajeras y ornamentales (Rodríguez, N., & Armenteras, D. 2014).

Dentro de estos ecosistemas, los Humedales, se encuentran entre los medios más productivos del mundo. Son remanentes de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que un gran número de especies vegetales y animales subsisten. Dan sustento a muchas especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados, depósitos de material genético vegetal y se establecen en zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio (Ramsar. 1971).

Entre los servicios que prestan los Humedales, sobresale su papel en el ciclo hidrológico, al contribuir en la regulación de afluentes y en algunos casos por ser fuente de abastecimiento de agua para la población o como auxiliares en el tratamiento de aguas residuales (Castellanos, C. 2006). Asimismo, por la capacidad calórica del agua, el efecto de la vegetación sobre el ambiente y su alta productividad, los humedales poseen un rol determinante en la regulación del clima mundial, contrarrestando emisiones a la atmósfera. Por su efecto amortiguador al recibir y procesar materia orgánica y sedimentos continentales, tienen una función fundamental en los ciclos biogeoquímicos (Kandus, P., *et al.* 2011).

Además, estos ecosistemas pueden catalogarse como reguladores de los procesos de fluctuaciones y disturbios, tanto naturales como antrópicos, al actuar como regulador de la erosión de suelos y como proveedores de protección de los efectos de eventos climáticos como tormentas y huracanes. Un servicio no considerado, se encuentra relacionado con la presencia de vegetación típica de humedal, al actuar como bioindicadores de áreas de riesgo para la construcción de centros de población, por sus praderas inundables (López., *et al.* 2015).

Sin embargo, en los últimos tiempos, los humedales han sido considerados como tierras improductivas y focos de generación de enfermedades. Esta perspectiva ha fomentado su drenado, rellenado y también la derivación de cursos de agua para permitir ganar tierras para usos terrestres (agropecuarios, forestales, zootécnicos o urbanos) o usos exclusivamente acuáticos (represas, acuicultura). En consecuencia, la degradación y pérdida de ecosistemas acuáticos y de humedales, tiene lugar de manera más acelerada que la de los ecosistemas terrestres, ya que en ellos no se suelen usar esquemas de producción sustentable (Kandus P., *et al.* 2011). Más del 50% de los humedales de los países

industrializados han sido destruidos y muchos otros, localizados en distintas partes del mundo, han sido severamente degradados (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Es así como las prácticas humanas han impactado en la dinámica ecosistémica de los humedales, vistos como una especie de relleno al que se ha contaminado con agua de lixiviados agrícolas, basura de agentes no amigables con el mismo, desechos residuales y demás. El extenso sistema de humedales que existió en el pasado (50 mil hectáreas a principios del siglo XX) se ha reducido drásticamente y en la actualidad solo permanecen entre 800 y 1500 hectáreas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000), es decir, que solo se conserva un 2 a 3% de estos ecosistemas estratégicos (Moreno, García y Villalba, 2005).

Ahora bien, la carencia en el proceso de implementación de un plan de manejo ambiental por la presencia de predios privados y la discontinuidad en iniciativas de gestión ambiental, complejizan el deterioro ambiental del ecosistema de humedal, lo que influye directamente la capacidad del cuerpo de agua para albergar comunidades biológicas por la contaminación ambiental y genera el decaimiento de la calidad ambiental, que afecta la funcionalidad del humedal en el ciclo hidrológico y su importante función en la conservación de la biodiversidad y conectividad ecológica del borde norte del Distrito Capital (López, E., *et al.* 2015).

De acuerdo a lo anterior, se evidencia la pertinencia de esta investigación como un punto de partida para estudios de conservación, debido a que expone los cambios ocurridos en cada uno de los Humedales durante los últimos 60 años y su relación con los cambios de uso en el suelo. Además, permite ampliar el panorama del estado actual de la zona y los procesos relacionados con su composición y la evolución de cambio a través de este periodo de tiempo que permitan evaluar la afectación y fragmentación de los ecosistemas naturales, permitiendo conocer las interrelaciones existentes entre los diferentes elementos que lo componen y su relación con la intervención antrópica,.

### **3. PROBLEMA**

La caracterización biofísica del altiplano cundiboyacense, que recoge aspectos globales de la composición y variación de la estructura vegetal del altiplano cundiboyacense y desarrolla un componente importante sobre los cambios en las unidades del paisaje, definiendo puntualmente las perturbaciones a causa de las diferentes dinámicas productivas. (IDEADE. 2004).

La conservación de los humedales como ecosistemas frágiles, aporta a la generación de un microclima que constantemente frena el avance de la desertificación, mantiene el recurso hídrico y la biodiversidad. Asimismo, el establecimiento de una vegetación circundante disminuye los efectos de erosión de la línea de costa del humedal por efecto de los vientos y controla la entrada de sedimentos en los mismos (Verhoeven, J.1992).

Por lo tanto, los humedales son ecosistemas muy dinámicos o cambiantes que se encuentran expuestos a diferentes factores de perturbación, tanto naturales como antrópicos. Muchos procesos naturales como sedimentación, desecación, inundaciones, avalanchas, tormentas, vendavales y deslizamientos de tierra han modificado las características físicas (hidrográficas, topográficas y edáficas), químicas y biológicas de los humedales, limitando la oferta de bienes y servicios de estos ecosistemas. Los principales problemas de los humedales de nuestro territorio CAR están relacionados con actividades como ganadería, agricultura, floricultura, industria y urbanización y generan problemas como contaminación hídrica, invasión de la ronda, desecamiento, terrificación y disminución del vaso del humedal, entre otros.

Igualmente, contribuye a la regulación hídrica del humedal, atracción de insectos y aves silvestres, estimula el desarrollo de hábitats para el refugio y reproducción de avifauna, afecta la oferta alimenticia para fauna residente y/o migratoria, ornamentación por características de follaje, floración, colorido y contribuye a la dispersión de material genético. (DAMA, 2000).

A través de un ejercicio realizado por el Instituto Alexander Von Humboldt y el Ministerio del Medio Ambiente (1999) para la identificación de los factores de cambio en los

humedales interiores colombianos, se encontró que la transformación total y la perturbación severa son los que generan mayor impacto sobre estos ecosistemas, que no solo en la desaparición total o el cambio fundamental de las características del sistema, este deja de considerarse humedal, sino en cualquier cambio de los atributos físicos, químicos o biológicos, que puede ser causado por la destinación de tierras a fines agrícolas o ganaderas, invasiones al espacio público que generan alteración de los niveles de agua o desplazamiento de los límites; modificación completa de regímenes hidráulicos, entre otros.

La perturbación severa se refiere a las perturbaciones que se producen por cambios en los atributos físicos, químicos o biológicos de los humedales, pero en magnitud, duración y frecuencia tal que el sistema sigue funcionando como un humedal, pero cambian algunas de sus funciones ambientales o valores sociales. Entre las actividades humanas que desencadenan estos cambios están: control de inundaciones, contaminación, canalizaciones, urbanización, remoción de sedimentos o vegetación, sobreexplotación de recursos biológicos y represamiento o inundación permanente (Instituto Alexander Von Humboldt y el Ministerio del Medio Ambiente. 1999).

Los Humedales Torca y Guaymaral, han formado parte de los parques ecológicos de la ciudad, presentando un gran valor ecológico y ambiental para la ciudad-región puesto que hacen parte de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá D.C (Pinilla, C, López, L. 2017). Sin embargo, la falta de un plan de manejo ambiental concertado y aprobado para el humedal Torca y Guaymaral, sumado con la falta de presupuesto de las localidades y continuidad de los procesos para realizar inversiones y acciones de gestión ambiental generan problemáticas como vertimientos de sustancias contaminantes al cuerpo de agua, uso inadecuado del suelo, tala de árboles, entre otros, que agudizan el deterioro y la contaminación ambiental del humedal (IDEAUN & EAAB-ESP. 2012).

Como consecuencia evidente de este panorama se observa deterioro de la calidad de agua, de la biodiversidad que se alberga en el área y de otros servicios ecosistémicos indispensables para el funcionamiento del borde norte del Distrito Capital. En este sentido, la principal fuente hídrica de los humedales Torca y Guaymaral presenta contaminación, deterioro e inundación en tiempos de lluvia, provocando bloqueos en la autopista norte.

Estos eventos afectan la función del humedal como fuente de desarrollo y zona de protección ambiental.

A partir de esto, surge el interés por el reconocimiento de la dinámica de cambio de los Humedales y su la identificación de su estado actual, frente a los usos de suelo que presenta, llegando a la siguiente pregunta problema:

#### **4. Pregunta de investigación**

**¿Cómo han variado las coberturas de los Humedales de Torca y Guaymaral a través del tiempo con respecto a los cambios del uso del suelo?**

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1. General**

Determinar los cambios de cobertura frente a los cambios de uso del suelo en los Humedales de Torca y Guaymaral, a través de un análisis multitemporal en el periodo de 1960-2020.

##### **5.2. Específicos**

- Identificar los cambios de cobertura de los Humedales Torca y Guaymaral durante el periodo 1960-2020.
- Reconocer los cambios de uso del suelo en los Humedales de Torca y Guaymaral ocurridos en el periodo 1960-2020.
- Comparar los cambios de cobertura y su relación con el uso del suelo de los Humedales de Torca Guaymaral en el periodo 1960-2020.

## **6. ANTECEDENTES**

Para este trabajo de grado se tuvieron en cuenta como antecedentes algunas investigaciones a nivel internacional y nacional frente a estudios multitemporales y los cambios del uso del suelo en determinado terreno.

### **6.1. Carácter Internacional**

Son diversos los estudios que se han realizado sobre los cambios de uso del suelo a través de análisis multitemporales. A continuación, se exponen los trabajos más relevantes para esta investigación, los cuales brindan elementos de fundamento teórico y práctico para la misma.

Farnum F & Murillo V. (2019), realizaron un estudio de análisis multitemporal de cambios de vegetación y uso del suelo en cinco comunidades a lo largo de la carretera Boyd Roosevelt de Panamá. Estas comunidades forman parte de la vegetación próxima a la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), las cuales presentan fragmentos de bosques con una alta diversidad. En esta investigación se caracterizó y cuantificó la vegetación tomando como insumos la información cartográfica de 1970, 2000 y 2017 suministrados por el Ministerio de Ambiente de Panamá y fotografías de Google Earth. A partir de esos datos se interpretó digitalmente usando el programa ArcGIS, tal y como se aplicó parte de este marco metodológico a la actual investigación.

Es así como se revisó la evolución de los bosques de los sitios de estudio, mediante el análisis multitemporal (1970-2000-2017), que señala los mayores impactos sobre la cobertura vegetal en los sitios de estudio y su relación con cambios en el uso de suelo asociados al desarrollo de áreas pobladas de tipo urbanas, semiurbanas, comerciales e industriales. Otro efecto que se hizo evidente fue la proliferación de suelos desnudos o bosques pioneros (rastros) causados por el desmonte y abandono de tierras otrora productivas. Paralelamente, estos cambios dejan el camino abierto para futuras acciones hacia los bosques próximos a sitios urbanizados para satisfacer otras demandas de servicios terciarios productos de la urbanización.

Finalmente, se identificó la pérdida de los bosques originales, fragmentación y deterioro del paisaje, acompañados de alteraciones climáticas en los ecosistemas afectados, aplicando la metodología de análisis multitemporal para el estudio de ecosistemas y así determinar los cambios e impactos ambientales más significativos a través del tiempo, y permitiendo conocer las interrelaciones existentes entre los diferentes elementos que lo componen y su relación con la intervención antrópica, lo cual se adapta al objetivo general del presente trabajo investigativo.

Asimismo, Caicedo M. (2016) realizó un análisis de la aplicación de incentivos económicos para conservación de ecosistemas naturales en el cantón Colta, Ecuador. En este, resultó evidente la influencia de algunas actividades antrópicas como causa directa de los cambios que se producen en el ambiente y con los ecosistemas, por lo que el estudio se enfocó principalmente en cómo los incentivos económicos para la conservación de la naturaleza han representado una alternativa para la reducción de la presión en el uso del suelo y en el cambio de la cobertura vegetal. Mediante el análisis cartográfico de archivos en formato shapefile sobre uso de suelo desde 1990 hasta el 2014, visitas de campo a las comunidades pertenecientes a Socio Bosque y encuestas realizadas a la población del cantón, se determinó que el PSB en el cantón ha presentado un avance en la conservación del páramo y por ende en el cuidado de los servicios ambientales que provee este ecosistema a la sociedad. Se presentaron variaciones en la superficie del uso de suelo, las zonas de uso antrópico se han reducido desde 2008, generando un aumento en la superficie de la vegetación natural, además que ha permitido a la población tener una mejor calidad de vida, ya sea en el aspecto económico o referente a la calidad del medio ambiente que los rodea, evitando contribuir al aumento de las presiones antrópicas sobre los ecosistemas naturales. Este análisis se relaciona directamente con el marco metodológico presentado en la actual investigación

De igual forma, Molina, G y Albarran, A (2013) realizaron un análisis de su estructura horizontal considerando su evolución temporal y composición estructural para la determinación del estado de conservación de las coberturas de la tierra del Parque Nacional

Yacambú para el periodo 2000-2008. La evolución temporal, lograda a partir de la superposición de mapas de cobertura obtenidos de imágenes de satélite, reveló que se presenta un alto grado de conservación de las coberturas en áreas distantes a las vías de acceso y una importante afectación, por expansión de la frontera agrícola, en las áreas limítrofes. La composición estructural, obtenida a través del cálculo de índices estructurales, apunta a procesos de fragmentación en algunas coberturas naturales.

Es así como esta investigación se orientó a la determinación del estado de conservación del Parque Nacional Yacambú a partir de un análisis multitemporal de sus coberturas y del cálculo de algunos índices estructurales. Para su obtención se desarrollaron diversos ítems como la recopilación de información bibliográfica y cartográfica, el procesamiento de las imágenes de satélite (Landsat 5 del 25 de septiembre del 2000 y SPOT 5 del 28 de enero del 2008), la construcción de los mapas de cobertura de la tierra, a partir de la técnica de interpretación visual en pantalla de las imágenes de satélite definidos por Chuvieco (1996, 165-167), un análisis multitemporal como técnica de análisis espacial que se obtuvo de la superposición (overlay) de los mapas, en formato raster, previamente elaborados a escala 1:100.000, y, finalmente un análisis estructural de las coberturas, mediante el cálculo de índices estructurales, que, según Gustafson (1998) (citado por Vila i Subirós et ál. 2006)

Se destaca un cambio importante de reseñar y se encuentra encaminado a la pérdida de 508,51 has de la superficie ocupada por coberturas naturales y la ganancia de 475,29 has dedicadas a la actividad agrícola (áreas que, de acuerdo al mapa de cambio y estabilidad, se distribuyen espacialmente en los alrededores de las vías de acceso, ubicadas en los límites del parque). El área total de cambios registrada fue de 3,88%, de los cuales un 2,04% ocurrió hacia la cobertura agrícola, una cifra alarmante que evidencia el grado de intervención antrópica en una zona natural, tal y como lo muestra

Finalmente, se retoma la investigación de Espinosa, M. *et al* (2011) en la que se realizó el análisis multitemporal a partir de las imágenes ASTER de dos periodos previamente establecidos. El primero, corresponde al más actual, comprendido de los años 2008-2009 y otro periodo anterior entre los años 2000-2003. En términos metodológicos, el primer paso fue dividir ambos periodos en subescenas que representaran de forma estratégica un

conjunto de humedales de la resolución, de esta forma, el área quedó distribuida en 27 subescenas donde se localizan los 264 humedales incluidos en el área de estudio.

Para la realización del análisis de imágenes entre ambos periodos, se revisó inicialmente el calce espacial entre ellas, la distribución del histograma para cada banda y comparación visual de los tonos para definir una homogenización de las imágenes. Esta homogenización se llevó a cabo tomando muestras aleatorias de tonos claros como oscuros las cuales servirán para obtener el sesgo y la ganancia que corregirán y disminuirán las diferencias radiométricas entre estas y poder efectuar análisis comparativos, tomando como referencia la imagen correspondiente al periodo 2010. De esta forma, se realizó un análisis de “Detección de Cambios” con el algoritmo del software Erdas, el cual crea una imagen de diferencia para cada una de las bandas de la imagen en el periodo de análisis, además de crear una imagen destacando en distintos colores los cambios ocurridos en términos porcentuales de disminución o aumento.

Así pues, los resultados obtenidos no pudieron ser interpretados en términos de cambios dados en torno a las vegas y bofedales por representar, en términos porcentuales respecto del total de la subescena probablemente a que los cambios ocurridos por lo cual se optó por realizar un análisis de cambio entre índices vegetacionales Normalize Vegetation Index NDVI. Para el cálculo del índice NDVI se utiliza la fórmula tradicional que contiene el software Erdas en donde utiliza la banda del infrarrojo y del rojo, y se calcula para cada imagen y tomando la imagen con la corrección radiométrica para el periodo del 2000 respecto del 2010. Este análisis determina los aumentos o disminución de la cantidad de vegetación que se presenta entre el periodo de análisis. La imagen de cambios resultante entrega valores entre 0 y 200, donde los valores alrededor de 100 determinan los sectores sin cambios, los menores a 80 menor presencia en la temporada 2010 y los valores mayores a 110 corresponden a los mayores cambios respecto de la imagen del 2000.

## **6.2. Carácter Nacional**

Veloza, J. (2017) realizó un seguimiento de los cambios de coberturas y usos del suelo de la Reserva Forestal Protectora y Productora Casablanca (RFPP de Casablanca) de Madrid

Cundinamarca, a través de un análisis multitemporal de los años 1961, 1987 y 2015, como aporte significativo para el establecimiento de medidas para su manejo en el proceso de revisión y ajuste del POT (Plan de ordenamiento Territorial) del municipio. Para esto, identificó, clasificó y analizó las coberturas y usos del suelo a escala 1:5.000, mediante la metodología Corine Land Cover a nivel 4 y así desarrolló un proceso de fotointerpretación de las fotografías aéreas de los años ya mencionados. De la misma forma, analizó y comparó los cambios de las coberturas y usos del suelo, partiendo de un antes y un después del establecimiento del Cerro Casablanca como Reserva Forestal Protectora y Productora en el año 1977 y del Acuerdo 016 de 1998 de la CAR.

A partir de este proceso, la autora logró determinar los niveles de actividad dentro de la Reserva, siendo 1961 el periodo con mayor influencia en la zona, esto debido a los procesos relacionados con la minería, específicamente a la extracción de materiales de construcción, que ocasionó la aparición de otras coberturas como pastos limpios, haciendo parte de zonas de antigua explotación, por la expresión y formación de taludes. Asimismo, se asoció la erosión de coberturas de tierras degradadas y desnudas a esta actividad, así como a la construcción de la red vial existente para el transporte del material. En este sentido, se puede aseverar que desde dicha época la actividad tuvo una gran influencia, por el hecho además de que su localización no se encontraba en un solo sector, sino que hacía presencia a lo largo y ancho del cerro. A su vez, así como se pudo determinar la degradación y fragmentación ecosistémica a la que se ha visto sometida la RFPP de Casablanca frente a la problemática ya establecida, no se ejecutó un proceso técnico adecuado de recuperación y restauración ambiental, lo que se evidenció en las abundantes zonas de recuperación morfológica que aún persisten en la reserva, lo cual contribuye al lavado de los suelos y la erosión causada por esorrentía y viento, dejando extensas áreas expuestas.

Sanchez, N (2018) mediante un análisis multitemporal del año 1969 al 2017, evaluó la evolución de la cobertura vegetal y el espejo de agua, en busca de la corroboración de transformaciones en la fisonomía del paisaje y en la fuente hídrica. Este análisis, más la identificación en campo de los impactos ambientales y a la interpretación de la información suministrada por los actores de la zona a través de reuniones y entrevistas, permitió

comprender las posibles causas del deterioro del humedal y dio pautas para su conservación. A su vez, el trabajo evaluó el logro de los objetivos planteados en el Plan de Manejo Ambiental del humedal desarrollado por la autoridad ambiental de la zona y su concordancia con la política nacional de humedales y el Convenio Internacional de Ramsar.

Los análisis de coberturas de tierra de los años interpretados muestran el área de estudio en los últimos 48 años. Se determinaron cuatro categorías de clasificación de la dinámica de cambios influenciados por diferentes actividades antrópicas: cambio de uso agropecuario, ganancia, pérdida, y sin cambio.

En la zona se dilucidan el desarrollo de actividades agropecuarias, destinando grandes extensiones de tierra a cultivos de cereales. Asimismo, a lo largo de este periodo la ganadería extensiva también ha sido una actividad que abarca importantes porciones de terreno, promoviendo el cambio de coberturas de bosques de galería y vegetación secundaria en transición a pastos y cultivos. Todos los impactos ambientales identificados en la matriz recayeron sobre los factores físicos, bióticos y sociales que permiten funcionar el ecosistema, lo cual confirma que el humedal se encuentra en un gran estado de deterioro.

Guerrero, D y Moreno, R (2015) analizaron, cuantificaron y proyectaron el cambio en el uso del suelo y la tasa de pérdida de la cobertura forestal en el municipio de Puerto Rico, Meta, tomando como referencia 4 imágenes satelitales LANDSAT de distintas fechas: 1991, 1997, 2003 y 2014 específicamente. Para ello, hicieron una clasificación multiespectral de la cobertura del suelo en cada uno de los periodos de análisis, ejecutando la metodología de clasificación CORINE Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM, SINCHI, IAvH e IGAC. Además, optaron por cuantificar las áreas con mayor visibilidad de cambios en el uso del suelo y con ello predecir las tendencias en el cambio del paisaje para el año 2020, así como la estimación de tasa de pérdida y los patrones de cambio de la cobertura forestal durante el periodo examinado.

Dentro de los resultados obtenidos se encontró que la dinámica de cambios del periodo de 1991-1997, explica con una alta correspondencia el cambio en las coberturas boscosas del 2014, por lo tanto, se espera que para el 2020, los bosques hayan disminuido su extensión en 5,35%. A pesar de que se vio una reducción en la tasa media anual de deforestación, esta continúa siendo alta, sobre todo si se parte del hecho que las mayores pérdidas se

encuentran en zonas de protección y de recuperación. Es entonces como se concluye resaltando la importancia de incrementar la creación de estrategias encaminadas al ordenamiento eficiente del territorio y que, además, la zona del PNN y RPN no están cumpliendo su objetivo de manejo, debido a que no se desarrollan acciones que permitan garantizar las características dinámicas, estructurales y funcionales de los recursos naturales ni se propician el restablecimiento de las condiciones naturales que permitan el aprovechamiento sostenible de los recursos de la zona.

Finalmente, se toma el trabajo de Vargas, J. (2013) el cual evidencia un análisis multitemporal sobre la transformación de la cobertura del suelo en el departamento del Huila, que comprende el período 1989-2012, haciendo énfasis en las áreas por debajo de los 1800 msnm. Para ello, se identificaron y describieron los patrones de cambio de la cobertura del suelo para este periodo y así posibilitar el análisis de los procesos de transformación de las coberturas boscosas, para evaluar la relación entre la toma de decisiones por parte de los entes correspondientes y los patrones de cambio de la cobertura del suelo.

Entre los resultados se dilucida que, entre 1989 y 2012, se identificó a nivel regional, un patrón de pérdida de cobertura de bosques, y el aumento de la cobertura de pastos y tierra desnuda y degradada. Se estima que, para el departamento, cerca de 10.500 hectáreas se deforestan anualmente y 4.500 ha de bosques fragmentados se perdieron. Es entonces como los procesos de transformación tanto en el paisaje como en las coberturas boscosas identificadas fueron el de fragmentación, abrasión o desgaste y contracción, que han ocasionado el fraccionamiento de los corredores de conservación, transformación de los ecosistemas y pérdida de la biodiversidad.

### **6.3. Carácter Local**

Para la realización de esta investigación se consideraron importantes y de gran relevancia los estudios realizados en la zona local (Bogotá)

Rodríguez, C (2014) desarrolló un análisis multitemporal en el Humedal La Conejera buscando la identificación de los cambios en la urbanización en sus límites, desde el 2005 hasta el 2014. Para ello, se diseñó una cartografía del Humedal mediante las imágenes satelitales, desde las cuales se evaluó el índice de vegetación de diferencia normalizada y se hizo el examen de la tendencia del cambio en el uso del suelo en el periodo ya mencionado.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Humedal**

Según la Convención Ramsar (ratificada en Colombia por la Ley 357 de 1997), se entiende por humedales *"aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros"*, que, en otras palabras, son todos los ecosistemas cuyo componente fundamental es el agua, en torno a la cual se forman ambientes intermedios que varían entre permanentemente inundados y normalmente secos, estos sistemas incluyen, desde luego, todos los niveles de diversidad biológica que allí se puedan sustentar.

Históricamente los humedales han sido definidos como una transición entre los sistemas acuáticos y terrestres no sólo en el espacio sino por sus procesos de cambio, y asimismo emergen como sistemas distintivos, tal es el caso de las turberas o las planicies de inundación (Kandus. P, *et al.* 2011). A su vez, hace énfasis en aspectos eco-fisiológicos y enfatiza además el predominio de procesos anaeróbicos en los suelos que fuerzan a la biota, particularmente a las plantas arraigadas, a presentar adaptaciones que toleran la inundación (Keddy. 2000). En el Distrito Capital, el DAMA (2000), establece que los Humedales se han conceptualizado como ecosistemas intermedios entre el medio acuático y el terrestre,

con espacios húmedos, semi-húmedos y secos, en los cuales se evidencia presencia de flora y de fauna muy singular.

Asimismo, el Instituto Alexander Von Humbolt (1998) afirma que los humedales poseen atributos, productos y funciones de los que se beneficia la sociedad. Dichas funciones como las físicas contribuyen a la regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, la retención de sedimentos, control de erosión y la estabilización microclimática. Las funciones químicas a su vez, tienen que ver con la descomposición de biomasa terrestre como objetivo de la productividad de los sistemas acuáticos y la regulación de ciclos de nutrientes. Por su parte, también presenta funciones bio-ecológicas que brindan una mayor retención de dióxido de carbono y productividad biológica, estabilidad e integridad de ecosistemas. Asimismo, los humedales son sistemas productivos y socioculturales, recursos hidrobiológicos y soporte de acuicultura, lo cual puede considerarse como funciones sociales (Castellanos, C. 2006).

Entonces es posible afirmar que los humedales son los ecosistemas continentales más productivos del mundo. Su característica trascendental es la disposición continua o intermitente de agua a lo largo de todo el año. Esta situación contribuye al desarrollo exitoso de la extensión y proliferación de la diversidad concerniente a flora, fauna y microorganismos que interactúan en complejas relaciones para mantener un equilibrio ecológico de alta fragilidad (Kandus. P, *et al.* 2011).

Sin embargo, los humedales al ser sistemas vivos, requieren un manejo sostenible a través de implementación de investigaciones biológicas que permitan favorecer su funcionamiento. Es así como el hombre, como beneficiario directo o indirecto, debe estar en la obligación de procurar su restauración y conservación a fin de contrarrestar la disminución de estos hábitats, que afectaría drásticamente los altos índices de biodiversidad que en la actualidad sustenta nuestro país (Castellanos, C. 2006)

En síntesis, las definiciones que intentan recuperar aspectos generales de los humedales apelan a la presencia y dinámica del agua como hilo conductor y si bien el agua es un componente esencial de todos los ecosistemas, en el caso de los humedales se torna el factor determinante tanto de su existencia como de la diversidad de tipos, productividad y dinámica de nutrientes (Keddy, 2000; Mitch y Gosselink, 2007).

### **7.1.1. Clasificación de Humedales**

El DAMA (2002), afirma que los humedales del altiplano de Bogotá, son cuerpos y cursos de agua estacional o permanente, asociados con la red principal y los afluentes del río Bogotá y los clasifica en dos tipos principales: humedales naturales y artificiales o altamente artificializados, que cumplen una variedad de funciones ecológicas, ambientales, hídricas, sociales y culturales. Por su parte, Andrade (2003), los clasifica como “casi-naturales” o semi-naturales, siguiendo los lineamientos de la Convención de Ramsar (2006), al ser espacios con valores naturales, pero con grandes afectaciones de origen antrópico. La importante biodiversidad que albergan los humedales de Bogotá D.C. es desconocida y, en algunos casos, ‘despreciada’ por los habitantes de la ciudad (Calvachi, B. 2002).

Sin embargo, en el marco institucional del Distrito Capital, según el Decreto 190 de 2004, por medio del cual se conforman las normas de los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003, que componen el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., los humedales fueron conceptualizados como Parques Ecológicos dentro del Sistema de Áreas Protegidas del Distrito siendo clasificados como parte de la Estructura Ecológica Principal de la ciudad.

De igual forma, en el mismo se complementa la definición afirmando que los humedales son áreas de alto valor escénico y/o biológico, por sus condiciones de localización y accesibilidad, se establecen con el fin de preservar, restaurar y aprovechar sosteniblemente sus elementos biofísicos para educación ambiental y recreación pasiva. En el mencionado decreto, asevera que el uso principal es la preservación y protección, como uso compatible la recreación pasiva y como usos condicionados la construcción de infraestructura básica para los usos principales y compatibles, estableciendo unos requisitos de cumplimiento (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012).

De acuerdo a la clasificación realizada por Ramsar, en la Tabla 1 se establece la clasificación general de los humedales del distrito (DAMA. 2002); para el caso de los humedales de Torca y Guaymaral, se los denomina humedales interiores como sistemas

fluviales y palustres intermitentes o permanentes con vegetación emergente. (siempre y cuando esta redacción se ajuste a la realidad, porque aún no está la tabla

TABLA 1. Clasificación General de los Humedales del Distrito (DAMA. 2002)

Las clasificaciones del orden regional expuesta, se complementa con la clasificación local propuesta en el Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de humedales en Centros Urbanos (SDA, 2008), que postula la clasificación de los tipos de humedales según su origen y vegetación asociada. A partir de esta, los humedales de Torca y Guaymaral hacen parte del grupo de humedales tipo 3, que representa a aquellos que se encuentran en los valles menores que drenan la superficie general de la sabana. Son originalmente valles de erosión y algunos tienen sus cabeceras en la misma planicie de la Sabana y se encuentran en el sistema de valles de drenaje natural de la sabana que llegan todos finalmente al río Bogotá (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012).

Es posible que en las partes donde se llega al valle del río haya existido una inundación natural local, que la erosión taponó por efecto de la sedimentación. Las aguas presentan exceso de ciertos nutrientes (como nitrógeno), por la contaminación generalizada con aguas sanitarias e industriales y por las actividades ganaderas y agrícolas. Dentro de la vegetación actual de estas zonas, se puede presentar vegetación flotante que se extiende sobre el agua desde la orilla; el conjunto de raíces y materia orgánica muerta puede volverse bastante gruesa y la vegetación puede comenzar a depender más del agua de lluvias con cierta tendencia a la mesotrofia (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012).

La Vegetación representativa de este tipo de humedales entre géneros y especies corresponde a: *Begonia*, *Scutellaria*, *Gratiola*, *Epilobium denticulatum*, *Sibthorpia repens*, *Ranunculus*, *Calceolaria*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Carex sp.* y *Scirpus rufus*. Entre la vegetación pantanosa, que depende únicamente del agua del humedal y del suelo, se encuentran *Scirpus*, *Typha*, *Polygonum*, *Rumex*, *Bidens*, *Myriophyllum*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, entre otras. Es probable que las especies del primer grupo fueran más abundantes antes de la fuerte contaminación (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012).

De la misma forma, antes de la interferencia humana se presentaba vegetación azonal de páramo en condiciones medio-pantanosas en los valles del Tipo 3. Esto obvio, aunque

después de la situación durante el máximo del último glacial, cuando la vegetación de toda la sabana fue páramo, persiste la vegetación de páramo azonal definida por la condición turbosa pantanosa en los valles y áreas escasamente drenadas mientras en las partes mejor drenadas se establecía bosque (PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. 2012).

## **7.2. Estudios Multitemporales**

Los estudios multitemporales se pueden concebir como análisis de tipo espacial que se realizan a través de una comparación de coberturas que son interpretadas en imágenes de satélite, fotografías aéreas o mapas de determinada zona en distintos periodos de tiempo. A su vez, permite la identificación de cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas, determinando la evolución del medio natural o las afectaciones de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco, E. 1990). Se establece como uno de los métodos más eficaces en cuanto a la comparación y determinación de cambios que acontecen en un lapso de tiempo (Silva, S. 1999).

Asimismo, los estudios de dinámica de uso de suelo favorecen significativamente al reconocimiento del tipo de manejo y aprovechamiento que el ser humano hace de la naturaleza en un territorio. En años recientes los países han reconocido la importancia de realizarlos para analizar, entender y tomar decisiones en la formulación de políticas de planificación (Flores., *et al.* 2005).

En Centro América, los estudios de análisis multitemporales también han estado a la vanguardia de los temas ambientales en cuanto a la transformación del paisaje y la incidencia en la toma de decisiones. Un ejemplo de ello, fue el estudio llevado a cabo por Arredondo *et al.*, (2008) acerca de las tendencias recientes de la dinámica del paisaje en la cuenca del Río Tuxpan, en el estado de Michoacán (México), para el periodo de tiempo 1976 -2000.

## **7.3. Usos del suelo**

Las comunidades transforman el ambiente a través del tiempo mediante cambios, inestabilidad y adaptación a diversas variables (Lambin & Meyfroidt, 2009). La dinámica

per se de los humanos se encuentra enfocada en el aprovechamiento de recursos para en busca de su bienestar y para satisfacer sus necesidades individuales y colectivas; ello se traduce no solo en alimentos, energía, materiales y otros, sino también en alteraciones a los sistemas naturales, provocando la reconfiguración del territorio (González y Romero. 2013).

A su vez, la transición en la cobertura y uso del suelo se determinan como alteraciones a la superficie terrestre y son el resultado de las actividades humanas que originan efectos asociados a procesos ecológicos, socioeconómicos y culturales (Lambin & Meyfroidt, 2009). Para definir estos procesos de cambio es necesario aclarar los conceptos de cobertura y uso de la tierra, los cuales son descritos por diferentes autores, como Lambin & Meyfroidt, (2009), Lambin & Geist, (2006), Di Gregorio (2005), Lambin, Geist & Lepers (2003), Vargas (1992), IDEAM (1997) en SIAC, (2013): La cobertura de la tierra se define como una respuesta a un contexto biofísico, que se observa en la superficie de la tierra. Esta describe diferentes atributos que ocupan un espacio, los cuales pueden derivarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre. Estos interactúan conformando los elementos del paisaje y dadas sus características se conforman tipos como bosques, arbustos pastos entre otros. En otras palabras detalla en términos más amplios, no solamente la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino también otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua.

El término de paisaje hace referencia a un espacio donde se encuentra el hombre y el entorno que lo rodea. Este comprende porciones de carácter tridimensional de la superficie terrestre resultante de un conjunto de procesos continuos, el cual se ve transformado en el tiempo por la interacción del ser humano con su medio biofísico, donde las unidades morfológicas y estructurales se relacionan entre sí, a partir del intercambio continuo de energía, materia, organismos e información dentro de un territorio. La dinámica ecológica de este se ha visto condicionada por la actividad antrópica desarrollada dentro de los modelos sociales generando transformaciones en un espacio y tiempo determinado, (Villota 2005; Guzmán, 2007; Taylor & Francis, 2008, Vila, Llausàs, & Ribas, 2006; Gustafson, 1998;). El análisis de las dinámicas que ocurren en un paisaje, inician a partir de la

interpretación en mosaico (conjunto de elementos), diferenciando los fragmentos a partir de las coberturas, las cuales hacen referencia a diferentes unidades morfológicas que se pueden distinguir en el territorio, (Gustafson, 1998; Vila *et al.*, 2006). El término uso de la tierra indica la utilidad que el ser humano le da a un tipo de cobertura de manera cíclica o permanente para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales, siendo el resultado de la interacción entre los factores físico-naturales y los factores culturales o humanos.

El conocimiento de la cobertura y uso de la tierra constituye uno de los aspectos más importantes dentro de los análisis biofísicos del territorio, espacializando los cambios de las coberturas y sus usos a través del tiempo, permitiendo hacer una lectura de diferentes escenarios en un tiempo y espacio determinado. Teniendo en cuenta lo anterior el entendimiento de los factores determinantes del cambio en los atributos del territorio y su uso para beneficio humano, así como sus efectos en algunos servicios ambientales, constituye el eje fundamental para el análisis del estudio de caso desarrollado en la presente investigación.

Como resultado, el cambio de la cobertura y uso de la tierra no es lineal y está asociado con otros cambios o transiciones del sistema social y biofísico. Estos cambios están directamente relacionados con la provisión de servicios ambientales de los cuales las sociedades humanas dependen.

Estudiar los cambios en la cobertura del uso del suelo es esencial para determinar las tendencias que tendrán factores tales como: la deforestación, desertificación, degradación, cambios en la vegetación natural y la pérdida de biodiversidad en una determinada región (LAMBIN; GEIST; LEPERS, 2003).

#### **7.4. Fragmentación ecosistémica**

Los servicios ecosistémicos (Quétier, F. 2007) se configuran por los beneficios asociados a las funciones ecológicas, que se definen como los beneficios que obtienen los humanos de los ecosistemas. Desde la visión sistémica los servicios ambientales involucran la conservación del ambiente, el bienestar humano y los efectos de las actividades antrópicas en los sistemas naturales. En los últimos 50 años los humanos han transformado los

ecosistemas a un ritmo más acelerado, ello con el fin de satisfacer la demanda de alimentos, agua, madera, fibra, entre otros; sin embargo esta presión sobre los servicios ambientales ha causado la degradación de estos y ha puesto en riesgo los beneficios de las generaciones venideras y el bienestar humano en general (Evaluación de los ecosistemas del Milenio, 2005).

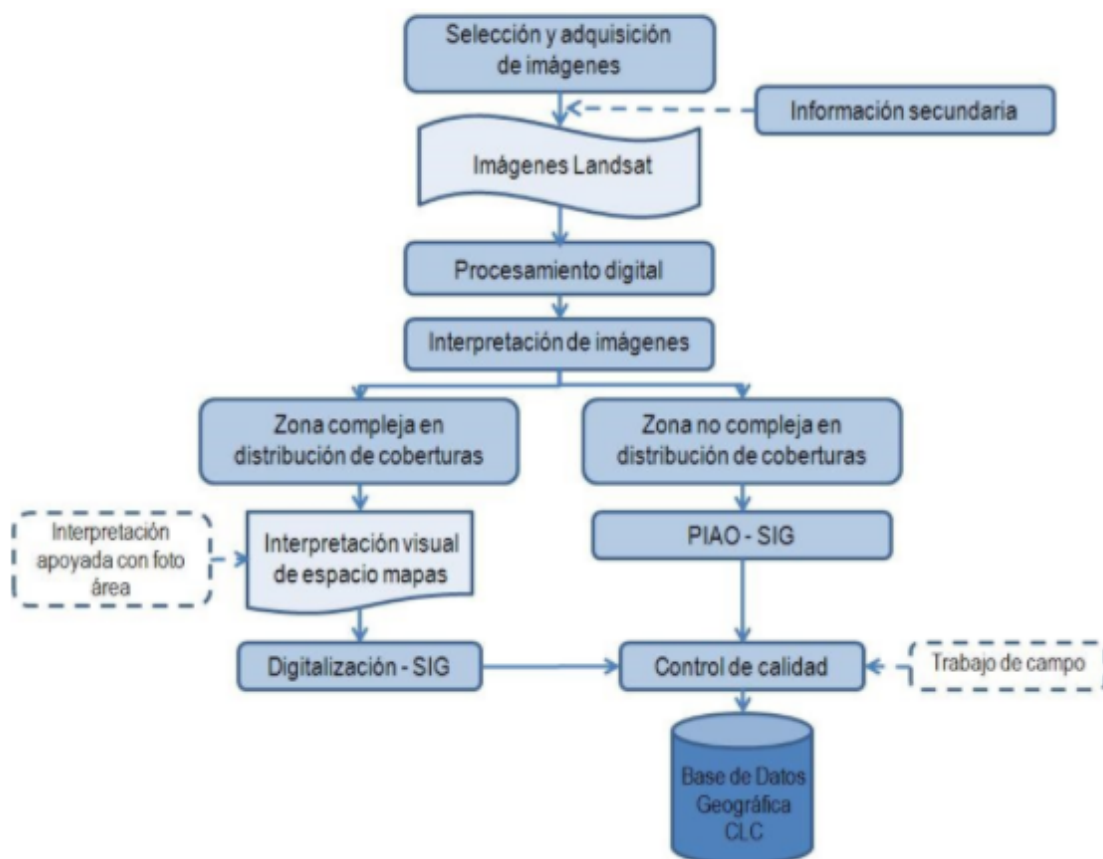
Los servicios ambientales de acuerdo con el MEA (2005), se clasifican en las siguientes categorías: de provisión (alimentos, agua, energía), de regulación (como la regulación climática), estos se tienen directamente de los ecosistemas, culturales (educación) y de soporte que constituyen aquellos que soportan los demás servicios, como el ciclo de los nutrientes. Uno de los servicios de regulación que se ven modificados por los sistemas sociales es el relacionado con el ciclo hidrológico, el cual involucra el bienestar humano en términos de agua potable, energía o riego para actividades agropecuarias, así mismo interviene en procesos de mitigación de inundaciones, recarga acuífera, purificación del agua y control de la erosión. Este servicio es el producto de la interacción de factores físicos, químicos y biológicos, (MEA, 2005).

La biodiversidad también se incluye como uno de los beneficios que se obtienen de los ecosistemas. Esta contribuye al bienestar humano y constituye un eje fundamental para establecer estrategias de gestión de los recursos naturales teniendo en cuenta los servicios ambientales, (MEA, 2005).

La fragmentación hace referencia a la disrupción de la conectividad del hábitat. Este fenómeno es el mayor impacto de las actividades humanas sobre la flora y fauna, llevando a la pérdida de hábitat y biodiversidad (McGarigal, 2001). También puede definirse según García, (2011) como: “Un cambio en la estructura y configuración de los hábitats dentro del paisaje. Conlleva la transformación de un hábitat, inicialmente dominante y relativamente continuo, en un conjunto de parches empequeñecidos, denominados fragmentos, que quedan embebidos en un nuevo hábitat, mayoritario y cualitativamente muy distinto al original”. La superficie de los fragmentos da la posibilidad de establecer una correlación con la diversidad de especies que puede albergar. La forma de los fragmentos permite analizar la dominancia natural o antrópica existente en un territorio, cuando existen en mayor proporción formas irregulares y curvilíneas se asumen dominio de las condiciones

naturales, mientras que formas rectilíneas obedece al dominio antrópico (Vila et al., 2006). Otro aspecto importante del análisis son los corredores, los cuales permiten la interconexión entre fragmentos, facilitan la conectividad e intercambio de especies y evitan o reducen el efecto distancia, el cual determina la presencia de un menor número de especies en los fragmentos más aislados (Ruiz, Cardona & Duque, 2012). Teniendo en cuenta lo anterior es importante generar información que consolide estrategias que contribuyan a la conservación de los servicios ambientales y garantizar una gestión sostenible de los ecosistemas.

### 7.4.1. Metodología Corine Land Cover



Fuente: Melo y Camacho, 2005, en Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000, IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007)

**Gráfica 1.** Modelo general de la metodología Corine Land Cover (CLC). IDEAM (2007).

En Colombia, partir de 1980 el CIAF utilizó sensores remotos desde el nivel exploratorio hasta el nivel detallado para realizar análisis de cobertura de la tierra (Forero, 1981). En 1998, se hizo una clasificación para el uso de las tierras a escalas 1:500000, 1:100.000 y 1:25.000, y se estableció la clasificación para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra (IDEAM, *et al.* 2008). Posteriormente, el IDEAM publicó un mapa a escala 1:500.000 de la cobertura vegetal elaborado con imágenes de satélite Landsat TM (Cabrera *et al.* 2011). El sistema CORINE Land Cover fue adaptado para Colombia a escala 1:100.000. Esta metodología permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra de acuerdo con la información obtenida de imágenes de satélite de 10 resolución media (Landsat), conforme a las condiciones de coberturas locales (IDEAM, 2010).

## 8. MARCO NORMATIVO

Los humedales de Torca y Guaymaral, son catalogados ecosistemas estratégicos y áreas protegidas dentro del Distrito Capital que se establecen dentro una normativa internacional, nacional, regional y local y orientan las relaciones dentro de una sociedad para el logro de objetivos claves en cuanto a su supervivencia, mediante la definición de lineamientos y directrices que establecen sus compromisos y estrategias.

La articulación de estos lineamientos legales se encuentra directamente relacionado con el enfoque metodológico particular a cada componente del Plan de Manejo Ambiental (PMA), tanto en el diagnóstico como en el plan de acción del mismo.

En la tabla 2 se presentan los principales referentes normativos tanto internacionales como nacionales, regionales y locales. El criterio de organización de la información de legal, fue de manera cronológica.

<b>NIVEL</b>	<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Nacional</b>	<b>Ley 1450 del 2011</b>	Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014)
	<b>Código Nacional de Recursos Naturales Dc. 2811 de 2974</b>	Establece lineamientos para la conservación de Reservas Naturales.
	<b>Decreto 1541 de 1978</b>	De las aguas no marítimas y parcialmente la Ley 23 de 1973
	<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Se estipula parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III de la parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos

<b>Constitución Nacional</b>	<b>Política</b>	Reglamenta la protección de los recursos naturales como derecho colectivo y bien público; reglamenta y crea organismos de control.
<b>La Ley 357 de 1997</b>		Se aprueba la “Convención Relativa a los Humedales de importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas
<b>Ley 99 de 1993</b>		Crea el Ministerio de Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión ambiental y estructura el SINA.
<b>Política Nacional Ambiental 1994-1998</b>		Se identifican, protegen y recuperan los humedales a nivel nacional.
<b>Ley 165 de 1994</b>		Aprobación del Convenio sobre Diversidad Biológica, incluyendo los ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte dentro de su ámbito de aplicación.
<b>Ley 357 de 1997</b>		Se ratifica la Convención RAMSAR.
<b>Política de Humedales Interiores de Colombia de 2001</b>		Enmarca directrices de manejo a nivel nacional de los humedales como áreas protegidas, para garantizar el mantenimiento de sus características ecológicas y la oferta de bienes y servicios ambientales.
<b>Resolución 157 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</b>		Se establecen medidas para garantizar el uso sostenible, la conservación y el manejo de los humedales en Colombia, así como el aspectos

		orientados a evitar su pérdida, a regular las actividades que causen un impacto sobre los mismos y establecer criterios de protección, mitigación, seguimiento y ejecución de las leyes.
	<b>Resolución 157 de febrero 12 de 2004</b>	Reglamenta el uso sostenible, la conservación y el manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos relativos a la aplicación de la Convención Ramsar
	<b>Resolución 196 del de febrero de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</b>	Adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
<b>Regional</b>	<b>Acuerdo 322 de 1992</b>	Se definen las áreas de reserva espacial y sus restricciones.
	<b>Acuerdo 02 de 1993</b>	Prohíbe la desecación o rellenos de cuerpos de agua.
	<b>Acuerdo 5 de 1994</b>	La EAAB declara como reservas ambientales naturales los humedales del Distrito Capital.
	<b>Acuerdo 19 de 1996</b>	Se adopta el Estatuto General de la Protección Ambiental del Distrito Capital y se dictan normas básicas necesarias para garantizar la preservación y defensa del patrimonio ecológico, los recursos naturales y el medio ambiente.

	<b>Decreto 1106 de 1996</b>	Realización de la definición de rondas y áreas forestales protectoras.
	<b>Acuerdo 16 de 1998 de la CAR</b>	Se expiden determinantes ambientales para la elaboración de los POT municipales. (Se definen usos del suelo).
	<b>Acuerdo 619 de 2000</b>	Se adopta POT para el Distrito Capital (se definen, identifican y reglamentan los usos de los Parque Ecológicos Distritales; se establecen programas para la recuperación ecológica e hidráulica de los humedales)
	<b>Acuerdo 79 de 2003 Código de policía de Bogotá D.C. Artículos 75 y 76</b>	Establecimiento de las chucuas y humedales y sus zonas de RH y ZMPA como parte del sistema de drenaje natural del Distrito y del espacio público. Para su uso y tratamiento se aplicará lo dispuesto en el P.O.T.
	<b>Decreto 190 de 2004</b>	Se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003 sobre el Plan de Ordenamiento Distrital –POT-.
	<b>Política de Humedales del Distrito Capital</b>	Se formula la visión de la Política de Humedales del Distrito Capital, donde se plantea que la defensa, protección y recuperación de los humedales. Se integra al desarrollo armónico de la ciudad y la región, a

		partir de la construcción de un tejido de relaciones, valores, decisiones, compromisos y acciones entre personas, comunidades e instituciones, desde lo urbano, lo rural y lo regional. Este relacionamiento coherente, coordinado, responsable, equitativo y solidario, promueve una nueva cultura ambiental y un sentido de pertenencia, comprensión integral y pluridimensional respecto a los Humedales.
	<b>Decreto 062 de 2006</b>	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
	<b>Decreto 546 de 2007</b>	Reglamento de las comisiones Intersectoriales del Distrito Capital.
	<b>Decreto 624 del 2007</b>	Por el cual se adopta la visión, objetivos y principios de la Política de Humedales del Distrito Capital.
	<b>Decreto 386 de 2008</b>	Se adoptan las 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

	<b>Decreto 022 de 2011</b>	Creación del Consejo Consultivo de Ambiente
	<b>Decreto 022 de 2011</b>	Modificación los artículos 26, 27 30 y 34 del Decreto Distrital 546 de 2007
	<b>Decreto Distrital 190 de 2004, Artículo 83</b>	Se establece que cada una de las áreas del Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital tendrá con un plan de manejo ambiental, que deberá ser aprobado por la autoridad ambiental competente, el cual contendrá, como mínimo: el alindamiento y amojonamiento, la zonificación ecológica, los aspectos técnicos de las acciones de preservación, restauración y aprovechamiento sostenible, y la definición de los equipamientos necesarios para la implementación de las acciones de preservación, restauración y aprovechamiento sostenible.
	<b>Artículo 86 del Decreto Distrital 190 de 2004</b>	Autorización a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB-, para el desarrollo de estudios y acciones necesarias en pro del mantenimiento, recuperación y conservación de los humedales en sus componentes hidráulico, sanitario, biótico y urbanístico, llevando a cabo el seguimiento técnico de las zonas de ronda, de manejo y preservación ambiental.

<b>Humedales Torca y Guaymaral</b>	<b>Artículo 95 del Decreto Distrital 190 de 2004</b>	Establecimiento de los humedales de Torca y Guaymaral como parte de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital; constitución de un Parque Ecológico Distrital de Humedal, respecto del cual la Secretaría Distrital de Ambiente-SDA y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, comparten su jurisdicción como autoridades ambientales sobre el mismo.
	<b>Resolución Conjunta CAR - SDA 3712 de 2011</b>	Aprobación del Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital humedal de Torca y Guaymaral y se toman otras determinaciones.

**Tabla 2. Marco normativo y de referencia relacionado con los Humedales de Torca y Guaymaral (Fuente: Tomado y ajustado por Conservación Internacional Colombia)**

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Área de estudio:**

Se exponen a continuación las generalidades Bogotá como área geográfica en la que se encuentran los Humedales Torca y Guaymaral, la cual ejerce influencia sobre los mismos y posteriormente, se presentan la caracterización de los Humedales.

#### **9.1.1. Bogotá**

La caracterización biofísica del altiplano cundiboyacense, que recoge aspectos globales de la composición y variación de la estructura vegetal y desarrolla un componente importante

sobre los cambios en las unidades del paisaje, definiendo puntualmente las perturbaciones a causa de las diferentes dinámicas productivas. (IDEADE. 2004)

La ciudad de Bogotá posee una elevación sobre el nivel del mar que oscila de 2510 msnm a 3780 msnm. Cuenta con una extensión de 868 kilómetros cuadrados y un perímetro de 238 kilómetros. A su vez, la capital colombiana, se encuentra localizada en la Sabana de Bogotá, sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental del territorio nacional (IDEAM. 2007). La rodean los cerros orientales entre los que se encuentran Guadalupe y Monserrate, y por el occidente el río Bogotá. Ésta, presenta una delimitación dada por dos unidades fisiográficas, una zona plana localizada hacia el norte que comprende el Altiplano de Bogotá, y una zona montañosa que se inicia al sur del altiplano y se extiende hasta el límite del Distrito (Romero, J. 2010).

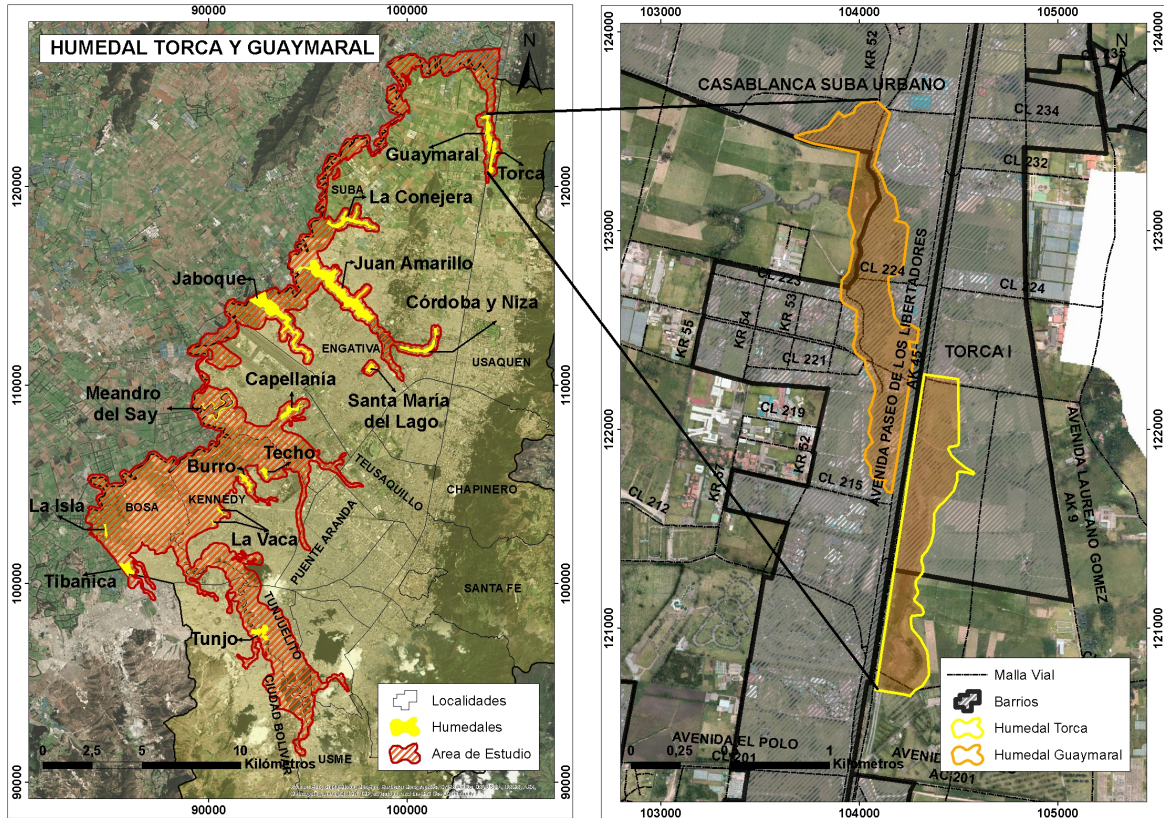
Asimismo, la ciudad de Bogotá se ubica con las siguientes coordenadas geográficas (IDEAM. 2007):

- Límite norte:  $04^{\circ} 50' 30''$  Latitud Norte, en el límite urbano norte de Bogotá.
- Límite sur:  $04^{\circ} 17' 37''$  Latitud Norte, divisoria de aguas, nacimiento del río Tunjuelo, Laguna de los Tunjos.
- Límite oriental:  $74^{\circ} 00'$  Longitud oeste, divisoria de los cerros orientales de la ciudad.
- Límite occidental:  $74^{\circ} 13'$  Longitud oeste, en el sector de la confluencia del río Tunjuelo con el río Bogotá.



2017). El sector Torca se encuentra ubicado en la localidad de Usaquén, vereda de Torca, cerca de la reserva forestal protectora “Bosque Oriental de Bogotá” (PMA Torca y Guaymaral. 2007). El extremo sur ocupa una pequeña porción en el cementerio Jardines de Paz y desde este punto sigue paralelo a la Autopista por el costado derecho en dirección sur-norte hasta alinearse con el Colegio San Viator; presenta un área de 30,27 Ha, con un espejo de agua que ocupa un espacio aproximado de 0.9 Ha (EEAB-ESP. 2012) . A su vez, el sector Guaymaral se ubica en la localidad de Suba, en la vereda Casablanca, y está separado del humedal Torca por la Autopista Norte. Este Humedal, posee un área de 49,66 Ha, con un espejo de agua de 0,6 Ha. (Localización Geográfica y Político-administrativa de los humedales de Torca y Guaymaral).

Los Humedales Torca y Guaymaral se encuentra localizado a 2.550 m de altitud sobre el nivel del mar distribuido en un piso bioclimático altitudinal subandino o andino bajo (Osbahr & Gómez, 2006). Los datos reportados por la estación meteorológica de Guaymaral registran datos multianuales de temperatura del aire en media de 13,1°C; precipitación de 773 mm; humedad de 74%; evaporación de 947 mm; brillo solar de 1.305 horas (tres horas y media al día aproximadamente) y radiación solar de 342 cal/cm<sup>2</sup> (IDEAUN & EAAB-ESP, 2012).



**Imagen 3.** Ubicación del Humedal

El clima de los humedales recibe la influencia de los efectos de la urbanización de las áreas circundantes. El más importante de estos efectos es el aumento de la temperatura del aire, producido principalmente por la disminución de la evaporación del agua lluvia, que en su gran mayoría alcanza la red drenaje de una manera muy rápida a través del alcantarillado (Escourrou, 1991).

Los humedales de Torca y Guaymaral solían conformar una sola unidad ecosistémica. - La fragmentación de esa unidad se da antes del 1956, y las dos partes resultantes de esta disección por el cruce de la Autopista Norte, se reconocen hasta la fecha como los humedales de Torca y Guaymaral. A pesar de que no se han realizado estudios palinológicos específicos para estos humedales, el estudio multitemporal refleja que su origen es natural (Perez, A. 2000).

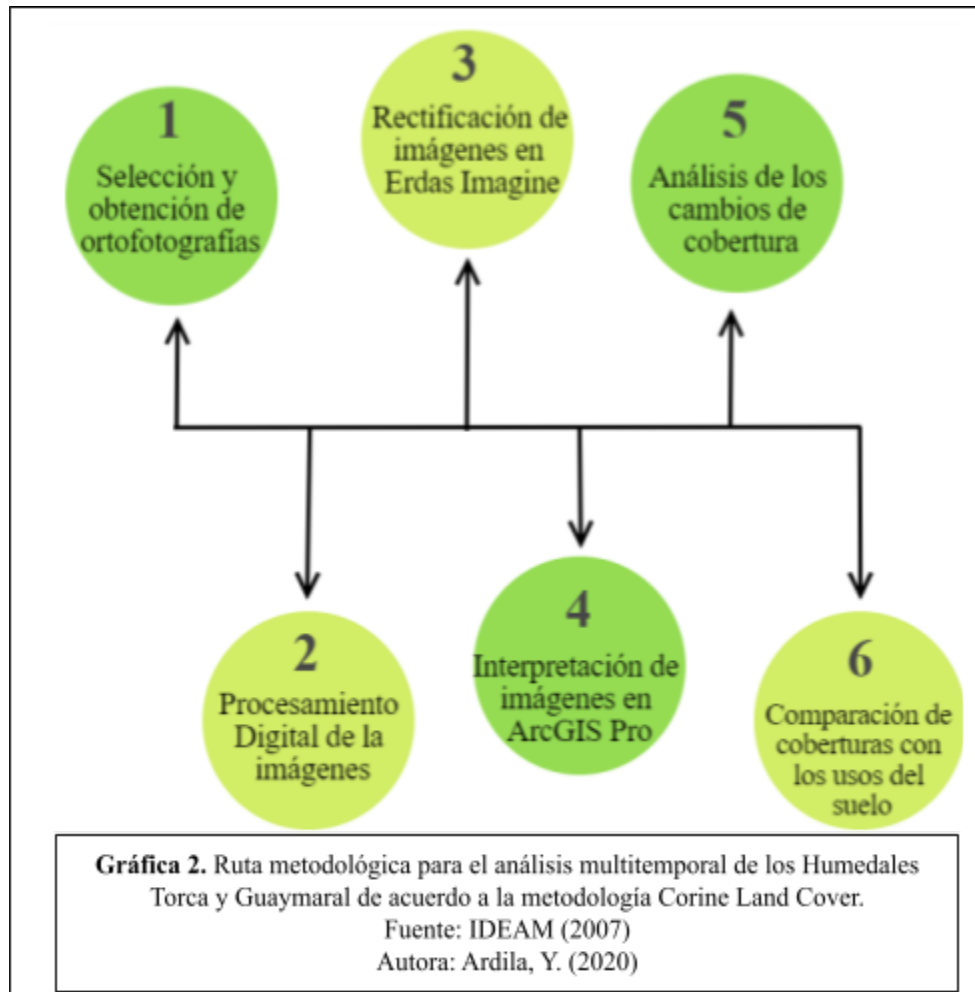
Para esta investigación se evaluaron los cambios del uso en los Humedales Torca y Guaymaral durante un rango de tiempo de 60 años (1960-2020), mediante la realización de un estudio multitemporal, con el fin de realizar un seguimiento de sus coberturas. Para la ejecución de este propósito, se identificaron los 8 tipos de coberturas presentes en el área de estudio, de imágenes obtenidas a través de satélites Landsat. Las ortofotografías fueron corregidas e interpretadas por medio de los programas Erdas Imagine 2020 y ArcGIS Pro.

Para el proceso de identificación y clasificación de las coberturas, se realizó una fotointerpretación visual utilizando criterios como tamaño, tonalidad, forma y apariencia. Esta metodología de interpretación visual claramente se puede utilizar en casos donde existe heterogeneidad de características espectrales entre las clases de Corine Land Cover (Feranec *et al.* 2007). Además, existen diversos estudios que sustentan dicha metodología, afirmando que la fotointerpretación convencional puede determinar casi el doble de las clases útiles que una clasificación supervisada a menos coste y con una fiabilidad del 90% frente a un 75% (Direction General Environnement. 1987).

Para obtener una descripción más allá de los límites actuales de los humedales, fue esencial el reconocimiento de las modificaciones a escala local del sistema. Con base en esto, y en los cambios históricos referidos por diferentes autores (Ardila, G. 2003a, 2003b, EAAB-ESP. 2009), se interpretaron las perturbaciones sobre el Humedal. Éstas, fueron obtenidas de la Dirección de Información Técnica y Geográfica de la EAAB-ESP.

## **9.2. Método**

Para esta investigación se establecieron 6 fases metodológicas (Figura 2) basadas en la Metodología Corine Land Cover, que permitirán obtener la determinación de los cambios de uso del suelo de los Humedales Torca y Guaymaral, a partir del estudio de sus coberturas. Para el desarrollo del análisis, la escala de trabajo fue de 1:15.000, y se usaron las bandas (5, 4, 3) que son las que permiten identificar de manera más adecuada las coberturas de suelo de Corine Land-Cover seleccionadas. A las imágenes obtenidas se les realizó el proceso de ortorrectificación bajo este sistema de referencia en una estación fotogramétrica.



### 9.2.1. Selección y Obtención de Ortofotografías

Los Landsat son satélites que han sido construidos y puestos en órbita por EE.UU, con el objetivo de permitir la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Éstos, se encuentran orbitando alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que estos cruzan el Ecuador de Norte a Sur lo hacen entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local. Los Landsat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multispectral (IDEAM. 2007). Existen 8 satélites que han sido lanzados en épocas diferentes y

que, por ende, poseen características de resolución, área de cobertura y recepción de imágenes diferentes (Tabla 3).

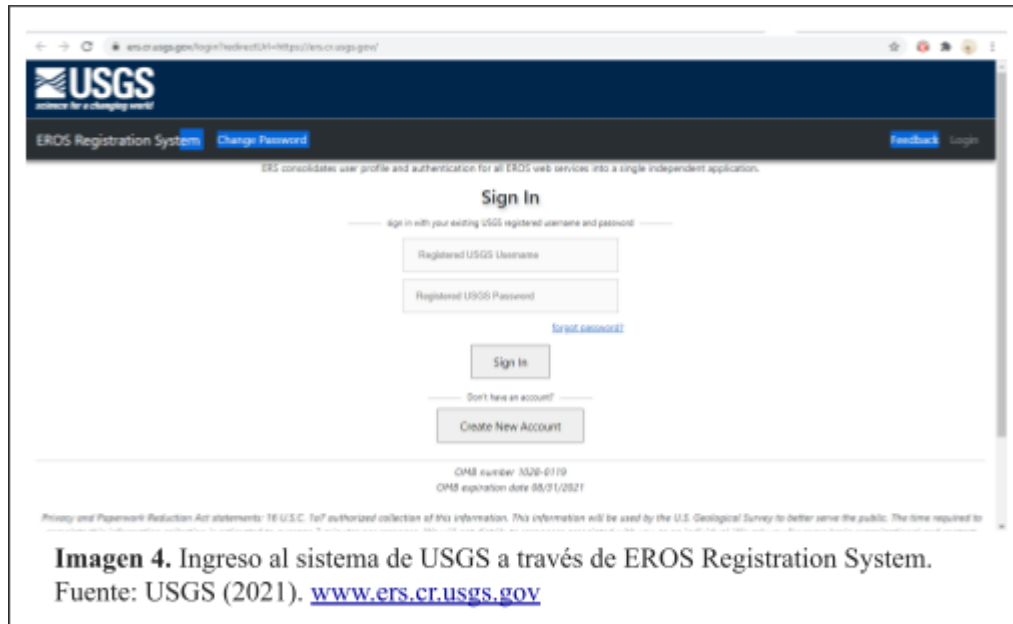
**Cuadro comparativo de Landsat**

Plataforma Sensor	Resolución Espectral (λ)	Resolución Espacial (m)	Resolución Temporal (Días)	Resolución Radiométrica (Bits)	Área de Cobertura (km.)
Landsat-5 TM Thematic Mapper	B1: 0.45-0.52 (visible-azul)	30	16	8	185 x 170
	B2: 0.52-0.60 (visible-verde)	30			
	B3: 0.63-0.69 (visible-rojo)	30			
	B4: 0.76-0.90 (R cercano)	30			
	B5: 1.55-1.75 (R medio)	30			
	B6: 10.4-12.5 (R térmico)	120			
	B7: 2.08-2.35 (R medio)	30			
Landsat-7 ETM Spectral Bands	B1: 0.45-0.52 (visible-azul)	30	16	8	185
	B2: 0.52-0.60 (visible-verde)	30			
	B3: 0.63-0.69 (visible-rojo)	30			
	B4: 0.77-0.90 (R cercano)	30			
	B5: 1.55-1.75 (R medio)	30			
	B6: 10.40-12.5 (R térmico)	60			
	B7: 2.09-2.35 (R medio)	30			
	B8: 0.52-0.90 (Pancromática)	15			
Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	B8: 0.52-0.90 (Pancromática)	15	16	16	183 X 170
	B2: 0.450-0.515 (visible-azul)	30			
	B3: 0.525-0.600 (visible-verde)	30			
	B4: 0.630-0.680 (visible-rojo)	30			
	B5: 0.845-0.885 (R cercano)	30			
	B6: 1.560-1.660 (SWIR 1)	30			
	B7: 1.560-1.660 (SWIR 2)	30			
	B8: 0.500-0.680 (Pancromática)	15			
	B9: 1.360-1.390 (Cirrus)	30			
	B10: 10.30-11.30 infrarrojo térmico (TIRS) 1	100			
	B11: 11.50-12.50 infrarrojo térmico (TIRS) 2	100			

Tabla 3. Cuadro comparativo de los 3 últimos satélites Landsat lanzados al espacio.  
Fuente IDEAM (2007)

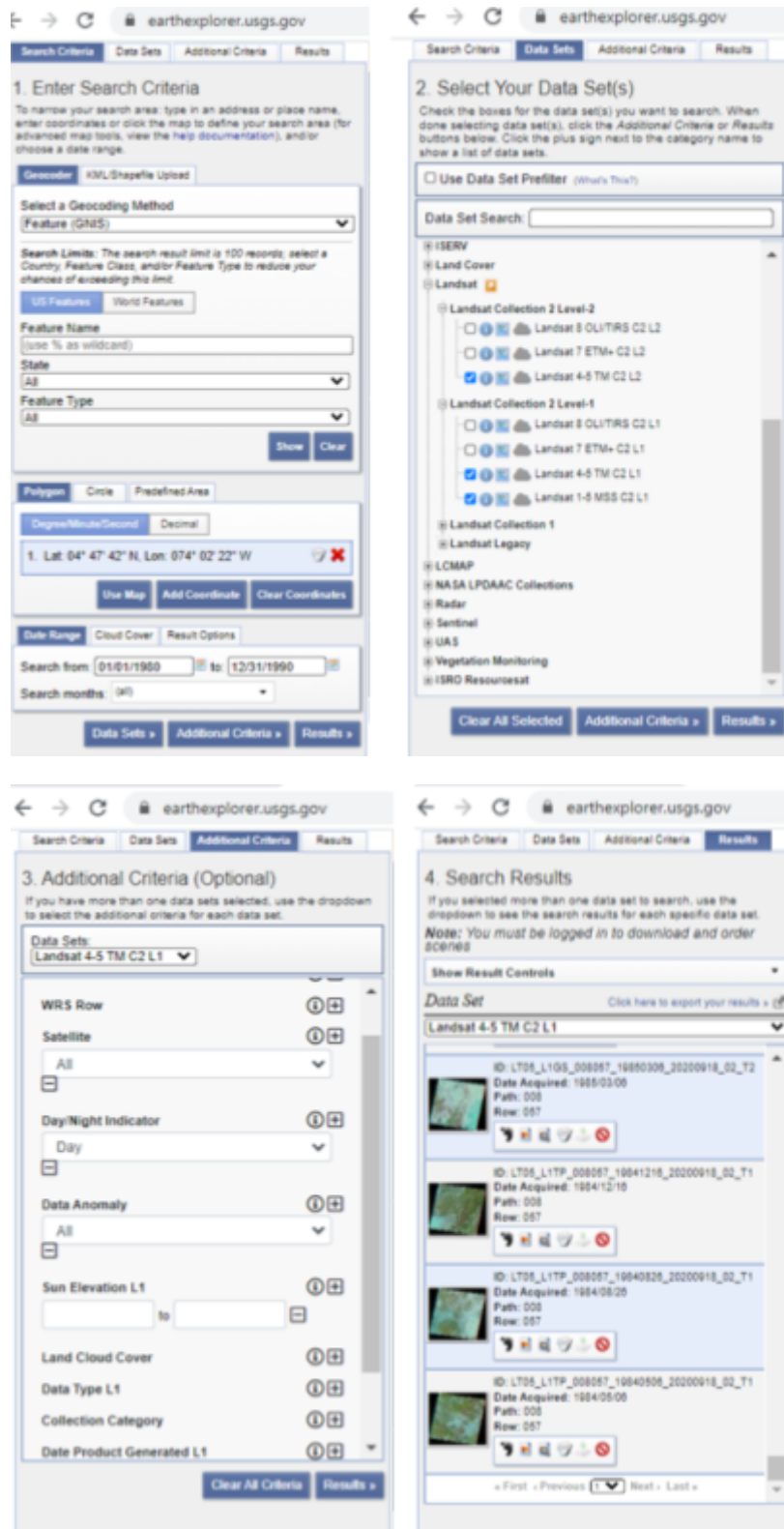
Para la Selección y obtención de las imágenes Landsat, se realizó el proceso de descarga de cada una de las imágenes en la página USGS <https://ers.cr.usgs.gov/>, dado de la siguiente forma:

- I. Inicialmente, se creó una cuenta en el sitio oficial, en la sección EROS Registration System (Imagen 4)



**Imagen 4.** Ingreso al sistema de USGS a través de EROS Registration System.  
Fuente: USGS (2021). [www.ers.cr.usgs.gov](http://www.ers.cr.usgs.gov)

- II. Se realizó la consulta, selección y descarga de imágenes a través de una data set de Earth Explorer de la USGS, donde, una vez seleccionadas las coordenadas de ubicación y establecidas las fechas de la zona de estudio (Humedales de Torca y Guaymaral), se fijaron los parámetros de imagen. Es así como se filtró el contenido descargable de imágenes que se encuentran relacionados con criterios de nubosidad, distribución, resolución de imagen y posición satelital, para la selección de imágenes que permitan visualizar completamente los dos Humedales.



**Imagen 5.** Proceso de selección de parámetros para filtración de imágenes satelitales.

Fuente: USGS (2021). [www.ers.cr.usgs.gov](http://www.ers.cr.usgs.gov)

### **9.2.2. Rectificación de imágenes a través de ERDAS IMAGINE**

Dentro del marco metodológico, a este ítem se le ha denominado como el análisis de componentes principales, implementado con el objetivo de mejorar visualmente el despliegue de imágenes, representando la mayor cantidad de información espectral posible (varianza) de todas las bandas.

A partir de esto, se llevó a cabo el mejoramiento y realces visual, para así facilitar la interpretación visual, mediante la implementación de la aplicación ERDAS IMAGINE 2020. Para esto, se aplicaron un conjunto de operaciones que realzan, resaltan y/o suprimen tanto la expansión de los niveles de gris como el filtrado espacial para la detección de bordes. Inicialmente, se ajustó el tamaño, contraste y composición de color propias de la imagen. Posteriormente, se aplicaron filtros espaciales, índices de vegetación y análisis de componentes principales mediante la combinación de las tres bandas disponibles, que permitieron la identificación características particulares del área de estudio (Humedales de Torca y Guaymaral).

### **9.2.3. Interpretación de coberturas del suelo en ArcGIS Pro**

- I. Para la elaboración del mapa de cobertura y uso del suelo de los Humedales Torca y Guaymaral mediante clasificación digital, se utilizó la aplicación ArcGIS Pro, a partir de la cual se desarrolló el proceso de conversión de una imagen continua a otra categorizada temáticamente, a partir de agrupación de los niveles digitales espectralmente similares (Imagen 6). Para georreferenciar imagen y para la creación de capas vectoriales, se agregaron las coordenadas en la sección de georreferencia y se combinaron las bandas obteniendo el color real que permitió la contrastación del punto de referencia (Imagen 7).



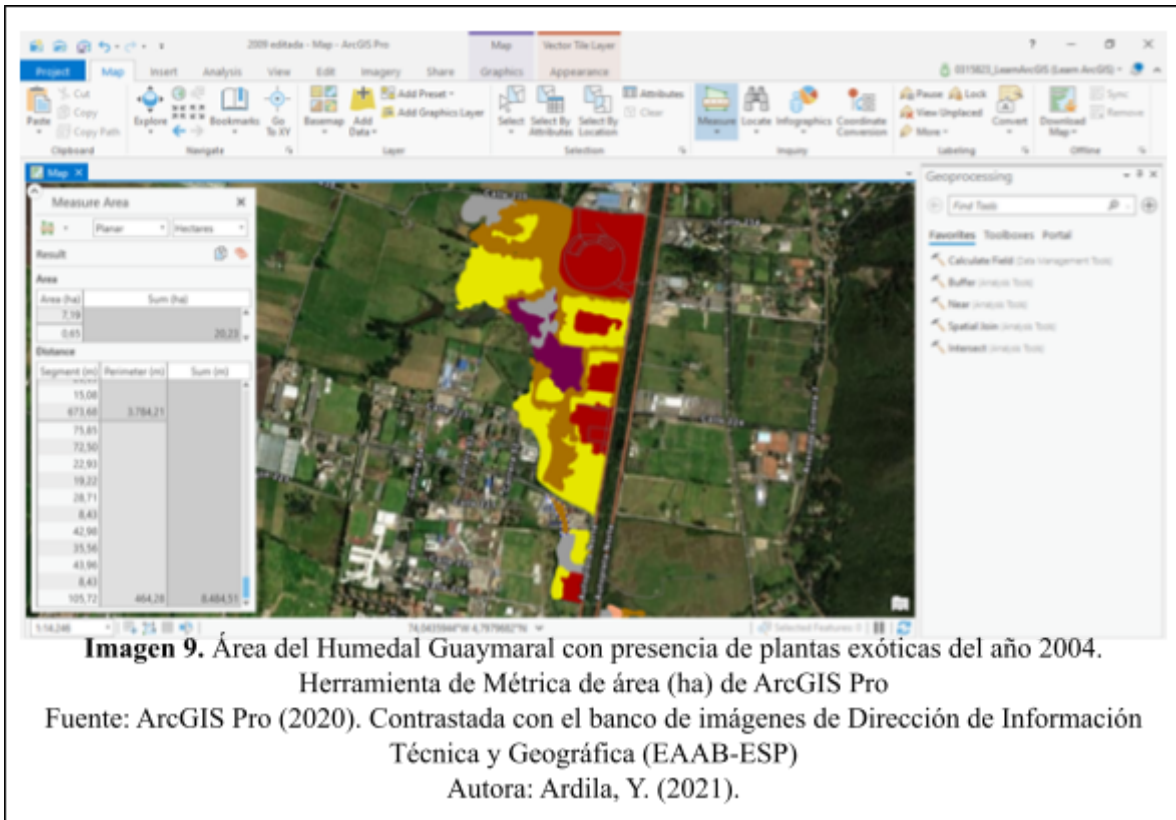
II. Con las capas vectoriales que representan las coberturas ya dispuestas, se seleccionó el terreno a identificar, observando características propias de determinadas coberturas (Imagen 8). Dentro de su clasificación se establecieron así las siguientes 8 coberturas:

- Vegetación herbácea drenada (mayormente gramíneas y arbustales)
- Vegetación herbácea inundada (Juncales y praderas)
- Vegetación herbácea drenada e inundada
- Plantas exóticas o invasoras

- Pastizales (en su mayoría Kikuyo)
- Pastizales exóticos
- Construcciones
- Cultivos



III. Establecimiento de los cambios de las coberturas de los Humedales de Torca y Guaymaral a través de la medición de parches para la identificación de su área de influencia, así como la presencia y/o ausencia de algunos vectores, e implementación de herramientas de geoprocésamiento y cálculo de geometrías que, en este caso, se utilizaron para la medición de algunas área en específico dentro de los Humedales con simbología de polígonos. Se midieron cada uno de los 8 los tipos de cobertura presentes en cada imagen de los años seleccionados así como su presencia y/o ausencia en el determinado periodo de tiempo.



#### 9.2.4. Análisis de los cambios de cobertura

La compilación y análisis de cambios de cobertura en los Humedales Torca y Guaymaral se realizaron a través de tablas que contienen la totalidad del área estudiada, así como las proporciones de los tipos de cobertura y su variación a través del tiempo. Además, se evidenciaron gráficamente el comportamiento de las coberturas de los Humedales, con base en los cambios de uso del suelo.

## 10. RESULTADOS

Se seleccionaron 7 ortofotografías pertenecientes a los años 1956, 1977, 1997, 2004, 2009 y 2020 teniendo en cuenta criterios de nubosidad, distribución, resolución de imagen y visibilidad, con el fin de tener la posibilidad de identificar y analizar la totalidad del área de estudio. Se eligieron las fechas de 2004, 2009 y 2020 con el fin de contrastar los cambios de cobertura de los Humedales y su relación con el Artículo 95 del Decreto Distrital 190 de 2004, donde se establecen los humedales de Torca y Guaymaral como parte de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital y principalmente como área protegida.

A las imágenes ya seleccionadas en la USGS y del banco de la Dirección de Información Técnica y Geográfica, EAAB-ESP, se les realizó el proceso de ortorectificación en la aplicación Erdas Imagine 2020, de tal forma que fuera identificables las coberturas.

### 10.1. Interpretación de coberturas

Inicialmente, se observó una reducción constante en la extensión del área de estudio (Tabla 4). Por una parte, el Humedal Torca presentó una disminución del 56,89% de su área total desde el año 1956 hasta el año 2020. En cuanto al Humedal de Guaymaral, se evidenció una reducción progresiva del 41,81% del área total del año 1956 al 2020. Estas dimensiones del área del Humedal se pudieron establecer a partir de análisis métrico paisajístico en ArcGIS Pro.

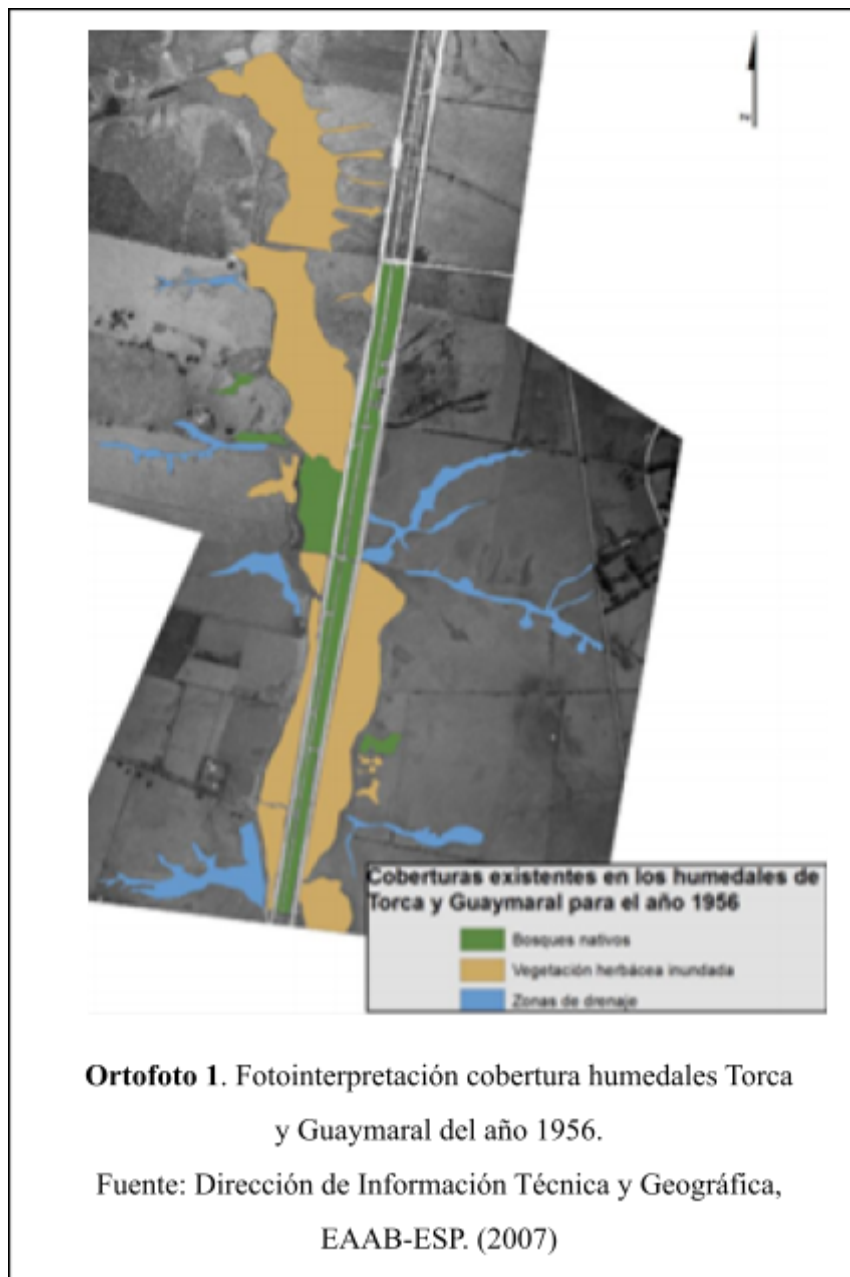
Variación de Área total del Humedal Torca						
Año	1956	1977	1997	2004	2009	2020
Area (Ha)	68,03	52,32	44,73	30,05	29,89	29,33

Variación de Área total del Humedal Guaymaral						
Año	1956	1977	1997	2004	2009	2020
Area (Ha)	167,45	128,91	86,58	69,06	73,93	97,44

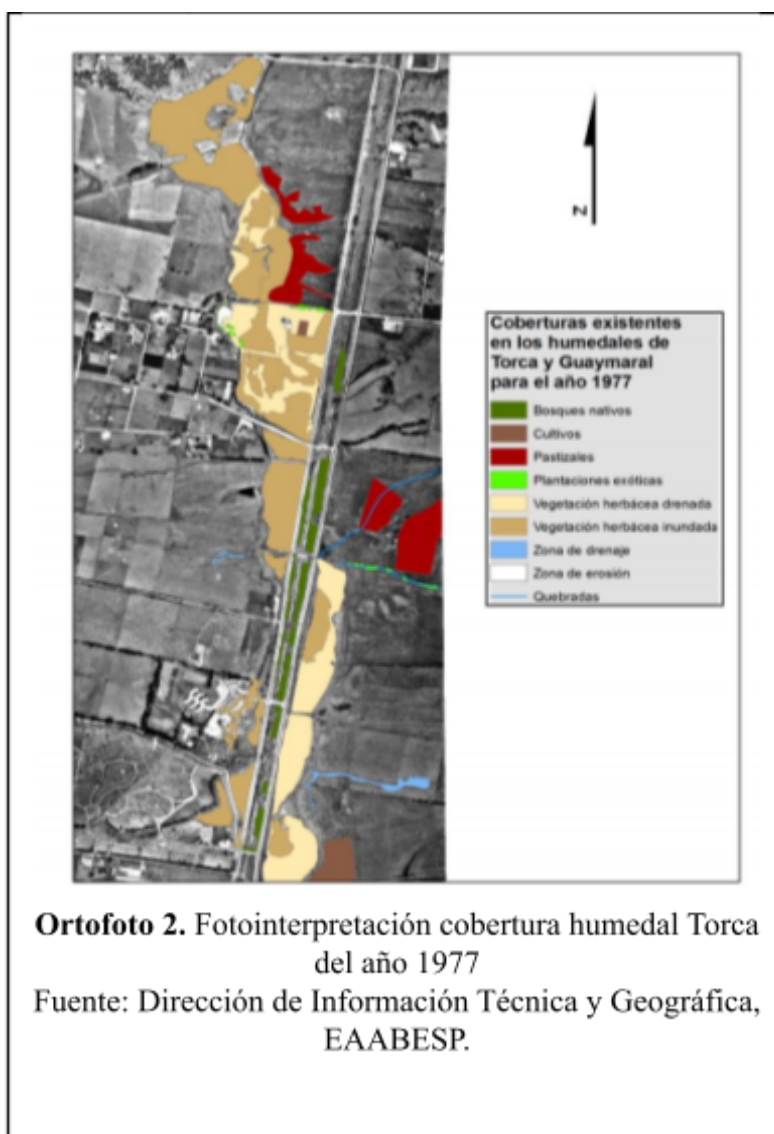
**Tabla 4.** Variación del área total de los Humedales Torca y Guaymaral.  
Fuente: Medición en ArcGIS Pro (2020).  
Autora: Ardila, Y. (2020)

Para 1956, la fragmentación del ecosistema de humedal ya era una realidad, a causa del cruce de la autopista norte. Sin embargo, se pudo establecer que el principal uso del suelo era rural, por las dinámicas de la época y por lo observado mediante las unidades de paisaje y la técnica de interpretación visual (Ortofoto 1). Fue posible identificar la parcelación de las áreas de ambos fragmentos de humedal, por cercas vivas y las zanjas (Ortofoto 1).



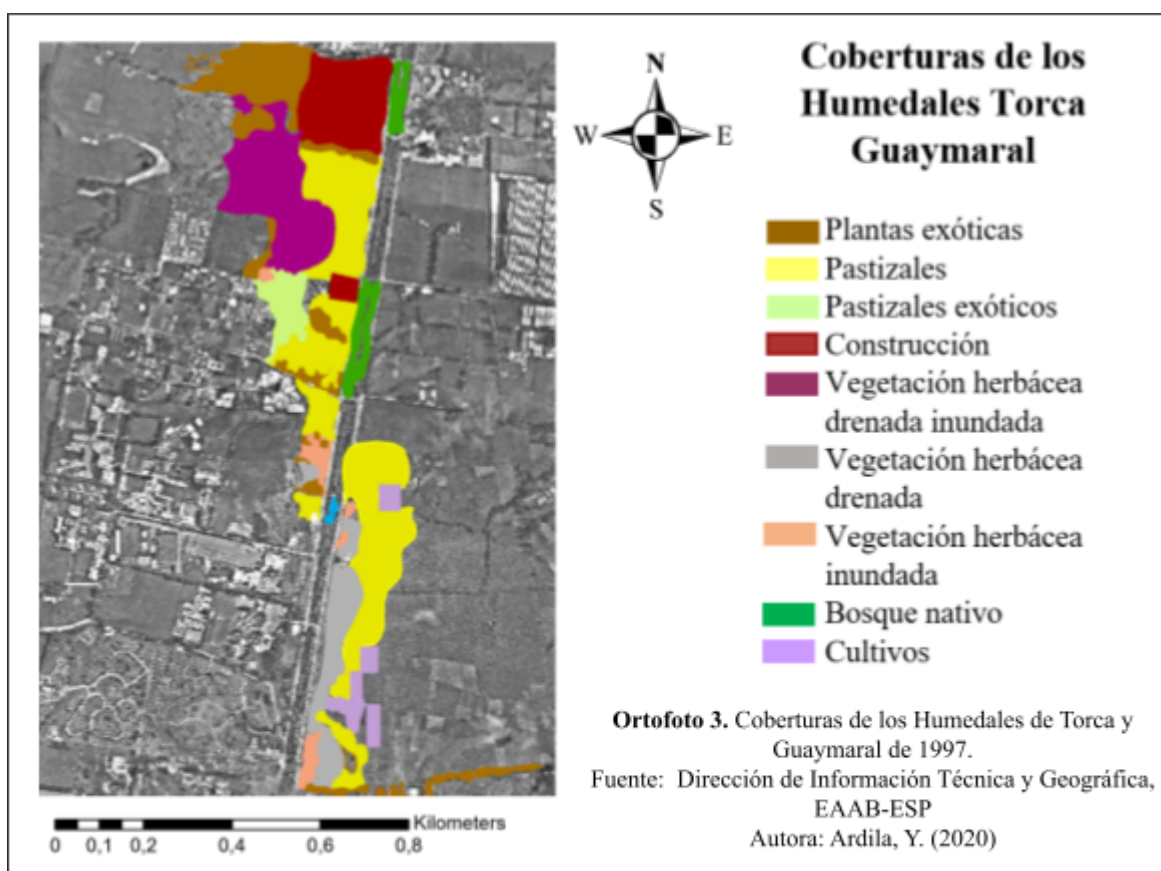
En cuanto al período 1956-1977, se visualizó una acentuación de la fragmentación del paisaje, por el crecimiento y consolidación de la dinámica urbana, el ensanchamiento de la

autopista y la secamiento de las áreas encharcables en las áreas periféricas en los límites de los Humedales (Ortofoto 2). Se divisó además la presencia de remanentes de escorrentía para el Humedal de Torca principalmente, donde, por el borde que limita este Humedal con la autopista norte se observó que, para el año 1977, dos coberturas que eran muy superficiales en el año 1956, se convierten en grandes fragmentos de vegetación herbácea inundada y bosques nativos. En el humedal de Guaymaral se identificaron parches de áreas drenadas por su perímetro, con el paso de la vegetación herbácea inundada a vegetación herbácea muy drenada y seca (Ortofoto 2).



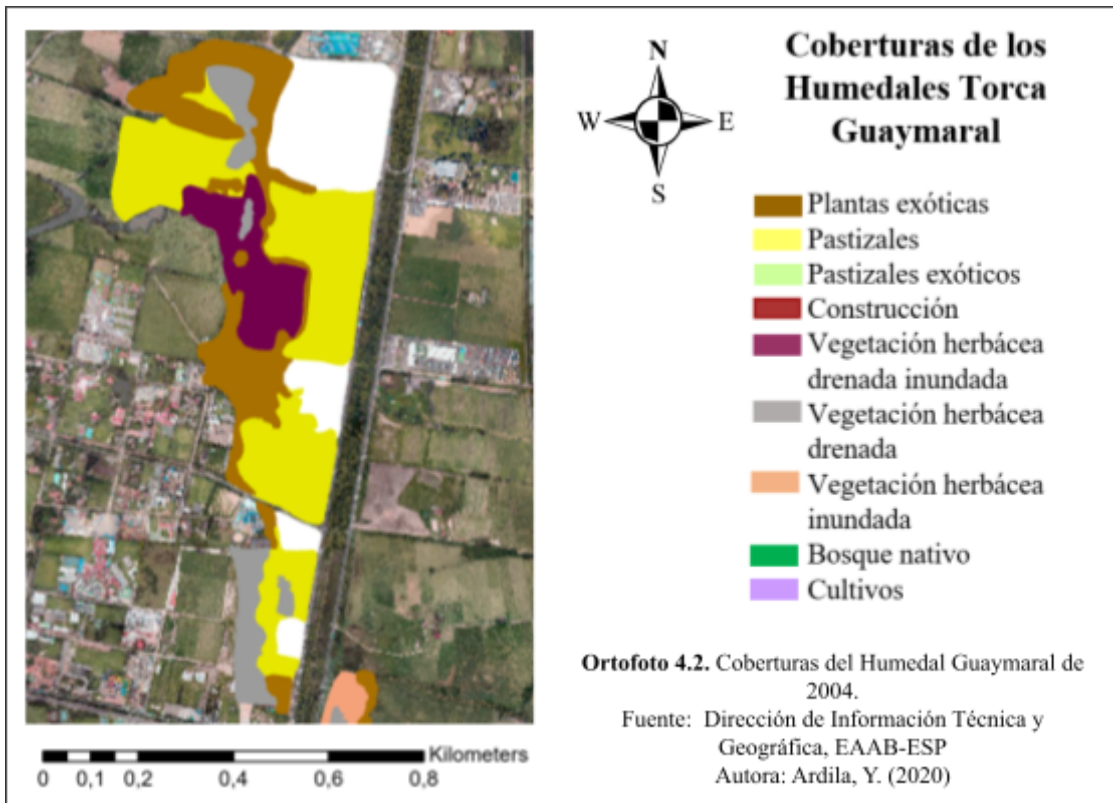
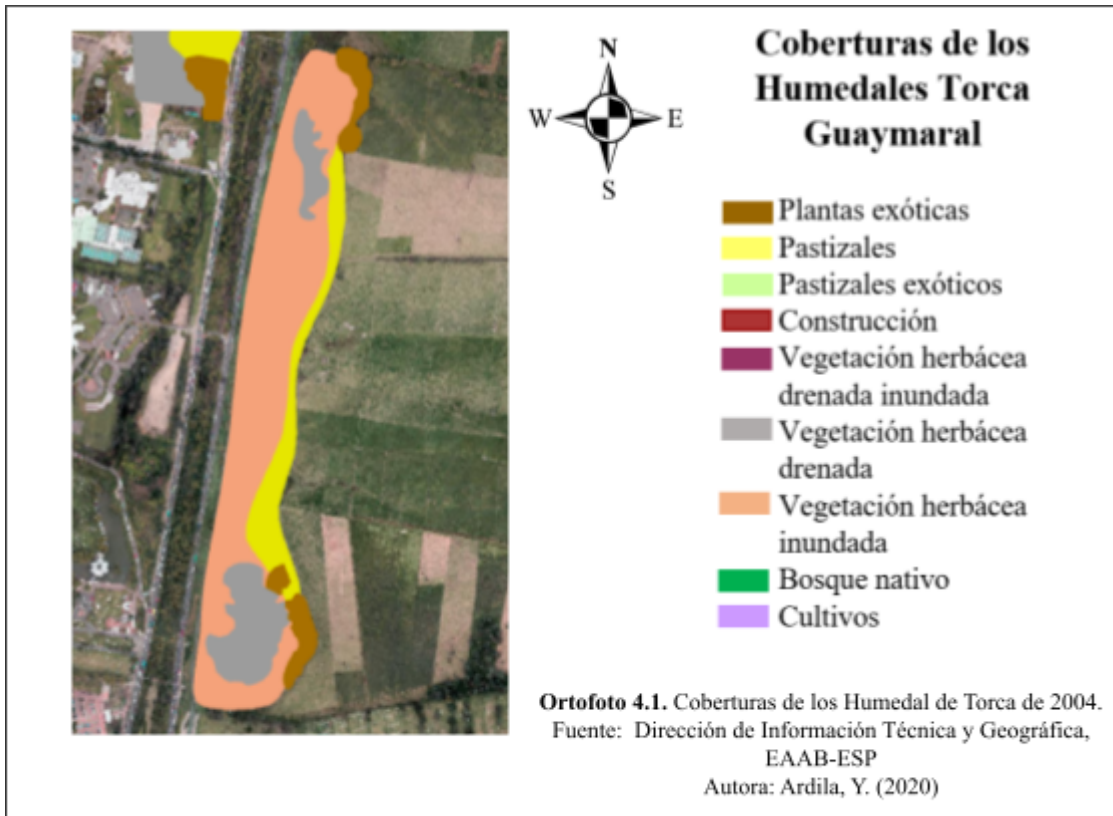
Entre el lapso 1977 a 1997, el humedal de Torca mostró un encogimiento significativo de las zonas cubiertas por praderas y los fragmentos remanentes se observaron

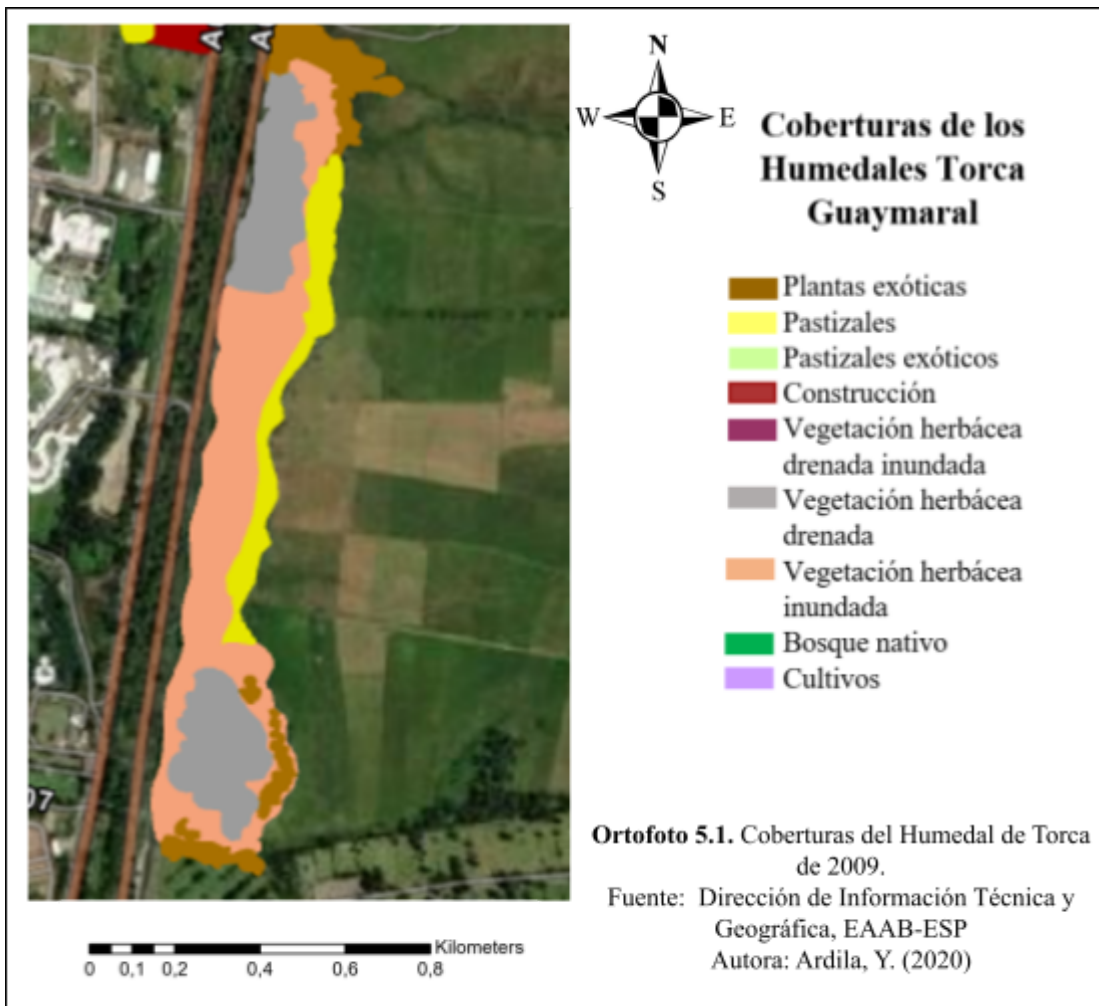
considerablemente drenados. Se identificó la persistencia de las zonas de escorrentías naturales, posiblemente corredores de ronda de pequeñas quebradas que drenaban hacia el Humedal. (Ortofoto 3). En cuanto al Humedal de Guaymaral, se vislumbró la conformación de las plantas exóticas, y se observó la acentuación de las áreas más secas (vegetación herbácea drenada), articulando los parches erosionados y con susceptibilidad a la presencia de áreas del humedal rellenas con escombros. Se notó un aumento de la presión urbana por construcción de viviendas y edificaciones privadas en el borde occidental del Humedal. En cuanto al costado sur se presentó una reducción de la vegetación herbácea inundada y se dió una colonización de pastizales (Ortofoto 3) con predominancia del pasto kikuyo, según las evidencias de cobertura en esta zona.

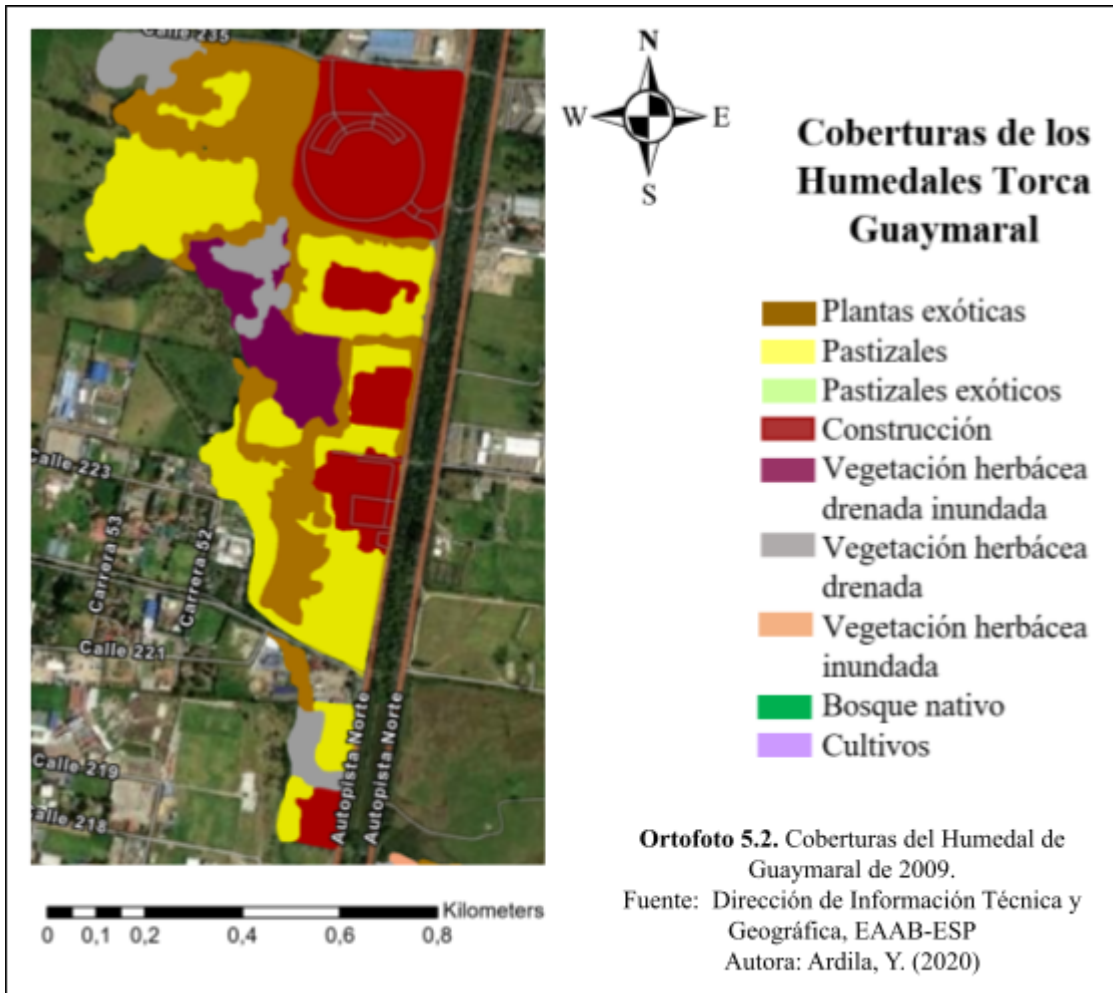


Dentro del periodo 2009-2020 se evidenció que los pastizales fueron la cobertura con mayor proporción de área. Lo observado en el Humedal de Torca mostró que la vegetación herbácea drenada fue colonizada en gran parte por pastizales de pasto kikuyo. Los fragmentos de vegetación herbácea inundada se encontraron muy limitados

conservándose dos parches aislados, uno hacia la mitad del humedal en sentido norte y el otro hacia el costado sur (ortofoto 4.1. y ortofoto 5.1.). Las áreas de drenaje natural son muy superficiales. A su vez, de los cuerpos de agua que alimentaban el humedal, únicamente quedan vallados con árboles dispersos de *Sambucus peruviana* (Sauco). En el humedal de Guaymaral se densificaron y expandieron las plantas exóticas y va desapareciendo el rastro de bosques nativos. Por su parte, las praderas inundadas presentaron una fragmentación, debido a la expansión de pastizales (ortofoto 4.2. y 5.2.). En el 2009, se evidenció una conservación de franja ancha de vegetación herbácea inundada (juncales) y se reparten con algunos parches. Además, se observó la desaparición casi total del espejo de agua y las praderas se encontraban en un proceso prematuro de sequía por escorrentía hacia el canal de Guaymaral (ortofoto 5.2.).







Dentro del periodo 2009-2020 se observó que los pastizales, plantas exóticas y construcciones, fueron la cobertura con mayor proporción de área. Lo evidenciado en el Humedal de Torca mostró que la vegetación herbácea drenada fue colonizada en gran parte por pastizales de pasto kikuyo. Por su parte, los parches de vegetación herbácea inundada sufrieron una desecación de buena parte de su cobertura, pasando a ser zona drenada, uno hacia la mitad del humedal en sentido norte y el otro hacia el costado sur (ortofoto 6.1). Se visualizó crecimiento de plantaciones exóticas en el costado norte del Humedal. En cuanto al humedal de Guaymaral, se observó una expansión mayor de plantas exóticas. Por su parte, las praderas inundadas presentaron drenamiento y desecación, si visible presencia actual en la zona (ortofoto 6.2.). En el 2020, se evidenció un incremento de zonas construidas y suelos drenados probablemente por afectación antrópica y en el caso del drenaje, por procesos de escorrentía (ortofoto 6.2.)

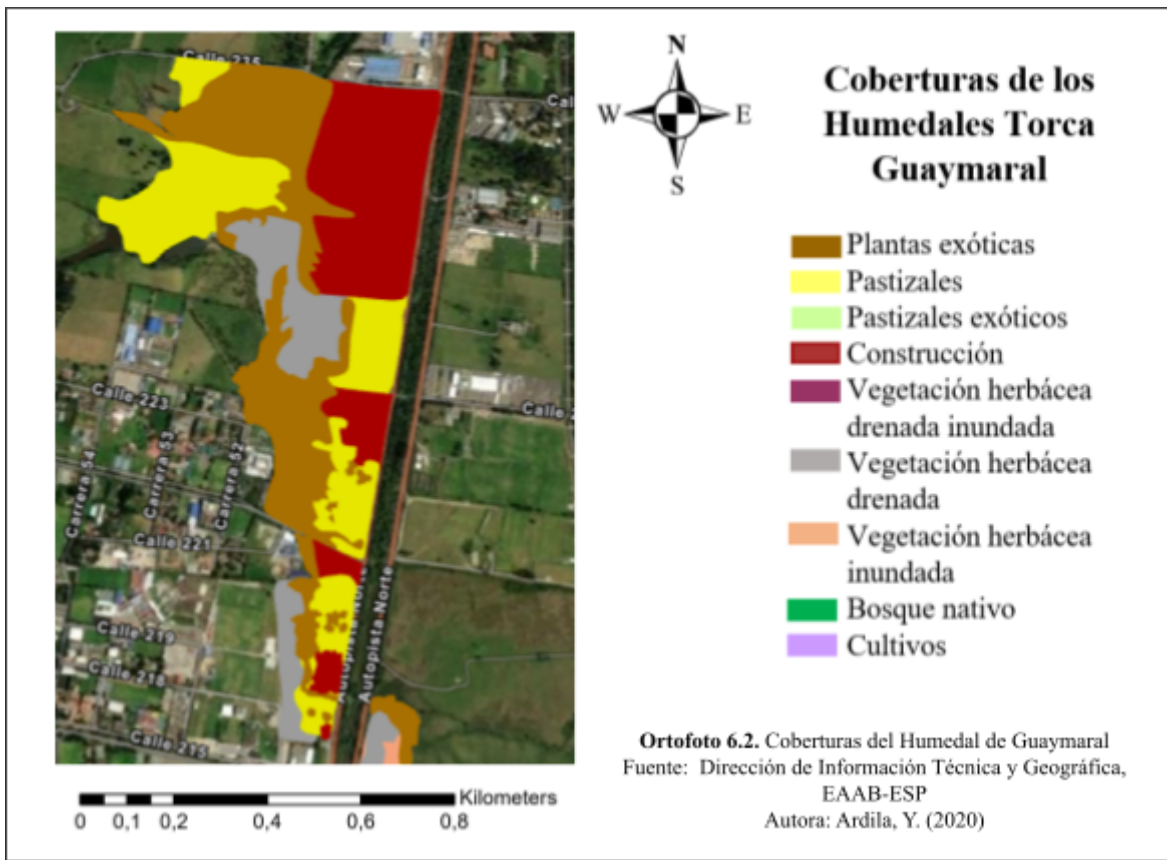


### Coberturas de los Humedales Torca Guaymaral

- Plantas exóticas
- Pastizales
- Pastizales exóticos
- Construcción
- Vegetación herbácea drenada inundada
- Vegetación herbácea drenada
- Vegetación herbácea inundada
- Bosque nativo
- Cultivos

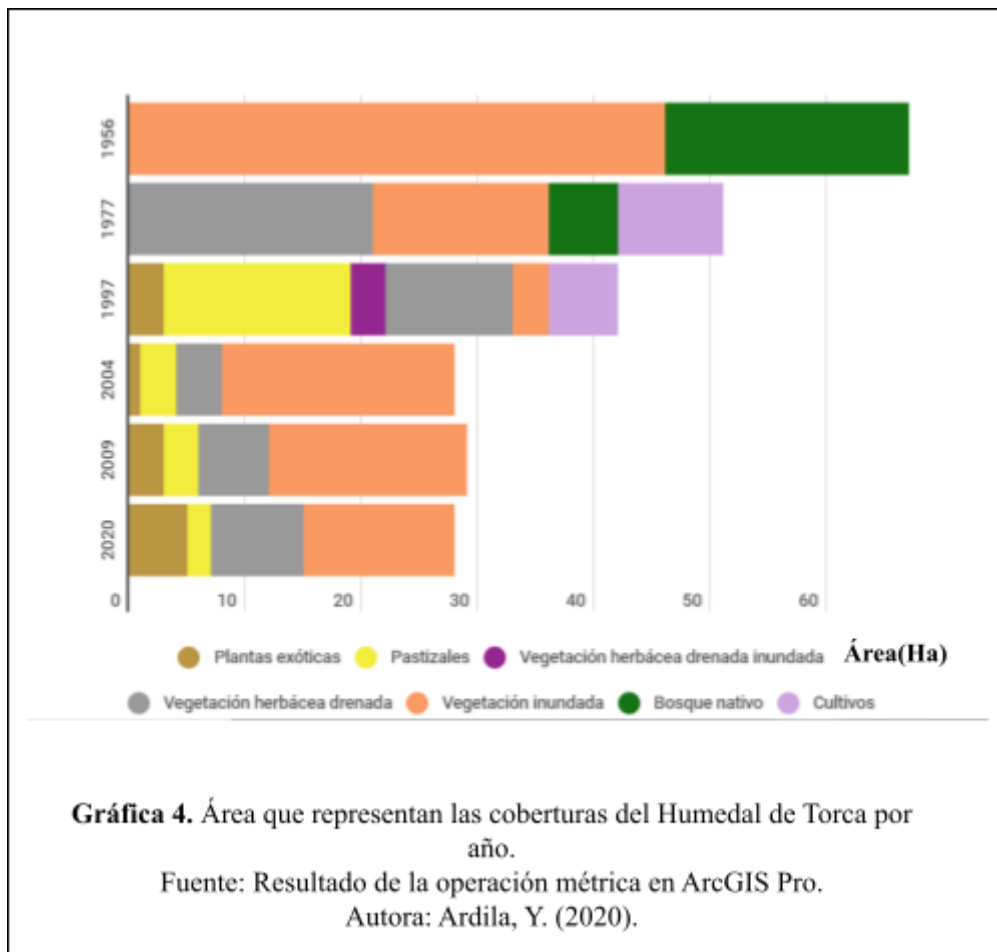
0 0,1 0,2 0,4 0,6 0,8 Kilometers

**Ortofoto 6.1.** Coberturas del Humedal de Torca de 2020.  
 Fuente: Dirección de Información Técnica y Geográfica, EAAB-ESP  
 Autora: Ardila, Y. (2020)



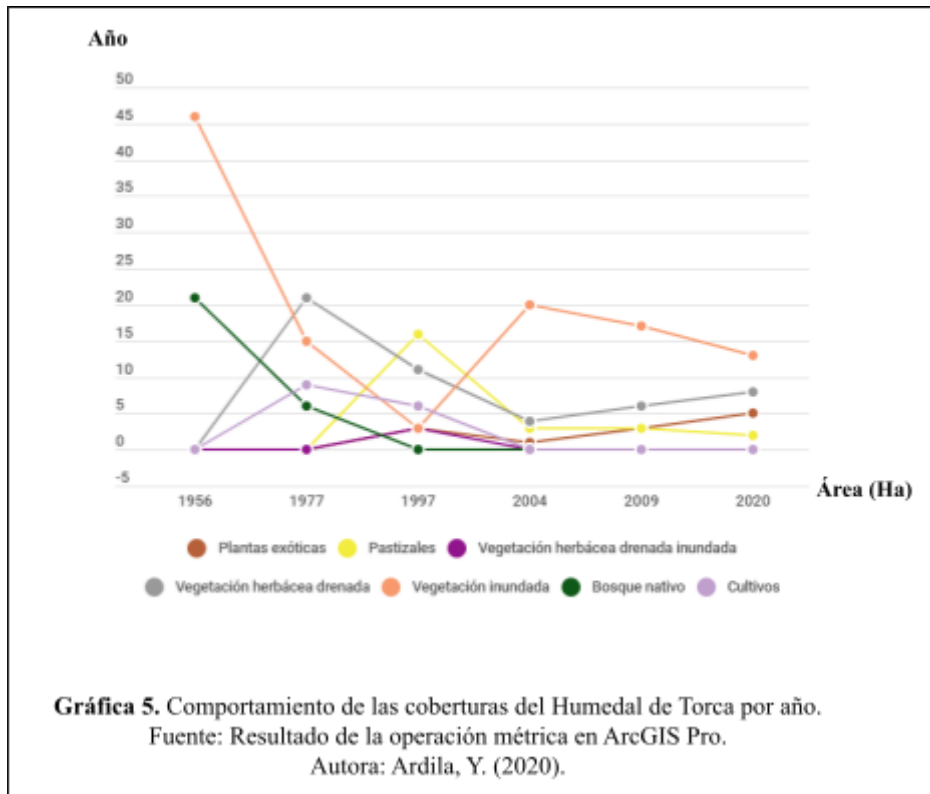
## 10.2. Análisis de cambios de cobertura

Para el desarrollo de este apartado, se tuvieron en cuenta los datos obtenidos del proceso de fotointerpretación que se implementó a través la aplicación ArcGIS Pro, más específicamente en la utilización de la herramienta de medición de mapas, y su ajuste a selección polinómica en medida dada en hectáreas (Gráfica 4). Las gráficas fueron elaboradas a través de la aplicación Infogram, la cual arrojó tasas porcentuales individuales de cada una de las 8 coberturas de los Humedales de los años analizados.



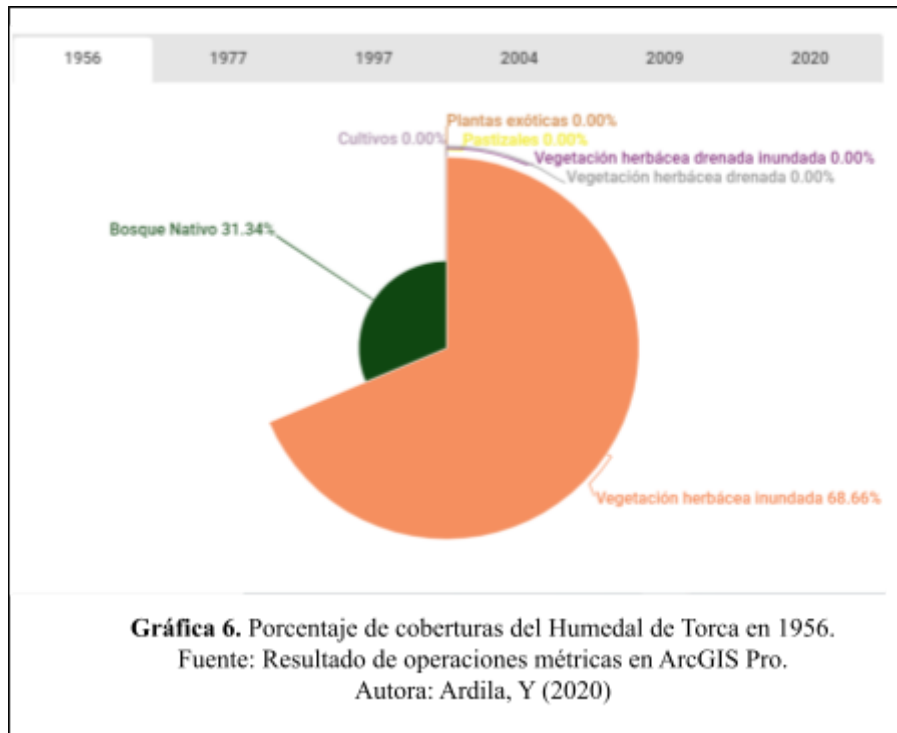
### 10.2.1. Transformación de coberturas del Humedal Torca entre 1956 y 2020

En este apartado se desarrolla el proceso de transformación del Humedal Guaymaral de acuerdo al cambio de las coberturas y el valor porcentual que reflejaron cada una de ellas en los años estudiados (gráfica 5). A continuación, se desarrolla un análisis de los años estudiados para establecer la variación del valor porcentual de las coberturas establecidas.



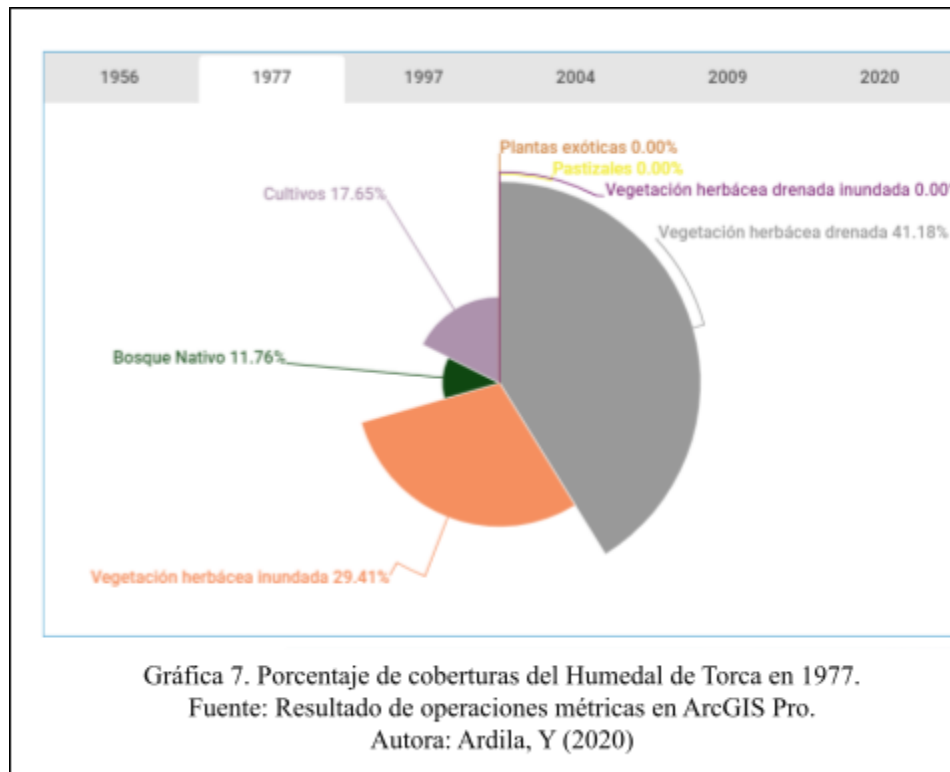
## - 1956

Se observó la presencia de bosque nativo y vegetación herbácea como coberturas predominantes, presentando un porcentaje de 31,34% y 68,66%, que conservaron características naturales propias de este ecosistema (Gráfica 6). No se identificaron tipos de cobertura con incidencia o procesos naturales de degradación de influencia significativa .



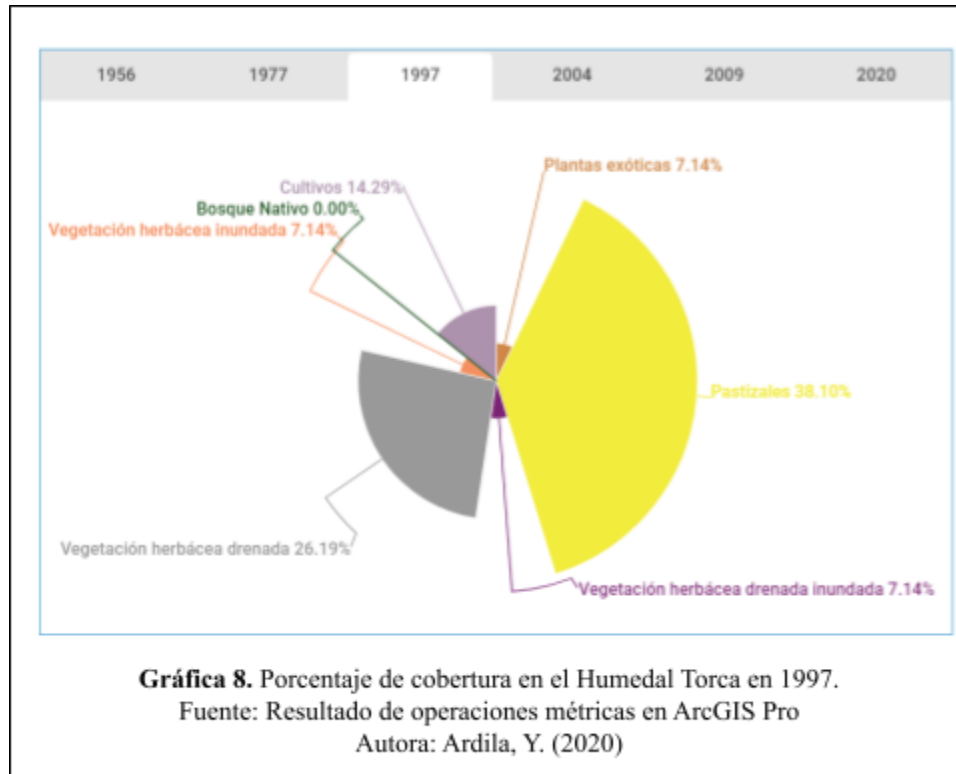
## 1977

Se evidencia la presencia de 2 nuevas coberturas, vegetación herbácea drenada con un 41,18% y cultivos con un 17,65%. A su vez, la cobertura de bosque nativo tiene una disminución de área de 19,58% del área total de estudio, frente al valor porcentual de la fecha anterior ocupado mayormente en cultivos (Ortofoto 2), siendo éste el 11,76% del área total del Humedal. Por su parte, la cobertura de vegetación herbácea inundada presentó un ocupación del área del Humedal Torca de 29,41% observándose una reducción de área de 39,25% respecto al año anterior, donde posiblemente se presentó un drenaje, mediante un proceso natural o incidido por un agente externo (Figura 7).



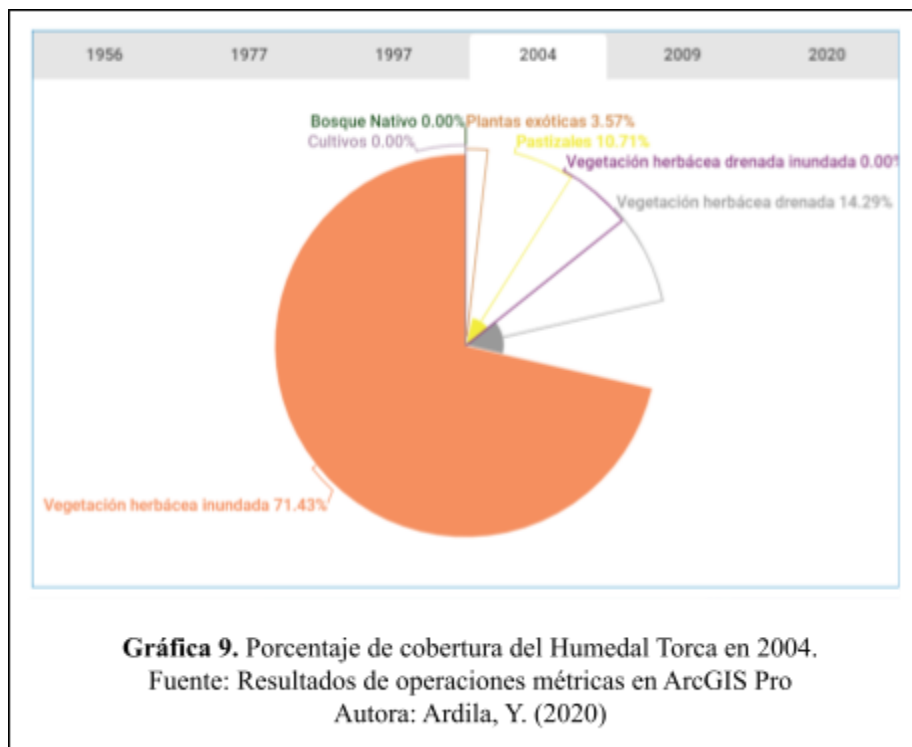
- 1997

Se presentó una disminución de 14,99% en la vegetación herbácea drenada, siendo su porcentaje para esta fecha de 26,19%. Por su parte, se observó la aparición de vegetación herbácea inundada evidenciándose parches inundables y zonas secas, la cual tuvo un valor porcentual de 7,14%. Un aspecto importante dentro de esta fecha fue la desaparición de cobertura de bosque nativo, el cual pasó a ser área privada o se reemplazó por plantas exóticas que presentan el 7,14% del área del Humedal Torca (gráfica 8). Además, los resultados evidencian la gran proporción de pastizales que representan el 38,10% del área del Humedal, que en su época se encontraba orientado a la ganadería principalmente (EEI. 1998).



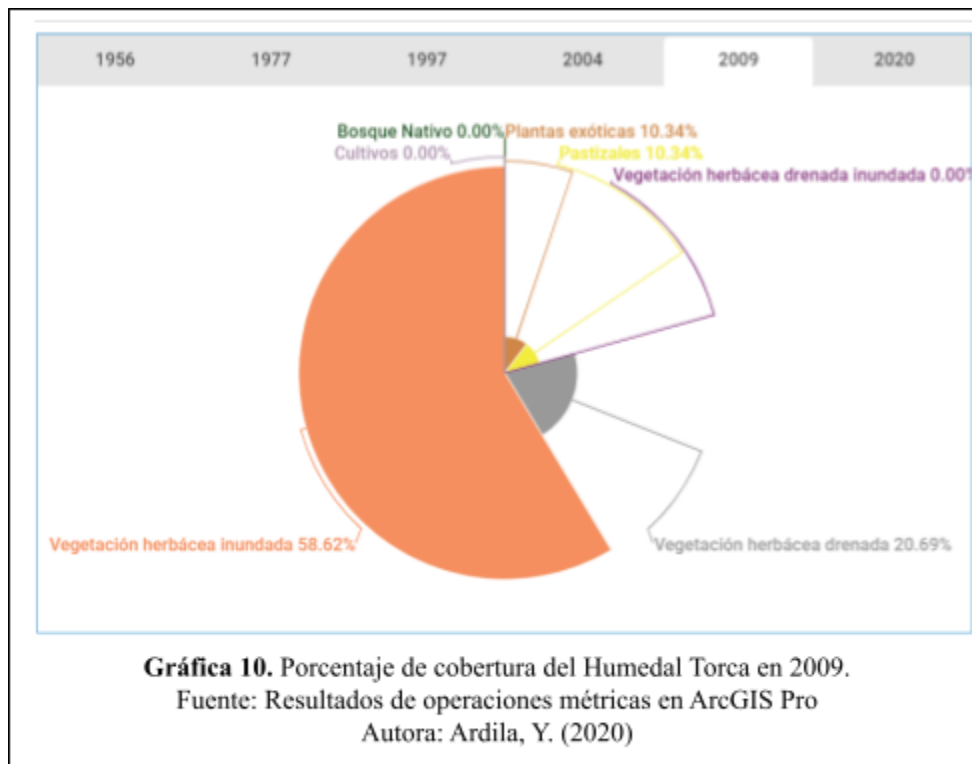
## - 2004

Se evidenció un crecimiento exponencial de la vegetación herbácea inundada, presentando un valor porcentual de 71,43% del área total del Humedal, lo cual indica que su área se extendió 64,29% por el área total del Humedal de Torca (gráfica 9), el cual puede ser visto como mecanismo de recuperación del ecosistema (Sánchez, N. 2018). Las demás coberturas, no presentaron mayor incidencia y varianza, a diferencia de la desaparición de la cobertura de cultivos.



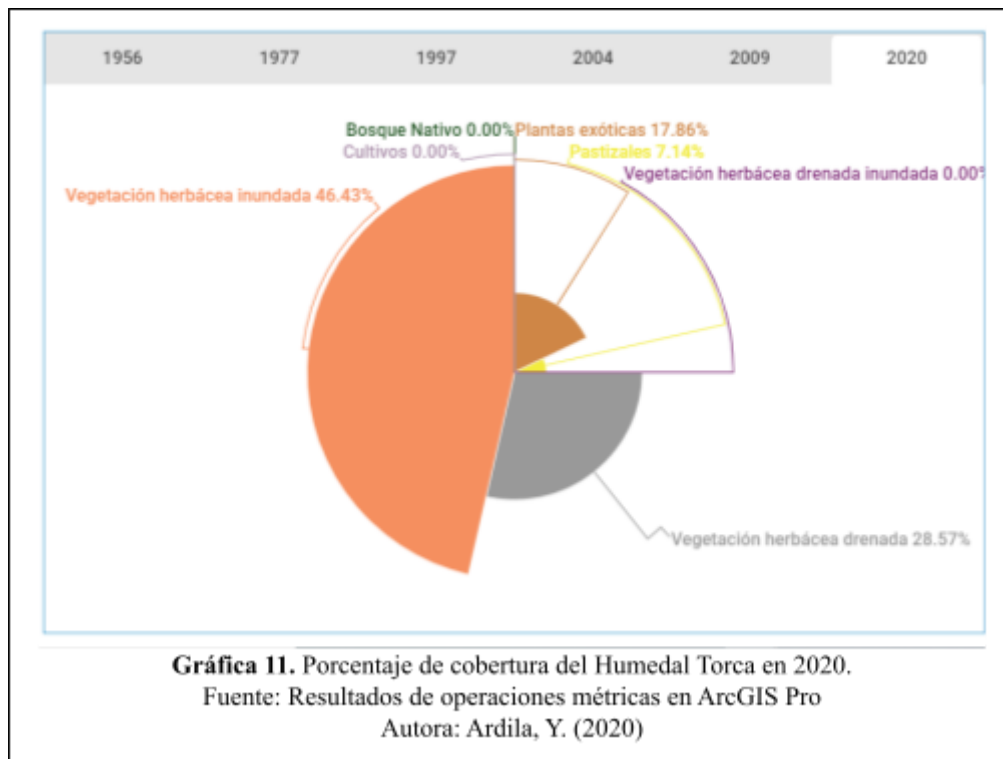
- 2009

Se presentó una disminución en la vegetación herbácea inundada frente a los valores porcentuales dados en la última fecha, siendo su cobertura el 71,43% del área total del Humedal Torca, lo cual indica que perdió 12,81% de extensión con respecto a los valores del año anterior, por lo que se deducen procesos de drenaje en la zona. Además, se observó un crecimiento del terreno con plantas exóticas, siendo su valor de 10,34%, 3,54% más que en 2004 (gráfica 10). Asimismo, se evidenció un incremento de vegetación herbácea drenada frente a 2004, siendo el 20,69% de la totalidad de extensión del Humedal Torca, ganando un 6,4% de área del Humedal. Los demás valores se mantienen constantes, con un aumento mínimo de pastizales.



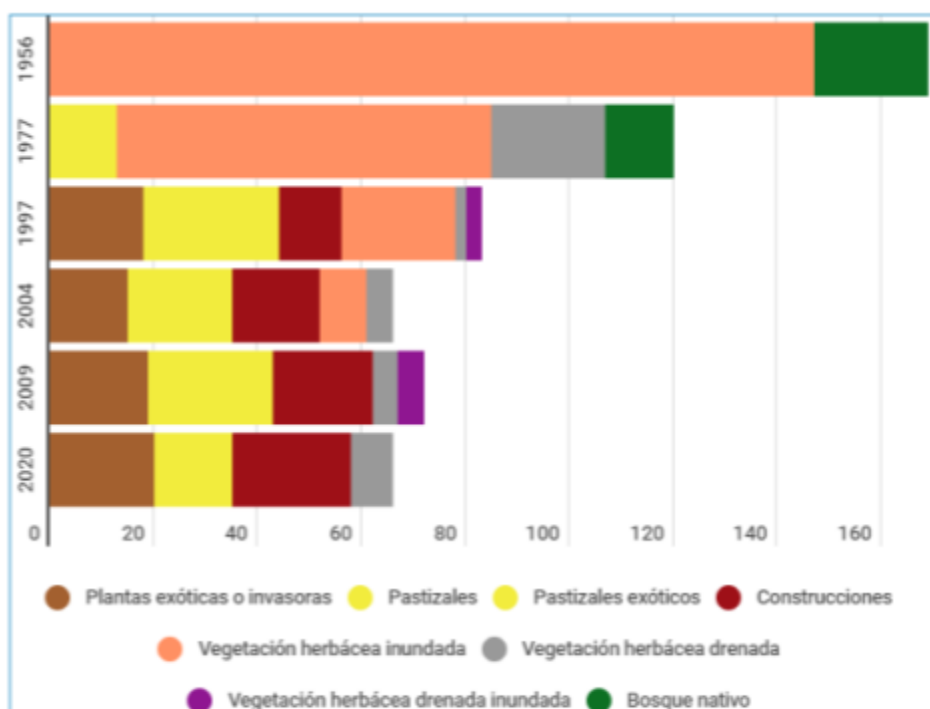
- 2020

Se observó un comportamiento decreciente de la vegetación herbácea inundada que representa el 46,43% del área total del Humedal, 12,19% menos que lo presentado en años anteriores. Además, se evidenció un aumento en parches que hacen referencia a cobertura de plantas exóticas o invasoras no propias del ecosistema del Humedal Torca, la cual incrementó su área 7,52%, presentando una extensión de cobertura de 17,86%, situación que incide directa o indirectamente en la dinámica del mismo. Asimismo, fue posible ver que la vegetación herbácea drenada presentó un incremento exponencial, siendo su valor porcentual de 28,57%, 7,88% más que la fecha analizada anteriormente, lo que expresa que se están dando procesos relacionados con drenaje ya sean naturales o por incidencia antrópica. Los pastizales presentaron disminución de área representando una cobertura de 7,14% con respecto a la totalidad de área del Humedal (gráfica 11).



## 10.2.2. Transformación de coberturas del Humedal Guaymaral entre 1956 y 2020

En este apartado se presenta el comportamiento del Humedal Guaymaral frente al cambio de las coberturas y el valor porcentual que reflejaron cada una de ellas en cada uno de los años (Ver gráfica 12). A continuación, se desarrolla un análisis de los años estudiados para establecer la variación del valor porcentual de las coberturas establecidas.

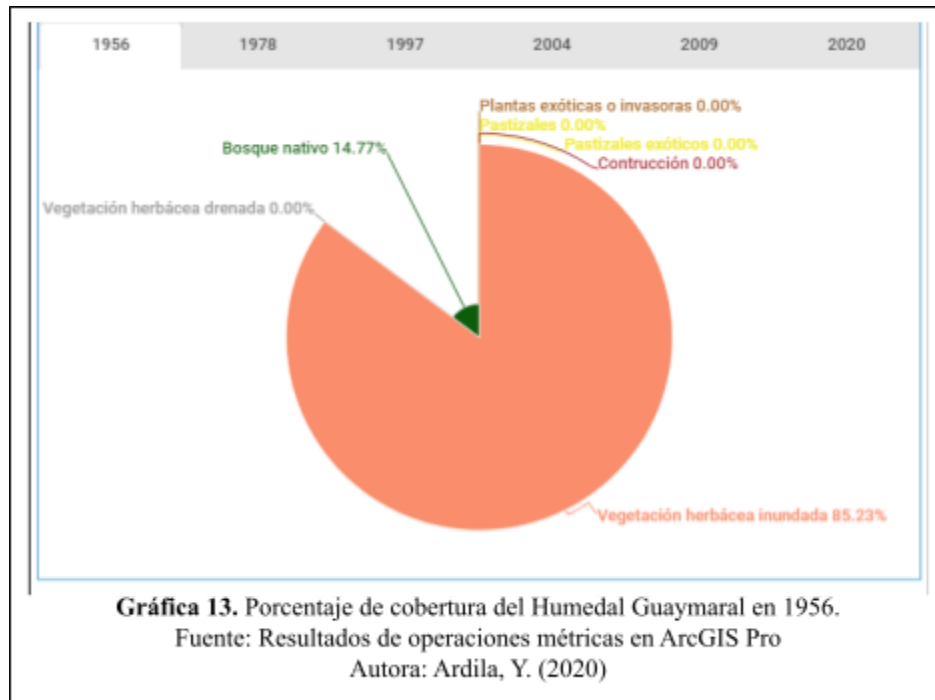


**Gráfica 12.** Área que representan las coberturas del Humedal de Torca por año.

Fuente: Resultados de operaciones métricas en ArcGIS Pro  
 Autora: Ardila, Y. (2020)

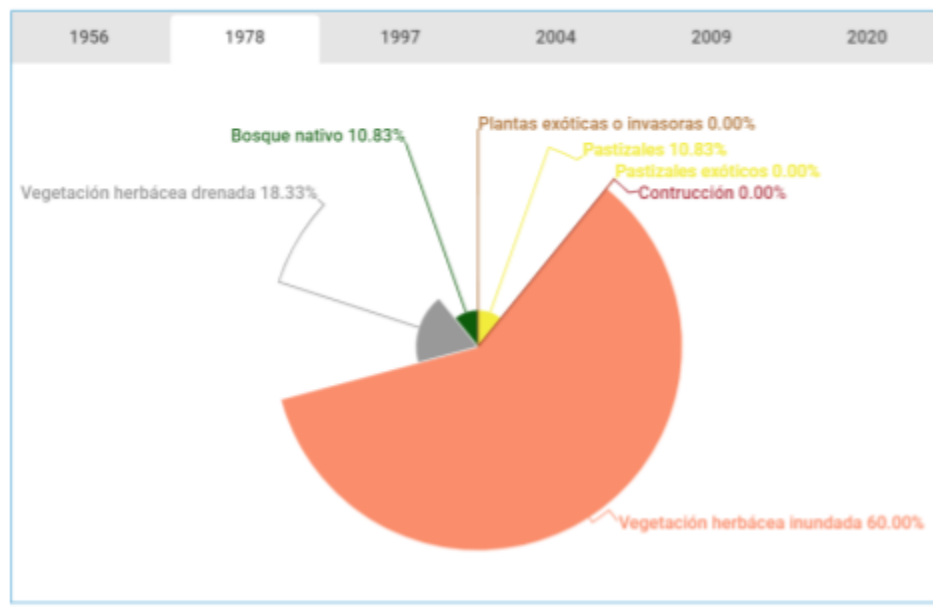
- 1956

Se observó la predominancia de bosque nativo y vegetación herbácea inundada, siendo sus porcentajes 14,77% y 85,23% respectivamente (gráfica 13). No se evidencia fragmentación del paisaje dentro del Humedal Guaymaral.



- 1977

Se presentaron zonas nuevas drenadas con un valor de 18,33% y zonas de pastizales que representaron el 10,83% del área total del Humedal Guaymaral. Se evidenció además la presencia de vegetación herbácea drenada con un 41,18% y cultivos con un 17,65%. A su vez, la cobertura de bosque nativo tuvo una disminución de área, presentando 3,94% menos que el análisis realizado en 1956 (gráfica 14).



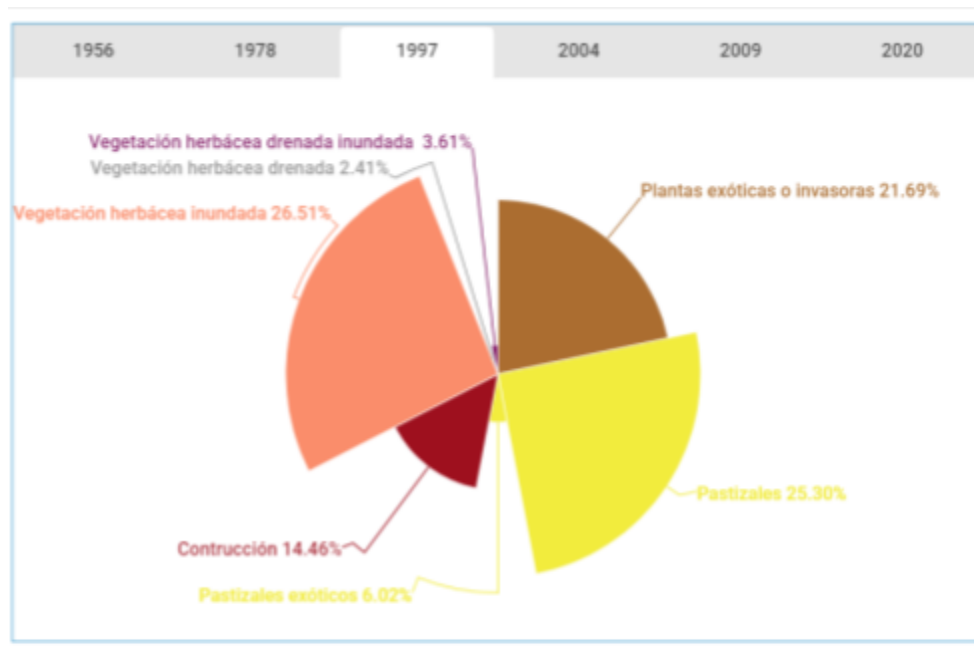
**Gráfica 14.** Porcentaje de cobertura del Humedal Guaymaral en 1978.

Fuente: Resultados de operaciones métricas en ArcGIS Pro

Autora: Ardila, Y. (2020)

- 1997

Se reflejó fragmentación del paisaje con la aparición de nuevas coberturas. Se inició la conformación de plantas exóticas que representan un 21,69% del área del Humedal Guaymaral, así como la presencia de pastizales exóticos con un valor porcentual de 6,02%. Se visualizó la disminución de las áreas más secas drenadas (presencia de escombros), siendo su área de influencia 2,41%, 15,92% menos que la fecha analizada en el apartado anterior. Se incrementó la presión por terrenos construidos, representando el 14,46% del área estudiada. Se presentó además, una reducción de área de 33,49% en cuanto a las praderas inundadas presentando de 26,51% (gráfica 15).



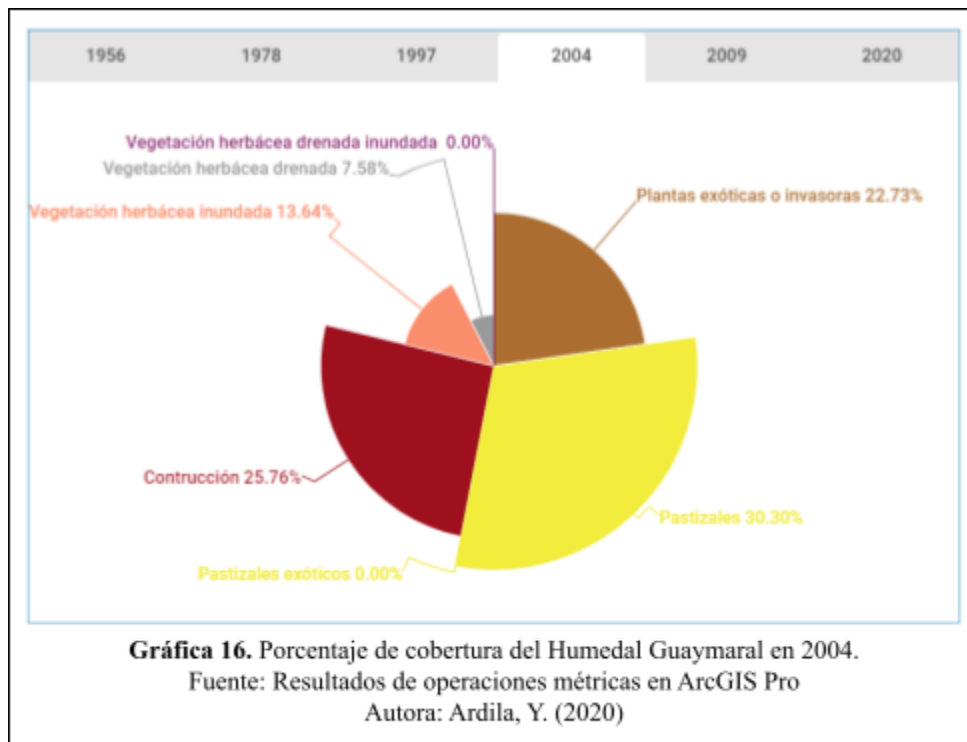
**Gráfica 15.** Porcentaje de cobertura del Humedal Guaymaral en 1997.

Fuente: Resultados de operaciones métricas en ArcGIS Pro

Autora: Ardila, Y. (2020)

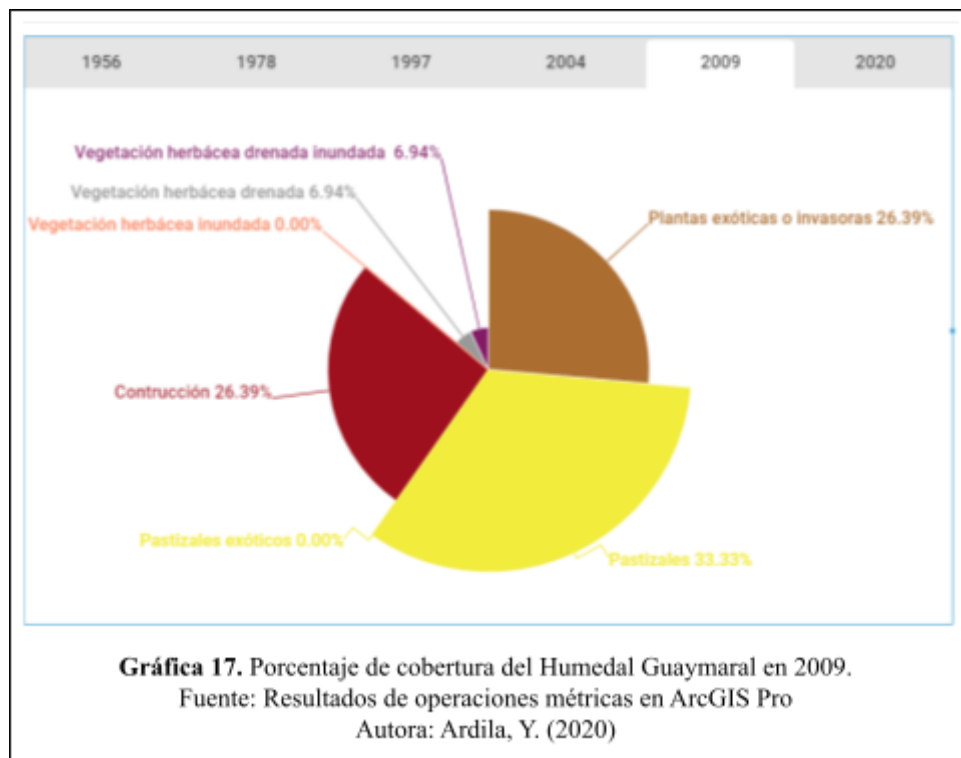
## - 2004

Se evidenció la predominancia de construcciones y plantas exóticas, así como la cobertura de pastizales. Las construcciones presentaron un incremento comparado con el año anterior, siendo el valor 25,75%, 4,07% mayor al 1997. Por su parte, las plantas exóticas, representaron el 22,73% de la totalidad del área del Humedal de Guaymaral, 1,04% mayor al año anterior. De igual forma, se observó el crecimiento en la extensión de los parches de pastizales de un 5%, siendo su área representativa de 30,30% (gráfica 16). Además, se presentó una disminución de vegetación herbácea inundada, que, según las ortofotografías, se convirtió en área ocupada por pastizales, zonas drenadas y plantas exóticas.



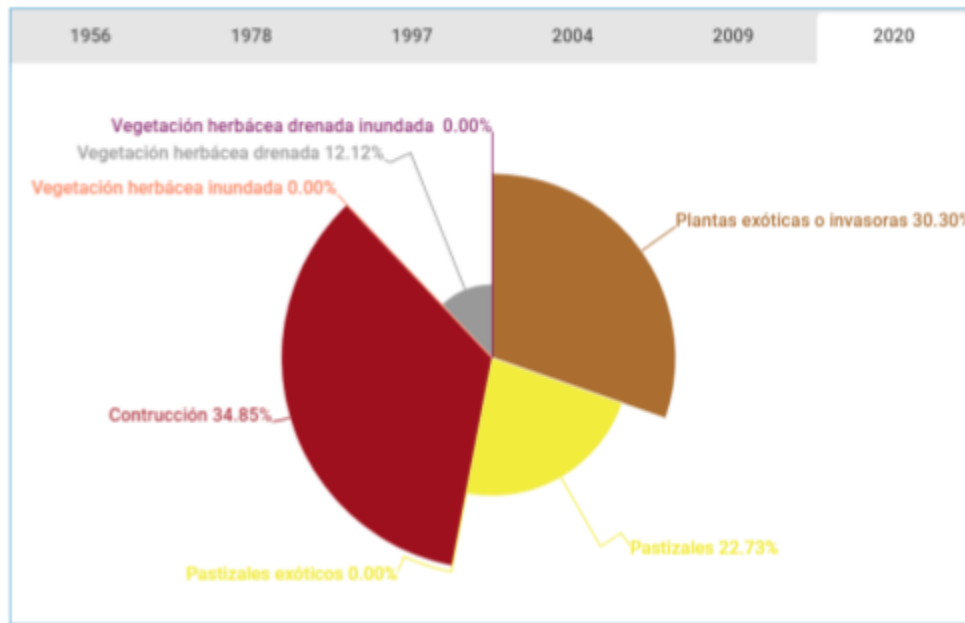
## - 2009

Para este año, se visualizó el continuo crecimiento de las coberturas que representan las construcciones, plantas exóticas y pastizales. Por un lado, las construcciones presentaron un incremento de 0,64% comparado con el año anterior, siendo el valor porcentual 26,39%. Ahora bien, por otro lado, las plantas exóticas presentaron un aumento de 3,66% en su área de dispersión frente al año precedente, siendo su cobertura de 26,39% de la totalidad del área del Humedal de Guaymaral. De igual forma, se observó el crecimiento en la extensión de pastizales de un 3,03%, siendo su área representativa de 33,33% (gráfica 17). Finalmente, se presentó una disminución notable de vegetación herbácea inundada, y drenada.



## - 2020

Dentro de la fecha más actual, se encontró que las construcciones presentaron un crecimiento de 8,46% en comparación con el año anterior, siendo su valor de 34,85%. Por su parte, las plantas exóticas presentaron un incremento de 3,91% en su área de dispersión frente al año precedente, siendo su cobertura de 30,30% de la totalidad del área del Humedal de Guaymaral. Asimismo, se visualizó una disminución de cobertura que representa los pastizales de un 10,61%, siendo su área de 22,72%. Además, se presentó un aumento de 5,18% en la cobertura de vegetación herbácea drenada frente al año anterior, presentando un valor de 12,12% (Gráfica 18). Algo para tener en cuenta es que, en el análisis de este año, no se observó la presencia de vegetación inundada.



**Gráfica 18.** Porcentaje de cobertura del Humedal Guaymaral en 2020.

Fuente: Resultados de operaciones métricas en ArcGIS Pro

Autora: Ardila, Y. (2020)

### 10.3. Análisis por coberturas

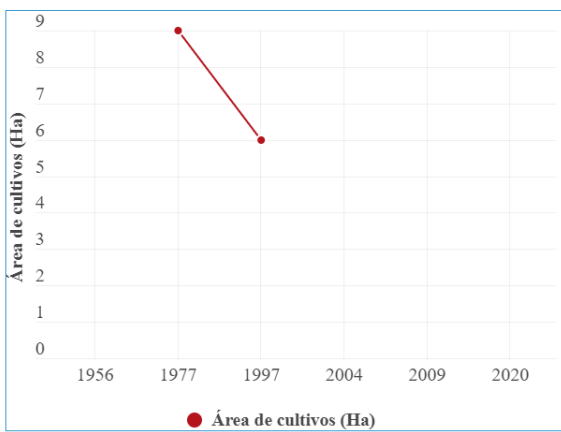
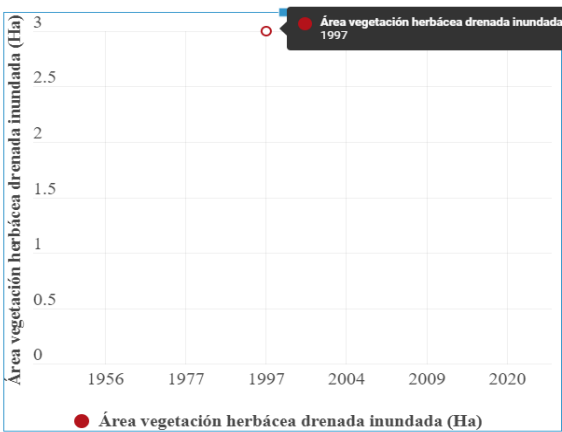
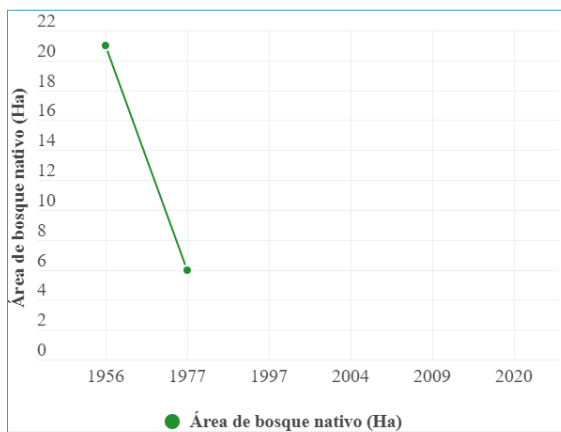
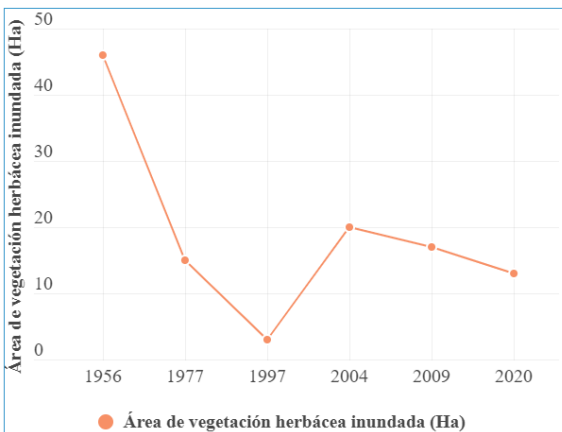
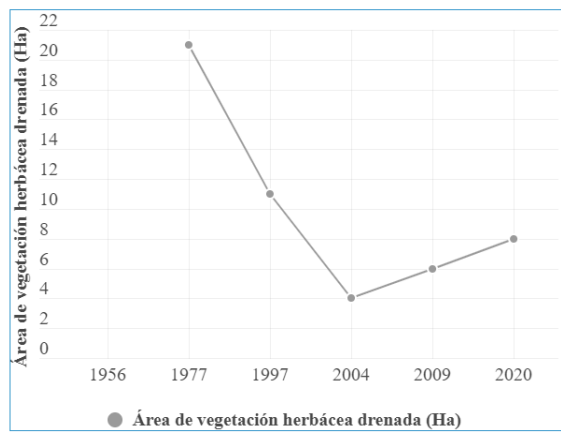
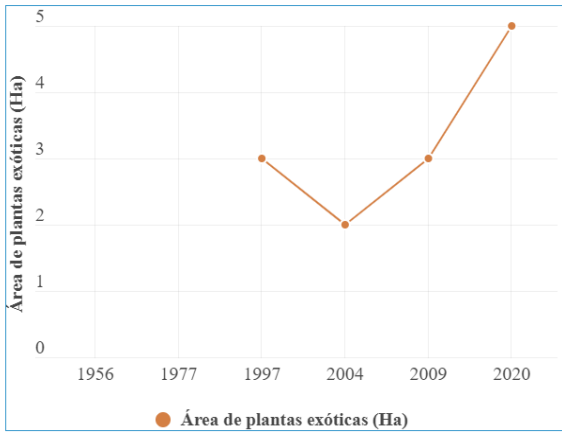
Para la realización de este análisis, se tuvieron en cuenta los datos obtenidos del proceso de fotointerpretación que se desarrolló en la aplicación ArcGIS Pro, más específicamente en la utilización de la herramienta de medición de mapas, y su ajuste a selección polinómica en medida dada en hectáreas. Las gráficas y tablas, fueron elaboradas a través de la aplicación Infogram, la cual arrojó tasas porcentuales individuales de cada una de las 8 coberturas de los Humedales.

#### 10.3.1. Humedal de Torca

Dentro lo observado en el Humedal de Torca, fue posible establecer patrones de cambio con mayor influencia, se encuentran relacionados con procesos antrópicos, tales como la proliferación de plantaciones exóticas, que su aparición en los años 90 y su crecimiento hasta el 2020, ocupando 5,12 Ha del terreno para la fecha del 2020 (Tabla 5). Algo importante dentro de los resultados obtenidos fue la abrupta disminución de los bosques nativos y su desaparición para el año 1997.

COBERTURAS DEL HUMEDAL TORCA (Ha)						
Tipo de Coberturas / Año	1956	1977	1997	2004	2009	2020
Plantas exóticas	0	0	3,32	1,57	3,24	5,12
Pastizales	0	0	16,93	3,86	3,05	2,54
Vegetación herbácea drenada inundada	0	0	3,06	0	0	0
Vegetación herbácea drenada	0	21,45	11,93	4,58	6,59	8,09
Vegetación herbácea inundada	46,98	15,41	3,13	20,04	17,39	13,58
Bosque Nativo	21,05	6,3	0	0	0	0
Cultivos	0	9,16	6,36	0	0	0

**Tabla 5.** Área total de las coberturas del Humedal Torca



### 10.3.2. Humedal de Guaymaral

Se evidenció un patrón de cambio mayor a nivel de cobertura en procesos relacionados con incidencia antrópica, tales como la integración, siembra y expansión de plantas exóticas o invasoras que pasaron de tener un área de 0,26 Ha en 1978 (0,20% del área total del Humedal) a representar 20,37 Ha en el 2020, (30,20% del área del Humedal), teniendo en cuenta además que para el 1956, no se presenta registro de su influencia en el área de estudio. Otra influencia antrópica visible fue el incremento de zonas construidas que no estaban en los años 1956 y 1977. Ya en 1997 se observó la presencia de este tipo de cobertura con 12,36 Ha de área ocupada, y a partir de esa fecha, se observó un crecimiento abrupto del área de influencia, llegando a ocupar en el 2020 23,08 Ha (Tabla 6). La vegetación herbácea inundada, presentó un decrecimiento abrupto, pasando de representar el 71, 86% del área (92,63 Ha) en 1978 a visualizar su desaparición en 2020.

COBERTURAS DEL HUMEDAL GUAYMARAL (Ha)						
Tipo de Cobertura / Año	1956	1977	1997	2004	2009	2020
Plantas exóticas o invasoras	0	0,26	18,45	15,73	19,68	20,37
Pastizales	0	13,65	21,14	20,47	24,54	15,47
Pastizales exóticos	0	0	5,8	0	0	0
Contrucción	0	0	12,36	17,44	19,27	23,08
Vegetación herbácea inundada	0	92,63	22,96	9,59	0	0
Vegetación herbácea drenada	0	22,37	2,25	5,83	5,29	8,52
Vegetación herbácea drenada inundada	167,5	0	3,62	2,36	3,12	0

Tabla 6. Área de cobertura total del Humedal Guaymaral (Ha)

## 11. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, es probable que los humedales de Torca y Guaymaral, hayan hecho parte de áreas de inundación que fueron afectadas desde hace más de dos siglos, por lo observado en las ortofotografías, con la parcelación y la acomodación de cercas vivas se fragmentó la extensión del suelo para el desarrollo de prácticas y técnicas agrícolas y pecuarias. Con la posterior expansión urbana, se construyeron los suelos para viviendas y con ello se desencadenaron una serie de factores de contaminación y destrucción del ambiente, justamente como lo expresa EAAB-ESP. (2012).

Tomando como referente, el estudio del sistema hídrico realizado por Perez, A. (2000), mediante el cual se corrobora la condición de naturalidad de los Humedales de Torca y Guaymaral, mediante las transformaciones de los ecosistemas que se encuentran dentro del marco histórico, evidenciando la significativa proporción de sedimentación, generada por la deforestación de sus cuencas, la colmatación orgánica, producida por el desarrollo acelerado de la vegetación acuática a causa del vertimiento de aguas negras, y el relleno para dar uso urbano a los suelos o para expandir las zonas de pastoreo.

En cuanto al crecimiento de construcciones presentado en los resultados, es posible afirmar que coincide con el análisis comparativo realizado por el IDEA (2004), el cual lo catalogan como uno de los principales factores de transformación del paisaje junto con los cambios en el patrón de drenaje relacionados inicialmente con dinámicas de producción y posteriormente con las de urbanización. La fragmentación de estos ecosistemas, ha ocasionado una gran desecación del suelo y ha favorecido la instalación de pastizales dominados por kikuyo en concordancia con lo expuesto por Perez, A. (2000).

Asimismo, los resultados de este estudio coinciden con lo expuesto por Barrera, E., Plata, A., & Fuentes, M. (2015) quienes afirma que, a pesar de que los Humedales Torca y Guaymaral son reconocidos como un ecosistema estratégico para la región, el conflicto constante sobre el uso del suelo en el área permanece aún cuando la CAR en

el 2011 establece el acuerdo 011 del 19 de julio de 2011, mediante el cual se da la declaración la reserva forestal regional con categoría de productora. Además, las autoras afirman que la falta de un plan de manejo ambiental concertado y aprobado para el humedal Torca-Guaymaral en conjunto con la falta de presupuesto de las localidades y la continuidad de los procesos para desarrollar inversiones y acciones de gestión ambiental, generan problemáticas relacionadas con vertimientos de sustancias contaminantes al cuerpo de agua, tala de árboles, uso inadecuado del suelo, entre otros, que agudizan el deterioro y la contaminación ambiental del humedal.

De igual forma, las presiones urbanísticas y la construcción extensiva encontrada en el análisis, se relaciona con lo dicho por Pinilla, C., & López, L. (2017) quienes aseveran que la intervención depredadora del hombre en los diferentes ecosistemas, han ocasionado la inestabilidad armónica con el ambiente, ya que el crecimiento de la ciudad implicó la expansión urbana hacia el norte de la ciudad, la cual trajo consigo la construcción de grandes vías de acceso y salida de la capital, generando la fragmentación de los hábitats de las especies propias de los humedales, degradación de los ecosistemas de propios de los humedales y el deterioro de la diversidad biológica y la situación de vulnerabilidad ante la pérdida de la conectividad ecológica.

Gran parte de la fragmentación presentada por los Humedales de Torca y Guaymaral son consecuencia directa de la incidencia antrópica en la zona, introduciendo especies invasoras, realizando construcciones extensivas, ampliando el canal de cobertura de pastizales para fines propios y ocasionando desecación en gran parte del suelo por el uso y manejo de factores contaminantes, por lo que la dinámica de los Humedales en general se ha visto afectada, tal y como lo afirma Rodríguez, C. (2014)

Los resultados evidenciaron además la íntima relación entre los cambios en la cobertura del suelo y la dinámica de las actividades principales de la zona, influenciando consecutivamente en el estado actual de los Humedales Torca y Guaymaral, presentándose una fragmentación en el elemento biofísico que contempla las áreas naturales de los mismos de acuerdo con Gonzalez, L & Romero, A. (2013).

En consecuencia con lo evidenciado, a pesar de que los Humedales Torca y Guaymaral sean de gran influencia para la región, se ha catalogado la intervención del distrito en la

implementación de un plan estratégico ambiental como escasa y el accionar de las herramientas normativas para la protección y conservación de los humedales de poco control y regulación de uso del suelo, lo cual es corroborado por IDEAM. (2010).

En el plan de manejo ambiental de la EAAB-ESP (2007) se manifiesta el postulado de dar cubrimiento a las necesidades de la ciudad, consistente en espacio para su crecimiento, por lo que se reglamentó la mayoría de áreas no construidas dentro de la categoría de áreas para expansión urbana. Sin embargo, el crecimiento desmedido y caótico de la ciudad ha repercutido de diversas formas en los Humedales de Torca y Guaymaral, en su dinámica y en la extensión presentada, lo cual es claramente identificable en el análisis realizado.

Como se expresó anteriormente, los humedales de Torca y Guaymaral han sido afectados por factores relacionados con los cambios de uso del suelo que se encuentran relacionados con incidencia antrópica, por lo que se comprueba lo dicho por la CAR (2011) la cual resalta la falta de control en la coparticipación del estado en las licencias de construcción y permisos vulnerando el patrimonio natural que es sagrado y considerado protegido y de reserva según en las leyes y legislación ambiental vigentes (CAR. 2011).

El debate actual en Colombia sobre la conservación de ecosistemas estratégicos y el desarrollo sostenible, deja al descubierto una total desestimación sobre el valor intrínseco, el principio de precaución y la irreversibilidad, se privilegia la rentabilidad de corto plazo y se vende la idea que la única salida para el crecimiento económico rápido del país es la explotación a gran escala de sus recursos naturales. Basados en el optimismo tecnológico se espera que la curva de crecimiento de la economía sea sostenible en el largo plazo, entre tanto se disminuyen los recursos destinados para la conservación ambiental como es el caso de los Humedales de Torca y Guaymaral y se realizan esfuerzos para incorporar los recursos naturales en la dinámica de la economía de mercado.

La conservación se ha medido equivocadamente bajo el lente del costo beneficio y las medidas de evaluación y compensación criticadas por Pearce y Turner (1995), esto es desconociendo o readequando el concepto de valor intrínseco de los ecosistemas y

obviando el potencial y el juego limpio frente a las generaciones futuras, desconociendo la reserva biológica, la posibilidad de descubrir a futuro relaciones valiosas entre esas áreas y la calidad de vida de los bogotanos.

El Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito (Decreto 190 de 2004) designó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB-ESP la formulación de los Planes de Manejo Ambiental de estos ecosistemas. (Art. 83, Pár. 5) Así mismo, se ordena a esta Empresa, la implementación de los estudios oportunos para el mantenimiento, la recuperación y conservación de los humedales en sus componentes hidráulico, sanitario, biótico y urbanístico (Art. 86, Pár. 2). Sin embargo, después de que se emitió este decreto, aún se evidenció la persistencia en el crecimiento de coberturas no propias de los Humedales, tales como plantaciones invasoras, construcciones y zona drenada de manera inducida, por lo que preocupa su continua fragmentación y deterioro.

Finalmente, los resultados del presente estudio evidencian que la toma de decisiones sobre la transformación de la cobertura del suelo, se está implementando a escalas más detalladas, por lo que las áreas naturales están siendo altamente transformadas y degradadas. Es necesario desarrollar estrategias para la recuperación y la conservación de las mismas toda vez que son necesarios para el mantenimiento de las poblaciones que allí habitan, como lo sugiere CNLUD (2013) cuando afirma que la tierra se concibe como un recurso esencial, donde florece un territorio, por lo que se hace inminente diseñar e implementar políticas, leyes, normas que armonicen con el mismo y estén en pro del beneficio, recuperación y conservación de zonas con trascendencia ambiental, tales como los Humedales de Torca y Guaymaral.

## CONCLUSIONES

- A partir del proceso de fotointerpretación, se puede afirmar que las coberturas con mayor crecimiento en los últimos 60 años, se encuentran relacionadas con los procesos antrópicos relacionados, tales como construcciones, desecación inducida, expansión de pastizales y proliferación de plantaciones invasoras, con evidencias de transformación de la cobertura del suelo, por lo que las áreas naturales están siendo altamente degradadas.
- En las fechas más recientes se evidenció que fue tanta la presión urbanística y de plantaciones exóticas, que las coberturas propias de los Humedales Torca y Guaymaral, se vieron afectadas llegando en algunos casos a desaparecer, como en el caso de zonas inundadas y zonas drenadas e inundadas del Humedal Guaymaral, que para el año 2020, ya no hay rastro.
- Los mapas de coberturas representan una fuente confiable de información para la toma de decisiones en gestión y manejo de los recursos naturales, para el ordenamiento del territorio y para la intervención oportuna en las áreas de riesgo. Un estudio periódico del uso del suelo, permite crear alertas tempranas que posteriormente podrían encaminar en la toma de decisiones que permitan mitigar el impacto en las zonas naturales.
- los Humedales de Torca y Guaymaral no evidencian un cumplimiento de su objetivo de manejo, debido a que no se está garantizando el desarrollo de acciones que resguarden las características dinámicas, estructurales y funcionales de los recursos naturales que allí se encuentran, y así propiciar el restablecimiento de las condiciones naturales que permitan el aprovechamiento sostenible de los recursos de la zona.
- La fragmentación presentada por los Humedales de Torca y Guaymaral son consecuencia directa de la incidencia antrópica en la zona, introduciendo especies invasoras, realizando construcciones extensivas, ampliando el canal de cobertura de pastizales para fines propios y ocasionando desecación en gran parte del suelo por el uso y manejo de factores contaminantes, por lo que la dinámica de los Humedales en general se ha visto afectada.

## 11. RECOMENDACIONES

- Dada la ubicación geográfica de los Humedales Torca y Guaymaral en inmediaciones de la zona urbana de la ciudad, se hace necesario realizar un plan de manejo más integrado de los Humedales a fin de garantizar la permanencia de los servicios ecosistémicos que estos aportan.
- Teniendo en cuenta la transformación histórica en los usos del suelo de los Humedales de Torca y Guaymaral, se debe iniciar un proceso de restauración de las coberturas vegetales, iniciando un proceso de sustitución de especies vegetales no propias de los Humedales, por especies endémicas y así, propiciar la recuperación de condiciones características de los humedales
- Se recomienda el desarrollo e implementación de estrategias para la recuperación y la conservación de las mismas toda vez que son necesarios para el mantenimiento de las poblaciones que allí habitan a través de políticas, leyes, normas dentro del manejo del Humedales de Torca y Guaymaral.
- Se considera pertinente iniciar un proceso de zonificación ambiental de los Humedales que permitan establecer las zonas prioritarias en cuanto a procesos de recuperación, restauración y conservación. Por esto se recomienda la ejecución de un proceso de levantamiento de línea base de las condiciones bióticas y abióticas con el fin de correlacionar el nivel de biodiversidad de los Humedales y la cantidad de hábitats presentes en los mismos.
- Es necesario también pensar en procesos de apropiación y cuidado de la zona Natural del costado norte de la ciudad a partir de la participación ciudadana.

## 12.REFERENTES CITADOS

Armenteras, D., *et al.* (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. 113 (2): 245-256. Bogotá Colombia.

ANDRADE, G. (2003). Los humedales de Bogotá y la convención Ramsar: Oportunidades para la gestión del patrimonio natural de la ciudad. Serie Documentos Técnicos. No.1 Fundación Humedales. Bogotá.

Cabrera, E., & Patricia, D. (2007). Estado actual y cambio en los ecosistemas.

Caicedo, M. (2016). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL CON FINES DE CONSERVACIÓN POR APLICACIÓN DE INCENTIVOS ECONÓMICOS EN EL CANTÓN COLTA (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12163>

Calvachi, B (2002). La biodiversidad bogotana. Revista Tadeo. N67. 67:89-98. Universidad Tadeo Lozano. Bogotá DC. Recuperado de <https://www.utadeo.edu.co/es/editorial>

Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación - CNULD. (2013). Aspectos económicos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía: Metodologías y análisis para la toma de decisiones. In UNCCD (Ed.), 2da conferencia científica de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación - CNULD.

Convención de Ramsar., & Grupo de Contacto EHAA. (2008). Estrategia Regional para la Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile.

Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de la Teledetección Espacial. Vol I. España: Ediciones RIALP.

DAMA. (2000). Historia de los humedales de Bogotá. Con énfasis en cinco de ellos. Bogotá.

DAMA. (2002). Los Humedales del Altiplano en Bogotá, Bases Técnicas para su Conservación, Restauración y Manejo. Documento Técnico Elaborado por G. I. Andrade. Bogotá DC.

Decreto 190 de 2004. Plan de ordenamiento territorial

De la Ossa, A., *et al.* 2016. LA SABANA: FORMACIÓN DE GRAN VALOR PRODUCTIVO. Revista Colombiana de Ciencia Animal 2016; 8(1):120-137

Dinerstein, E., *et al.* (1995). Una Evaluación del estado de Conservación de las Eco-regiones Terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial Washington. Bogotá DC.

EEl-Ecology and Environment Inc. y Hidromecánicas Ltda. (1998). Plan de Manejo Ambiental de los humedales Torca, Guaymaral, Embalse de Córdoba, Capellanía, El Burro, Techo, La Vaca y Tibanica. Informe sobre Diagnóstico y Estudio de Alternativas. EAAB-ESP. Bogotá.

Espinosa, M., *et al.* (2011). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS OCURRIDOS EN HUMEDALES UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES PERIODO 1984 – 2011. Proyecto “Mantenimiento del Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos SITHA”. CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago de Chile. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6380/CIREN-HUMED005.pdf>

Farnum, F., & Murillo, V. (2019). ANÁLISIS MULTITEMPORAL (1970-2017) DEL USO DEL SUELO EN CINCO COMUNIDADES UBICADAS A LO LARGO DE LA CARRETERA BOYD ROOSEVELT, PANAMÁ. Revista Tecnociencia, Vol. 21(2), 107-124. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/334283429\\_ANALISIS\\_MULTITEMPORAL\\_1970-2017\\_DEL\\_USO\\_DEL\\_SUELO\\_EN\\_CINCO\\_COMUNIDADES\\_UBICADAS\\_A\\_LO\\_LARGO\\_DE\\_LA\\_CARRETERA\\_BOYDROOSEVELT\\_PANAMA](https://www.researchgate.net/publication/334283429_ANALISIS_MULTITEMPORAL_1970-2017_DEL_USO_DEL_SUELO_EN_CINCO_COMUNIDADES_UBICADAS_A_LO_LARGO_DE_LA_CARRETERA_BOYDROOSEVELT_PANAMA)

Flores, L., *et al.* (2005). Factores económicos que afectan el uso de la tierra en el bosque seco tropical de Costa Rica. Una revisión de la teoría al estudio de caso. <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote18.htm>.

Galindo, G., *et al.* (2009). Planificación ecorregional para la conservación de la biodiversidad de los Andes y el piedemonte amazónico colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá DC.

González, L & Romero, A. (2013). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA DE LA TIERRA E INCIDENCIA DEL CULTIVO DE PALMA EN EL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE VILLANUEVA CASANARE, (Tesis de magíster). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá DC, Colombia. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13495/GonzalezBorreroLuisHernan2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guerrero, F., & Moreno, R. (2015). ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL USO DEL SUELO Y LA COBERTURA FORESTAL EN EL MUNICIPIO DE PUERTO RICO (META) Y SU PROYECCIÓN PARA EL AÑO 2020 (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá DC, Colombia. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2561/1/GuerreroMachadoDanielFernando2015.pdf>

IDEADE-Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo. (2004). Caracterización biofísica del altiplano cundiboyacense. (Informe final). Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/215533631/Informe-de-Characterizacion-Biofisica-del-Altiplano>

IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelo*. Bogotá Colombia. IDEA.

Kandus, P., *et al.* (2011). Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidromeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/304623818\\_Ecosistemas\\_de\\_humedal\\_y\\_una\\_perspectiva\\_hidromeomorfica\\_como\\_marco\\_para\\_la\\_valoracion\\_ecologica\\_de\\_sus\\_bienes\\_y\\_servicios](https://www.researchgate.net/publication/304623818_Ecosistemas_de_humedal_y_una_perspectiva_hidromeomorfica_como_marco_para_la_valoracion_ecologica_de_sus_bienes_y_servicios)

Lambin, E. (1999) Land use and land cover change implementation strategy. IGBP report 48: IHDP report 10. Estocolmo.

Lambin, E., Geist, H., Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. Annual review of environment and resources, California, v. 28, n. 1, p. 205-241

López, E. *et al.* (2015). HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL: INICIATIVAS PARA SU CONSERVACIÓN. recuperado de: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/889/Humedal%20Torca-Guaymaral.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Molina, G., & Albarran, A. (2012). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. Revista Colombiana de Geografía, Vol. 22 (1), 2256-5442. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v22n1/v22n1a03.pdf>

Myers, N. 1988. Threatened Biotas: Hotspots in Tropical Forest. The Environmentalist 8(3):1-20.

Pearce, D Turner, R. (1995). *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*. 2da edición. Ediciones Celeste. Madrid, España.

Perez, A, (2000). La estructura ecológica principal de la Sabana de Bogotá. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia Número 131, Año 44, diciembre. Bogotá, Colombia.

PMA de los Humedales De Torca y Guaymaral. (2012). Caracterización Diagnóstica. Recuperado de: <https://www.acueducto.com.co/wps/wcm/connect/EAB2/61d9b4fc-bf56-48eb-b2f7-8c0df8>

[9952aa/Diagnostico.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18\\_K862HG82NOTF70QEKDBLFL3000-61d9b4fc-bf56-48eb-b2f7-8c0df89952aa-mGt2aMv](https://www.researchgate.net/publication/282981347_ECOLOGIA_MANEJO_Y_CONSERVACION_DE_LOS_ECOSISTEMAS_DE_MONTANA_EN_MEXICO)

Pinilla, C., & López, L. (2017). Conservación y protección del humedal Torca-Guaymaral, una experiencia de gestión y educación ambiental. ISBN (digital): 978-958-5462-41-0.

Rodríguez, N., *et al.* (2006). Ecosistema de los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos ALEXANDER VON HUMBOLDT. ISBN 958-8151-30-9. Bogotá, DC.

Rodríguez, C. (2014). *Propuesta de protección del área conectora de los humedales Torca y Guaymaral, componentes del corredor ecológico de la zona noroccidental de la ciudad de Bogotá.* (Tesis de Pregrado). Universidad Libre de Colombia. Bogotá DC.

Romero, J. (2010). Transformación urbana de la ciudad Transformación urbana de la ciudad de Bogotá, 1990-2010: efecto espacial efecto espacial efecto espacial de la liberalización del comercio de la liberalización del comercio. ISSN 0123-3769, Vol. 15/2010. Bogotá DC.

Sánchez, L., & Díaz, F. (2008), ECOLOGÍA, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN MÉXICO. Recuperado de:[https://www.researchgate.net/publication/282981347\\_ECOLOGIA\\_MANEJO\\_Y\\_CONSERVACION\\_DE\\_LOS\\_ECOSISTEMAS\\_DE\\_MONTANA\\_EN\\_MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/282981347_ECOLOGIA_MANEJO_Y_CONSERVACION_DE_LOS_ECOSISTEMAS_DE_MONTANA_EN_MEXICO)

Sánchez, N. (2018). Cambios en la Cobertura Vegetal y en el Espejo de Agua Asociados a la Influencia Antrópica en el Humedal Toqui-Toqui, Tolima, Colombia (Tesis de Magíster). Universidad de Manizales. Manizales Caldas, Colombia. Recuperado de: [https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3599/Natalia\\_Sanchez%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3599/Natalia_Sanchez%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Secretaría Distrital de Ambiente-SDA. (2008). Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia.

Silva, S. (1999). Diagnóstico das restingas do Brasil. In Fundação Bio Rio (ed.). Workshop Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira. Ilhéus.

Subdirector General de la FAO., Convención Ramsar. (2006). Esencial la conservación de los humedales Cooperación más estrecha entre el SMOT y la Convención de Ramsar. Recuperado de: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000331/index.html>

Van Der Hammen, T. (1998). Plan ambiental de la Cuenca alta del Río Bogotá. Análisis y orientación para el ordenamiento territorial. CAR. Bogotá DC.

Vargas, J. (2013). Análisis Multitemporal de la Cobertura del Suelo en el Departamento del Huila (Alto Magdalena, Colombia), (Tesis de pregrado). Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá DC, Colombia. Recuperado de: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/1297/1/ANALISIS%20MULTITEMPORAL%20DE%20LA%20COBERTURA%20DEL%20SUELO%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20HUILA%20%28ALTO%20MAGDALENA%2C%20COLOMBIA%29.pdf>

Veloza, J. (2017). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA-PRODUCTORA “CASABLANCA” EN MADRID CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1961 Y 2015: APORTES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL (tesis de especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá DC, Colombia.