

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Facultad de Ingeniería
Dpto. Ingeniería Civil y Ambiental
Maestría en Ingeniería Civil
Área Ambiental



TESIS DE MAESTRIA

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA DEGRADACIÓN
FÍSICA DE TRES HUMEDALES DE LA SABANA DE
BOGOTÁ Y LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS Y
PAISAJÍSTICOS PARA SU GESTIÓN**

Por: Camila Bernal Jaramillo

Asesor: Manuel Rodríguez S.

Coasesor: Byron Calvachi Z.

Bogotá, Febrero de 2006

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	1
2.	Justificación.....	4
3.	Objetivos.....	6
3.1	Objetivos Generales.....	6
3.2	Objetivos Específicos.....	7
4.	Materiales y Metodología.....	8
4.1	Fase I.....	9
4.2	Fase II.....	10
4.3	Fase III.....	11
4.4	Fase IV.....	11
5.	Área de Estudio.....	12
5.1	Humedal La Vaca.....	12
5.2	Humedal de Techo.....	15
5.3	Humedal de Burro.....	17
6.	Marco Teórico.....	19
6.1	Generalidades de humedales.....	19
6.2	Humedales Urbanos.....	20
6.3	Restauraciones Ecológicas.....	21
6.3.1	Modelos de Restauraciones Ecológicas.....	24
6.4	Principios Ecológicos aplicados a humedales urbanos.....	27
6.4.1	Fragmentación del hábitat.....	28
6.4.2	Pérdida de hábitat.....	31
6.4.3	Bioinvasiones.....	32
6.5	Bogotá a principios del siglo XX.....	36
6.5.1	La Expansión Urbana.....	38
6.5.2	Fragmentación de los humedales de Bogotá.....	39
7.	Resultados y Análisis.....	42
7.1	Estudio multitemporal preliminar de la degradación física de los tres humedales.....	42
7.1.1	Tablas de Resultados.....	43
7.1.2	Análisis de Resultados.....	43
7.2	Análisis de características y estado de los humedales.....	48
7.3	Aspectos socioeconómicos, hidrológicos, ecológicos y de calidad de agua.....	53
7.3.1	Aspectos socioeconómicos y de uso del suelo.....	53
7.3.2	Aspectos Hidrológicos.....	54

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

7.3.3	Aspectos Ecológicos.....	55
7.3.4	Aspectos de Calidad de agua.....	56
8.	Propuesta de lineamientos ecológicos y paisajísticos para la gestión de los humedales Vaca, Burro y Techo.....	59
9.	Conclusiones.....	62
10.	Bibliografía.....	64
ANEXOS	67
Anexo I.	Estudio de interpretación de aerofotografías del humedal la Vaca.....	67
Anexo II.	Estudio de interpretación de aerofotografías del humedal de Burro.....	73
Anexo III.	Estudio de interpretación de aerofotografías del humedal de Techo.....	78

TABLAS Y FIGURAS

- Tabla 1. Cronograma de fases
Tabla 2. Datos climatológicos actuales de los tres humedales
Tabla 3. Áreas a través del tiempo de los humedales La Vaca, Techo y Burro
Tabla 4. Pérdida de área de los tres humedales
Tabla 5. Niveles de degradación de los humedales Vaca, Techo y Burro
Tabla 6. Porcentaje de pérdida de área
Tabla 7. Evaluación de características de los humedales
Tabla 8. Clasificación de los humedales para posibles mejoramientos
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos de los tres humedales
Tabla 10. Valores de DBO y DQO
Tabla 11. Valores de Calidad Bacteriológica
Tabla 12. Valores de Fósforo y Nitrógeno
Figura 1. Mapa de los Humedales de Bogotá
Figura 2. Foto del Humedal La Vaca
Figura 3. Foto del Humedal de Techo
Figura 4. Foto del Humedal de Burro
Figura 5. Recuperación ideal de un Humedal
Figura 6. Vegetación y avifauna típica de Humedal Urbano
Figura 7. Foto Humedal Torca-Guaymaral fraccionada por la Autopista Norte
Figura 8. Foto sector A del Humedal La Vaca
Figura 9. Foto sector B del Humedal La Vaca
Figura 10. Niveles de degradación multitemporal de los humedales Vaca, Burro y Techo
Figura 11. Hectáreas de los tres humedales desde 1938 a 2004
Figura 12. Porcentaje acumulado de pérdida de área de los tres humedales
Figura 13. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1938
Figura 14. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1956
Figura 15. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1976
Figura 16. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1985
Figura 17. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1992
Figura 18. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 2004
Figura 19. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1938
Figura 20. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1949
Figura 21. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1985
Figura 22. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1992
Figura 23. Aerofotografía del Humedal de Burro en 2004
Figura 24. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1938
Figura 25. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1949
Figura 26. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1956
Figura 27. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1976
Figura 28. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1992
Figura 29. Aerofotografía del Humedal de Techo en 2004

1. INTRODUCCION

La problemática ambiental del mundo, en parte es el resultado de la explotación y el manejo inadecuado de los recursos naturales, en muchos casos debido al desconocimiento prácticamente total de los procesos ecológicos que ocurren en los ecosistemas. Ante tal crisis en el ámbito mundial, surge la necesidad de tomar medidas efectivas que eviten la desaparición de los ecosistemas, que promuevan su conservación, su recuperación parcial o total y su posible uso sostenido.

Los humedales del Altiplano Cundiboyacense han estado sometidos a diversas actividades humanas que les causa un notable deterioro. Esto se puede observar en la pérdida y disminución de una representativa variedad de especies faunísticas, (entre ellas de aves acuáticas endémicas) y de flora. Los humedales de la ciudad de Bogotá por estar rodeados de urbanizaciones tienen una gran desventaja, debido a la presión que ejerce el entorno urbano sobre ellos, dificultando los procesos de rehabilitación y recuperación que cada vez los distancia más de su estado original.

Los humedales urbanos y las especies que los habitan se ven afectados negativamente por el depósito de escombros, la iluminación artificial, el tránsito indiscriminado de personas, los depredadores domésticos, los vertimientos y la invasión de especies exóticas. Hay que

tener en cuenta que mientras mayor sea el efecto negativo de los sistemas urbanos, las funciones y valores de ellos disminuyen; en especial la viabilidad de la biodiversidad que albergan (Andrade; 2003).

Se puede establecer que el problema actual que tiene la recuperación de humedales en el altiplano Cundiboyacense, se centra en cómo elevar el nivel del agua a una altura más cercana a la original, y cómo lograr mejorar la calidad de agua, la extensión ocupada por el espejo de agua y como protegerlos de la contaminación, de la ganadería y agricultura (Van der Hammen, 2003).

Hace varias décadas los humedales de la Sabana de Bogotá, en especial los de la ciudad de Bogotá fueron expuestos a una serie de actividades como rellenos de basuras, contaminación, desecación del cuerpo de agua, vertimientos, entre otras, las cuales destruyeron su hábitat original, causando una alta disminución de su biodiversidad florística y faunística. Por otro lado este deterioro empezó a afectar a los barrios aledaños a estos humedales convirtiendo este problema en un caso prioritario de atención por parte del distrito y otras organizaciones.

Posteriormente al deterioro sufrido, algunos de estos humedales se sometieron a procesos de recuperación por parte de diferentes entidades, cuyas metodologías de implementación han sido motivo de polémica. A principios del año 2004, el DAMA empezó a establecer la

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

Política de Humedales del Distrito Capital de Bogotá (PHDCB), basada en diferentes acuerdos internacionales como la convención Ramsar y el Convenio de Biodiversidad, nacionales como la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia (PNHIC), la Política Nacional de Biodiversidad y su planeación, la Estrategia Nacional para Conservación de Aves, la constitución ecológica, el código de los recursos naturales, el Plan de ordenamiento Territorial (POT), entre otros.

La ciudad de Bogotá aproximadamente hace 6 décadas ha venido sufriendo cambios abruptos a nivel social, económico, urbano y ecológico. Todos estos cambios han hecho que la dinámica de la ciudad sea diferente a lo largo de ella. Cabe resaltar un fenómeno muy importante que ha sido punto esencial en el desarrollo urbanístico de Bogotá, “La estratificación socio-económica”. Por esta razón y por otros factores que se tomarán en cuenta a lo largo del proyecto es necesario realizar un lineamiento enfocado en la problemática bogotana y de sus alrededores para que los resultados sean efectivos y se lleve a cabo el proceso más preciso en el manejo de los humedales.

2. JUSTIFICACION

La Gestión y manejo de los humedales deben llevarse a cabo de una manera sostenible ya que estos ecosistemas sirven de reservas de agua dulce, hábitats para biota de importancia conservacionista y su deterioro puede estar correlacionado a problemas ambientales que afectan a la ciudad. El estado ecológico de los humedales actualmente, está condicionado por las actividades antropogénicas que se llevan a cabo alrededor de ellos. Según el DAMA, hay tres factores principales los cuales afectan la conservación y el uso sostenible de los humedales: 1) ignorancia acerca de los valores y las funciones ecológicas de los humedales, 2) alteración antropogénica que causa contaminación, desequilibrio de nutrientes, eutroficación, colmatación y pérdida de biodiversidad y 3) el costo de oportunidad del suelo frente a la demanda de espacio de vivienda, generado por el estado de marginamiento social y cultural de la mayoría de los humedales de la ciudad (Andrade, 1998).

Hacia principios del siglo pasado, los humedales llegaron a cubrir cerca de 50.000 ha en la Sabana de Bogotá (Renjifo, 1992), extensión que ha disminuido notoriamente, llegando a quedar reducida a unas 800 ha aproximadamente. Los factores que han afectado de forma negativa a los humedales han sido mucho: desprecio por la cultura ambiental muisca, vertimiento indiscriminado e inconsciente de desechos en sus cuerpos de agua, construcción de avenidas, rellenos ilegales, urbanizadores inescrupulosos de todos los estratos, indiferencia ciudadana, intereses económicos, particulares y hasta ignorancia son

los más sobresalientes. Hay que hacer un alto en el camino y reflexionar de lo que se está haciendo con estos ecosistemas tan importantes; quizá no sea demasiado tarde para comprender que los humedales de Bogotá no son sólo un área más donde se puede urbanizar, sino que son el hábitat natural y único de una incalculable e incontable variedad de plantas y animales que dependen de ellos para vivir. Un patrimonio ambiental que cualquier ciudad del mundo quisiera tener, al fin y al cabo no a cualquier ciudad llegan patos canadienses, garzas y cardenales de Norteamérica, por no hablar de las migraciones internas, es decir, las de muchas aves colombianas que vienen a esas pequeñas porciones de naturaleza, aunque estén contaminadas o sitiadas por las construcciones, para empollar y alimentarse.

3. OBJETIVOS

Para la realización de este proyecto se partió de la siguiente hipótesis: La degradación física de los humedales es una consecuencia directa de la sobreurbanización y la mala planeación de las construcciones en el suroccidente de Bogotá. A partir de esta hipótesis se plantearon los objetivos del proyecto.

3.1 OBJETIVOS GENERALES

- Realizar un estudio de la degradación física de los humedales La Vaca, Techo y Burro para establecer su relación con las actividades humanas, especialmente la urbanización, y en qué sentido se vieron afectados todos los valores y funciones de estos ecosistemas ocasionando una pérdida a nivel ecológico, hidrológico y social para la ciudad.
- Proponer unos lineamientos ecológicos y paisajísticos para la gestión de estos humedales teniendo en cuenta su uso sostenible.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Hacer una revisión del estado social, ambiental y ecológico de los tres humedales de interés en este proyecto.
- Evaluar y analizar a través del tiempo la degradación física de los tres humedales de Bogotá ubicados en el suroccidente de la ciudad.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

- Realizar una fotointerpretación de los tres humedales a través del tiempo para establecer su grado de degradación.
- Proponer lineamientos ecológicos y paisajísticos para la gestión de los tres humedales teniendo en cuenta las prioridades establecidas por los acuerdos y convenios internacionales de los cuales se basa la PHDCB y los resultados obtenidos en los estudios de la dinámica de las coberturas en los humedales piloto.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Este proyecto se dividió en 4 fases; las dos primeras consistieron en la recolección de información relevante para el proyecto y en su revisión y análisis. Estas dos fases se realizaron en Tesis I con una duración de 4 meses. En Tesis II se realizaron las dos fases restantes, las cuales incluyeron el montaje de las fotografías aéreas para el estudio de degradación de los tres humedales, la propuesta de los lineamientos ecológicos y paisajísticos, el análisis de los resultados y la finalización del documento del proyecto (ver Cronograma de fases).

Tabla 1. Cronograma de fases.

		MESES							
		TESIS 1				TESIS 2			
		1	2	3	4	5	6	7	8
FASE I	Recopilación de información	■	■						
FASE II	Análisis de la información recolectada en la Fase I. Revisión del Estado del Arte.			■	■				
FASE III	Montaje digital de las fotografías aéreas para el estudio de degradación y análisis de resultados					■	■	■	
FASE IV	Propuesta de lineamientos ecológicos y paisajísticos para la gestión de los tres humedales								■

4.1 FASE I

Se realizó una recolección de información acerca de:

- Generalidades de los humedales a nivel físico, químico, biótico y socio-cultural y su importancia a nivel mundial, teniendo en cuenta los convenios y tratados internacionales que hacen parte de un programa para la conservación y uso sostenible de estos ecosistemas.
- Todo lo relevante a Humedales Urbanos, y su importancia para la ciudad.
- Se recopiló información ecológica y biológica de los humedales centrándose en los urbanos.
- Por último se realizó una recolección de la historia de Bogotá desde principio del siglo XX teniendo como base la expansión humana y la destrucción de hábitats naturales que fueron y son importantes para la ciudad. También se realizó una búsqueda de información acerca de humedales en general, humedales urbanos y se realizó una búsqueda exhaustiva de los humedales La Vaca, Techo y Burro, los cuales son los humedales pilotos en este proyecto.

4.2 FASE II

Consistió en el análisis de toda la información recolectada en la primera fase. Se realizó una minuciosa revisión del estado del arte del tema de los humedales a nivel internacional y nacional, centrándose en los humedales urbanos los cuales con de relevancia en este estudio. Se También se realizó en esta fase también se realizaron los contactos necesarios

para la exitosa realización de las fases posteriores, las cuales hacen parte de la segunda parte de este proyecto.

4.3 FASE III

El proceso empezó con la revisión de todas las fotos aéreas existentes en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de interés en este proyecto. Se escogieron las que más se acoplaban al objetivo propuesto y sobre estas se realizó el análisis. Se recopilaron fotos desde 1938 hasta 2004.

Se digitalizó todo el material para poder manipularlo más fácilmente y lograr establecer una dinámica a través del tiempo de los cambios de coberturas en los ecosistemas. En este caso se utilizó Adobe Photoshop 7.0, Power Point y Fireworks 2003 como herramientas gráficas. Posteriormente se comenzó con el levantamiento de cobertura terrestre, el cual es el examen de las clases de cobertura, de la forma como están siendo explotadas y de las clases que podrían ser útiles para el hombre.

El trabajo se centró en el cambio de área física de los tres humedales, y cómo esta se vio disminuida por actividades humanas, más específicamente por el urbanismo. El estudio se enfatizó en el cambio del tamaño del cuerpo de agua del humedal, se midieron las áreas en las aerofotografías en los diferentes años y a partir de esos datos se establecieron, niveles y porcentajes de pérdida de área; se elaboró una evaluación de las características prioritarias

de los humedales, y una clasificación de las posibilidades de un mejoramiento a través de recuperación del ecosistema. Cabe aclarar que para la realización de la medición de las áreas se tomó como tamaño original el área del año 1938, debido a que el material más antiguo encontrado fue el de esa época. Por otro lado se revisó un estudio realizado por la EAAB en 1998 (Plan de Manejo Ambiental de los humedales Torca, Guaymaral, Embalse de Córdoba, Capellanía, el Burro, Techo, la Vaca y Tibanica) y se tomó como base el tamaño de los cuerpos de agua medido en el año 1956. A partir de las mediciones hechas sobre las fotos y los datos registrados en este estudio se confirmaron las áreas y se obtuvieron los datos de las áreas en los otros años.

4.4 FASE IV

El proceso para la elaboración de los lineamientos se realizó a partir de la revisión de convenios internacionales como la Convención Ramsar (1971) y el Convenio de Diversidad Biológica (1992) y nacionales como la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia (PNHIC) (2002), la Política Nacional de Biodiversidad (1996), la Estrategia Nacional para Conservación de Aves (1999), la constitución ecológica (2003), el código de los recursos naturales (1974) y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) (1997).

5. AREA DE ESTUDIO

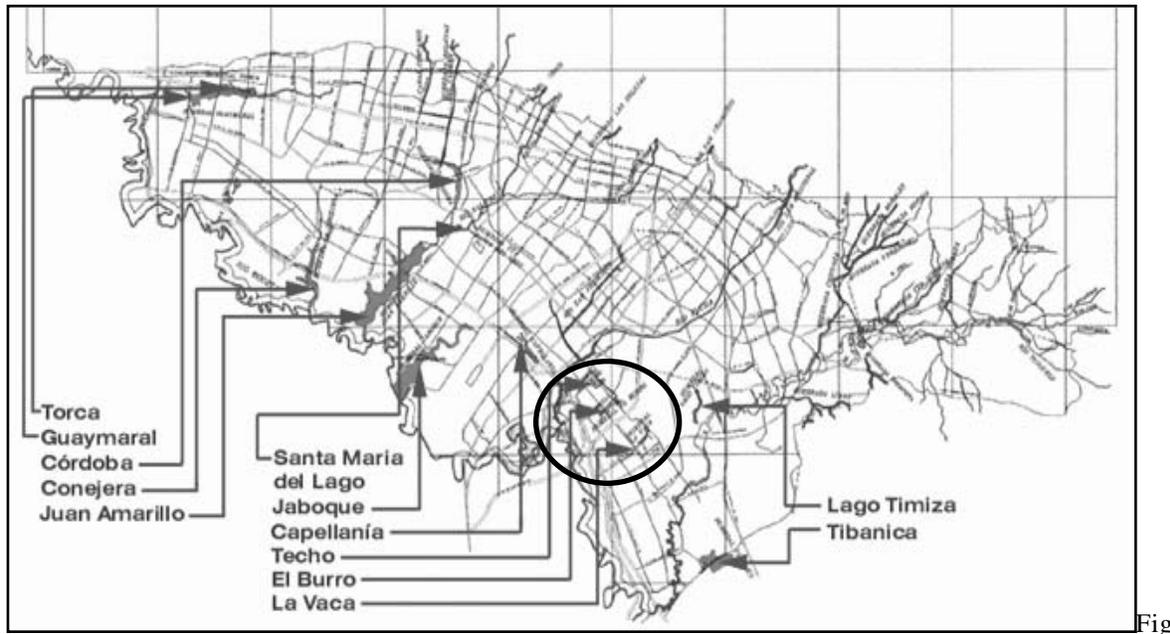


Figura 1. Mapa de los Humedales de Bogotá (DAMA; EAAB, 2000)

5.1 HUMEDAL LA VACA

Aspectos Geográficos: se encuentra ubicado al suroccidente de la ciudad, próximo a la planicie inundable del río Tunjuelito. Junto con los humedales de Tibanica, Techo y El Burro era parte de la Laguna del Tintal. La mayor parte de su extensión fue invadido por barrios de invasión, construcciones piratas y urbanización descontrolada. (CIC/EAAB, 2000). En la década de los setenta ocupó alrededor de 45 hectáreas quedando reducido a solo 8 hectáreas, en sus dos fracciones que se encuentran ampliamente separadas por zonas urbanas. Actualmente existen dos porciones mínimas de lo que era esta laguna hasta principios de la década de los años 80. Estas dos fracciones actualmente siguen sufriendo

gran deterioro, sin embargo su rehabilitación está contemplada dentro del programa de recuperación de humedales del Distrito Capital.



Figura 2. Foto del Humedal La Vaca. Escala 1:7600 (IGAC, 2004).

Aspectos Hidrológicos: hace parte de la cuenca el Tintal. Perteneció al sistema hidrológico de los ríos Fucha y Tunjuelo. En la actualidad recibe aportes de agua residual de los barrios vecinos; posee un canal de salida, el cual será incluido como laguna de amortiguamiento dentro del proyecto del Canal-Embalse Tintal II (CIC/EAAB, 2000).

Aspecto Social y Urbanos: la totalidad del área remanente de este ecosistema está pérdida bajo 4.748 viviendas de estratos socioeconómicos de estrato 1 y 2. En la década de los ochenta la presencia de los barrios subnormales se incrementaron y se consolidaron. En 1990 aumenta drásticamente el proceso de invasión, especialmente en las rondas,

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

llegándose a construir una buena proporción de los trece barrios actuales que cubrieron el humedal. (CIC/EAAB, 2000).

Las condiciones sanitarias del sector donde se encuentra es humedal está en pésimas condiciones, los problemas de salud son frecuentes; cuadros gripales, eruptivos alérgicos y diarreas en las poblaciones residentes. En el sector vecino a Corabastos los asentamientos ilegales están habitados por personas de estratos socioeconómicos muy bajos que tienen como medio de subsistencia las labores de reciclaje de basura, utilizando zorras y habitando en ranchos de lata y cartón. El humedal es un foco de inseguridad y los espacios de las rondas son aprovechados por la delincuencia para cometer en ellos toda clase de delitos.

Aspectos Bióticos y Ambientales: este humedal ha sido severamente deteriorado a nivel biótico y ambiental a causa de su destrucción casi total por la mala planificación urbana. Su actual diversidad faunística se reduce a unos pocos representantes de la rica fauna que lo caracterizó, siendo el que menor diversidad biológica conserva entre los humedales de la ciudad. Aun se puede encontrar algunas tinguas piquirrojas (*Gallinula chloropus*), que es una especie que tolera altos niveles de contaminación. Se han presentado malformaciones en algunos individuos y se han detectado sustancias químicas fijadas e a los tejidos musculares, que pueden estar causando elevadas mortalidades. El fragmento mas pequeño es ocasionalmente visitado por garzas del ganado (*Bubulcus ibis*) o por aves urbanas como copetones (*Zonotrichia capensis*) y tórtolas (*Zenaida auriculata*) (CIC/EAAB, 2003).

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

Con respecto a la vegetación presenta algunas herbáceas emergentes conformadas por botoncillo (*Bidens labeis*), barbasco (*Polygonum sp.*) y sombrilla de agua (*Hydrocotyle rannunculoides*). El resto del humedal se encuentra cubierto por pastizales de (*Pennisetum clandestinum*) (CIC/EAAB, 2003).

Actualmente y debido al fuerte impacto que recibió, su mayor potencialidad es de tipo cultural, teniendo un creciente interés entre las comunidades locales que no quieren dejar que el humedal muera y gracias a estas iniciativas podría funcionar como un importante centro de desarrollo de una nueva cultura ambiental en la localidad.(CIC/EAAB, 2003).

5.2 HUMEDAL DE TECHO

Aspectos Geográficos: se encuentra ubicado al suroccidente de la ciudad, en la localidad de Kennedy. Las vías de acceso con, al occidente la Avenida Ciudad de Cali, por el sur la Diagonal 10 y al oriente la Transversal 74. El área del limite legal es de 11ha, pero su extensión real se ha reducido a 2 ha, convirtiéndolo actualmente en uno de los más pequeños de la Sabana de Bogotá (CIC, EAAB, 2003).



Figura 3. Foto del Humedal de Techo. Escala 1:8100. (IGAC, 2004).

Aspectos Hidrológicos: hace parte de la cuenca central del antiguo lago del Tintal. Hoy en día este humedal es alimentado principalmente por aguas superficiales de escorrentía, además de aguas subterráneas y flujos ocasionales de desborde de aguas negras. (CIC/EAAB, 2000).

Aspecto Social y Urbanos: la urbanización de Lagos de Castilla fue construida en el interior mismo del humedal y es habitado por familias pertenecientes al estrato socioeconómico 2.

Aspectos Bióticos y Ambientales: a pesar de su gran deterioro, el humedal sostiene una considerable riqueza de aves; según registros recientes 28 especies lo habitan, entre ellas subespecies endémicas de estos ecosistemas y es además sitio de paso de aves migratorias neárticas y refugio de mamíferos, reptiles y anfibios. Aún se pueden observar poblaciones de curies (*Cavia anolaime*) y en su cuerpo de agua y riberas se ha registrado la tingua azul (*Pophyrula martinica*), la lechuza (*Tylo alba*), buho orejicorto bogotano (*Assio flameus*), gavián maromero (*Elanus leucurus*), chorlos playeros (*Tringa solitaria*, *T. flavipes* y *T. melanoleuca*), y migratorias no acuáticas como bobitos (*Coccyzus americanus*), el cerrojillo (*Dendroica fusca*) y vireos (*Vireo* sp.) (CIC/EAAB, 2003).

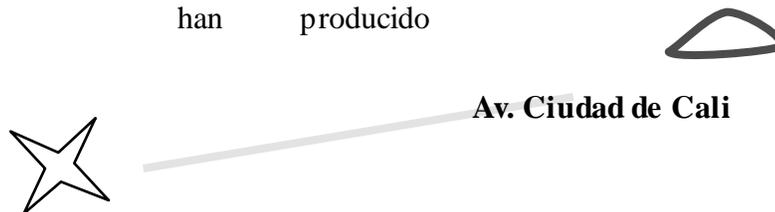
5.3 HUMEDAL DEL BURRO

Aspectos Geográficos: ubicado en el suroccidente de Bogotá, las vías de acceso son la Avenida Ciudad de Cali y la diagonal 7ª. Está rodeado por barrios como El Castillo, monterrey, Condado de Castilla, entre otros. Ocupa 26 ha, siete de las cuales corresponden al humedal y se encuentra fragmentado en dos porciones desiguales por la Av. Ciudad de Cali. (CIC, EAAB, 2003).



Figura 4. Foto del Humedal de Burro. Escala 1:7600. (IGAC, 2004).

Aspectos Hidrológicos: este humedal pertenece a la cuenca del río Fuque. Este humedal contribuye a disminuir el impacto de las crecientes invernales del sector de Kennedy. Sin embargo en los periodos más lluviosos su capacidad es sobrepasada hasta el punto de que se han producido reboses en la Av Ciudad de Cali.



Aspecto Social y Urbanos: los predios urbanizados de los alrededores son fundamentalmente residenciales y de propiedad horizontal. Las comunidades residentes pertenecen a dos grupos socioeconómicos y culturales muy diferentes: el primer grupo, habitantes de barrios legales, con una población de estrato 3, condiciones económicas estables y un buen nivel cultural. El segundo grupo pertenece al estrato 1 y 2 y ocupa barrios en proceso de legalización, su nivel cultural es medio a bajo y poseen unas condiciones económicas deficientes. Para el primero grupo, el humedal es una reserva natural que desean recuperar como espacio verde del sector, por lo que están dispuestos a trabajar para conservarlo. En contraposición, el segundo grupo ve en el humedal una amenaza a su necesidad de vivienda (CIC, EAAB, 2003)

Aspectos Bióticos y Ambientales: hay registradas 32 especies de aves y los pocos mamíferos que se veían eran curies (*Cavia anolaima*) los cuales ya fueron erradicados del ecosistema. La herpetofauna del humedal ha desaparecido. En una angosta franja que mantiene un buen espejo de agua periódicamente en el año 1998 se registraron patos

barraquetes (*Anas discors*), y grupo de chorlos playeros (*Tringa solitaria*, *T. flavipes*), y en los juncales se registró la presencia de monjitas (*Agelaius icterocephalus bogotensis*), caicas (*Gallinago nobilis*) y tinglas piquirrojas (*Gallinula Chloropus*) (CIC/EAAB, 2003) (CIC, EAAB, 2003).

6. MARCO TEORICO

6.1 GENERALIDADES DE HUMEDALES

Humedales

Los humedales son ecosistemas de gran importancia a nivel mundial, y eso se puede corroborar ya que es el único ecosistema individual que tiene un convenio de peso internacional para su conservación, el Convenio Internacional de Ramsar. Este convenio fue realizado en 1971 en Irán por la alarmante desaparición de miles de hectáreas de humedal en todo el mundo y el consecuente peligro de extinción de las especies que los habitan (DAMA, 2000). Este acuerdo internacional es el único de los modernos convenios en materia de medio ambiente que se centra en un ecosistema específico. Basado en este convenio, un humedal es “Un ecosistema intermedio entre el medio acuático y el terrestre, con porciones húmedas, semihúmedas y secas, caracterizado por la presencia de flora y fauna muy singular”.

Los humedales proporcionan recursos de gran importancia para la sociedad. Por tal motivo, su manejo implica la necesidad de desarrollar su uso racional o uso sostenible. Este concepto ha sido definido como "la utilización sostenible que otorga beneficios a la humanidad de una manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema"(www.medioambiente.gov.ar/faq/humedales).

6.2 HUMEDALES URBANOS

Los humedales de las ciudades, por estar rodeados de urbanizaciones tienen una gran desventaja, debido a la presión que ejerce el entorno urbano sobre ellos. Eso dificulta en gran parte el proceso de rehabilitación y los aleja de lo que es en sí una recuperación ideal de estos ecosistemas, la cual es acercarse lo que más se pueda al estado original de lo que se conoce como un humedal natural.

Dentro de las diversas funciones que tienen los humedales, especialmente en las ciudades están: las físicas, químicas, bióticas y socio-culturales. A nivel físico, los humedales se pueden considerar como las zonas de inundación encargadas de amortiguar las crecientes pluviales y fluviales, recargar los acuíferos del suelo y estabilizar los microclimas por el aumento de la evapotranspiración local. En cuanto a las funciones químicas, se consideran espacios reguladores que determinan un papel esencial en los ciclos de nutrientes en los ecosistemas. Para la parte biótica, sirven de sitios de nidificación y fuente de alimento y

percha para aves endémicas y sitio de paso de aves migratorias. También albergan y mantienen gran parte de la diversidad biótica de las ciudades. En consecuencia, los humedales son centros de gran diversidad de formas de vida y el lugar de cría de muchas especies de aves, mamíferos, anfibios y peces. Por último su función socio-cultural es de vital importancia ya que genera un aporte de apropiación y creación de identidad, además de brindar un espacio para la recreación pasiva, la investigación científica y la educación ambiental (Calvachi, 2004; Vargas, 2004).

Los humedales urbanos y las especies que los habitan se ven afectados negativamente por el depósito de escombros, la iluminación artificial, el tránsito indiscriminado de personas, los depredadores domésticos, los vertimientos y la invasión de especies exóticas. Hay que tener en cuenta que mientras mayor sea el efecto negativo de los sistemas urbanos, las funciones y valores de ellos disminuyen, en especial la viabilidad de la biodiversidad que albergan (Andrade; 2003).

Se puede establecer que el problema actual que tiene la recuperación de humedales en el altiplano Cundiboyacense, se centra en cómo elevar el nivel del agua a una altura más cercana a la original, y cómo lograr mejorar la calidad de agua, la extensión ocupada por el espejo de agua y como protegerlos de la contaminación, de la ganadería y agricultura (Van der Hammen, 2003).

6.3 RESTAURACIONES ECOLÓGICAS

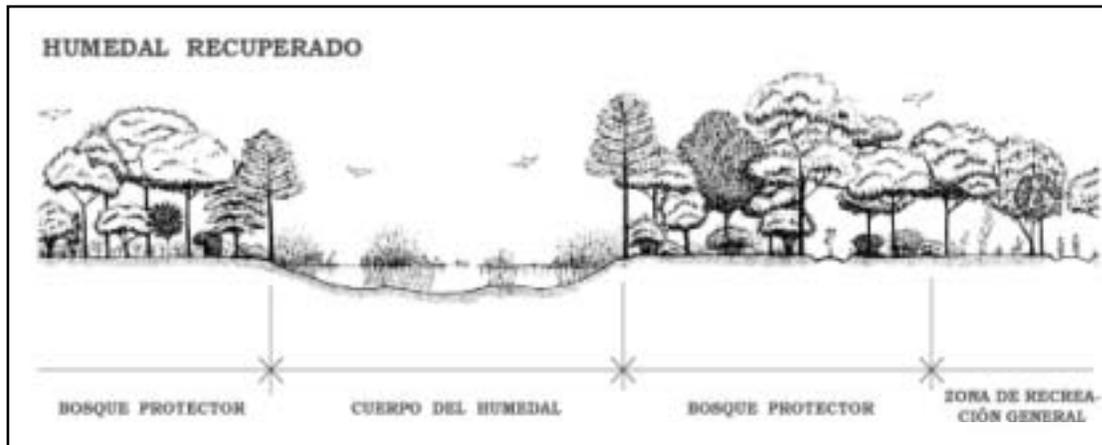
Para la aplicación de cualquier estrategia de recuperación de un humedal, se debe tener en cuenta la época, zonas y forma de aplicación, de modo que cause el menor impacto posible sobre la fauna del humedal, con especial atención a las especies endémicas, gran parte de las cuales son aves acuáticas. Una restauración ideal como se muestra en la Figura 5 deberá buscar siempre la recuperación y estructura de la biodiversidad en todo su conjunto (DAMA, 2000; Calvachi, 2003; Van der Hammen, 2003).

La restauración ecológica se define como “la recuperación de los servicios ambientales de los ecosistemas perdidos o degradados por causas naturales o antrópicas y puede o no alcanzar el total de la biodiversidad original” (Cavelier, 1998). Esta restauración intenta dirigir al sistema para que el cambio de las comunidades a lo largo del tiempo, permita la recuperación de la composición de las especies, así como sus interrelaciones, hasta conseguir que funcionen en un tiempo corto de manera parecida a la comunidad original.

La restauración ecológica desempeña un papel importante no solamente como técnica de recuperación de comunidades naturales, sino como un método de investigación básico en ecología. Para poder reparar algo es necesario conocer y estudiar cada una de las partes y su mecanismo de funcionamiento también. Si la recuperación es exitosa, es capaz de acelerar un proceso sucesional en un tiempo relativamente corto comparado con otros eventos en el que no se haya llevado a cabo ninguna manipulación (Vargas, 2004).

La recuperación ecológica debe tener en cuenta aspectos importantes como la autosostenibilidad, la cual es vital ya que es necesario que el ecosistema pueda mantenerse sin ayuda del hombre para que pueda contribuir con cambios naturales vitales para la evolución del ecosistema. Hay que conocer las especies que invaden el ecosistema, debido a que estas podrían ser competitivas y desplazar especies claves dentro del proceso de sucesión natural. En general, las comunidades naturales son más susceptibles a la invasión por especies no originales. Por otro lado una comunidad restaurada debe ser tan productiva como la original. De igual forma deben perder la menor cantidad posible de nutrientes ya que las comunidades son sistemas abiertos con un flujo de nutrientes continuo, y si este no es sostenible las comunidades se podrían ver amenazadas. Por último debe haber una interacción biótica estable, ya que el ensamblaje de los organismos en una comunidad es muy importante en una restauración y las especies claves son fundamentales para alcanzar un excelente resultado (Romero, 2002).

Para la elaboración de una restauración ecológica exitosa, hay que tener en cuenta y entender a cabalidad los procesos ecológicos que existen en los ecosistemas que van a ser blanco del proceso. La problemática ecológica que se vive en muchos ecosistemas a nivel mundial (entre ellos la problemática de los 3 humedales de interés en este proyecto) pretende manejar un proceso ecológico en situaciones naturales y se caracteriza por la presencia de variables no controladas en su mayor parte. Un ejemplo de esta problemática es el restablecimiento de comunidades destruidas o deterioradas parcial o totalmente.



Figur

a 5. Recuperación ideal de un Humedal

6.3.1 MODELOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Generalidades

En diferentes partes del mundo se han realizado diferentes esfuerzos para restaurar ecosistemas que por una u otra razón se han visto deteriorados o destruidos. En muchos de estos modelos se han tomado en cuenta la diversidad biológica como indicador de recuperación.

Brussaard *et al*, (1996) estudiaron la restauración de campos de cultivo donde fueron aplicados fertilizantes químicos durante su manejo. Por medio de los cambios en la diversidad biológica del suelo (bacterias, protozoarios, hongos, nematodos y coleópteros) y de los diferentes estados sucesionales de la vegetación, se evaluó el proceso de restauración de estos sitios. Se observó que la diversidad biológica aumenta tanto en el suelo como en la

superficie, al dejar de aplicarse fertilizantes durante un periodo aproximado de entre 10 a 15 años.

Holland, Risser y Naiman (1991) estudiaron la importancia de los ecotonos en el manejo y restauración de los ecosistemas caracterizando su importancia por su alta biodiversidad. Otros estudios evaluaron la restauración de un ecosistema o una comunidad con base en la recuperación de su biodiversidad (Jordan III, 1997). Roelofs *et al*, (1996) y Beltman *et al* (1994). Estudiaron en Holanda la recuperación de humedales y pastizales que fueron afectados por actividades agrícolas en el pasado y actualmente por la lluvia ácida. La introducción de ciertas especies claves, la manipulación de las características químicas del suelo y el agua, por ejemplo del pH, la remoción de especies invasoras y el manejo de la filtración del agua de lluvia, permitieron el establecimiento de especies nativas de este tipo de ecosistemas, aumentando su riqueza específica.

Estudios en humedales españoles indican que las alteraciones que más afectan a humedales y ambientes acuáticos son: la agricultura, el desarrollo urbanístico asociado a recreación, vivienda, industria e infraestructura. Datos concretos de los humedales considerados en el Inventario de la Dirección general de Obras Hidráulicas, confirman que una cuarta parte de estos humedales están rodeados de cultivos, mientras que dos de cada diez se encuentran cultivados, ya sea parcial (10%) o totalmente (100%). Por otro lado, la cubierta vegetal se encuentra alterada en uno de cada seis humedales (17.3%), mientras que los vertidos de escombros y residuos sólidos afectan a uno de cada siete (14.4%), y uno de cada ocho

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

sitios están sometidos a un exceso de uso recreativo (13.4%) o han sido drenados. Una décima parte de los incluidos en el inventario han sufrido algún tipo de regulación hídrica y el 9% de los casos, el acuífero vinculado al humedal sobreexplotado. Un humedal entre doce (8.4%) ha sido represado (sobre todo lagos de montaña) y uno de cada trece reciben vertidos líquidos procedentes de zonas urbanas (7.5%) o están sometidos a presión de pastoreo (7.4%) (www.ecologistasenaccion.org/accion/humedales/humedales2.pdf).

Humedales de Doñana y Texcoco

En abril de 1998 en Doñana, al sur de España, ocurrió un derramamiento de la laguna de tratamiento de desechos de mineral procesado que contaminó 5 millones de m³ del Río Guadiamar. Esta catástrofe causó un daño enorme a todos los humedales que hacen parte de Doñana, los cuales llevaban 80 años de ser explotados por pueblos, ciudades circundantes y prácticas agrícolas inadecuadas. La WWF una prestigiosa organización ambientalista, con la ayuda de cientos de voluntarios se pusieron en la labor de restaurar totalmente estos humedales (Snape, 2001).

Los humedales de Doñana son uno de los refugios más importantes para miles de aves de todo tipo; Más de 50.000 pavos, 100.000 gansos, y 20.000 flamencos hibernan en este lugar todos los años, también es hábitat de las 2 especies más amenazadas del mundo, el lince

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

ibérico y el águila imperial española. El Corredor verde y Doñana 2005, son 2 grandes programas de restauración que en este momento se llevan a cabo, siendo el primero un proyecto de gran envergadura a nivel mundial. El propósito de este proyecto es convertir el Corredor en un refugio seguro para las aves, los animales y las personas. En el 2002 miles de flamencos, garzas, golondrinas de mar y gaviotas volaron de regreso a Doñana donde pasaron el invierno. Estos datos confirman que la restauración esta siendo un éxito y que está cumpliendo con las expectativas que se tenía (Snape, 2001).

En México, debido a la desecación del Lago de Texcoco, las poblaciones de aves acuáticas disminuyeron, gracias a la restauración en los últimos 30 años las aves han regresado al área. La restauración del exTexcoco es un proyecto exitoso en el cual se han invertido 30 años de trabajo ecológico. La degradación del Lago redujo el número de muchas especies de aves nativas, sin embargo entre los indicadores que se tienen de la recuperación están sucesos como el regreso de cientos de especies migratorias. La diversidad de aves registrada hasta el momento es de 134, de las cuales 74 son acuáticas. En las áreas con vegetación acuática se observan nidos de *Fulica americana*, *Gallinula chloropus* y *Podiceps nigricollis*; las poblaciones de patos que se reproducen en la zona son los patos canadienses (*Anas discors*), cercetas de alas café (*Anas cyanoptera*), el pato turrio (*Oxyura jamaicensis*) y el pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*).
(<http://mx.geocities.com/protexococo/html>).

6.4 PRINCIPIOS ECOLOGICOS APLICADOS A HUMEDALES URBANOS

Una de las principales causas que producen cambios en el hábitat a escala mundial son las actividades tecnológicas y urbanas del ser humano. Estas actividades incluyen: pérdida directa de hábitats específicos, fragmentación de hábitats, introducción de especies exóticas, cambios indirectos en hábitats, dispersión de enfermedades y sobreexplotación de especies para uso humano. (Meffe, 1997). Los humedales bogotanos están afectados principalmente por las tres primeras, por la cual se da mayor relevancia a estos aspectos.

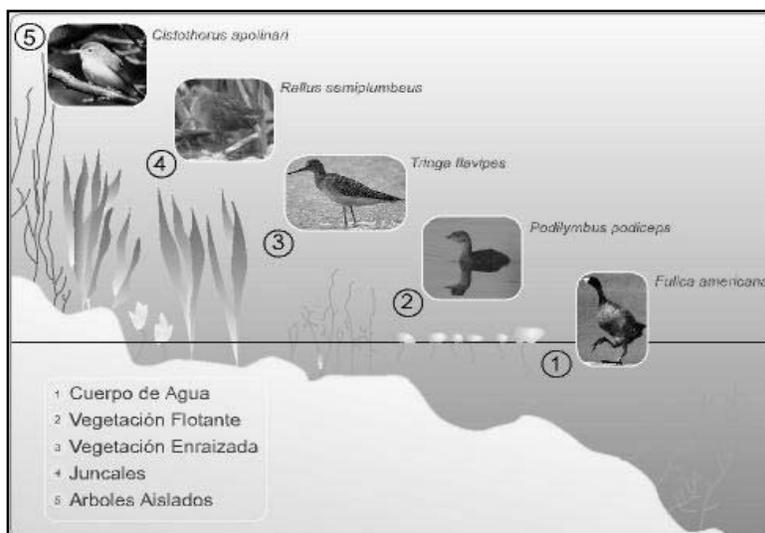


Figura 6. Vegetación y avifauna típica de Humedal Urbano.

6.4.1 FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

Según (Meffe, 1997) esta comprende de dos componentes:

1. La reducción de la cantidad total de un tipo de hábitat en un paisaje.
2. La parcelación del hábitat remanente en parches pequeños y aislados

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

La parcelación del hábitat en pequeños parches fue lo que ocurrió en los Humedales de la Sabana de Bogotá. En su estado original, estos humedales conformaban estructuras dinámicas y redes interconectadas entre sí. Con la transformación humana, este sistema de humedales quedó fragmentado formando enclaves relativamente aislados por aguas contaminadas, carreteras, urbanizaciones, entre otros, los cuales limitan el tipo de especies que pueden sobrevivir y colonizar las áreas disponibles (Andrade, 2004; Van der Hammen, 2003).

En el humedal de Hayuelos, en medio de la ciudad, creado hacia 1990, se vio poblado por especies de aves acuáticas con gran capacidad de dispersión como la Tingua azul (*Porphyrio martinica*), Tingua de pico rojo (*Gallinula chloropus*) y otras migratorias norteamericanas. Mientras que la presencia de especies como el curí en otros humedales se ve limitada a poblaciones en escasos sitios, debido a que su dispersión por la matriz urbana es casi imposible (Andrade, 2004).

Los tres humedales de importancia para este proyecto son ecosistemas que hacían parte de un Sistema de humedales, pero a causa de procesos de urbanización y otros mencionados anteriormente, han sufrido fragmentación y con esta la significancia ecológica que trae este cambio en el hábitat, como la disminución de especies de difícil dispersión, especies claves, endémicas y migratorias.

Un paisaje natural tiene una estructura de parches rica, mientras que un paisaje fragmentado como lo son estos humedales, tiene parches simplificados como potreros, áreas construidas, vías, fábricas y áreas taladas, entre otras. Esto hace que la vegetación y fauna original de estos ecosistemas se vea afectada y dé cabida a la invasión de otras especies las cuales pueden ser competencia para las nativas o por su plasticidad y capacidad de colonización, llegando incluso a reemplazarlas, causando en caso extremo, la extinción de algunas especies nativas (ver especies invasoras, página 29) (Andrade, 1992). Un paisaje natural tiene menos contraste entre parches adyacentes que un paisaje fragmentado y por lo tanto efectos de borde menos intensos, los cuales son zonas de influencia cuyo ancho varía dependiendo de lo que se esté considerando (Meffe, 2004). Por esa razón la fragmentación es un problema prioritario en el caso de manejo de humedales urbanos.

La fragmentación puede incrementar la riqueza de especies, pero a menudo favorece a las especies oportunistas, por esa razón, hay que tener en cuenta que hay grupos de aves más sensibles que otras, un ejemplo que ilustra la afirmación es el chamón (*Molothrus bonariensis*), el cual puede llegar a parasitar nidos de aves como los de la monjita (*Agelaius icterocephalus*) y los del cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinari*), las cuales son aves endémicas de los humedales del altiplano cundiboyacense. También poblaciones silvestres como las comadrejas en algunos casos pueden aumentar y afectar a las aves amenazadas (Andrade, 2004).

Las especies con riesgo de extinción no se encuentran homogéneamente distribuidas en el espacio, sino que ocupan parches o subpoblaciones, relacionadas entre sí por flujo genético. La dispersión se produce desde hábitats “fuentes” hacia hábitats “sumideros”, teniendo como características estos últimos, la incapacidad de mantener poblaciones por largos períodos de tiempo. Esta estructura espacio-temporal de las especies es lo que se cataloga como “meta-poblaciones”. El equilibrio entre parches fuentes y sumideros determina la capacidad de una meta-población para sobrevivir en el mosaico del paisaje. Estos fenómenos son de gran importancia en los humedales de la región que presentan un agudo proceso de fragmentación, un ejemplo de ellos es la población de la polla de agua de Bogotá (*Rallus semiplumbeus*) del Humedal de La Conejera que ha sido considerada fuente, mientras que otros humedales para esta especie son sumidero. La situación varía de acuerdo con la disponibilidad de hábitat óptimo para cada especie de cada uno de ellos (Andrade, 2004; Meffe, 1997).

6.4.2 PÉRDIDA DE HÁBITAT

La pérdida de hábitat es la principal causa de disminución de biodiversidad a nivel mundial. En humedales y ecosistemas similares se debe a causas múltiples y complejas, las cuales tienen que ver directa o indirectamente con el crecimiento agrícola, la ganadería y los procesos de urbanización. En la Sabana de Bogotá, los humedales eran muy extensos y estaban interconectados entre sí, pero estos se han visto afectados por la construcción de urbanizaciones, carreteras y diferentes barreras que han erradicado cientos de hectáreas de

estos ecosistemas (Meffe, 1997; Andrade, 2004). El uso de agua subterránea ha bajado el nivel freático y ha acelerado su degradación y en la ciudad de Bogotá gran parte de los humedales han sido rellenados para dar lugar a la expansión urbanística y la consecuente utilización como depósitos de aguas servidas (Andrade, 2004).

El Humedal La Conejera fue seccionado hacia 1949 con jarillones y perdió una gran parte de terreno. Cuando fue creada la Fundación La Conejera para su protección, se encontraba en pleno proceso de relleno por parte de urbanizadores (Fundación Humedal La Conejera, 2001). Otros casos relevantes de pérdida de hábitat de ecosistemas altoandinos pueden ayudar a ilustrar la preocupación que hoy se tiene debido a este fenómeno. La Laguna de Cucunubá, perdió más del 50% del área total del cuerpo de agua. La Laguna de Suesca, está en riesgo de desaparecer debido al mal manejo de su cuenca y al uso no controlado de sus aguas. La superficie de los humedales remanentes en el Valle de Tundama no se tiene estimada, pero prácticamente en este momento no queda ninguno significativo.; una excepción a los resultados que puede traer la pérdida de hábitat es lo ocurrido en el Lago de Tota que a pesar de los graves problemas de contaminación que tiene, sigue siendo el lago en mejor estado de la región, con importantes extensiones de pantanos y hábitats acuáticos, aunque su fauna se encuentra disminuida por la caza excesiva y la introducción de especies exóticas invasoras (Andrade, 2004)

6.4.3 BIOINVASIONES

Ésta es una de las razones frecuentes que explican la desaparición de especies y el cambio de ambiente natural. La introducción de variedades faunísticas o florísticas de una zona a otra pueden generar importantes procesos de desequilibrio y deterioro. Entre estos procesos ocupa un importante sitio el contagio de cierto tipo de enfermedades, que son introducidas por las nuevas especies y que afectan drásticamente a las poblaciones naturales. Estas especies se introducen en ecosistemas de los que no son autóctonos, poniendo en peligro la supervivencia de las especies originarias, que al no haber evolucionado en compañía de las foráneas, no poseen defensas efectivas contra éstas (Andrade, 2004).

Según (Renjifo, 1999), en su estudio “Los cambios en la composición de la avifauna Subandina después de una fragmentación de largo plazo en bosque”, al menos 23 especies de aves de zonas abiertas colonizaron la región desde las tierras bajas luego de la deforestación, lo cual indica que las especies invasoras se pueden ver beneficiadas por la fragmentación del hábitat, lo cual causa en la mayoría de los casos el desplazamiento de especies endémicas y nativas. También se puede establecer que la disminución de algunas especies se relaciona con la drástica reducción de hábitats originales tales como bosques y humedales, mientras que especies de lugares abiertos se ven beneficiadas y muchas invaden los lugares dejados por las especies originales. En Colombia, el cambio en la distribución de especies de bosque ha incrementado notablemente, mientras las poblaciones de aves de lugares abiertos y perturbados han aumentado a causa de la deforestación (Álvarez & Kattan, 1995; Hilty, 1985)

Con el desarrollo humano en las grandes ciudades, muchas especies oportunistas han aprovechado condiciones excelentes para proliferar. Las especies y variedades son introducidas a nuevos ecosistemas a partir de casi todas las actividades y comportamientos humanos: algunas son la colonización, la expansión de la frontera agrícola, el turismo, el transporte de mascotas, la construcción de carreteras y la extracción de madera entre otras. El impacto negativo de estas inserciones es casi siempre la pérdida de biodiversidad y todas sus secuelas (pobreza y aumento de la inmigración a las grandes ciudades, entre otras) (Wilson, 1994).

Un ejemplo del problema que causa la bioinvasión es la pérdida de riqueza de especies de peces nativos por la introducción de especies exóticas como la Trucha (*Onchorhynchus mykiss*), la Carpa (*Cyprinus carpio specularis*), varias especies de Tilapias (*Oreochromis spp.*), Guramis (*Trichogaster spp.*); así como también de especies trasplantadas de otras regiones del país como el Tucunaré (*Cichla orinocensis*), la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*), la mojarra azul (*Aequidens pulcher*), el yamú (*Brycon siebenthalae*), y las cachamas (*Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*), constituye otra amenaza para la conservación en los ecosistemas andinos de agua dulce que aún no ha sido evaluado (Usama, 2003).

En los humedales del altiplano cundiboyacense se han producido numerosas introducciones, unas veces accidentales y otras deliberadas; y también se presenta el fenómeno de las especies invasoras que afectan las aves terrestres y acuáticas endémicas de

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

los humedales como: tortola (*Zenaida auriculata*), Sirirí (*Tyrannus melancholicus*), Cucarachero (*Troglodytes aedon*), Chamón (*Molothrus bonariensis*), copetón (*Zonotrichia capensis*) y chulo (*Coragyps atratus*). También hay mamíferos invasores que son una amenaza de uno u otra forma para las aves de humedales, estos son: perros y gatos domésticos, caballos, vacas y ratones (Meffe, 1997; Calvachi, 2004).

Las bioinvasiones de especies domésticas como el perro y el gato, son uno de los problemas más comunes en los humedales urbanos. En los humedales de La Conejera y Juan Amarillo, los perros y gatos cazan a diferentes especies de aves e invaden el territorio de otras especies que habitan en estos humedales como los curies. (Andrade, 2004). En el humedal de Santa María del Lago, el problema de estas invasiones, ha sido controlado ampliamente ya que se cercó todo el humedal impidiendo de esa forma la entrada de estos animales favoreciéndose a las poblaciones de aves acuáticas (Conservación Internacional /EAAB. 2000).

Una de las invasiones que se ha vuelto problema en los humedales bogotanos, es el caso de la elodea y el buchón de las zonas bajas (*Eichornia crassipes*), las cuales presentan grandes problemas en lugares como la Laguna de Fúquene. En el humedal de Córdoba, en medio de la ciudad hay algunos sectores invadidos de papiros y cartuchos africanos (Andrade, 2004). Con respecto a la vegetación del bosque ripario se han introducido especies exóticas y en humedales como La Conejera se encuentran: acacias (*Acacia* spp.), sauco (*Sambucus peruviana*), eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y cipreses (*Cupressus* sp.).

Las invasiones en estos humedales pueden producir un aumento local en la biodiversidad. El problema consiste en que los organismos introducidos eventualmente establecen poblaciones que compiten y desplazan la fauna y flora original, produciendo pérdida de poblaciones endémicas y extinciones, como lo que está pasando con la Tingua bogotana (*Rallus semiplumbeus*), la monjita (*Agelaius icterocephalus*), el pato colorado (*Oxyura jamaicensis andina*), la Tingua moteada (*Gallinula melanops bogotensis*) y la focha americana (*Fulica americana columbiana*), las cuales se consideran en vía de extinción o como especies amenazadas el resto (ABO, 2000; Andrade, 2004; Meffe, 1997). En los anexos se encontrarán fotos de algunas de las especies de aves más importantes en los humedales bogotanos

Las especies claves son de gran importancia a nivel local, ya que estas pueden indicar en qué estado se encuentra el hábitat donde ellas se encuentran. Por esta razón se deben tener acciones más dirigidas a mejorar las poblaciones de fauna existentes, mediante la protección de componentes clave de su hábitat, como lugares de nidación o sitios de descanso o alimentación. Los cerramientos son necesarios para el control de los animales domésticos depredadores los cuales son una amenaza para muchas de las especies claves que habitan los diferentes humedales de la ciudad (Benitez, 2001).

6.5 BOGOTÁ A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

Bogotá en el año 1797 tenía un área urbana de aproximadamente 203 hectáreas, la cual fue incrementándose hasta llegar a superar las 300 hectáreas en 1905. La población pasó de 21.394 habitantes en 1801 a 100.000 en 1905, es decir, cinco veces más (Fundación Misión Colombia, 1989).

Para 1910 Chapinero se había consolidado, contando con colegios, escuelas y otros servicios comunitarios, como la vía del tranvía. Por otro lado la ciudad central se extendía de la calle primera hasta la fábrica de cerveza Bavaria en el sector de San Diego. Debido al incremento demográfico y la expansión urbana fue necesario ampliar la red de alcantarillado de la ciudad, y se pensó por primera vez en tratar con cloro el agua distribuida por el acueducto, que en 1914 fue adquirido por el Municipio, debido a los problemas de salud pública del área central que en las primeras décadas del siglo XX colocaba a la ciudad en una situación cercana al colapso sanitario (Giraldo, 1989; EAAB, 1984).

Hacia 1914 Bogotá sufrió una larga sequía que redujo el nivel de lagos y humedales, afectando a la población que utilizaba sus aguas para uso doméstico o agropecuario, y afectando la flora y la fauna de estos ecosistemas. Por otro lado el aumento desmesurada de habitantes a la capital generó la aparición de barrios periféricos e incrementó la demanda de servicios públicos (EAAB, 1984).

La primera planta de tratamiento de aguas del país fue la de Vitelma, construida entre 1933 y 1938 en los cerros Orientales de Bogotá. La puesta en funcionamiento de la planta de Vitelma y la represa de la Regadera que la alimentaba, fue un avance importante en la cobertura y la calidad del servicio. Sin embargo, para la cuarta década del siglo XX la ciudad seguía sufriendo por falta de agua, por lo que en 1948 se recurrió al río Bogotá como fuente de abastecimiento, y se construyó la planta de Tibitó (DAMA, 2000).

Los lagos y humedales por su parte, continuaban suministrando el agua para las haciendas que se encontraban en su área de influencia, pero recibían a cambio sus aguas residuales y las de la ciudad. Se puede decir que los humedales, desde la época de la Colonia, además de proveer a los pobladores de sus inmediaciones de caza y pesca, prestaron a la ciudad el servicio de recolección de desechos sólidos, líquidos e industriales, actuando como grandes estanques o plantas naturales de tratamiento de agua, pese a que, al cumplir esas labores perdían lentamente la riqueza de su flora y fauna.

6.5.1 LA EXPANSIÓN URBANA

Durante las primeras décadas del siglo XX surgieron dos polos de desarrollo urbano, uno fue el del Norte donde se fue la gente acomodada, y el otro fue al Sur donde empezaron a surgir barrios espontáneos conformados por inmigrantes de distintas regiones del país, barrios como san Francisco, Villa Javier, Policarpa o el Veinte de Julio. Las viviendas fueron autoconstruidas por sus propios dueños, con carencia de servicios públicos o vías de

acceso. La ciudad vivía un crecimiento urbano explosivo, con un patrón de expansión altamente desordenado.

La actividad constructora iniciada en las primeras décadas del siglo XX no fue suficiente para la demanda de vivienda. Entre 1918 y 1928 los arriendos subieron en un 350%. Según los datos de 1928, los 135.702 habitantes de la ciudad requerían 29.963 casas (tomando como base una casa por cada ocho personas) pero solo había 17.767, lo que arrojaba un déficit de 11.969 viviendas (Misión Siglo XX, 1991).

6.5.2 FRAGMENTACIÓN DE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ

En la década de los treinta se construyó el Aeródromo de Techo y años más tarde la Avenida de las Américas, obras que estimularon el desarrollo urbano hacia el occidente y que quizá fueron las primeras en afectar los humedales ya que fraccionaron la laguna Tintal en cuerpos de agua más reducidos, formando los actuales humedales de Tibanica, La Vaca, El Burro y Techo. Esta fragmentación no solo afectó la parte física, sino que modificó el funcionamiento normal del sistema hídrico de la zona, afectando la flora y fauna natural.

Por la década de los cincuenta en Bogotá no solo se construían barrios de carácter espontáneo; al problema de la vivienda también le daban respuesta entidades como el Instituto de Crédito Territorial, que en 1949 inauguró el barrio Los Alcázares en cercanías de la actual calle 72, modelo de vivienda para la clase media de la época. De igual forma se

recurrió a las soluciones en altura, como el Centro urbano Antonia Nariño, construido por una firma particular en 1952, siguiendo los principios urbanísticos promulgados mundialmente por el arquitecto suizo Le Corbusier.

El crecimiento de la ciudad exigió el trazado de nuevas vías, como la Autopista Norte, construida en 1952, obra de vital importancia para la ciudad, pero que afectó otro de los grandes lagos de la ciudad, dividiéndolo en los actuales humedales de Guaymaral y Torca (ver Foto 7). De igual forma, la construcción del Aeropuerto y la Avenida EL Dorado, obras concluidas en 1958, afectaron la laguna que ocupaba esa área, fragmentándola en los humedales de Jaboque y Capellanía (DAMA, 2000).



Figura 7. Foto Humedal Torca-Guaymaral fraccionada por la Autopista Norte. (DAMA, 2000)

En 1961 la construcción de la Ciudad Techo, hoy Kennedy, generó otro polo de desarrollo que pronto creó una serie de barrios periféricos de origen espontáneo, todos ellos construidos sobre la ronda y el sector (por lo que soportaban los desbordamientos del río Bogotá en tiempo lluvioso), y de los que sólo subsisten los pequeños humedales de Techo,

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

el Burro y La Vaca; (ver Foto 8 y 9 donde se observan las dos fracciones en que quedó dividido el humedal La Vaca) (DAMA, 2000).



Figura 8. Foto sector A del Humedal La Vaca (DAMA, 2003)



Figura 9. Foto sector B del Humedal La Vaca (DAMA, 2003)

En 1987 se inició el proyecto Ciudad Salitre. Su columna vertebral es la Avenida La Esperanza que vincula a la urbanización con Fontibón y con el centro de la ciudad. La construcción de la Avenida afectó una laguna que para entonces abarcaba una extensa área (remanente del gran lago afectado años antes por la Avenida El Dorado) y de la que hoy sólo sobrevive el humedal de Capellanía (DAMA, 2000).

Al otro extremo de la ciudad, por la década del noventa Suba vivió un fuerte desarrollo urbano. En algunos casos los barrios siguieron normas urbanísticas, pero en muchos otros, los barrios invadieron, no sólo las rondas de las humedales de Tibabuyes y La Conejera, sino que con base en rellenos ilegales fueron construidos sobre el cuerpo de agua de estos ecosistemas (DAMA, 2000).

7. RESULTADOS Y ANALISIS

7.1 ESTUDIO MULTITEMPORAL PRELIMINAR DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DE LOS TRES HUMEDALES

Estos tres humedales tienen clima semiárido de bosque seco y reciben precipitaciones anuales entre 500 y 600 mm/año con temperatura cercana a 13°C (Tabla.2).

Tabla 2. Datos climatológicos actuales de los tres humedales

Humedal	Tipo de clima	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (C°)
Vaca	Semiárido	538	12.8
Burro	Semiárido	536	12.8
Techo	Semiárido	654	12.9

El sistema hídrico de Bogotá hace parte de la cuenca alta del río Bogotá, que vierte sus aguas finales a la cuenca del río Magdalena. En el marco del POT (2000), el sistema hídrico

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

está estrechamente articulado al sistema orográfico de Bogotá y a la estructura ecológica principal de la ciudad, la cual esta definida como la red de espacios y corredores verdes que sostienen y conducen la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio Distrital y regional, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, dotando al mismo de servicios ambientales para su desarrollo sostenible (CIC/EAAB, 2003).

7.1.1 TABLAS DE RESULTADOS

Las tablas que se muestran a continuación son los resultados del análisis de las áreas de los humedales en las diferentes décadas. A partir de estas tablas se realizaron graficas las cuales fueron analizadas mas adelante.

Tabla 3. Áreas a través del tiempo de los humedales La Vaca, Techo y Burro

Humedal	Área legal	1938	1949	1956	1976	1985	1992	2004
La Vaca	80	145	90	45	27	18	8	2
Burro	31	54	48	26	20	10	7	7
Techo	11	60	52	23	10	8	2	2

Tabla 4. Pérdida de área de los tres humedales

Humedal/ Años	38-49	48-56	56-76	76-85	85-92	92-04
La Vaca	55	45	18	9	10	6
Burro	6	22	6	10	3	0
Techo	8	29	13	2	6	0

Tabla 5. Niveles de degradación de los humedales Vaca, Techo y Burro

Humedales/Años	1938	1949	1956	1976	1985	1992	2004
Vaca	1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,05	0,01
Burro	1	0,9	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1
Techo	1	0,9	0,4	0,2	0,1	0,03	0,03

7.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Antes de la década de los treinta los humedales La Vaca, Techo y Burro no existían; existía la laguna de Tintal, que fue fraccionada por el Aeródromo de Techo y más adelante por la Avenida de las Américas formando estas tres porciones que hoy en día son los tres humedales (Misión siglo XX, 1991). Este fraccionamiento no solo afectó el área física del lago sino que modificó el funcionamiento normal del sistema. Por esa razón a partir de los treinta es que se puede hablar de tres humedales y a partir de ahí es que se analizó la pérdida de área. En la década de los cuarenta los humedales La Vaca, Techo y Burro perdieron aproximadamente el 38%, 11% y 13 % de área física respectivamente (Fig. 10). Esta pérdida está relacionada originalmente con el fraccionamiento de la laguna de Tintal y el comienzo de las construcciones urbanísticas y autoconstrucciones, que en este polo de la ciudad fueron muy grandes debido principalmente a la oleada de refugiados que formaron nuevos barrios periféricos. En la década de los 50 y 60 hubo una disminución de área de los tres humedales muy significativa (La Vaca 50%, Techo 55% y Burro 45%) con respecto a la última área en 1949 (Tabla 6 y Fig. 10). Posiblemente esta degradación tan alta este relacionada con la invasión masiva de barrios periféricos y posteriormente al proyecto de Ciudad de Techo (hoy Kennedy) en 1961, lo cual generó barrios como Patio Bonito o Britalia, todos construidos sobre la ronda y el cuerpo de agua de los lagos y humedales del

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

sector. En los años setenta se sigue viendo una disminución gradual de estas áreas debido a procesos de urbanización.

En 1971 se construyó Corabastos, la primera central de abastos del país incrementando la generación de nuevas organizaciones y vías de acceso como la Avenida 68 y la 1 de Mayo. En los años ochenta y noventa la pérdida ya sumaba el 90% del área original de estos humedales (Fig. 10). En esta época la construcción pirata continuó, rellenaron casi en su totalidad el humedal La Vaca (Figura 2), dejando solo un 1.4% de su área original hoy en día. Toda el área alrededor de estos tres humedales es una zona muy vulnerable a fenómenos naturales como inundaciones invernales.

La pérdida de área y porcentajes establecidos obtenidos en las figuras y tablas se pueden evidenciar en el estudio realizado con las aerofotografías. En el estudio fotográfico realizado se utilizaron por lo menos una foto por década para poder obtener los datos de pérdida de área. Al observar las tres fotografías en los diferentes años de cada humedal se puede evidenciar la degradación paulatina que sufrieron estos ecosistemas.

Tabla 6. Porcentaje de pérdida de área*

Humedal/Años	1949	1956	1976	1985	1992	2004
La Vaca	62%	50%	60%	67%	44,4%	25%
Burro	89%	54,1%	77%	50%	70%	0%
Techo	87%	44,2%	44%	80%	25%	0%

* El porcentaje es la pérdida de área relacionada con el año inmediatamente anterior.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

En la Figura 10 se estandarizaron los valores de los tres humedales por medio de valores unitarios para poder observar el grado de degradación partiendo de su estado en 1938. Se puede observar que los tres humedales sufrieron prácticamente una degradación muy parecida, teniendo una tendencia de degradación muy rápida.

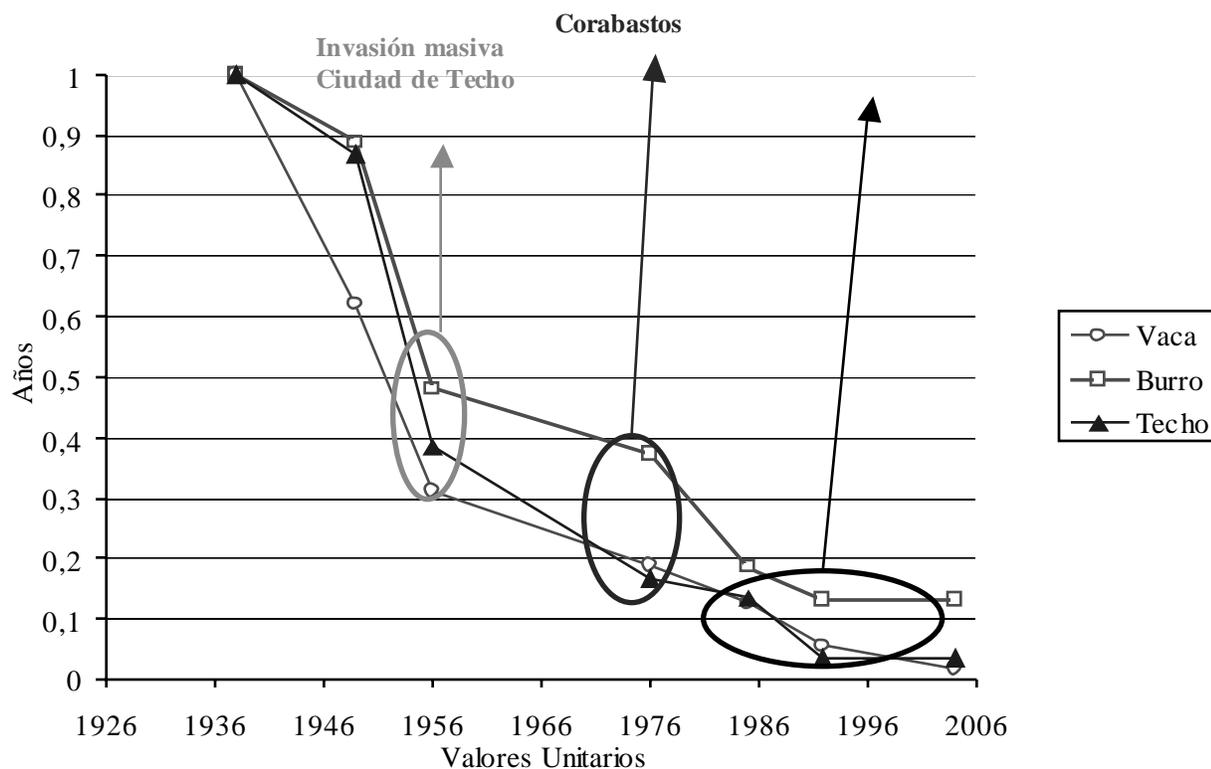


Figura 10. Niveles de degradación multitemporal de los humedales Vaca, Burro y Techo.

El régimen hidrológico es uno de los aspectos más fuertemente alterados por las presiones antrópicas en los ecosistemas de aguas interiores. Los componentes del régimen que más se afectan por las alteraciones del clima son la evaporación, recarga de acuíferos, humedad del suelo, flujo de ríos y calidad de agua.

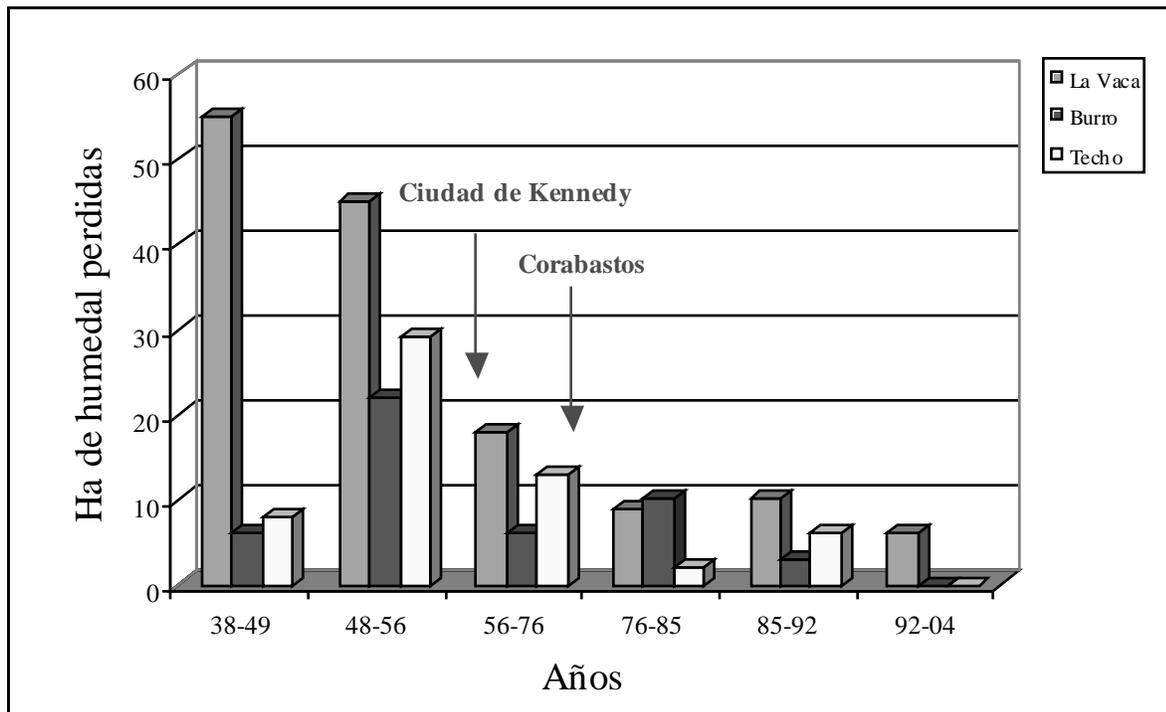


Figura 11. Hectáreas de los tres humedales desde 1938 a 2004.

El cambio en el uso de la tierra y el manejo orientado a suplir la demanda de agua de diferentes sectores, son las causas más comunes de degradación de régimen hidrológico. Esto hace que los humedales sean particularmente vulnerables a una variación cuantitativa y cualitativa adicional del recurso hídrico (CIC & EAAB, 2003).

El clima de la localidad de Kennedy, donde se encuentran estos tres humedales se ajusta a los parámetros del distrito, con temporadas de lluvias y sequías; se observan dos épocas de lluvia al año, una temperatura promedio de 14°C, humedad relativa de 86% a 87% en los meses lluviosos y de 79% a 81% en los meses secos; precipitación 151 a 218 mm en meses lluviosos y 29 a 54 mm en meses secos, según las agendas locales ambientales del DAMA.

En la figura 12 se puede observar el nivel tan alto de degradación de estos humedales, en 6 décadas estos ecosistemas están prácticamente acabados perdiendo aproximadamente entre el 99% y el 95% de su área original.

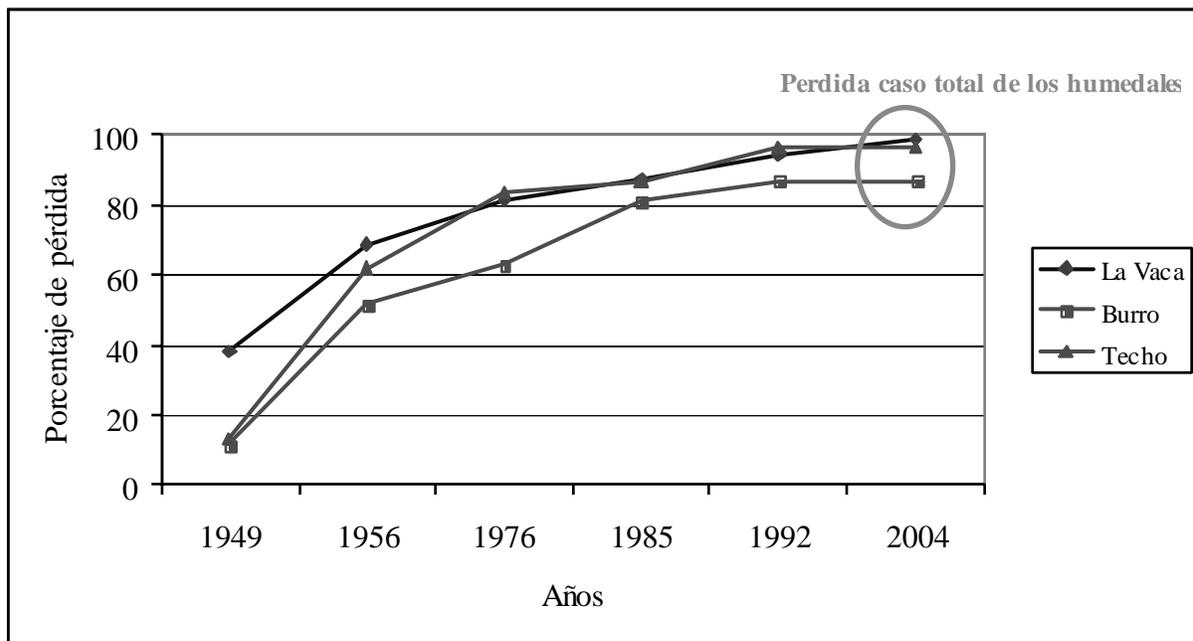


Figura 12. Porcentaje acumulado de pérdida de área de los tres humedales.

7.2 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS Y ESTADO DE LOS HUMEDALES

Con respecto a las características de los humedales se establecieron 8 de vital relevancia en humedales como ecosistemas ecológicos y urbanos (Tabla. 7). Las conexiones con fuentes de abastecimiento de agua garantizan parcialmente el adecuado funcionamiento del régimen hidrológico de los humedales. Al limitarse o desaparecer estas conexiones, se ve alterado el flujo que llega al humedal y la consecuencia es la variación en las pulsaciones de agua que llega al ecosistema. En los tres humedales se encontró que estas conexiones no

existen, son regulares o no funcionan adecuadamente, lo cual es un factor muy negativo debido a la importancia que tienen estos ecosistemas a nivel hidrológico en la ciudad y en especial en esta zona la cual es vulnerable a inundaciones en épocas invernales (DAMA, 2000).

La fragmentación es otro factor muy importante ya que altera el régimen hidrológico pues interrumpe las conexiones con las fuentes de agua. Además es muy probable que en los fragmentos resultantes no se den los procesos que le otorgan integridad ecológica al humedal y que estos carezcan de la viabilidad para cumplir las funciones propias del ecosistema. La fragmentación en estos humedales es muy alta lo cual ha disminuido en gran medida las funciones y valores de estos ecosistemas.

La capacidad de retención de agua es de vital importancia y estos humedales la tienen muy baja debido a los rellenos y a la compactación del terreno que hace que retengan menos agua lo cual contribuye a la disminución del nivel de saturación propio de los ecosistemas. Con respecto a la extracción de agua, una de las causas de degradación de los humedales, no se da ya que la escasez de agua en estos sitios ha hecho que no puedan utilizarse para este tipo de uso. También la cobertura vegetal en la ronda de los humedales es prácticamente nula, lo cual es muy negativo ya que la vegetación típica de humedal, como juncuales, favorece el mantenimiento de la humedad del suelo. En los humedales con rondas desnudas el suelo se seca y la capacidad de retener agua disminuye o se pierde totalmente.

Las aguas que se descargan en estos humedales son aguas negras, las cuales cambian las condiciones de los humedales y promueven la eutrofización, lo cual favorece la proliferación de vegetación indeseable. Además, los sedimentos que entran en el agua se depositan en el lecho y contribuyen a la pérdida de la diversidad. Esto hace que se pierda la heterogeneidad de hábitat lo cual se manifiesta en pérdida de procesos que garantizan la adecuada respuesta del ecosistema ante perturbaciones externas. El movimiento del agua es nulo en los tres humedales lo cual contribuye al aumento de la temperatura. En los humedales poco profundos el efecto de la falta de aireación es mayor, pues hay menos probabilidad que el agua del fondo surja hacia la superficie regulando su temperatura. Además la calidad de agua se relaciona fuertemente con su flujo dentro del humedal.

Por último, en estos humedales no existe una conectividad con otros ecosistemas; no existen corredores de vegetación o cursos de agua que conecten entre sí los humedales. Al limitarse o desaparecer las conexiones como es el caso de estos humedales, disminuye la probabilidad de dispersión de flora y fauna y de hacer uso de hábitats alternativos en respuesta a las alteraciones de los hábitats originales.

Tabla 7. Evaluación de características de los humedales*

Humedal / Características	Conectividad con fuentes de agua	Fragmentación	Retención de agua	Extracción de agua	Cobertura vegetal	Calidad de agua	Movimiento del agua	Conectividad con otros ecosistemas
Vaca	No existe	Muy fragmentado	No existe	No se da	Pasto y escombros	Aguas negras	No hay	No existe
Burro	Regular	Regular	Existe pero no funciona bien	No se da	Arborizado	Aguas negras	No hay	No existe
Techo	Existe pero no funciona bien	Regular	No existe	No se da	Pasto y escombros	Aguas negras	No hay	No existe

*Clasificación tomada de DAMA & EAAB (2003)

Tabla 8. Clasificación de los humedales para posibles mejoramientos*

Humedal/ Variable	1**	2**	3**	4**	5**	6**	7**	8**	9**
Vaca	Nula	Media	Alta	Baja	Baja	Nula	Baja	Alta	Baja
El Burro	Media	Media	Media	Alta	Baja	Nula	Media	Media	Media
Techo	Media	Media	Media	Media	Baja	Nula	Alta	Media	Media

* Clasificación tomada de DAMA & EAAB, 2003

**1. Posibilidades de aumentar su tamaño

2. Facilidad de eliminar sedimentos y rellenos

3. Facilidad de contaminación

4. Posibilidad de establecer espejo de agua

5. Posibilidad de aumentar aportes hídricos

6. Posibilidad de integrarse con otras áreas silvestres

7. Posibilidad de apoyo de la sociedad civil

8. Presiones por crecimiento o urbanístico

9. Viabilidad para la ejecución de obras de

La posibilidad de mejora en estos tres humedales puede verse en la Tabla 8. Con respecto al humedal la Vaca, la probabilidad de tener una recuperación ecológica exitosa es muy baja y está relacionada con la baja posibilidad de aumentar su tamaño y aportes hídricos no residuales, la imposibilidad de integrarse con otras áreas silvestres, la falta de interés por parte de la sociedad civil que lo rodea y las altas presiones que se han visto sometidos durante varias décadas por el crecimiento urbanístico. El humedal del Burro no tiene una probabilidad de restauración tan baja como la de la Vaca, ya que sus valores ambientales no están tan deteriorados lo que hace más factible que se pueda realizar algo productivo en este humedal desde el punto de vista ecológico. En cuanto a Techo, al igual que el Burro tiene una probabilidad no tan baja de ser recuperado.

Hay que tener en cuenta que estos ecosistemas al estar tan avanzada su degradación física y ecológica la recuperación a la que se sometan no va a brindar los mismos resultados que otras recuperaciones como el del Humedal la Conejera, la cual fue una recuperación ecológicamente exitosa (Vargas, 2004). El hecho que estos humedales estén tan rodeados de urbanismo de estrato socio-económico 1 y 2 hacen que la acción de recuperación sea una tarea ardua ya que muchas de estas urbanizaciones están construidas sobre área legal de los humedales.

Por otro lado con respecto a la PHDCB estos tres humedales están incluidos dentro de la normatividad urbana de los acuerdos 06 de 1990 y 19 de 1994 que los declara como Reservas Ambientales Naturales, también están incluidos en el Plan de Ordenamiento

Físico del Borde Occidental, el cual determina al sistema hídrico conformado por los cuerpos de agua, canales y vallados existentes y proyectados por la EAAB, así como sus rondas hidráulicas y zonas de manejo y preservación ambiental, deberán integrarse al sistema de zonas verdes y recreativas, y serán tratadas como áreas arborizadas, donde solo se permite el uso forestal. También en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) fueron declarados Parques Ecológicos Distritales.

7.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, HIDROLÓGICOS, ECOLÓGICOS Y DE CALIDAD DE AGUA.

Este proyecto se centró no solamente en el estudio de la degradación física de los humedales, sino que se realizó un análisis de estudios de la EAAB a nivel socioeconómico, hidrológico, ecológico y de calidad de agua. Es de relevancia tener en cuenta no solamente la degradación a nivel químico, biológico y del ecosistema; es por eso la importancia de la elaboración de este análisis.

7.3.1 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE USO DEL SUELO

Estos tres humedales están, localizados en una zona de la ciudad donde predomina el estrato 1 y 2 (EAAB, 1998a). En estos estratos la educación es muy baja lo cual es de gran relevancia ya que la ignorancia es una de las causas indirectas del estado de estos humedales. El uso del suelo es prácticamente de uso residencial. En la Vaca la construcción ha sido desmesurada acabando con prácticamente todo el humedal. En el Burro uno de los

problemas más serios es la disposición de basuras (siendo Corabastos el mayor productor de residuos) las cuales son arrojadas a la calle y/o al humedal. En cuanto a Techo su mayor problema es la falta de educación ambiental.

7.3.2 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

Con respecto al aspecto hidráulico, estos tres humedales están muy deteriorados. La Vaca ha sido rellenado ocasionando una reducción muy significativa; de 1938 a 2004 se ha destruido el 98% de su área original. Esto ha ocasionado una disminución de la capacidad de almacenamiento de las crecientes. El canal de salida tiene problemas de sedimentación y por esta razón debe ser limpiado frecuentemente. En cuanto al humedal del Burro, no presenta problemas de sedimentación porque este tiene una capacidad de almacenamiento de 101000 m³, sin embargo es recomendable tomar medidas de control en las fuentes puntuales de sedimentos. Este humedal también fue rellenado en gran parte por materiales de construcción y basuras con un espesor de 5 metros, teniendo un volumen aproximado de 115000 m³. La Avenida Ciudad de Cali actúa como una presa y almacena agua, lo cual ayuda a atenuar inundaciones en épocas invernales. Con respecto a Techo este no tiene tampoco problemas de sedimentación porque tiene una capacidad de almacenamiento de 17000 m³. Fue rellenado disminuyendo su área húmeda y de inundaciones al igual que los otros dos (EAAB, 1998a).

7.3.3 ASPECTOS ECOLÓGICOS

El Humedal la Vaca es un ecosistema severamente deteriorado. La diversidad vegetal y faunística se encuentra muy reducida (Calvachi, 2004). La zona ubicada al este, no posee ningún valor ecológico y presenta algunas comunidades vegetales típicas de estos ecosistemas, con especies dominantes como *Bidens lavis*, *Hydrocotyle ranunculoides* y *Lemma cf minuta*, y algunas poblaciones de aves incluyendo migratorias (ABO, 2000). El Burro también presenta bajo número de macrófitas y una diversidad vertical pobre como consecuencia de la ausencia de una ronda bien establecida. Las comunidades vegetales que existen en la parte norte del humedal, cercanas a la Av. Ciudad de Cali, evidencian el alto grado de deterioro ambiental al que es sometido este humedal, donde se observan los procesos de colmatación acelerados por la disposición de residuos sólidos y los vertimientos de aguas residuales (Calvachi, 2004; EAAB, 1998a). En cuanto al humedal de Techo, la zona sur, aunque es inundada por aguas residuales, presenta una aceptable diversidad de comunidades vegetales, con especies dominantes como *Scirpus californicus* y *Limnobium laevigatum*, que soportan poblaciones grandes de aves. El sector norte presenta dos tercios de su área total dominada por la especie *Typha angustifolia* y *Thypha spp.* El otro tercio presenta un buen número de especies vegetales que le dan potencial ecológico al humedal (Calvachi, 2004; EAAB, 1998a).

7.3.4 ASPECTOS DE CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua de la Vaca es muy mala, en toda su extensión sus características son las mismas, presentando contaminación tanto en agua como en sedimentos. Las aguas que ingresan al humedal están contaminadas a causa de las conexiones erradas que se presentan en la mayor parte de la cuenca de drenaje de este recurso hídrico. El humedal no posee la capacidad de asimilación de cargas orgánicas (no dispone de una hidráulica determinada).

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 9, los tres humedales tienen un pH dentro de los rangos de neutralidad, característica típica de humedales. Con respecto al OD, en tres humedales se encontraron bajas concentraciones lo cual refleja la alta demanda de oxígeno a causa de las cargas orgánicas que reciben. Esto está directamente relacionado con los rellenos y con las aguas residuales que llegan a estos humedales. Estos datos también indican que hay zonas anaerobias en los humedales a causa de la alta contaminación que se encuentra en ellos. Con respecto a los datos reportados de salinidad y conductividad, indican condiciones de agua dulce. Por último los niveles de turbiedad en los tres ecosistemas son altos, indicando una pobre calidad de agua. Esta alta turbiedad se atribuye a las concentraciones elevadas de sedimentos y cargas orgánicas en algunos sectores.

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos de los tres humedales

Parámetro/Humedales	Vaca	Burro	Techo
pH	7.4-7.6	6.2-7.5	5.8-6.7
OD*	0.01-0.2	0.01-2.5	0.1-0.2
Salinidad (mg/l)	0.0-0.03	0.01-0.02	0.02-0.03
Conductividad	0.2-0.7	0.4-0.6	0.5-0.8
Turbiedad (und. de turbiedad)	360-1000	32-1000	15-1000

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

En sistemas naturales de humedales el nivel de DBO se encuentra entre 1- 15 mg/l, y con eutrofización se alcanzan valores de 20 mg/l. Los niveles típicos de DQO en humedales naturales se encuentran en menos de 100mg/l (EAAB, 1998b). Las concentraciones medidas en los tres humedales fueron muy altas lo cual indica un bajo nivel de calidad de agua debido a las altas concentraciones de cargas orgánicas y a una demanda alta de oxígeno en algunas áreas, condiciones que no favorecen a los humedales. Los valores más altos fueron los obtenidos en el humedal del Burro, esto puede estar correlacionado con la alta descarga de residuos orgánicos de Corabastos (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de DBO y DQO

	Sistemas Naturales	Vaca	Burro	Techo
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DBO*	1-15	111-158	2230	50-195
DQO*	<100	250-344	57-1023	188-501

* Demanda Bioquímica de Oxígeno

** Demanda Química de Oxígeno

Los coliformes fecales son un indicador específico de residuos humanos y su nivel típico en agua relativamente no contaminada es de 500 NMP/100 ml o menos (EAAB, 1998b). Los niveles altos de coliformes fecales en los tres humedales hacen de estos un vector ideal para enfermedades transmitidas por el agua. Por eso se recomienda que se prohíba el uso directo y recreativo de estos humedales (Tabla 11).

Tabla 11. Valores de Calidad Bacteriológica

	Coliformes fecales NMP/100ml
Sistemas Naturales	<500
Vaca	14000000-33000000
Burro	9000000-14000000
Techo	7000000

Los nutrientes que se analizaron en los tres humedales fueron fósforo y nitrógeno (Tabla 12). Estos dos nutrientes contribuyen a la eutrofización cuando se encuentran en concentraciones muy elevadas (EAAB, 1998b). En los tres ecosistemas se encontró eutrofización, lo cual se puede ver relacionado con los altos niveles de fósforo y nitrógeno encontrados (Tabla 12). Los valores que se encontraron de fósforo son muy elevados y son similares a los reportados para aguas residuales, lo que indica que estos ecosistemas están severamente contaminados por agua residual de los barrios aledaños y que no hay ningún tratamiento para disminuir sus concentraciones antes de entrar a los humedales. Con respecto al nitrógeno, se encontraron altas concentraciones en los tres humedales lo cual contribuye a la eutrofización causando que la comunidad ecológica sea menos diversa (CIC & EAAB, 2003).

Tabla 12. Valores de Fósforo y Nitrógeno

	S.N*	A.R**	Vaca	Burro	Techo
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Fósforo	0.01-0.1	4-15	5.2-7.6	3.2-13.1	3.8-8.8
Nitrógeno	<20	20-85	16.2-20.2	10.1-49.3	5.6-29.7

* Sistema Natural

** Aguas Residuales

8. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS Y PAISAJÍSTICOS PARA LA GESTIÓN DE LOS HUMEDALES LA VACA, BURRO Y TECHO

Esta propuesta está basada en toda la información recopilada y analizada en este estudio, en los Convenios Internacionales como la Convención Ramsar y el Convenio de Biodiversidad y Nacionales como la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia (PNHIC), la Política Nacional de Biodiversidad, la Estrategia Nacional para Conservación de Aves, la constitución ecológica, el código de los recursos naturales y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Estos lineamientos están enfatizados en la importancia ecológica y paisajística de los humedales urbanos, en especial los del suroccidente de la ciudad. Es básico entender la importancia que este enfoque tiene ya que al conservar y preservar la diversidad y el ecosistema en sí, implícitamente se está beneficiando toda la sociedad, ya que estos humedales tienen grandes funciones en pro de la ciudad como zonas de inundación encargadas de amortiguar las crecientes pluviales y fluviales, recargar acuíferos del suelo, también generan un aporte de apropiación y creación de identidad, además de brindar un espacio para la recreación pasiva, la investigación científica y al educación ambiental (Van der Hammen, 2003).

1. Al conservar el ecosistema sosteniblemente, sus funciones, valores y atributos se ven reflejados en el mejoramiento de los sistemas hídricos de la ciudad, en el aumento de la biodiversidad y en la vital participación de la sociedad como agente protagonista de sus recuperaciones. Al hablar de sostenibilidad en este contexto, se entiende por la capacidad

de utilizar y beneficiarse de un ecosistema natural para el bienestar social, el crecimiento económico y la elevación de la calidad de vida sin agotar la base de los recursos naturales renovables sin deteriorar el medio ambiente y teniendo como prioridad la conservación y preservación del ecosistema y de la biodiversidad que sostiene (UNEP, 1992)

2. Descontaminación de los cuerpos de agua para la reintroducción de especies endémicas tanto de flora como de fauna. Este aspecto es muy importante debido a que hay especies de aves acuáticas endémicas como la tingua bogotana (*Rallus semiplumbeus*) que sirven como bioindicadores de la calidad del ecosistema en que se encuentran.

3. Su importancia a nivel mundial representada en su capacidad de sostener una biodiversidad en particular, hace que se enfatice en la preservación y conservación de los humedales como hábitats de especies residentes, endémicas y migratorias.

4. Solucionar conflictos sociales alrededor de cada uno de los ecosistemas. Este factor es decisivo en el éxito que se tenga en cualquier recuperación ecológica que se realice, ya que en manos de la sociedad que rodea cada humedal esta la responsabilidad del seguimiento y del cumplimiento de lo establecido para que el ecosistema se pueda rehabilitar y que pueda llegar a ser autorregulador y autosuficiente.

5. Es necesario que los humedales cumplan una función de educación y recreación pero siempre teniendo en cuenta su prioridad, la cual es la conservación ecológica basada

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

en las especies endémicas, teniendo en cuenta en primera instancia las especies que están en peligro de extinción. La educación y recreación son claves para el proyecto de recuperación y conservación de humedales ya que estos ecosistemas se encuentran dentro de la ciudad y la participación ciudadana y más que todo de las poblaciones cercanas son vitales para el éxito de estos proyectos.

9. CONCLUSIONES

- La pérdida de área fue muy alta debido al fuerte impacto y presión de las actividades de urbanización, construcciones civiles y rellenos.
- La destrucción trajo consigo grandes consecuencias como la pérdida en las funciones biológicas, ecológicas, físicas, químicas y socio-culturales debido a la disminución de sus funciones como ecosistemas naturales urbanos.
- El mayor impacto que ocasionó la pérdida de área de estos tres humedales fue la construcción masiva urbana.
- La diversidad biológica y las características ecológicas se vieron muy deterioradas ocasionando implicaciones graves como pérdida de especies endémicas de flora y fauna.
- Los tres humedales se vieron afectados directamente por los tres principios ecológicos establecidos, perdiendo la capacidad de ser ecosistemas autorreguladores y autosuficientes.

- El sistema hídrico, está totalmente fragmentado por las construcciones que han dividido estos cuerpos de agua causando problemas de contaminación por las entradas de aguas residuales, disminución en la capacidad de captación y almacenamiento.
- Al ser Reservas Ambientales Naturales se recomienda generar en ellos ambientes sanos ecológicamente y rescatar muchos de sus valores relevantes e importantes para la biodiversidad local y nacional y para los barrios aledaños.
- La problemática de la recuperación de Humedales degradados es más difícil en la ciudad ya que se requiere protección y medidas especiales para tratar de evitar las influencias negativas de actividades humanas inadecuadas y la presencia de animales domésticos.
- La adecuación de los humedales en el contexto urbano es un reto muy grande, y es necesario detener la tendencia de convertirlos en una especie de parques públicos, ya que la presencia humana en recreación activa, ciclo vías, plazoletas, bordes duros e iluminación eléctrica se volvería muy negativa para la avifauna. Hay que tratar de manejar estos ecosistemas como verdaderas reservas naturales con acceso y actividades reglamentadas y limitadas.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

BIBLIOGRAFIA

- Amaya, O.D. 2003. *Constitución Ecológica de Colombia*. Universidad Externado de Colombia. Bogotá
- Andrade, G., Ruiz, J.P. & Gómez, R. 1992. Biodiversidad, conservación y uso de recursos naturales: Colombia en el contexto internacional. Bogotá. *Serie Ecológica* No. 3.
- Andrade, G. 1998. *Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá, ecosistemas en peligro de desaparecer*. Una Aproximación a los humedales en Colombia. Colombia.
- Andrade, G. 2004. Lagos y humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá. De la Biología a la cultura de la conservación. Bogotá. Los Humedales de Bogotá y la Sabana. CIC & EAAB.
- Asociación Bogotana de Ornitología (ABO). 2000. Aves de la Sabana de Bogotá, Guía de Campo. Bogotá. Audubon América Latina, CAR.
- Benítez, H. 2001. *Observaciones del comportamiento reproductivo y alimenticio del Zambullidor pico grueso (Podilymbus podiceps) en los Humedales Santa María del Lago y La Florida*. Tesis de Pregrado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Distrital. Bogotá.
- Bernal, C. 2003. Evaluación preliminar de la rehabilitación de tres humedales altoandinos urbanos en la Sabana de Bogotá. *Universidad de los Andes*.
- Broads Authority, BTCV, Living Lakes & Global Nature Fund. 2002. A training course in Wetlands Management and Restoration. Norwich, Great Britain.
- Broads Authority, BTCV, Living Lakes & Global Nature Fund. 2002. Planning and Implementation of Wetlands Management.
- Calvachi, B. 2004. *La fauna de los humedales de Bogotá y la Sabana*. Bogotá. Los Humedales de Bogotá y la Sabana. CIC & EAAB.
- Conservación Internacional Colombia (CIC), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). 2000. Síntesis del estado actual de los humedales de Bogotá. Anexos 1.5. Listado de la avifauna de los humedales capitalinos (varios autores). Estudio de consultoría. 192 pp.
- Conservación Internacional Colombia (CIC), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). 2003. *Los Humedales de Bogotá y la Sabana*. Bogotá.
- Conservación Internacional Colombia (CIC). 2004. *Convenio "Investigación Aplicada en restauración Ecológica" en el Humedal Juan Amarillo*. Bogotá, Colombia.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. UNEP
- Convenio Ramsar, 1971. *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*. Irán

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

- Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente (DAMA). 2001. Humedal Santa Maria del Lago. Informe Final Ambiental. Bogotá, Colombia.
- Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente (DAMA). 2000. Historia de los Humedales de Bogotá. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de (EAAB). 1998a. *Diagnóstico y Estudio de Alternativas de Saneamiento y Control de Crecientes*. Bogotá. Ecology & Environment, inc.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de (EAAB). 1998b. *Plan de Manejo Ambiental de los humedales Torca, Guaymaral, Embalse de Córdoba, Capellanía, el Burro, Techo, la Vaca y Tibanica*. Ecology & Environment, inc. Bogotá, Colombia.
- Giraldo, F. 1989. Reforma urbana y Desarrollo Social. Presencia. Pag. 24. Bogotá.
- Global Nature Fund (GNF). Informe Técnico Final 1999-2002 Humedales de Villacaña. Proyecto LIFE99 NAT/E/006339.
- Global Nature Fund (GNF). 2001. Living Lakes: Sustainable Management of Wetlands and Shallow Lakes.
- Global Nature Fund (GNF). 2002. Documentation of training course, Sustainable Management of Wetlands and Shallow Lakes.
- Hernández, J. Evaluación del Recurso: Inventarios Forestales Urbanos. Proyecto FONDEF Dod 1078. Universidad de Chile.
- Meffe, G.K & colaboradores. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Massachussets. 2nd Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland
- Memorias Encuentro. *Construcción Participativa de la Política de Humedales del Distrito Capital*. 2004. Bogotá, Colombia
- Ministerio del Medio Ambiente. 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto 2811. Bogotá.
- Ministerio del Medio Ambiente. 1997. *Plan de Ordenamiento Territorial (POT)*. Ley 338 de 1997. Bogotá
- Misión siglo XX. 1991. *El Futuro de la Capital. Un estudio de prospectiva urbana*. Bogotá. Vol. 1 pag. 80.
- Orozco, L.F., Velez, N. 1995. *Estudio Ecológico y diseño del plan de Manejo Ambiental del Humedal Juan Amarillo*. Bogotá, Colombia.
- Política de humedales del D.C de Bogotá (PHDCB). 2004 *Plan estratégico para su restauración, conservación y manejo*.
- Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (PNHIC). 2002. *Estrategias para su conservación y uso racional*.
- Política Nacional de Biodiversidad. 1996. Bogotá

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos
 Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión

- Renjifo, L. M. 1992. *Los Humedales de la Sabana de Bogotá*. Ambiente Capital, 1 (1): 3-8.
- Renjifo, L.M. y colaboradores. 2000. *Estrategia nacional para la conservación de las aves de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá
- Rodriguez, J.V. 2004. Introducción del libro de Los Humedales de Bogotá y la Sabana. CI & EAAB. Bogotá, Colombia.
- Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). *Principales Iniciativas: Conservación y Manejo Sostenible de la Cuenca del Río Tacaná*. Guatemala, México.
- Van der Hammen, T. 2003. *Los Humedales de la sabana. Origen, evolución, degradación y restauración*. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Bogotá. CIC & EAAB
- Vargas, L. J. 2004. Restauración Ecológica en el Humedal La Conejera, un estudio caso. Los Humedales de Bogotá y la Sabana. CIC & EAAB. Bogotá, Colombia.
- Wilson, E.O. 1994. *La Diversidad de la Vida*. Editorial Drakontos. Barcelona, España.
- http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/restaura.html
- <http://www.ecologistasenaccion.org/accion/humedales/humedales2.pdf>
- <http://www.clubflyer.net/ecosi/hum/laconeje.htm>
- <http://www.clubflyer.net/ecosi/hum/juanama.htm>
- <http://www.clubflyer.net/ecosi/hum/santa.htm>
- <http://www.colforest.com.co/sig/proyctobelm.htm>. Convenio de cooperación técnica Inter-institucional entre la corporación autónoma regional del centro de Antioquia-Corantioquia y la universidad nacional de Colombia.
- http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/uso_cobertura/usocobertura_ind.html.
- <http://www.presidencia.gov.co/sne/2004/abril/28/09282004.htm>. 2004. 35 mil hectáreas se reforestarán este año. Ministerio del Medio Ambiente.
- <http://www.uicnhumedales.org/tacana.htm>. Conservación y Manejo Sostenible de la Cuenca del Río Tacaná. México, Guatemala.
- <http://www.uicnhumedales.org/elimposible.htm>.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

ANEXOS

ANEXO I. ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE AEROFOTOGRAFÍAS DEL HUMEDAL LA VACA

En 1938 el humedal La Vaca tenía un área de 145 ha y estaba rodeado de ecosistemas naturales y de zonas rurales para la agricultura y la ganadería. Este humedal junto con Techo, Burro y Tibanica, hacían parte de la Laguna Tintal. En los años treinta esta laguna se vio fraccionada por el Aeródromo de Techo. A partir de ese hecho se formaron los humedales nombrados anteriormente. A principios del siglo XX el crecimiento urbano fue desmesurado, según los datos de 1928, los 135.702 habitantes de la ciudad requerían 29.963 casas pero solo había 17.767, lo que arrojaba un déficit de 11.969 viviendas (Misión Siglo XX, 1991), ocasionando una alta demanda no solo para construcción de viviendas urbanas sino zonas rurales para ganadería y agricultura por la desmesurada demanda de alimento.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

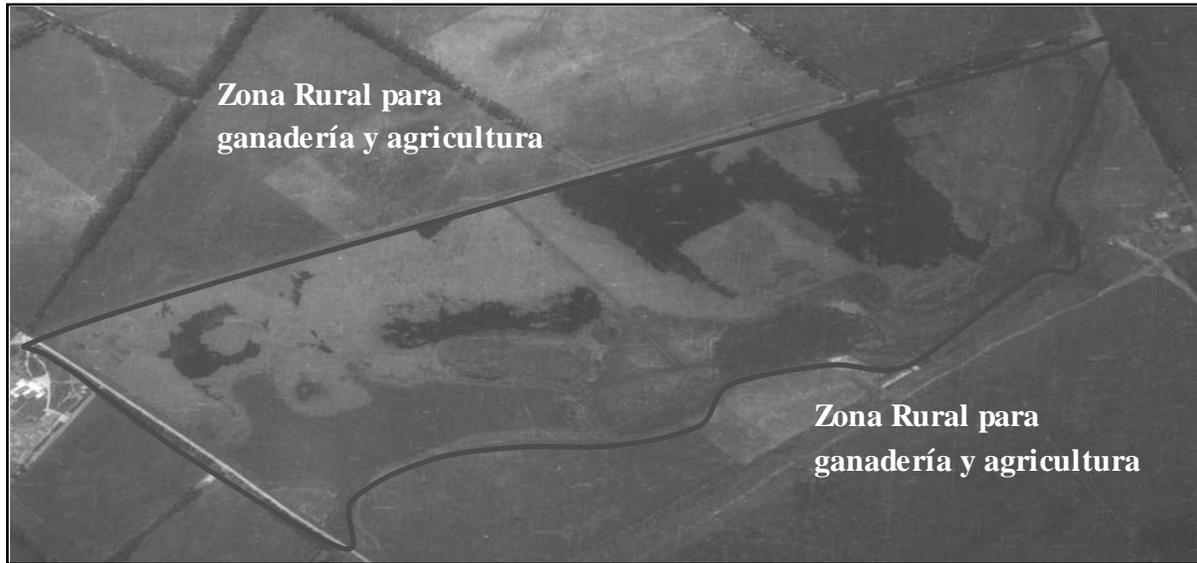
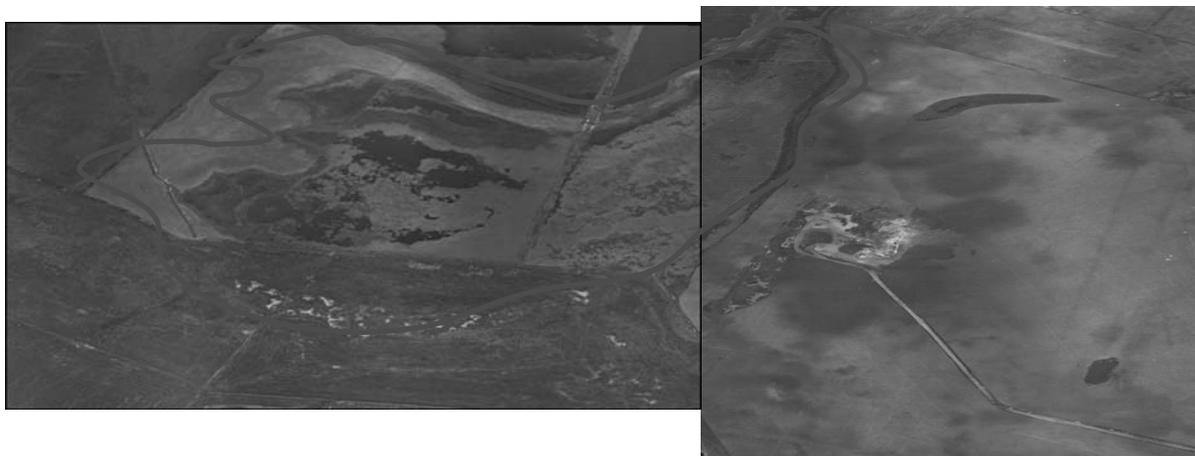


Figura 13.

Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1938. Escala 1:9000. (IGAC, 1938)

En el año 1956 se observa una disminución considerable del humedal (Fig. 11), de 145 ha quedó reducido a 45 ha. En esta época los predios alrededor del humedal se utilizaban para ganadería y para agricultura. En esta aerofotografía no se ven construcciones urbanas en los alrededores del humedal, pero hay que tener en cuenta que en esta época Bogotá sufrió una sobreconstrucción por la demanda de gente que estaba llegando a la capital.



Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

Figura 14. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1956. Escala 1:7600. (IGAC, 1956)

En 1976 (Fig. 15) ya se empezaron a observar construcciones masivas de urbanizaciones, disminuyendo el área del humedal a 27 ha. En 1961 empezó

la construcción de Ciudad de Techo actualmente Kennedy, la cual generó una presión muy grande sobre el humedal. En la parte superior derecha se encuentra Corabastos, las cual fue la primera central de abastos de Colombia y fue construida en 1971. En la parte inferior se encuentra la Ciudadela de Kennedy y se observa su gran crecimiento son planeación en la parte inferior izquierda.



Figura 15. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1976 Escala 1:7600. (IGAC, 1976).

Para el año 1985 (Fig. 16) el área del humedal se disminuyó a 18 ha. Se puede apreciar como cada vez más hay más construcciones alrededor del humedal, y cómo se ha rellenado para ampliar la zona de construcción sin percatar el daño que se está haciendo. Este humedal no solo ha perdido área húmeda, sino que a raíz del urbanismo recibió grandes aporte de residuos orgánicos domiciliarios y sólidos.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 16. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1985 Escala 1:7600. (IGAC, 1985).

En la fotografía de la Figura 17 se observa la fragmentación en tres porciones del humedal para la ampliación la construcción del Barrio El Olivo. En esta fotografía se pueden observar dos de los tres principios ecológicos que afectan estos ecosistemas, la pérdida de hábitat, y la fragmentación. Su área disminuyó a 8 ha. Según datos del Dane en este año había aproximadamente un millón de personas viviendo en urbanizaciones construidas alrededor del humedal. Esto ocasionó que al humedal llegaran grandes cantidades de residuos ocasionando un deterioro en la calidad de agua y del ecosistema en sí.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 17. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 1992 Escala 1:7600. (IGAC, 1992).

En la Figura 18 se puede observar que prácticamente el humedal no existe. De 145 ha para el 2004 solo quedan 2 ha, rodeadas totalmente de construcciones urbanas. Se terminó de rellenar casi todo el humedal para terminar el barrio El Olivo.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

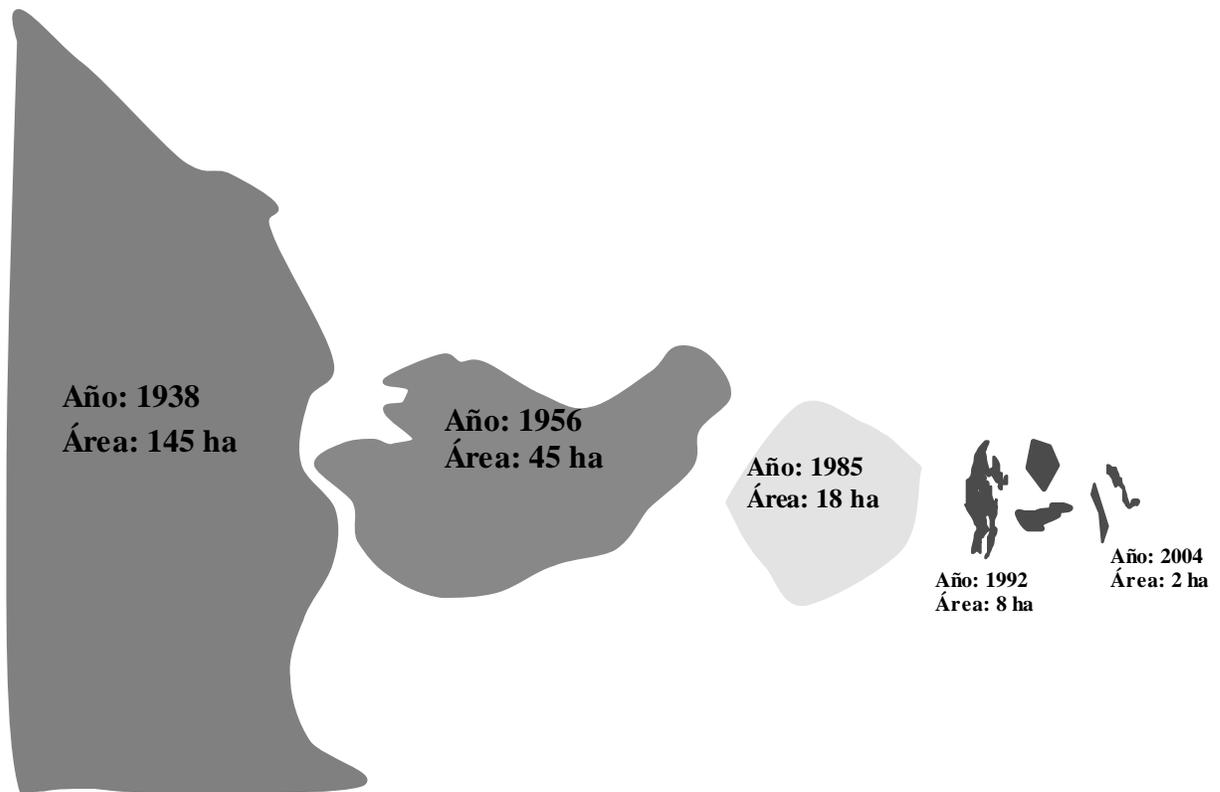


Fig

ura 18. Aerofotografía del Humedal La Vaca en 2004 Escala 1:7600. (IGAC, 2004).

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

MODELACIÓN DE LA DINAMICA MULTITEMPORAL DE LA DISMINUCIÓN DE ÁREA DEL HUMEDAL LA VACA



Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

ANEXO II. ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE AEROFOTOGRAFÍAS DEL HUMEDAL DE BURRO

En la Figura 19 se observa el humedal del Burro en 1938. En esta época no se observa ninguna clase de construcciones alrededor de él. En este año el humedal tenía un área de 54 hectáreas.



Fig

ura 19. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1938 Escala 1:7600. (IGAC, 1938).

En el año 1949 el humedal del Burro se vio fragmentado por la Avenida Ciudad de Cali, y su área se redujo a 48 hectáreas debido a esta construcción y rellenos de basura y escombros (Fig. 20).

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figu

ra 20. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1949 Escala 1:8100. (IGAC, 1949).

En la fotografía de la figura 21 se observa el crecimiento urbanístico que hubo alrededor de este humedal. El humedal paso a tener 10 ha, casi la cuarta parte del área que tenía en los años cincuenta. Cabe mencionar que a pesar de la gran cantidad de urbanizaciones, se pueden observar sector donde todavía no hay construcciones y es zona rural. No obstante esto no significa que sea algo positivo, ya que igualmente para crear zonas rurales tuvieron que rellenar sectores del humedal.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Fig

ura 21. Aerofotografía del Humedal de Burro en 1985 Escala 1:8100. (IGAC, 1985).

En la Figura 22 se observa el humedal del Burro rodeado casi totalmente por construcciones tanto urbanas como civiles. Su área se redujo a 7 hectáreas. Se puede observar al alrededor de este ecosistema trazados de vías y construcciones civiles y urbanas. El crecimiento urbanos en esta zona fue muy grande, pero cabe aclarar que alrededor de este humedal se encuentran dos grupos socioeconómicos diferentes, estrato 1 y 2 que no les importa para nada el humedal y creen que es una amenaza a sus necesidades de vivienda y otro grupo de estrato 3 el cual ve al humedal como una reserva natural que desean recuperar.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 22.

Aerofotografía del Humedal de Burro en 1992 Escala 1:8100. (IGAC, 1992).

En la figura 23 no se observa una disminución en el área del cuerpo del humedal, lo cual no significa que el ecosistema no este afectado por las construcciones aledañas a él. El humedal del Burro ocupa el sector de la Localidad 8 de Kennedy. Las vías de acceso son la Avenida Ciudad de Cali, la cual fragmento el humedal en dos y la Diagonal 7^a. Se puede observar que esta roseado por barrios como El Castillo, Monterrey, condado de Castilla, santa Fe de Tintal entre otros.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

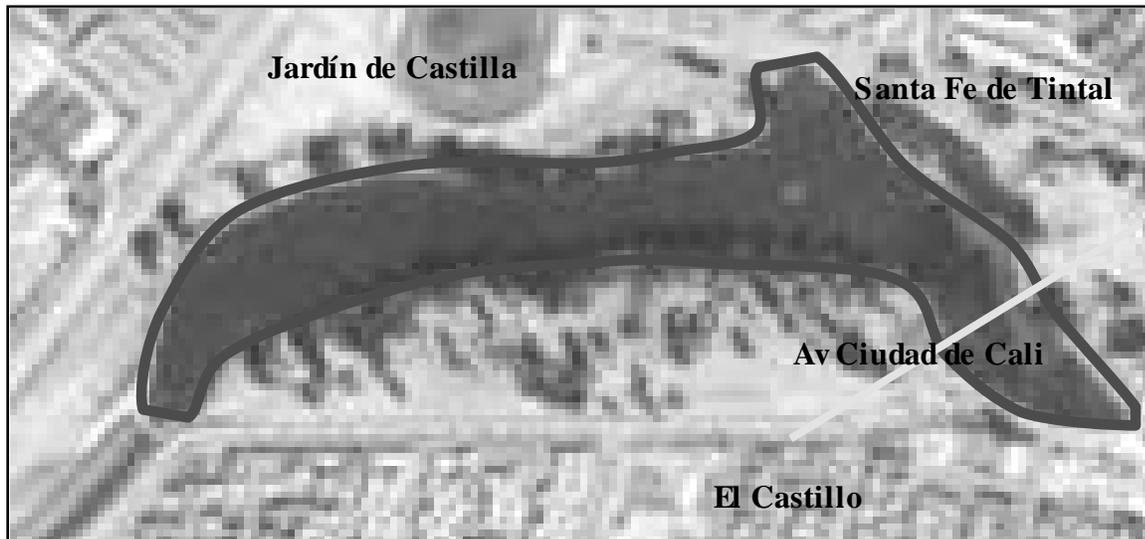
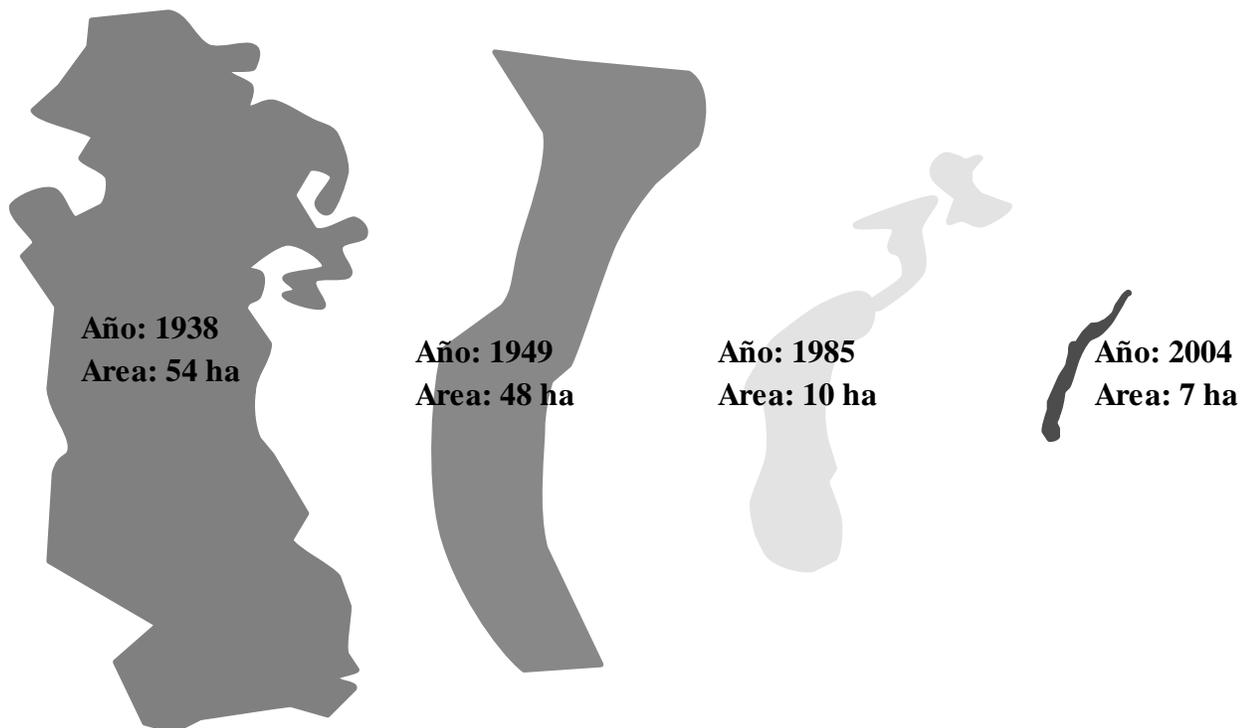


Figura 23. Aerofotografía del Humedal de Burro en 2004 Escala 1:8100. (IGAC, 2004).

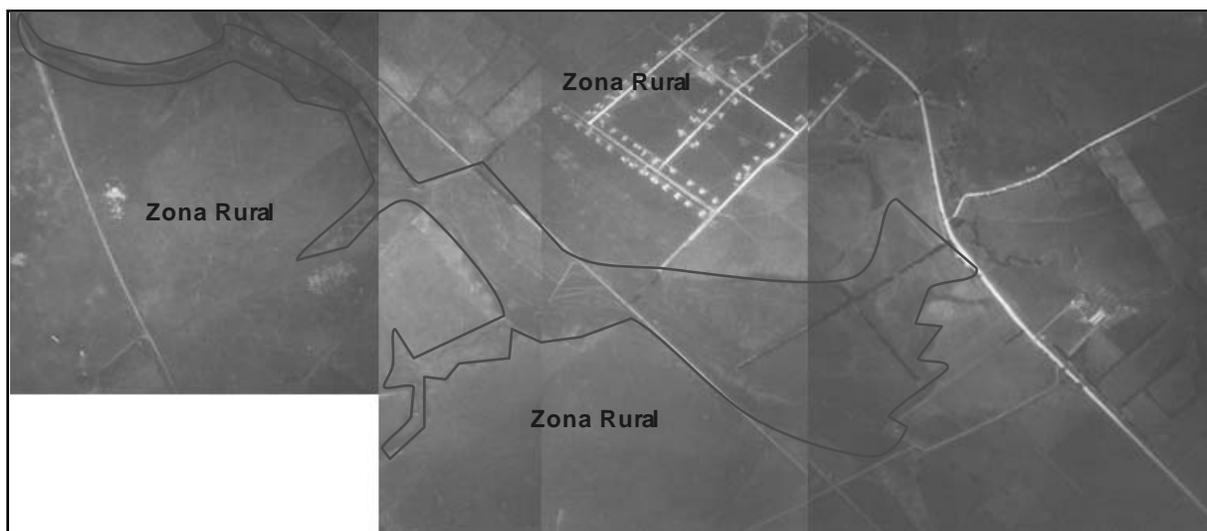
**MODELACIÓN DE LA DINAMICA MULTITEMPORAL DE LA DISMINUCIÓN DE
 ÁREA DEL HUMEDAL EL BURRO**



Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
 Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

ANEXO III. ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE AEROFOTOGRAFÍAS DEL HUMEDAL DE TECHO

En la figura 24 se puede observar el área que abarcaba este humedal, la cual era de 69 hectáreas. A su alrededor no se alcanzan a ver construcciones urbanas. Se pueden distinguir algunas vías trazadas y parcelaciones de potreros destinados para la ganadería y la agricultura. Para esta época ya estaba construido el aeródromo de Techo, pero en esta fotografía no se alcanza a observar.



Fig

ura 24. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1938 Escala 1:15000. (IGAC, 1938).

En la figura 25 se observa una disminución del área a 52 hectáreas. La mayoría de terreno alrededor de este humedal era para uso de ganadería y para agricultura. Esta utilización va a cambiar en las décadas siguientes. En la parte inferior derecha se puede observar un fragmento del Aeródromo de Techo, una de las primeras construcciones de la zona, y una de las grandes causas del fragmento de la Laguna el Tintal.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

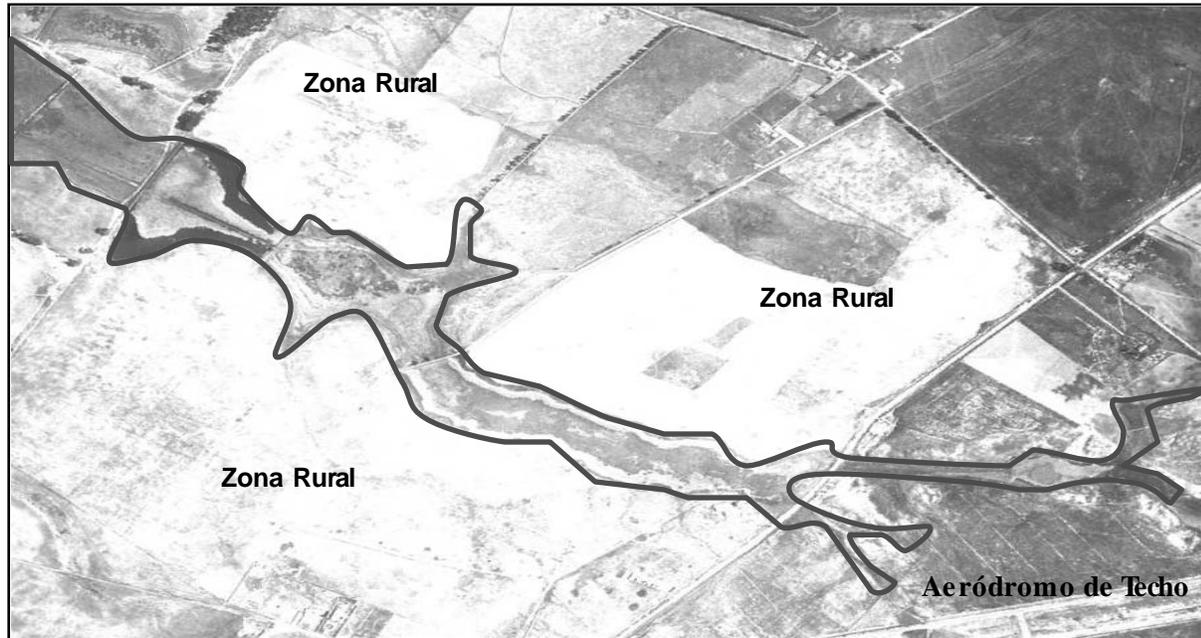


Figura 25. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1949 Escala 1:15000. (IGAC, 1949).

En el año 1956 (Fig. 26) ya se empiezan a observar más construcciones civiles, como en la parte inferior derecha donde se encuentra banderas y la Av las Américas

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 26. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1956 Escala 1:9000. (IGAC, 1956).

Las fotos aéreas del humedal de Techo están a una escala de 1:8100. En la Foto 4 se puede observar el humedal en el año 1976 con un área de 10 hectáreas. En la parte izquierda se observa mucha zona rural, mientras que en la parte derecha se observan construcciones más que todo urbanas. En 1938 el humedal de Techo tenía un área de 60 ha la cual en tres décadas se vio reducida al 16% de su área original.

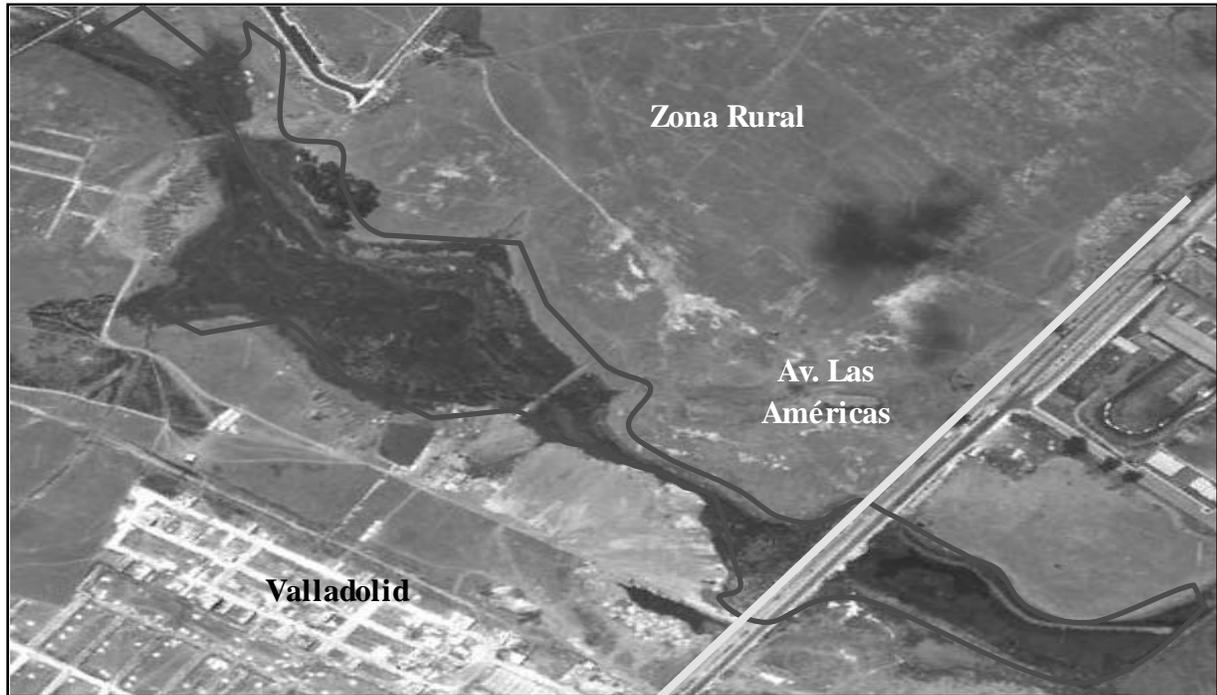
Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 27. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1976 Escala 1:9000. (IGAC, 1976).

En la Figura 28 se observa como fueron aumentando las construcciones urbanas en 1992, alrededor del humedal y como fue afectando la ronda de este disminuyendo su área a 2 hectáreas. Se puede observar también que está fraccionado en dos por la Avenida Las Américas. Todavía se observan zonas rurales alrededor del humedal, las cuales se crearon por relleno de parte del humedal.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Fig

ura 28. Aerofotografía del Humedal de Techo en 1992 Escala 1:9000. (IGAC, 1992).

En la Figura 29 se observa el aumento de construcciones alrededor del humedal, causando mayor carga de residuos orgánicos y aguas residuales a este. Está fragmentado en tres porciones, debido a que en su interior se construyó el barrio Lagos Castilla (EAAB, 2003). El área en este momento era de 2 hectáreas.

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.



Figura 29. Aerofotografía del Humedal de Techo en 2004 Escala 1:9000. (IGAC, 2004).

Universidad de los Andes - Facultad Ingeniería
Estudio Preliminar de la Degradación Física de Tres Humedales de la Sabana de Bogotá y Lineamientos Ecológicos y Paisajísticos para su Gestión.

MODELACIÓN DE LA DINAMICA MULTITEMPORAL DE LA DISMINUCIÓN DE ÁREA DEL HUMEDAL DE TECHO

