



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
SECRETARÍA DE AMBIENTE

BOG

BOGOTÁ  
POSITIVA

GOBIERNO DE LA CIUDAD

# PROTOCOLO DE RECUPERACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE HUMEDALES EN CENTROS URBANOS



Dirección de Planeación y Gestión Ambiental  
Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad

**SAMUEL MORENO ROJAS**  
Alcalde Mayor de Bogotá

**JUAN ANTONIO NIETO ESCALANTE**  
Secretario Distrital de Ambiente

**ANDREA MELISSA OLAYA ÁLVAREZ**  
Jefe Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad

**COORDINACIÓN GENERAL**

Sandra Patricia Montoya Villarreal  
Bióloga Grupo de Restauración - Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad -SDA-  
Magda Liliana Chisacá Hurtado  
Profesional de apoyo Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad -SDA-

**AUTORES**

Thomas van der Hammen  
F. Gary Stiles  
Loreta Rosselli  
Magda Liliana Chisacá Hurtado  
Germán Camargo Ponce de León  
Gabriel Guillot Monroy  
Yerly Useche Salvador  
David Rivera Ospina

**APORTES**

Luis Fernando Prado Castillo  
Byron Calvachi

**COLABORADORES**

María del Carmen Pérez Pérez  
Luz Stella Rey Sabogal  
Ricardo Ramírez Pachón

**PARTICIPACIÓN Y COOPERACIÓN**

Gerencia Ambiental -EAAB-  
Subdirección Científica Jardín Botánico de Bogotá *José Celestino Mutis*  
Red de Humedales de la Sabana de Bogotá

**EDICIÓN TÉCNICA**

David Rivera Ospina

**FOTOGRAFÍA**

Thomas McNish Merrill  
F. Gary Stiles  
David Rivera Ospina

**EDICIÓN EDITORIAL**

Claudia Alexandra Parra Mejía

**IMPRESIÓN Y PREPrensa**

Imprenta Nacional

**PROTOCOLO DE RECUPERACIÓN Y  
REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE  
HUMEDALES EN CENTROS URBANOS**

Una publicación de la Secretaría Distrital de Ambiente, como parte de su misión institucional para la conservación de los humedales en Bogotá D.C.

© Alcaldía Mayor de Bogotá  
Secretaría Distrital de Ambiente, SDA, 2008  
ISBN N°. 978-958-9387-57-3  
Primera edición  
Octubre de 2008

Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, D. C., Colombia  
Impreso en Colombia - Printed in Colombia

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni en ningún medio sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la entidad.



## ÍNDICE

Presentación .....	9
Prólogo .....	11
INTRODUCCIÓN .....	13
PROSPECTIVA .....	21
LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA RESTAURACIÓN DE HUMEDALES EN COLOMBIA .....	25
 Capítulo 1	
Generalidades del ecosistema de humedal .....	41
Historia de formación .....	43
Aspectos conceptuales .....	49
Las etapas de un proyecto de restauración ecológica .....	53
Procesos hidrológicos .....	54
Características del suelo en los humedales .....	66
Componente biótico .....	71
Procesos ecológicos en los humedales .....	77
Dinámica de la vegetación acuática y semiacuática .....	79
 Capítulo 2	
Estado actual de los humedales .....	83
Historia de alteración .....	84
Consecuencias de la alteración antrópica de los humedales sobre su fauna ....	90
Síntesis limnológica .....	92
Clasificación de los humedales .....	101
Síntesis de las intervenciones para la recuperación o rehabilitación ecológica de los humedales distritales .....	123
 Capítulo 3	
La recuperación y la rehabilitación ecológica de humedales .....	127
Regulación hídrica .....	127
Vegetación acuática y semiacuática .....	132
Vegetación terrestre .....	138
Control de especies invasoras .....	158
Fauna silvestre .....	161
 Capítulo 4	
Evaluación y seguimiento a los procesos de recuperación o rehabilitación ecológica .....	171
Planeamiento de un programa de evaluación y seguimiento .....	173

Aspectos relevantes en limnología y vegetación acuática y semiacuática .....	184
Invertebrados acuáticos y bioindicadores .....	187
Fauna silvestre .....	190
Vegetación terrestre .....	193
Rol de la comunidad en el desarrollo de un programa de evaluación y seguimiento .....	195
Protocolo de seguimiento en limnología para los humedales del Distrito Capital .....	196
Formulación de planes ambiental de humedales .....	196
 Capítulo 5	
Experiencias en el manejo de humedales de Bogotá D.C. ....	199
Experiencia colectiva de acciones de recuperación en el Humedal de la Conejera .....	202
Propuesta de la red de humedales para recuperación de humedales .....	204
Síntesis de algunas acciones desarrolladas por la Secretaría Distrital de Ambiente .....	205
Experiencia de manejo e intervención en la gravillera del Valle del Siecha .....	211
Responsabilidad social en el desarrollo de procesos de rehabilitación o recuperación ecológica de humedales .....	213
 Capítulo 6	
Áreas de interés para la investigación en humedales .....	215
Síntesis .....	217
Áreas de investigación .....	217
Limnología .....	217
Dinámica hídrica .....	219
Ecología de la vegetación en humedales .....	220
Estrategias de conservación de vegetación en los humedales .....	222
Investigación, conservación y manejo de fauna .....	223
Ecología del suelo y paisaje .....	226
Gestión social y manejo sostenible de humedales .....	228
 Glosario .....	 231
 Anexos	
Anexo 1. Lista de macroinvertebrados bénticos.....	240
Anexo 2. Especies de fitoplacton .....	241
Anexo 3. Especies de zooplacton.....	244
Anexo 4. Listado de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas.....	245
Anexo 5. Fauna silvestre de los humedales.....	248
Anexo 6. Avifauna de los humedales.....	251
Anexo 7. Valores generales de hábitat para las aves.....	257
Anexo 8-9. Evaluación de la oferta ambiental para la fauna.....	258
Anexo 10. Potencial biótico de los humedales del Distrito Capital, en términos de las especies de aves.....	259
Anexo 11. Clave de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas de los humedales de Bogotá.....	261
Anexo 12. Descripción básica de algunas especies de aves y otra fauna de los humedales de la sabana de Bogotá.....	267
 Bibliografía .....	 273

## PRESENTACIÓN

Los humedales de Bogotá corresponden a escenarios que, por razones históricas y de la dinámica de la ciudad, han quedado inmersos en un medio urbano en el cual tanto su estructura como sus funciones han sido fuertemente alteradas. La expansión urbana desordenada, especialmente, en las grandes urbes se ha desarrollado en contravía de la conservación de áreas para la flora y fauna nativa lo que induce un desequilibrio y pérdida de los ecosistemas.

Hace unos 20 años grupos ambientalistas se dieron a la tarea de alertar a sus conciudadanos en relación con la importancia de los humedales dado su valor ecológico único e irremplazable como hábitat de especies de avifauna en peligro de extinción, componente clave de las dinámicas hidrológicas, espacios para la recreación pasiva y la investigación básica.

Los humedales bogotanos son ecosistemas de gran importancia biológica, social, cultural y dentro de la Estructura Ecológica Principal hacen parte del Sistema de Áreas Protegidas, entendida como “el conjunto de espacios con valores singulares para el patrimonio natural”, cuya conservación resulta imprescindible para el funcionamiento de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad y la evolución de la cultura en el Distrito Capital.

Uno de los objetivos del Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital (Decreto 061 de 2003) es el de conservar la biodiversidad, con el propósito de mantener, restaurar, incrementar y aprovechar de manera sostenible la oferta ambiental del territorio a escala local, distrital y regional y en él se establece, como prioritario, el desarrollo de programas y proyectos para la conservación de los bienes y servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas, entre los que se destacan:

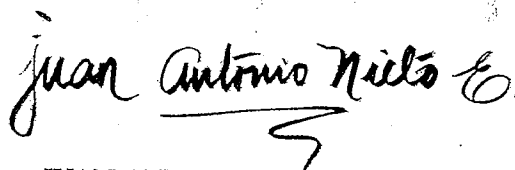
- Conservación de la biodiversidad (en especial de la fauna endémica y migratoria).
- Mantenimiento de la conectividad ecológica entre los cerros orientales y el río Bogotá.
- Diversidad paisajística y embellecimiento escénico de la ciudad.
- Oferta biofísica para la recreación y la educación ambiental.
- Amortiguación hidráulica de las crecientes (prevención de inundaciones).
- Recarga de las aguas subterráneas de la sabana.

Por otra parte, la gestión ciudadana e institucional para emprender la recuperación de los humedales Bogotanos es una experiencia que arroja resultados alentadores por cuanto en este campo se han registrado notables adelantos con el protagonismo de la ciudadanía organizada, así como con la intervención institucional, en una interacción que apunta a construir modelos de gestión de responsabilidad compartida, sobre el principio de establecer una sólida base social para su preservación y uso sostenible.

La Secretaría Distrital de Ambiente a partir de la edición del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica en el año 2000 abordó la problemática relacionada con la rehabilitación y recuperación ecológica de los ecosistemas terrestres, rondas de quebradas, protección de nacederos así como la sustitución de plantaciones forestales a partir de los lineamientos publicados en el 2004: Guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital; Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital y Guía técnica de jardinería ecológica.

El presente documento trasciende el simple procedimiento para abordar el restablecimiento de estos ecosistemas, pues, dada su complejidad en el medio urbano, es preciso efectuar un análisis único e integral para cada uno de ellos, de tal forma que los objetivos y metas planteadas respondan a procesos de validación tanto espacial como temporal, mediante indicadores cuantificables que permitan interpretar los procesos en curso y su nivel de éxito, como elementos clave en la toma de decisiones para su conservación.

En el marco de la política de humedales, formulada en el año 2005, el presente documento técnico se constituye en un instrumento que ofrece orientación conceptual y metodológica para contribuir a la rehabilitación o recuperación de estos ecosistemas como piezas clave de las complejas interacciones ecológicas de la ciudad y la región para la conservación de su biodiversidad, la regulación hídrica y la prestación de diversos servicios ambientales.



JUAN ANTONIO NIETO ESCALANTE  
SECRETARIO DISTRITAL DE AMBIENTE

## PRÓLOGO

Al leer este Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos del DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente, junto con la "Política de humedales", es evidente que en el curso de las últimas cinco administraciones el Distrito ha evolucionado en forma positiva en cuanto a su visión sobre los humedales. Después de años de deterioro, rellenos, contaminación, eutrofización y negación de su papel como ecosistemas naturales, pasaron a ser considerados como ecosistemas de importancia para la conservación en el primer Plan de Ordenamiento Territorial, a pesar de que en ese entonces se proponía un manejo como parques públicos, con ciclorrutas y se pensaba hasta en recreación activa más que reservas naturales. Afortunadamente llegamos a la aceptación de los humedales urbanos como "reservas naturales" propiamente dichas, las cuales necesitan acciones de protección y restauración, para poder conservar y recuperar la biodiversidad (una obligación legal: Ley 99 de 1993 art. 1 sub. 2).

El contenido de este protocolo es de excelente calidad, los temas abordados incluyen desde la geología, geomorfología, suelos, vegetación, limnología y fauna, todos ellos tratados con bases científicas y por expertos. Además, presenta indicaciones sobre las dudas o falta de claridad en relación con las consecuencias que puede tener la aplicación de ciertas medidas. En cuanto a los usuarios, es decir, los que van a trabajar seriamente en la restauración, entiéndase como recuperación o rehabilitación ecológica, es importante que se informen bien de todo el contenido del documento, que tiene una secuencia lógica en la presentación de los capítulos. Empieza con las generalidades necesarias para comprender el texto; luego se expone el estado actual, punto de partida para la restauración, con un capítulo esencial: "La Recuperación y Rehabilitación Ecológica". En cuanto a la evaluación, seguimiento y prospectiva de investigación en humedales, será de especial importancia, tanto su ajuste como su enriquecimiento por parte de investigadores experimentados, grupos de trabajo de universidades, la comunidad científica y las organizaciones de base interesadas en el tema.

De interés especial es el capítulo sobre las experiencias en la recuperación, ya que se puede aprender mucho de ellas (y evitar errores). Tal es el caso de varios años de manejo de los humedales como La Conejera y Santa María del Lago, donde se aprendió que una protección con cercas físicas "impermeables" es una necesidad *sine qua non*, como también se necesitaron en parques públicos de recreación activa, como el Simón Bolívar.

Esperamos que ya publicado este documento no sólo se guarde en las bibliotecas, sino que se fortalezca y continúe el trabajo conjunto entre el Estado y la ciudadanía la recuperación y conservación de los humedales urbanos de Bogotá, D. C. Es la obligación de todos para dejar un valioso legado a las futuras generaciones.

Thomas van der Hammen

## INTRODUCCIÓN

Los humedales urbanos de Bogotá son ecosistemas severamente degradados, sin embargo, aún conservan elementos de flora y fauna endémica amenazada, representativa de estos ecosistemas y de la sabana de Bogotá, además de prestar diversidad de funciones y servicios ambientales a la ciudad. Soto y Lara (2001) destacan algunos valores de los ecosistemas de humedal:

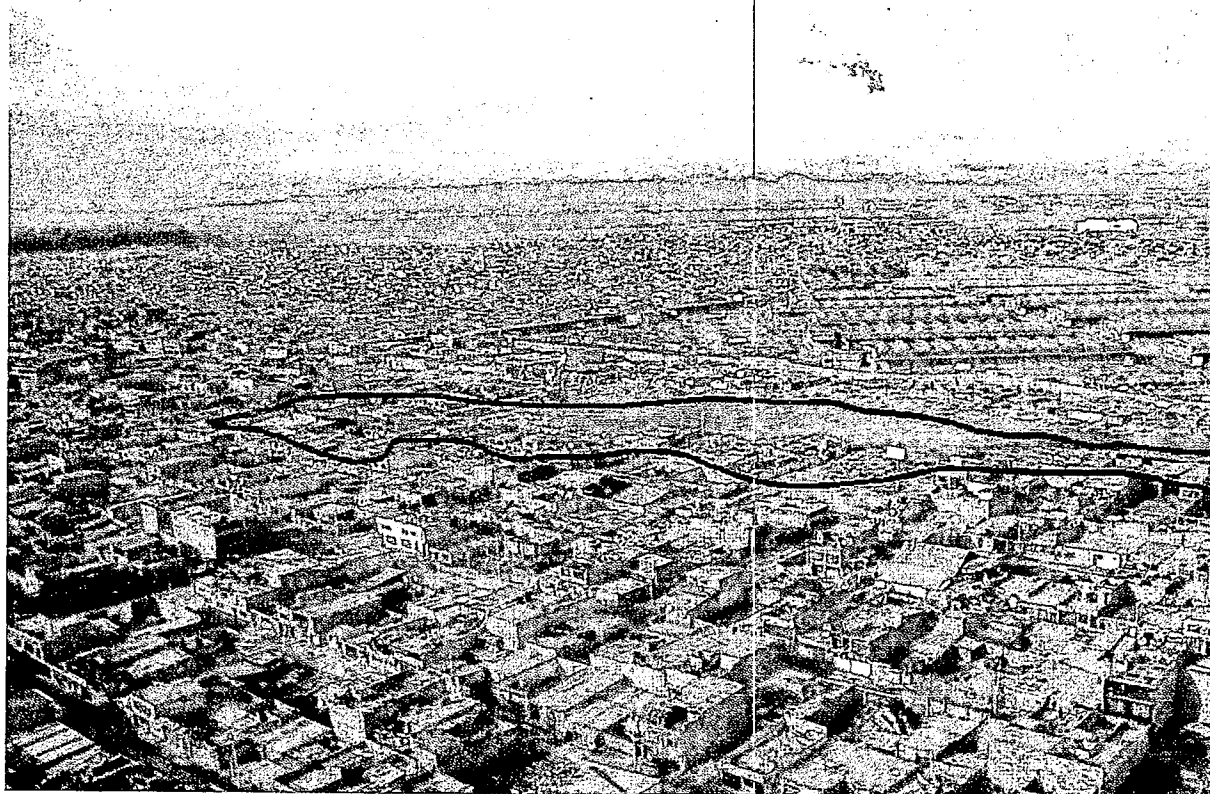


Figura 1. El Humedal La Vaca en el paisaje urbano en el sur de Bogotá, reducido e inmerso en una matriz densamente poblada y con procesos activos de deterioro ambiental e invasión de la ronda. Archivo EAAB.

- Valores de uso directo: plantas medicinales, frutos y plantas silvestres comestibles.
- Valores de uso indirecto: control de inundaciones, fertilidad del suelo, control de la contaminación, ecoturismo (por ejemplo observatorio de aves), educación, servicios biológicos (polinización).
- Valores opcionales: productos futuros, descubrimientos biológicos (por ejemplo, biotecnología de microorganismos), recursos genéticos.

- Valores de existencia: protección de la diversidad biológica, mantenimiento de la cultura de las poblaciones locales, mantenimiento de los procesos ecológicos y evolutivos.

Los humedales prestan otra serie de beneficios y servicios ambientales como, por ejemplo, la regulación del microclima local, descomposición de la materia orgánica, la regulación de caudales hídricos, la fijación de nitrógeno y carbono, sumidero de nutrientes y agentes tóxicos.

Según Samper (2000), este tipo de servicios ambientales no son cuantificables fácilmente, ya que en su mayor parte no se transan a través de mercados y, normalmente, los costos asociados con la degradación de servicios ambientales se convierten en externalidades. Este breve análisis de los valores económicos totales del ecosistema de humedal, muestra la importancia de adoptar medidas para recuperarlos mediante programas de recuperación o rehabilitación ecológica.

Los procesos que conducen al restablecimiento ya sean de la estructura y/o función(es) de un ecosistema se dan en el largo plazo y requieren de suficiente conocimiento científico de los componentes del ecosistema y su funcionamiento. En el caso de los humedales urbanos de Bogotá, los estudios de historia ambiental y paleoecología han permitido conocer cuáles fueron las condiciones remotas de estos ecosistemas. Según Hobbs y Norton (1996), en un proyecto de restauración se pueden presentar a largo plazo diferentes trayectorias (Figura 2). Sin embargo, en la práctica, como anota Samper (2000), "lo que sucede es que luego de una perturbación –natural o antrópica–, se presentan cambios en la estructura y función. Es posible que podamos recuperar la función ecosistémica, sin recuperar completamente su estructura, en este caso estamos hablando de una rehabilitación de la función ecosistémica, muchas veces incluso con un reemplazo de las especies que lo componen".

Guariguata (2000) propone que no siempre el objetivo se centrara en restaurar un ecosistema original. De hecho con base en la terminología aceptada, rehabilitar es probablemente el término más apropiado, que se refiere a cualquier esfuerzo destinado a recuperar atributos estructurales o funcionales de un ecosistema, sin que necesariamente sea el objetivo final producir el ecosistema original. No obstante, comúnmente se usa restauración como expresión envolvente. Hobbs y Norton (1996) destacan los siguientes atributos del ecosistema a recuperar o rehabilitar:

- Composición: especies presentes y sus abundancias relativas.
- Estructura: arreglo vertical y horizontal de la vegetación y componentes del suelo.
- Patrón de distribución: arreglo espacial de los componentes del sistema.
  - Heterogeneidad: un conjunto complejo de variables compuestas de los anteriores componentes, también sería importante la heterogeneidad del suelo, etc.
  - Función: el desempeño de los procesos ecológicos básicos (transferencia de energía, agua, nutrientes).
  - Dinámica y resiliencia: procesos sucesionales, recuperación postdisturbio.

Lo anterior ha generado la polémica acerca de: ¿cuáles atributos pueden ser restaurados? y ¿cuáles son los más importantes?, ¿se puede restaurar estructura y función sin, necesariamente, restaurar la misma composición? La búsqueda de estas respuestas requiere de investigación básica que debe proporcionar la ecología de la restauración (Bradshaw, 1987,1993; Clewel, 1993; Dobson et al. 1997).

En los ecosistemas tropicales y más aún en los de alta montaña tropical, la restauración ecológica de los ecosistemas apenas empieza a tener algunas aplicaciones puntuales, sin contar aún con suficiente conocimiento conceptual y experimental, a pesar de la urgente necesidad de detener los procesos de degradación que presentan, en especial los humedales del altiplano sabana de Bogotá. Esta altiplanicie a 2.600 m.s.n.m. es la más extensa en el norte de los Andes y debido a su desarrollo histórico y acelerada expansión urbana, presenta indicadores críticos sobre el estado de conservación de los humedales y otros ecosistemas como los de páramo, bosque andino, enclaves xerofíticos y el sistema hídrico que abastece al río Bogotá y a la ciudad capital del país (Rivera, 2004).

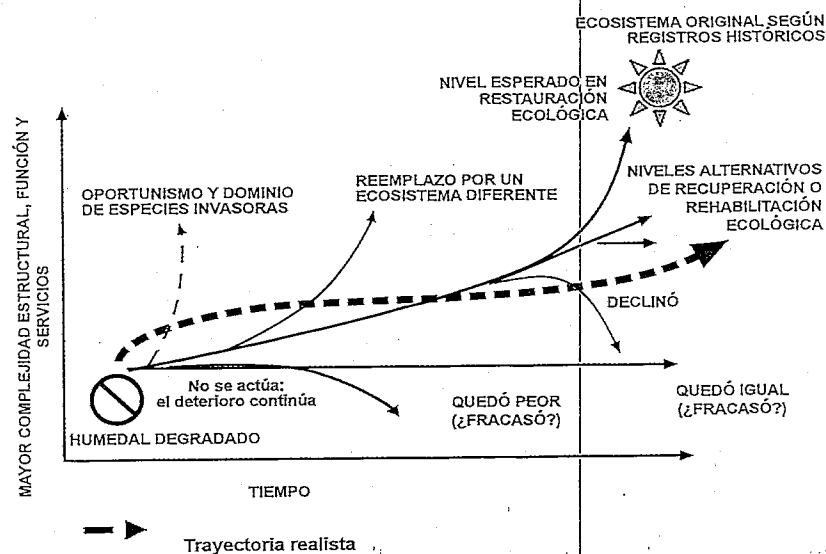


Figura 2. Modelo realista de la restauración ecológica en humedales urbanos. (Adaptado de Hobbs y Norton, 1996, David Rivera). La trayectoria finalmente conduce a un nivel alternativo de rehabilitación o recuperación ecológica.

Los humedales de Bogotá hacen parte de un complejo sistema de planicie aluvial que forma el río Bogotá en su cuenca alta, los estudios arqueológicos muestran evidencias del manejo hidráulico extensivo de estos ecosistemas desde épocas prehispánicas. En el transcurso del tiempo se consolidaron en la sabana de Bogotá los asentamientos urbanos y el hombre moderno transformó aceleradamente su entorno hasta producir grandes cambios en el paisaje y en la salud de los humedales. Una sinopsis histórica de afectación ambiental de los humedales es la siguiente:

- 1538, el sistema domiciliario de desagües es primitivo, las aguas usadas y las basuras se arrojan al caño público que corren por el centro de cada calle, estos desechos desembocan en las corrientes que atraviesan la ciudad y llegan al río Bogotá y las lagunas o humedales.
- En la Colonia comienza a registrarse un fenómeno de contaminación, las haciendas vierten sus aguas residuales a las lagunas cuyas zonas aledañas se ven afectadas debido a la continua deforestación.
- Siglo XIX, la población de Bogotá sigue creciendo y comienza el proceso de adecuación de tierras para ser urbanizadas y la construcción de barrios periféricos. Son claros los efectos de la desecación histórica de las lagunas.
- 1930-1950, se llevan a cabo varios proyectos urbanísticos (grandes avenidas), que traen como consecuencia la fragmentación y el deterioro de los cuerpos de agua. La gran Laguna del Tintal se fracciona en los humedales de Tibanica, La Vaca, El Burro, Techo y Lago Timiza.
- 1960, se da comienzo de manera masiva a los rellenos, invasión, loteo y construcción, práctica que afectó la dinámica natural de los humedales.

Durante las últimas décadas, ha sido significativa la urbanización en el costado occidental del antiguo municipio de Suba, afectando las Zonas de Ronda y en las áreas pertenecientes al humedal de La Conejera; se han consolidado barrios como Bolivia, Bachué, El Cortijo y la Ciudadela Colsubsidio, los cuales ejercen presión sobre el humedal Juan Amatillo.

En este proceso histórico, las grandes lagunas que ocuparon la región occidental de Bogotá se han reducido drásticamente y presentan problemas ambientales críticos. Hasta hace poco tiempo en Bogotá y



en el país, en general, aún no se comprendía muy bien ni se tenía plena conciencia de la importancia de estos ecosistemas para la ciudad y de la conservación y manejo racional de su enorme potencial, representado en bienes y servicios ambientales, como la regulación de crecientes durante la época de lluvias, hábitat para una gran diversidad de microorganismos con grandes potencialidades biotecnológicas, de plantas, animales silvestres y aves únicas o endémicas, residentes y migratorias o, sencillamente, como un escenario para disfrutar el paisaje.

Los humedales de Bogotá hacen parte de la Estructura Ecológica Principal - POT, 2000, 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. Tienen como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica del territorio, de la cual hacen parte los cerros, el valle aluvial del río Bogotá y la Planicie, en conjunto con las reservas, parques y la vegetación natural de quebradas y ríos".

La Estructura Ecológica Principal de la ciudad de Bogotá propende por la conservación y recuperación ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico, como principal conector ecológico del territorio urbano y rural. Tales elementos son: principales áreas de recarga del acuífero, rondas de nacimientos y quebradas, rondas de ríos y canales, humedales y sus rondas, valle aluvial del río Bogotá y sus afluentes, y los remanentes de vegetación nativa en cada uno de estos ecosistemas así como las áreas para restaurar su composición biótica original y su funcionalidad ecológica.

## EL HUMEDAL URBANO

El humedal urbano surge como un nuevo paradigma en el contexto de la ecología y conservación de humedales y su relación con el desarrollo de las grandes ciudades como Bogotá. Estos ecosistemas, antes considerados "obstáculos" para el desarrollo de las ciudades, hoy son apreciados como ecosistemas estratégicos por su gran valor ecológico, económico y cultural. Según Soto y Lara (2001), los humedales proveen una multiplicidad de bienes y servicios. Cuando ellos son drenados para convertirlos en terrenos agrícolas, tal conversión puede aparecer como un logro económico y de desarrollo en el corto plazo, pero en el largo plazo y aplicando un análisis más amplio, la conversión de humedales a usos agrícolas o urbanos arroja generalmente pérdidas económicas.

En ambientes urbanos como en la ciudad de Bogotá, los humedales están íntimamente relacionados con los Cerros Orientales, allí nacen numerosas fuentes de agua y quebradas procedentes de los páramos. Estos afluentes en un corto trayecto llegan a la zona periurbana (próxima) de la ciudad y reciben numerosos vertimientos de aguas residuales. En el medio urbano sus cauces se han transformado en un complejo sistema artificial de drenaje de interceptores y canales, que han modificado en gran manera la microcuenca de captación, los caudales y la calidad físico-química y microbiológica de las aguas que abastece a los humedales.

En el sentido de Girardet (1992), las ciudades son ecosistemas de metabolismo complejo, inmensos procesadores de alimentos, combustibles y materias primas cuyas conexiones y efectos se extienden por todo el planeta. Las ciudades desarrollan metabolismos complejos sin comparación con otras estructuras existentes, relacionándose en forma extensiva e intensiva, horizontal y verticalmente por todo el planeta para obtener los productos que necesitan. Estos sistemas tienen la capacidad de transformar, cambiando materias naturales en objetos artificiales.

El metabolismo urbano es heterótrofo, depende de la producción primaria de otras partes del territorio y presenta un alto consumo de energía en el transporte. Esta energía viaja por fuera de los organismos vivos y se emplea en la construcción de infraestructuras y edificios, así como en el funcionamiento de los servicios. El medio urbano se caracteriza por presentar gran complejidad por la multiplicidad de artefactos portadores de cultura y de información. Se podría pensar que este escenario conduce a cierto nivel de

“artificialización” de los humedales urbanos, a tal punto que es necesario llegar al manejo de cada uno de sus componentes estructurales y funcionales (flora, fauna, dinámica hídrica).

Las investigaciones de Bernal y Calvachi (2005) concluyen que la metodología de rehabilitación de un humedal urbano debería buscar la readecuación de un mosaico de hábitat que sostenga una alta diversidad de especies y que, por el contrario, su homogenización favorece a pocas especies en detrimento de otras vulnerables. Un humedal rodeado de urbanizaciones no impide el mantenimiento de una considerable representatividad del hábitat que, podrían, eventualmente, sostener una alta diversidad de aves y fauna asociada.

Una pregunta que surge en este contexto es ¿qué caracteriza realmente a los humedales urbanos desde el punto de vista de su estructura y función, biodiversidad y servicios ambientales? Si bien es un aspecto conceptual en construcción y que requiere de investigación y mayor elaboración, la respuesta más sencilla sería que son humedales urbanos porque han quedado inmersos en la ciudad, en la matriz urbana, rodeados de gente, su cultura y de sus necesidades; su entorno ha sido transformado por el crecimiento de la ciudad. El funcionamiento de un humedal urbano en buena medida es subsidiado y controlado por el metabolismo de la ciudad y el tránsito de sus aguas.

Así mismo en el contexto social, los humedales urbanos presentan algunas particularidades que apenas están siendo exploradas. En resumen, desde este punto de vista los humedales de Bogotá presentan tres grandes características:

- Han quedado aislados en la matriz del paisaje de la planicie aluvial del río Bogotá y presentan muy baja conectividad.
- Son ecosistemas naturales fuertemente transformados, rodeados por una matriz urbana en desarrollo y una problemática compleja de saneamiento ambiental y de asentamientos humanos que han invadido sus rondas, deteriorando su funcionamiento y procesos ecológicos.
- Son escenarios de un gran valor ecológico por sus funciones, bienes y servicios ambientales que se deben recuperar o rehabilitar para la conservación de la biodiversidad y para el disfrute de los ciudadanos y ciudadanas.

## LOS HUMEDALES - POLÍTICAS INTERNACIONALES Y NACIONALES

En el ámbito internacional en 1971 se adoptó la Convención Ramsar -“Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas”, fue firmada en Irán y ratificada por 131 países, entrando en vigor en 1975. En el texto de la Convención Ramsar se define a los humedales como: “Las extensiones de marismas, pantanos, turberas, cuerpos de agua de régimen natural y artificial, permanentes o temporales, estancadas, corrientes, dulces, salobres y saladas incluyendo las áreas de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”. Es el tratado intergubernamental que ofrece las bases de cooperación internacional en cuanto a la conservación de humedales y aporta elementos conceptuales y metodológicos como una guía en la materia.

Actualmente la Convención cuenta con la suscripción de 138 países, 1.317 humedales declarados de importancia internacional, cubriendo un área de más de 111 millones de hectáreas. Así mismo, dentro del marco de la Agenda 21<sup>1</sup> se establece como prioritaria la conservación de los recursos de agua dulce y se hace un llamado a nivel mundial para establecer planes de acción para su conservación. La Convención Ramsar ha establecido alianzas estratégicas con otros tratados y convenios internacionales, tales como el Convenio de Diversidad Biológica y el Protocolo de Kioto.

<sup>1</sup> Documento en el que se traza un programa de medidas ambientales a tomar hasta los primeros años del siglo XXI, acordado en la Conferencia Global sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (denominada Cumbre sobre la tierra), celebrado en Río de Janeiro (1992).

## PARTICIPACIÓN DE COLOMBIA EN EL MARCO DE LA CONVENCIÓN RAMSAR

A través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT-, el país ha avanzado significativamente en el desarrollo de políticas para la conservación y uso sostenible de estos ecosistemas. Algunos de sus logros se anotan a continuación: Colombia se hizo parte de la Convención Ramsar a través de la Ley 357 del 21 de enero de 1997, la cual entró a regir el 18 de octubre de 1998. Sin embargo, a pesar de su tardía vinculación a la Convención, desde el año de 1992 se empezaron a realizar acciones para la conservación de los humedales. A raíz de la expedición de la Ley 99 de 1993 (ley que crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el MAVDT, se definió que la instancia de gobierno encargada para el desarrollo del diseño y ejecución de una estrategia para la conservación y uso sostenible de los humedales, estaría a cargo de la Dirección General de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

De acuerdo con el MAVDT, ser parte de esta Convención implica el reconocimiento de las funciones ecológicas, sociales y económicas de los humedales, así como la importancia de involucrar a las comunidades en la declaratoria, conservación y manejo de los humedales. Los países signatarios asumen una serie de compromisos y obligaciones, tales como la conservación de los humedales y de las aves acuáticas, estén o no incluidos en la lista, mediante la creación de reservas naturales y la adopción de medidas adecuadas para su custodia. Cuando un país por motivos urgentes, de interés nacional, retire o reduzca los límites de un humedal incluido en la lista debe, en lo posible, compensar la pérdida y crear nuevas reservas para aves acuáticas.

Así mismo, la convención hace un llamado a las partes para la conservación de los humedales del país, estén o no inscritos en la lista internacional. Para este fin, la legislación colombiana prevé una amplia gama de categorías de manejo de áreas protegidas que pueden ser complementarias a la figura de Ramsar.

Para avanzar en los procesos de implementación, la convención invita a los países a desarrollar políticas nacionales y a revisar sus legislaciones internas e instituciones, con el fin de ver si son acordes con los propósitos de la misma. A nivel nacional, las normas y consideraciones relacionadas con humedales se encuentran dispersas y fraccionadas.

Únicamente cuando Colombia ratificó la convención se empezó a utilizar el término de humedales, por lo cual para el análisis jurídico se debe mirar en dónde aparece alguna referencia concreta de acuerdo con la amplia definición de "humedal".

Por estas razones, en julio del 2002, el MAVDT (Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) desarrolló y aprobó la Política Nacional de Humedales Interiores, la cual fue elaborada a partir de discusiones regionales, con la participación de un gran número de actores del sector gubernamental y no gubernamental. Actualmente, se encuentra en proceso de aprobación un decreto reglamentario específico sobre este tema.

## RÉGIMEN JURÍDICO DE LOS HUMEDALES

De acuerdo con la adhesión a la Convención Ramsar y según el documento de Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia, los humedales han sido reconocidos como "áreas de especial importancia ecológica"; así mismo, la jurisprudencia ha reconocido la importancia de estos ecosistemas. La Constitución Nacional, en el artículo 79, señala: "... Es deber del Estado conservar las áreas de especial importancia ecológica, y existe la obligación de preservar ciertos ecosistemas". Las áreas de importancia ecológica tienen un régimen de protección más estricto que otro tipo de ecosistemas, por lo cual el Estado y los particulares deben conservarlos y llevar a cabo medidas para su protección.

Los humedales, dadas sus características ambientales y su función reguladora, son jurídicamente tratados como bienes públicos, es decir, que su dominio pertenece al Estado y su uso común corresponde

a todos los habitantes del territorio, como ocurre con los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales. A nivel constitucional, estos bienes son: *"inalienables, imprescriptibles e inembargables"*.

Según el Decreto 190/04 – Revisión del POT, los Parques Ecológicos Distritales de Humedal corresponde a los siguientes:

- a. Humedal de Tibanica
- b. Humedal de La Vaca
- c. Humedal de El Burro
- d. Humedal de Techo
- e. Humedal de Capellanía o La Cofradía
- f. Humedal del Meandro del Say
- g. Humedal de Santa María del Lago
- h. Humedal de Córdoba y Niza
- i. Humedal de Jaboque
- j. Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes
- k. Humedal de La Conejera
- l. Humedales de Torca y Guaymaral

## ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO

El presente documento es el resultado de un largo proceso de estudios de sus autores para la comprensión científica de los diferentes componentes de los humedales, del aporte de iniciativas de la Red de Humedales y ONG involucradas en su conservación y manejo, de la Empresa de Acueducto de Bogotá, del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, así como del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que con sus aportes y discusión contribuyeron a la edición de este documento. Proceso que construyó y coordinó durante varios años hasta su culminación el Grupo de Restauración Ecológica de la Oficina de Ecosistemas y Biodiversidad de Secretaría Distrital de Ambiente.

Los diversos capítulos del protocolo sintetizan el trabajo de los autores quienes aportaron su amplia trayectoria y conocimiento en el campo de la ecología para analizar e interpretar –a partir de información colectada en campo e información secundaria– los complejos procesos ecológicos de los humedales urbanos y, en consecuencia, ofrece lineamientos y estrategias de gran utilidad para los ejecutores de proyectos de rehabilitación o recuperación ecológica en estos ecosistemas urbanos. Ellos corresponden a: Thomas van der Hammen (2003) en paleoecología e historia ambiental; Gabriel Guillot y Yerly Useche (2004) del Departamento de Biología de la Universidad Nacional en ecología acuática y limnología; Liliana Chisacá y Germán Camargo (2003) en el análisis de la vegetación; F. Gary Stiles y Loreta Rosselli en Fauna (2003); David Rivera (2005) en el componente suelos; Luis Fernando Prado con aportes al marco conceptual, así como en aspectos relacionados con la formulación y ejecución de programas de evaluación y seguimiento.

El protocolo consta de seis capítulos. El primero presenta generalidades del ecosistema de humedal a partir de su historia de formación, aporta elementos conceptuales para comprender qué es el ecosistema de humedal, su funcionamiento y los diferentes componentes ecosistémicos, flora, fauna, suelos, hidrología, flujos, los procesos ecológicos y síntesis de atributos funcionales.

En el segundo capítulo se describen las características, problemática ambiental, factores limitantes y tensionantes, se evalúa cuál es la oferta ambiental, el potencial biótico y el potencial de restauración ecológica, con especial atención al manejo y conservación de fauna de los humedales; se propone una clasificación de los humedales de Bogotá para evaluar su estado de conservación. Se analiza la historia de afectación sobre los componentes de vegetación acuática y semiacuática y de la fauna; el análisis limnológico contribuye a una interpretación integral del funcionamiento actual del ecosistema.

El tercer capítulo plantea el tema central del protocolo, que consiste en los lineamientos del cómo hacer la recuperación o rehabilitación ecológica y en él recomienda métodos y técnicas para los diferentes componentes de las comunidades vegetales acuáticas y terrestres, la rehabilitación de los hábitat para la fauna silvestre y su manejo integral. Sin embargo, hay que tener en cuenta que aún no existe suficiente evidencia experimental para muchos de los problemas que se han planteado en los capítulos anteriores y algunos de estos procesos están en investigación. En el aspecto funcional y de manejo hidráulico existen aún importantes vacíos de conocimiento sobre los cuales la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá debe efectuar investigaciones específicas para cada humedal en cumplimiento de la implementación de los Planes de Manejo Ambiental.

El cuarto capítulo corresponde a la evaluación y seguimiento de los procesos de recuperación o rehabilitación en los humedales; se ofrecen recomendaciones para evaluar los resultados, detectar cambios, hacer ajustes oportunos y documentar el proceso. Se aporta como orientación un esquema básico de muestreo limnológico, así como el seguimiento a la fauna y a la vegetación.

El quinto capítulo hace un balance de experiencias de la comunidad y logros alcanzados en el manejo de algunos humedales. Se presenta la experiencia de otros actores institucionales, que amplían el abanico de posibilidades para resolver exitosamente la compleja problemática de los humedales urbanos de Bogotá.

En el sexto capítulo se abordan los que serían en términos generales algunos de los aspectos relevantes que deben incluirse en el marco de la investigación a fin de resolver numerosos interrogantes en limnología, en vegetación, fauna, en lo social así como en la ecología de poblaciones. De acuerdo con las líneas de investigación propuestas, se requiere hacer más énfasis en aspectos funcionales y experimentales con un buen sustento estadístico para el análisis de resultados; también, se precisa la necesidad de empezar a interpretar los problemas espaciales desde la perspectiva de la ecología del paisaje y la modelación ecológica, para tener en el mediano plazo (3 a 6 años) herramientas predictivas sobre el funcionamiento de estos ecosistemas.

En los anexos se presentan fichas de vegetación acuática y de las aves más representativas; también, una clave para identificación de macrófitas acuáticas. Finalmente, con el propósito de complementar la información técnica, el protocolo se ilustra con fotografías y un glosario.

## PROSPECTIVA

Por: Thomas van der Hammen

El tema del manejo y restauración de humedales cuenta con amplias experiencias en otros países y es lógico que estos se puedan utilizar como referentes para el caso de los humedales de Bogotá y la sabana. Sólo quiero mencionar dos casos de Holanda, un país de humedales por excelencia, que además tiene un fuerte desarrollo urbano.

El primer ejemplo es de una pequeña reserva natural de unas 32 hectáreas rodeada de campos de cultivo intensivo (en el oriente del país, el "Molenven"), consiste en un gran humedal central, rodeado de áreas algo más elevadas. Durante varios siglos sufrió fuerte y continua influencia humana: el bosque de las áreas más elevadas fue objeto de deforestación, convirtiéndose en "brezal" (matorral) y en el pantano central se explotó artesanalmente la turba para combustible. Se hicieron zanjas a lo largo del humedal con la intención de desecarlo, por estas ingresaba agua contaminada por nitrógeno y otros agroquímicos de los alrededores, lo que había causado una fuerte eutrofización, con la consecuente extensión de vegetación de pantano adaptada a estas nuevas condiciones, en detrimento de la vegetación original compuesta por especies instaladas a un medio mesotrófico hasta oligotrófico. También había interferencia antrópica directa y así como de animales, lo que provocaba fuertes daños a la vegetación y la fauna.

En 1960 se resolvió manejar la reserva de tal forma que llevara al desarrollo de un proceso autónomo de la vegetación hacia una situación lo más cercana posible a la original, antes de la interferencia e influencia humana. Para este fin, se definió un plan de manejo que se ha venido ejecutando desde entonces hasta hoy en día. Lo primero fue cercar el terreno dejando sólo una entrada y definir un sendero de acceso limitado para el público. En el pantano se construyó un sendero pasadizo elevado para su utilización en el monitoreo de la vegetación y para visitas guiadas. En el punto donde el agua de la zona de agricultura entraba al terreno, se tapó la zanja y se canalizó alrededor de la reserva.

Para poder restaurar el nivel freático original, se cerró la zanja de salida del agua para lograr en el curso de varios años, el nivel deseado, lo más cercano al original. Durante los 30 años siguientes se efectuó el monitoreo al desarrollo de la vegetación, año tras año, por medio de cuadrículas fijas así como el registro de transectos, la evaluación del nivel freático y de la calidad del agua. Se utilizaron también fotografías aéreas tomadas a baja altura, en las que se podía ver cada árbol individual. En 30 años la situación cambió por completo: en las zonas algo más elevadas se desarrolló espontáneamente bosque nativo, y en el pantano se desarrollaron bosques pantanosos de, por ejemplo, abedul, en la que se comenzaba a formar un tapete continuo de musgo de turberas meso hasta oligotróficas, *Sphagnum*. Este resultado se logró solo, a partir de lo que llamamos un "manejo exterior".

El segundo ejemplo se refiere a la auto-creación de un área grande de humedales en la década de los 70, donde antes no existía nada, llamado "Oostvaarders plassen". Se trata de un área en uno de los grandes "polders" de la antigua área marina del Zuiderzee. Después de haber hecho los diques, se sacó el agua mediante bombeo para utilizar el área para la agricultura y ganadería, pero una parte más baja quedó pantanosa. Se decidió entonces dejar esta área (de casi 6.000 hectáreas) como reserva natural con el

fin de observar cómo se desarrollaba la vegetación. En el curso de los años, se extendió de manera amplia la caña nativa (*Phragmites*) y muchas otras hierbas de pantano, luego los bosques pantanosos de sauces y alisos, que en su conjunto crearon un área salvaje auto-generada de partes "abiertas" y boscosas. Con estas extensiones tan grandes, era posible la vida de mamíferos de gran tamaño y se decidió introducir venados, caballos y bovinos de razas más cercanas a las originales. Muy pronto se estableció también, naturalmente, una fauna de una gran diversidad de aves acuáticas y de pantano, así como las grandes aves de rapiña, antes casi desaparecidas. De esta manera, con un mínimo de interferencia humana, se creó una de las reservas más espectaculares del Oeste de Europa, donde casi la única acción humana fue la introducción de especies nativas o ya extintas hace mucho tiempo en la región.

En el caso de los humedales de Bogotá es evidente que su situación en zona urbana ha causado muchos cambios, que deberían ser corregidos por acción humana dentro de las "reservas". Así, podemos diferenciar dos tipos de manejo en relación con la rehabilitación o recuperación descritos en este protocolo: el "manejo exterior" y el "manejo interior".

En cuanto al manejo exterior, se trata de regular y controlar las influencias negativas que llegan desde afuera del área de reserva, la mayoría de las cuales tienen que ver con su ubicación como ecosistemas rodeados por la ciudad. El manejo exterior es de gran importancia y entre las medidas a tomar en cuanto a los humedales de Bogotá se pueden mencionar:

1. Evitar el ingreso a los humedales de aguas residuales de origen doméstico e industriales.
2. Evitar el ingreso de basuras (desechos sólidos).
3. Evitar el ingreso de vacas, caballos, de perros, gatos y demás animales domésticos.
4. Evitar los daños causados por acción humana (rellenos, construcciones, daños a vegetación y fauna, etc.).

Mientras el punto 1 debería ser directamente tratado y logrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, los puntos 2, 3 y 4 sólo se podrán lograr haciendo visibles los límites por medio de una muy buena demarcación con cercas físicas "impermeables", a los cuales se les puede mejorar el aspecto añadiendo cercas vivas (según los ejemplos de las cercas de los humedales de La Conejera y Santa María del Lago).

En cuanto al "manejo interior", las medidas a implementar son más difíciles y críticas. En general, se pueden causar disturbios indeseables y, como está bien explicado en el presente protocolo, no siempre existen suficientes conocimientos para prever los resultados. Es evidente también, que muchos de los inconvenientes asociados a la vegetación tienen que ver con las condiciones ecológicas, que se podrán corregir y mejorar por medio del manejo exterior (punto 1). No obstante, entre las posibles medidas de "manejo interior" se pueden mencionar:

1. Remoción de sedimento reciente, es decir, el que se formó desde el momento en que fue detenida la libre evacuación del agua. Remoción de rellenos de escombros y acciones para restaurar la situación geomorfológica original.
2. Control y remoción de vegetación en aquellas áreas en donde no parece existir condiciones óptimas para la fauna de aves.
3. Introducción de especies desaparecidas localmente.

En cuanto al punto 1, es bueno reconocer que el trabajo de excavación, en grande, con que se creó el gran lago en el valle de Juan Amarillo (removiendo no sólo el sedimento reciente, sino también sedimento mucho más antiguo, destruyendo así los posibles vestigios de los cultivos indígenas y creando bordes duros de cemento), no tiene nada que ver con restauración, sino simplemente con la creación artificial de un lago de ciudad. Para que este lago mantenga su nivel es necesario bombearle agua de extracción de pozos profundos, cosa absurda, ya que sabemos que el descenso del nivel del agua freática en la Sabana, en muchos casos hasta situaciones ya críticas, es debido precisamente a esta extracción. Hay que evitar en el futuro este tipo de medidas equivocadas.

De todos modos, lo más importante y lo primero para hacer es realizar el "manejo exterior" siguiendo los cuatro puntos mencionados: un manejo como reserva natural y no simplemente como parque público. Tiene que existir la posibilidad de visita por parte del público, pero regulada de tal forma que se eviten daños a la vegetación y la fauna: las cercas de aislamiento físico impermeable (como las de la Conejera y Santa María del Lago) deben contar con entradas oficiales (con rejas en el suelo para que no puedan pasar animales) y con vallas que informen sobre las condiciones de entrada (sólo por los caminos, sin perros, sin ruido ni música, no dejar basura, etc.) e información sobre el sitio, para lo cual es necesario contar con la presencia permanente de guías ambientales que generen el vínculo con la comunidad y que estén bien informados sobre el sitio, fauna y flora. Pienso que sólo así se puede organizar bien los puntos 2, 3 y 4 del "Manejo externo", condición sin la cual no puede haber conservación.

Finalmente, es importante pensar en la posibilidad de creación de áreas relativamente grandes de humedales, donde actualmente ya no hay, a fin de compensar las áreas ya perdidas hace años, para así asegurar la sobrevivencia y extensión de una fauna de aves, en parte endémicas y, en parte, migratorias. El área más indicada para realizarlo parece ser la parte sur de la sabana, originalmente inundable, con utilización del agua del río y/o sus afluentes y quizás con ciertas obras de excavación local superficial para crear cierta diversidad ecológica.

La posible inclusión de nuevas áreas de humedales en la sabana requiere la pronta preparación de una publicación especial sobre el tema por parte del DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente, la EAAB y la CAR, incluyendo estudios hidrológicos sobre las posibilidades, sitios, condiciones y costos. Podría ser un magnífico ejemplo de las posibilidades de restauración ambiental de la sabana de Bogotá, área declarada por la Ley Ambiental (99 de 1993) "de importancia ecológica nacional".

En el marco de la futura revisión del Plan de Ordenamiento Territorial es fundamental que las entidades competentes analicen detalladamente la normatividad nacional en cuanto a la categoría de las reservas existentes y la propuesta como Parques Ecológicos Distritales de Humedal, dada la connotación que ello representa en términos de la conservación para el mantenimiento de la biodiversidad local y regional asociada a este tipo de ecosistemas.



## LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA RESTAURACIÓN DE HUMEDALES EN COLOMBIA

Por: Germán Camargo Ponce de León

La presente sección plantea los puntos básicos de la restauración de humedales, sin referencia específica a los bogotanos, con el fin de ofrecer un contexto general del manejo de estos ecosistemas.

### ¿QUÉ SON?

La respuesta no es simple. Sino diversa y compleja.

La "Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de especies acuáticas", suscrita por Colombia en Ramsar en 1971 y adoptada como norma nacional mediante la Ley 357 de 1997, define los humedales como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros".

Bajo esta definición tan amplia, la Convención de Ramsar distingue 42 tipos de humedal, que abarcan ecosistemas tan distintos como las praderas de fanerógamas marinas, embalses y lagos artificiales, bosques aluviales inundables y los ríos mismos. Se trata pues, prácticamente, de cualquier extensión de agua que pudiera ser usada en su ruta por las aves migratorias, un recurso biológico compartido por varios países y de lo cual se ocupa este componente del protocolo.

Sin embargo, en su acepción más común, se asume que un humedal es un ecosistema léntico; es decir aquel conformado por cuerpos de aguas estancadas bajo regímenes hidrológicos muy diversos.

El origen de la mayoría de los humedales tiene causas geomorfológicas. En los términos más simples, podría decirse que se forman humedales, en cualquier terreno donde las geoformas determinan que la escorrentía superficial afluente supere la suma del efluente y la evapotranspiración efectiva.

Dependiendo del clima, la geoforma y la hidrología de cada caso, la acumulación de agua superficial resultante puede cubrir una extensión mayor o menor. Dicha lámina de agua puede variar de manera periódica, y sólo existir durante la estación lluviosa (lagunas estacionales, charcas y esteros) o durante los episodios de desborde de los ríos vecinos (lagunas de desborde y rebalses).

Estos cuerpos de agua pueden ser pequeños y aislados (como muchas lagunas andinas) o formar extensas cadenas, como en los grandes planos aluviales del Brazo de Loba y la Mojana. Pueden extenderse con las crecientes de los ríos cubriendo enormes extensiones y diversidad de ecosistemas durante las aguas altas (como en las selvas inundables: varzea, igapó, etc.).

Su extensión también puede ser decreciente, como ocurre con la mayor parte de los humedales, a medida que avanza su colmatación con los materiales sólidos aportados por la escorrentía afluente y por la producción vegetal autóctona.

Pueden ser muy someros (como esteros, pantanos y turberas) o muy profundos (como las lagunas andinas de origen tectónico). Pueden ser muy ricos en vida como los estuarios y madre viejas o verdaderos

desiertos acuáticos como algunos lagos salobres. Pueden estar rodeados de selvas, bosques, sabanas, cardonales o arenales. Pueden ostentar extensos y ricos anillos de vegetación acuática de diversos tipos o presentarse como espejos de agua immaculados.

Es tal la diversidad de estructura, dinámica y composición que puede encontrarse en las distintas situaciones ecológicas bajo el rótulo de "humedal" que el hablar de los ecosistemas de humedal como categoría no tiene mucha consistencia.

Por otra parte, no es posible describir y analizar cada humedal sin mencionar las franjas inundables o firmes que lo rodean y la densa red de interacciones entre estas y los cuerpos de agua. Por lo cual, resulta difícil, además, delimitar el humedal. Más parece que estos compartimentos lénticos hacen parte del continuo ecológico de cualquier cuenca o región.

Tal vez, sería más exacto decir que en distintos ecosistemas se presentan acumulaciones variables y fluctuantes de agua, en torno a las cuales el ecosistema se organiza de un modo característico reconocible como el subsistema de humedal o, por sí mismas, como ecosistema de humedal.

De cualquier manera, dentro de una gran diversidad de ambientes y ecosistemas, los humedales constituyen subsistemas en los cuales se concentran y se conectan muchos de los procesos ecológicos esenciales de una cuenca o una región: la regulación hidrológica e hidráulica, los flujos biogeoquímicos, el tráfico de los organismos vivos, la regulación climática. Por lo cual, su conservación amerita atención especial.

## DETERMINANTES AMBIENTALES Y FRAGILIDAD

En medio de la enorme diversidad de los humedales, la estructura y dinámica de cada humedal están determinadas por una serie de factores ambientales cuyo recuento permite entender su valor y fragilidad y orientar su conservación.

- **Geoformas con capacidad de acumulación hidráulica:** no hay humedal sin una depresión en el terreno donde el agua se acumule, al final de una superficie de drenaje. Esta depresión (el vaso del humedal) puede ser tan amplia como la plataforma continental y los planos de desborde de los grandes ríos, o tan pequeña como cualquier mínima ondulación en un terreno mal drenado. Zonas de subsidencia, fallas tectónicas, valles obstruidos, depresiones, cubetas aluviales, deltas, madre viejas, paranás, rebalses, antiguos circos glaciares. Desde un descuido en el manejo de las acequias o vallados de un potrero, hasta el impacto de un meteorito, cualquier suma de hoyo y agua, al final de cualquier superficie de drenaje, propicia la aparición fugaz o permanente de un humedal. Esto también llama la atención sobre el privilegiado balance hídrico del que aún goza la mayor parte del territorio colombiano.

- **Diversidad batimétrica y fluctuaciones del nivel del agua:** la mayoría de los humedales presentan vasos con profundidades heterogéneas y fluctuaciones periódicas del nivel de las aguas determinadas por crecientes torrenciales (alta montaña), desbordes de los ríos y cambios en el patrón meándrico (planos aluviales) o las mareas (sistemas costeros y estuarinos). Esto, sumado, hace que diversas franjas estén inundadas o expuestas al aire en distintos momentos del año (o del mes o del día). Esto determina cuándo la franja en cuestión funciona como ecosistema acuático y cuándo como terrestre, conectándose a distintas cadenas tróficas. La diversidad batimétrica y la fluctuación de las aguas hacen que los humedales sean ambientes heterogéneos en el espacio y el tiempo, aumentando su capacidad de sustentar biodiversidad. Muchas aves, por ejemplo, dependen de los lechos expuestos cuando bajan las aguas para su forrajeo. Mientras que muchos peces tienen fuentes de alimentación y zonas de cría irremplazables en la vegetación terrestre inundada. Es como un teatro ecológico que con dos golpes de telón pudiera poner en escena distintas escenografías y libretos, en escenarios múltiples y con distintas temporadas al año.

- **Pendiente del vaso:** un factor en el que reparan los ingenieros más que los biólogos, es la pendiente de las paredes del vaso del humedal. Esta pendiente determina la razón entre la extensión de la lámina de agua y el incremento del volumen de agua retenida en un momento dado. También es definitiva para

varias funciones ecológicas. Con pendientes mayores, es mejor el drenaje del suelo no inundado en un momento dado, al tiempo que disminuyen las áreas inundables para un mismo tamaño de creciente. Esto hace que la transición ambiental entre fase terrestre y fase acuática sea más abrupta, lo cual se refleja en la estructura biótica como una discontinuidad o un ecotono más estrecho. Si las pendientes son suaves, se presentan franjas más amplias con distintas condiciones de inundabilidad y drenaje, propiciando ecotonos tan extensos que conforman sistemas de franjas concéntricas cada una de las cuales puede ser analizada como una comunidad biótica bien diferenciada con su propia estructura, composición y dinámica.

- **Fractalidad del litoral:** las orillas de un humedal son fractales típicos; fractales que además varían según el nivel de las aguas, pudiendo llegar a ser increíblemente extensos y complejos, como sucede en las lagunas de rebalse en las selvas de llanura de la Orinoquía y la Amazonia. Siendo estos bordes la interfase de intercambio agua – tierra, su forma y extensión son determinantes de varias funciones ecológicas. Un ejemplo mínimo: cuánta orilla puede recorrer un chorlito playero en su forrajeo por el borde de un humedal y cuántas parejas de chorlito podrían, en consecuencia, habitarlo en una estación de cría. La repetición fractal de penínsulas y ensenadas de distintos tamaños, a lo largo del humedal, es una parte importante de la heterogeneidad ambiental que provee hábitat para distintas especies con distintos requerimientos y es una de las explicaciones de la capacidad de carga y biodiversidad de estos ecosistemas.

- **Concentración y ciclado de nutrientes:** uno de los factores más estudiados en los ecosistemas lénticos es el ciclo de nutrientes y las variaciones de su concentración. La diversidad interna en la categoría “humedal” hace que el comportamiento biogeoquímico presente una heterogeneidad acorde. Sin embargo, hay hechos fundamentales que pueden generalizarse: un humedal es un hueco con agua al final de una superficie de drenaje, en el cual tienden a concentrarse los nutrientes de una cuenca, con distintos tiempos de residencia en la columna de agua, en la biota y en los sedimentos; los nutrientes de cada uno de estos tres compartimentos no están inmediatamente disponibles para las funciones de los otros dos y sólo fluyen de uno a otros en forma parcial y con retardos. El nivel de nutrientes del cuerpo de agua es, pues, un equilibrio estacionario, entre las entradas (abajo comentadas) y las salidas, de las cuales la principal es el efluente. A mayor concentración y reciclado de nutrientes, mayor productividad vegetal dentro del humedal, mayor velocidad de colmatación y menor tiempo de vida como ecosistema acuático.

- **Efecto dominante de la cuenca aferente:** dentro de la cuenca aferente, el humedal no puede estar en otro sitio sino al final y abajo. La mayor parte de los flujos y procesos ecológicos van en esa misma dirección. Como consecuencia, la mayor parte de las condiciones ambientales y dinámicas ecológicas del humedal dependen de las estructuras y eventos aguas arriba. En ecología es un lugar común decir que *“un ecosistema acuático es expresión de su cuenca”*. En el humedal esto es tan cierto como el agua, es decir que a mayor cantidad de agua mayor influencia de la cuenca aferente: en la fase terrestre la influencia es más sutil y presenta dinámicas más propias (es más autóctono), en las zonas inundables la influencia es más determinante, mientras que el cuerpo de agua está totalmente determinado (heterárquico), al punto que refleja más las concisiones de la cuenca que las de su ronda.

La fortaleza y la vulnerabilidad del humedal estriban en su carácter de reservorio, una acumulación de agua, nutrientes y organismos procedentes en su mayoría de otros ecosistemas. Por tanto, el humedal es un ecosistema totalmente subsidiado.

Las alteraciones que más fácilmente desmoronan la estructura del humedal tienen que ver con dichas entradas:

- El curso natural de los eventos es que los materiales entren en el humedal. Es más difícil que salgan. Como trampas biogeoquímicas, los humedales tienden a acumular, incluyendo los sedimentos de la erosión en las cuencas aportantes, los excesos de materia orgánica y nutrientes de la lixiviación y la erosión de suelos distantes y la polución de distintos tipos aportada por asentamientos, centros industriales y la agricultura. Cualquier evento que acelere las entradas de sedimentos o nutrientes precipitará la colmatación del humedal. Además, si un contaminante es bioacumulable o persistente, en el humedal encuentra todos los factores que refuerzan su permanencia y su ascenso en las cadenas tróficas.

- Si las entradas de agua son cortadas el humedal desaparece. Ej: taponamiento de caños que alimentan las ciénagas; desviación de aguas a otra vertiente; avenamiento de planos aluviales.
- Si las fluctuaciones del nivel de aguas y los intercambios relacionados con ellas, se suspenden, la estructura y dinámica del humedal se alteran drásticamente, pues el humedal vive en gran medida de dichas entradas. Ej: suspensión de los desbordes sobre los humedales aluviales; suspensión del intercambio de agua dulce y salobre en un estuario.

## ¿CÓMO ESTÁN ESTRUCTURADOS?

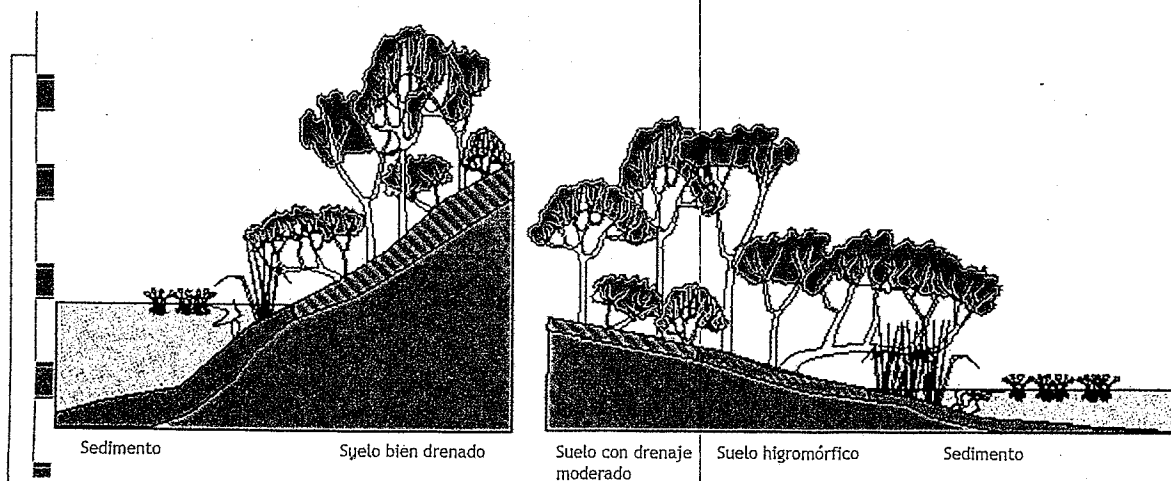
Los humedales son ecosistemas anfibios, con una estructura de franjas concéntricas, desde el ecosistema acuático hasta el terrestre. Esto implica una gran diversidad de estructura, composición y función, en la medida en que un humedal es, más que un ecosistema homogéneo, un complejo de ecotonos más o menos amplios según el caso.

Tanto para fines de análisis como para los de manejo, el humedal debe ser abordado integralmente, pues sus distintas franjas no sólo están estrechamente interrelacionadas, sino que, además, fluctúan con el nivel de las aguas, por lo que el área que hoy se comporta como ecosistema terrestre puede encontrarse como ecosistema acuático bien funcional a la vuelta de unas horas, meses o años y viceversa.

Considerados así, íntegramente, los humedales presentan tres fases cuya extensión y complejidad interna puede variar mucho de un humedal a otro y en el tiempo:

- Fase acuática: caracterizada por un cuerpo de agua permanente. Algunos humedales pueden no presentarla.
- Fase anfibia: una serie más extensa o más breve de franjas inundables en derredor, desde las más bajas, que se inundan más años y durante más días al año, hasta las que sólo se inundan en los años y días de crecientes máximas.
- Fase terrestre: cercana al humedal y nunca cubierta por las aguas; puede ser continua o discontinua (rodeada de zonas inundables, como las restingas de la Amazonía).

En general, la fase terrestre corresponde al segmento más bajo de las laderas vecinas, es decir, los suelos en los que se acumula la escorrentía superficial y subsuperficial de la superficie de drenaje que corre hacia el humedal. En consecuencia, las formaciones vegetales de la fase terrestre corresponden, usualmente, a las propias de los suelos con drenaje lento o deficitario.



Dependiendo de la pendiente del vaso y la amplitud de las crecientes, la extensión de las dos fases y las transiciones pueden ser más o menos extensas.

En un humedal con pendientes fuertes y poca fluctuación del nivel de las aguas, la fase anfibia puede ser virtualmente inexistente, como de hecho ocurre en muchas lagunas tectónicas engastadas en las vertientes andinas. En tal caso sólo existe un borde abrupto entre una comunidad biótica acuática y otra terrestre que no se diferencia significativamente de otras en condiciones similares de clima y suelo en los alrededores.

En un humedal con pendientes escasas en el vaso y sus alrededores y fluctuaciones fuertes del nivel de las aguas, las franjas anfibias con distintos períodos de anegación son muy extensas.

Dependiendo de su extensión, este sistema de franjas concéntricas puede ser interpretado como un ecotono agua – tierra, o toda una ecoclina, es decir, un encadenamiento de comunidades bien diferenciadas que se relevan gradualmente a lo largo de un amplio gradiente de inundación y drenaje.

La estructura vegetacional de los humedales está determinada por la pendiente del terreno y la amplitud de las crecientes. En la siguiente figura se esquematizan dos situaciones contrastantes: un humedal con pendientes fuertes y poca amplitud de creciente y otro con las condiciones opuestas, con una amplia franja inundable.

En el primero, la transición es abrupta. En cambio, en el segundo, las franjas alcanzan mayor extensión, y la transición es más suave.

En el segundo puede verse una transición entre los suelos moderadamente drenados y aquellos con drenaje deficitario, afectados por la acumulación de la escorrentía al final de la pendiente, la proximidad de la capa freática y las inundaciones. Tales suelos son típicamente higromórficos y presentan restricciones severas al desarrollo de la vegetación de mayor porte, consistentes en la falta de oxígeno en el suelo, lo que lleva a una descomposición incompleta de la materia orgánica que tiende a acumularse en forma de turba, lo que a su vez conlleva un pH bajo. Sin embargo, existen varias especies de árboles y algunas palmas (Ej: *Mauritia flexuosa*, *Bachtris spp.*) adaptadas a este régimen, lo cual les confiere la ventaja de colonizar ambientes con poca competencia interespecífica. Además, estas especies tienden a segregarse en franjas con diferentes regímenes de inundación, lo que reduce aún más la competencia interespecífica al tiempo que determina una muy baja diversidad en cada franja pero una suma bastante mayor del complejo (baja diversidad alfa y alta diversidad beta).

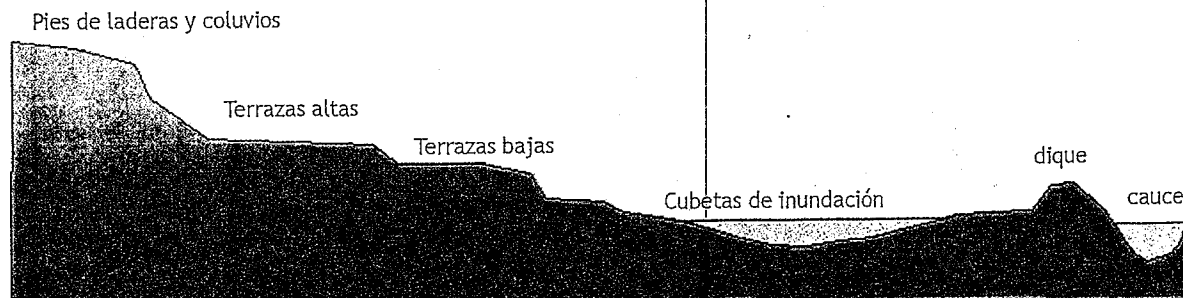
Cuando las fluctuaciones en el nivel de las aguas no son demasiado grandes, típicamente se desarrollan franjas concéntricas de hierbas acuáticas (comúnmente denominadas "macrófitas acuáticas" que es como los limnólogos las diferencian de las algas que hacen el resto de la flora), empezando con las enraizadas emergentes (ej: juncos, eneas y totoras) que compiten agresivamente por los suelos más saturados de las orillas y las zonas someras donde logran anclar. A mayor profundidad se localizan las enraizadas sumergidas (ej: *Elodea*, *Potamogeton*, *Egeria*) que pueden llegar a formar grandes masas, dependiendo de la concentración de nutrientes, la profundidad y la corriente. Sobre las zonas más profundas se disponen las franjas de las plantas flotantes (Ej: lenteja de agua, buchón y helecho de agua; respectivamente: *Lemna spp.*, *Eichornia crassipes* y *Azolla*). Las flotantes tienden a acumularse en las zonas de menor corriente y donde pueden trabarse con la vegetación enraizada, por cual tienden a formar una franja continua a continuación de las anteriores.

En los humedales con grandes cambios de nivel de aguas que suman varios días al año, como en los estuarios y deltas (por efecto de las mareas) o en los planos de inundación de los grandes ríos (grandes inundaciones anuales), las macrófitas enraizadas son muy escasas y la vegetación dominante son árboles con adaptaciones sorprendentes como las distintas especies de mangles o los árboles de la varzea amazónica que pueden pasar varios meses totalmente sumergidos. En estas condiciones incluso las macrófitas flotantes escasean pues tienden a ser arrastradas por el flujo y reflujo de las crecientes.

Uno de los tipos de humedal más frecuente en el país y dentro del SPNN es el humedal de plano aluvial o laguna de desborde, que en cada región puede recibir distintas denominaciones. La estructura

característica de estos humedales corresponde al segundo caso arriba analizado: pendientes escasas y fuertes inundaciones, por lo que estos ecosistemas presentan uno de los mayores y más diversos complejos de comunidades vegetales inundables. Dichos bosques inundables son denominados rebalses (altos, medios y bajos) en varias regiones del país. Su dinámica está muy determinada por la frecuencia de inundación y las características químicas de las aguas del desborde, como se refleja en la clásica división de varzea e igapó en los bosques amazónicos inundados, respectivamente, por aguas blancas ricas en nutrientes, procedentes de los andes, o por aguas negras pobres en nutrientes, de los ríos nacidos en selva.

La siguiente figura ilustra la estructura geomorfológica que sirve de base a un típico humedal aluvial.



Catena geomórfica de un valle aluvial típico

En los últimos milenios el cauce se ha profundizado por disección, por lo cual su antiguo plano de desborde ha quedado al margen de las inundaciones, como terrazas altas (más antiguas) y bajas. Sobre el borde del actual plano de inundación las crecientes depositan sedimentos en forma diferencial, de modo que las áreas más cercanas reciben una deposición mayor, con lo que se van formando diques paralelos al cauce. Las ondulaciones en el plano de desborde, la escasa pendiente del mismo (permanentemente allanada por los sedimentos) y el dique se suman para conformar la cubeta de inundación. Los brazos y meandros abandonados por la evolución hidráulica del río pueden conformar otras tantas cubetas de inundación, alargadas y paralelas al curso actual y con conexiones más o menos estacionales con el mismo.

La retención de la esorrentía difusa o canalizada (cursos afluentes) en la cubeta de inundación produce acumulaciones de agua más o menos permanentes, conocidas como lagunas de desborde.

Esta denominación halla su razón en el hecho de que estos cuerpos de agua tienen una segunda entrada: cuando el curso principal crece, represa sus tributarios y juntos se elevan, desbordando los diques e inundando el plano aluvial. Cuando el río vuelve a bajar, el agua, los nutrientes y muchos organismos quedan atrapados en las cubetas de inundación cuyo nivel va descendiendo gradualmente (junto con la concentración de oxígeno), llegando a desecarse totalmente en los casos en que la esorrentía directa de las superficies tributarias no logre reponer las pérdidas por evaporación e infiltración.

Cuando los planos aluviales están muy lejos de las cordilleras, como sucede llano adentro y selva adentro (Orinoquia y Amazonia), no se encontrarán terrazas ni pies de ladera cercanos al plano aluvial. En estas situaciones los puntos altos corresponderán a lomeríos de diversa altitud y extensión, los cuales pueden ser verdaderas islas de tierra firme en medio de un mundo aluvial dominado por las inundaciones.

## ¿CÓMO FUNCIONAN?

Por su dinámica hidráulica, tanto la biota como los flujos de energía y nutrientes están condicionados por las fluctuaciones de las aguas en la cuenca.

En el funcionamiento hidrológico del humedal es preciso diferenciar tres entradas:

- Los cursos afluentes, los cuales transportan materiales, propágulos y organismos de las cuencas superiores.
- La escorrentía directa, que son las aguas que drenan directamente de las superficies aledañas al humedal, en forma difusa o a través de cursos de primer orden. Este flujo es importante en la relación del humedal con los cambios en su entorno inmediato.
- Las crecientes, impulsadas por las dinámicas torrenciales, fluviales o mareales (según la posición del humedal), las cuales promueven el intercambio de energía, materiales y organismos con otros ecosistemas, conectados de modo más o menos intermitente con el humedal.

Estos flujos no sólo son entradas de agua, son las principales entradas de energía de este tipo de ecosistemas dado que:

- 1) Los humedales dependen básicamente de la productividad terrestre. Su productividad autóctona es generalmente muy inferior a la que ingresa con los flujos mencionados.
- 2) Toda la dinámica del humedal y, en especial, el modelado de la base geomorfológica y los flujos de nutrientes, materia orgánica y organismos, están determinados por las fuerzas hidráulicas. Por tanto, las entradas de agua son el motor hidráulico de la máquina hidráulica que es un humedal.

Biogeoquímicamente, los humedales funcionan como trampas de materiales, pues la reducción abrupta de la velocidad del agua de los canales y quebradas al entrar al vaso, fuerza la precipitación de muchas partículas en suspensión y detiene los materiales más gruesos acarreados por el fondo de los cauces.

Debido al arrastre diferencial entre partículas gruesas y finas, las primeras, como gravas y arenas, suelen desplazarse menos y depositarse preferencialmente en los pies de las laderas de donde se erosionaron (formando pequeños coluvios y aluviones). Las partículas más finas son llevadas más lejos en solución o en suspensión, llegando hasta los cursos bajos.

De este modo, los humedales se enriquecen naturalmente con partículas finas (limos, arcillas) ricas en nutrientes. El desborde estacional de los humedales favorece la acumulación de estos materiales (y otros de aluvión más gruesos, procedentes de los ríos conexos) en la formación de los suelos adyacentes. Por tal razón, los suelos en las rondas de los humedales son ricos en materiales finos, de formación reciente, alto contenido orgánico, estructura pobre y, por supuesto, en condiciones naturales, anegados buena parte del año.

Con la excepción de los lagos oligotróficos (baja concentración de nutrientes) de alta montaña y de igapó, los humedales son ecosistemas de alta productividad, siendo como son, mediadores en grandes flujos geográficos de agua y nutrientes.

Sin embargo, en la productividad que sostiene al humedal es preciso diferenciar:

- La productividad alóctona: representada en la biomasa y la materia orgánica producida por otros ecosistemas y que entra al humedal con los afluentes y las crecientes.

- La productividad autóctona, la cual comprende:

- Producción terrestre: proveniente de la vegetación de la fase terrestre y de la vegetación vascular anfibia de la fase anfibia. La primera fluye al vaso del humedal con la escorrentía directa. La segunda generalmente se produce durante las aguas bajas y luego es incorporada directamente a la fase acuática por las inundaciones. Esta productividad depende de la fertilidad de los suelos, la cual a su vez está dada por las características de las aguas de desborde (actuales y del pasado).

- Producción acuática: comprende dos procesos distintos, la productividad del plancton y la de las macrófitas (en su mayoría plantas vasculares). Si bien suele ser bastante inferior a las otras fuentes, la productividad acuática juega un importante papel en la regulación de los flujos y concentraciones de nutrientes en el agua, así como en los procesos de colmatación que determinan el tiempo de vida del humedal como ecosistema acuático.

Dada la proporción de la productividad autóctona, en el funcionamiento trófico de la fase acuática del humedal predomina, necesariamente, la vía detritica. Es decir, que el mayor flujo de energía del humedal y de su fase acuática es el ingreso, consumo y descomposición y emisión de residuos de la materia orgánica y la biomasa autóctonas.

Esto explica que las cadenas tróficas sean extremadamente largas e incluyan a varios detritívoros y saprófagos, incluidos varios de gran tamaño (Ej: bagres y, en alguna medida, crocodílicos). De hecho, un aspecto notable de la mayoría de los humedales es su alta biomasa animal (y productividad secundaria), en comparación con otros ecosistemas.

Esto tiene varias consecuencias. Entre otras:

- Los humedales son una fuente vital de proteína animal para muchas comunidades humanas.
- Son hábitat y fuente de alimento para una gran diversidad y abundancia de fauna terrestre, anfibia y acuática, incluyendo una extensa avifauna.
- Los humedales son muy vulnerables a la contaminación o suspensión de los afluentes y las crecientes.
- Cualquier deterioro de los humedales repercute en multitud de cadenas a través de la red trófica a escala regional, afectando áreas extensas y diversos ecosistemas.

La macrofauna acuática y anfibia del humedal funciona, además como trampa de nutrientes: es mucho el fósforo y otros nutrientes que se almacenan en un nivel estacionario dentro de una población de caimanes, mariatíes o grandes bagres, quedando fuera de alcance para la eutrofización y la proliferación de macrófitas. De este modo, estos animales contribuyen a regular la circulación de nutrientes y a controlar los procesos de colmatación.

Aquí tiene su fundamento ecológico la creencia tradicional de las comunidades locales de que si se matan las babillas, se "apichan" las ciénagas (el agua se pone verde con la eutrofización).

Así mismo, el papel de los manatíes como grandes herbívoros acuáticos en el control de la proliferación de macrófitas y el mantenimiento de los canales aferentes y eferentes de los humedales es bien conocido.

Los humedales son espacios que concentran flujos biológicos y, por tanto, biodiversidad, al tiempo que representan un elemento fundamental de la diversidad beta de los paisajes de los que hacen parte.

Adicionalmente, son hábitats propicios para los endemismos (especies animales y vegetales que sólo existen en un área reducida del planeta), pues se trata de un ambiente bien diferenciado y disperso a través de una matriz de distintos ecosistemas terrestres (o marinos), con variadas condiciones de aislamiento y conexión y con abundancia de transiciones y ecotonos, ofreciendo las condiciones más propicias para el desarrollo evolutivo de nichos particulares.

La fauna del humedal está compuesta por las especies residentes, visitantes y migratorias. Las primeras están distribuidas en comunidades más o menos asociadas a las distintas franjas de humedad-vegetación.

Las visitantes están en su mayoría conformadas por animales que frecuentemente se desplazan a lo largo de las cuencas, entre las partes altas y los humedales.

Por último, estos cuerpos de agua son una estación importante para numerosas especies de aves migratorias que hacen escala en los humedales colombianos en sus viajes anuales, que pueden ser tan extensos como de Alaska a la Patagonia.

La posición orográfica inferior del humedal, como la mayoría de los ecosistemas lénticos, hace que se vean sometidos a un proceso de colmatación, a medida que la depresión que constituye su vaso va siendo rellenada por los sedimentos aportados por los afluentes.

En la colmatación, la sedimentación, es decir, el llenado con aportes minerales de los afluentes y las crecientes, coadyuva con el proceso de eutrofización o enriquecimiento de los flujos de nutrientes del ecosistema, en dirección a la conversión del humedal en tierra firme.

El enriquecimiento organomineral paulatino del cuerpo de agua determina un aumento de la concentración de nutrientes que avanza con la edad del humedal. Aumenta, en consecuencia, la productividad de las plantas acuáticas (tanto microscópicas como superiores).



El principal nutriente promotor de la eutrofización es el fósforo; los fosfatos libres causan la mayor parte de la aceleración de la producción vegetal dentro del humedal.

Cada gramo de nutrientes aportado por la escorrentía se ve multiplicado por la masa de gases atmosféricos ( $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ ) que son incorporados como material vegetal sólido, vía fotosíntesis, principalmente por las macrófitas acuáticas. Esta producción vegetal es luego depuesta como necromasa que se descompone lentamente y se acumula como parte importante de los sedimentos en el fondo del vaso.

La tendencia del proceso es hacia un enriquecimiento progresivo de las concentraciones de nutrientes y materia orgánica en solución y suspensión y al levantamiento del fondo por acumulación de materiales (pérdida de profundidad del vaso) con lo que los sedimentos cada vez son más accesibles a las raíces de las plantas o pueden ser resuspendidos con mayor frecuencia por las turbulencias de los afluentes o las impulsadas por el viento.

Con el aumento de la materia orgánica en suspensión y en los sedimentos, la descomposición consume volúmenes crecientes de oxígeno y el cuerpo de agua presenta condiciones de anoxia cada vez más frecuentes y prolongadas. Esto ciertamente limita la descomposición de la materia orgánica y favorece su acumulación, al tiempo que limita la cantidad y diversidad de seres vivos que el agua puede albergar.

De este modo, la colmatación – eutrofización va haciendo que las condiciones en cada zona del humedal sean cada vez más terrestres y, así, más afines a las de la franja externa inmediata. Esto propicia que las plantas de una franja colonicen la franja interior: las flotantes se extienden sobre el antiguo espejo libre, las enraizadas logran asentarse donde estaban antes las flotantes, las emergentes se extienden hacia las masas acuáticas y, finalmente, los arbustos y árboles de las márgenes comienzan a colonizar las porciones más consolidadas de la turba formada por las plantas acuáticas, la cual se va transformando paulatinamente en suelos higromórficos.

Con todo ello, la fase acuática del humedal va reduciéndose, hasta que éste se *terrifica*, en otras palabras, se convierte en un ecosistema terrestre y virtualmente pierde su estructura y función de humedal.

Por supuesto, este proceso está limitado por las pendientes del vaso y la amplitud de las crecientes. Mayores valores en estas variables favorecen la conservación del humedal. Valores bajos aumentan la vulnerabilidad del humedal al proceso de eutrofización, colmatación y terrificación, al tiempo que facilitan el avance de la sucesión terrestre sobre las fases anfibia y acuática.

La composición y estructura de la vegetación que en un momento y lugar dados puede encontrarse en la ronda de un humedal, se enmarcan en tres dinámicas:

- La destrucción de la vegetación nativa por diversos factores (tala, fuego, pastoreo) y la introducción intencional o espontánea de especies exóticas.
- La regeneración de la vegetación nativa pasando por las distintas etapas y especies que componen la serie sucesional de cada una de las franjas del humedal (colinas, planicie, orilla, etc.).
- La colonización de una franja por vegetación propia de la franja vecina más seca, reflejando la disminución de la humedad del suelo y la contracción del humedal (terrificación).

Los humedales son considerados ecosistemas estratégicos, pues concentran geográficamente la prestación de varios servicios ambientales. Esto significa que cumplen con funciones que sostienen y enriquecen la vida del hombre y posibilitan el desarrollo de los sistemas productivos humanos, a una escala y costo tales que la sociedad no está en capacidad de sustituir con sistemas artificiales. Por tal razón, el desarrollo de la ciudad necesita incorporarlos como parte de su infraestructura básica.

Dadas las condiciones particulares de las estructuras biofísicas y los procesos ecológicos en los humedales, estos ecosistemas, adecuadamente manejados, proveen de modo seguro y económico varios servicios ambientales, entre otros:

- Conservación de la biodiversidad (en especial de la fauna endémica y migratoria).
- Mantenimiento de la conectividad ecológica entre las tierras altas y los ríos (o el mar).

- Amortiguación hidráulica de las crecientes (prevención de inundaciones).
- Recarga de las aguas subterráneas.
- Regulación del flujo de nutrientes o contaminantes a través de la cuenca.
- Hábitat de cría para los recursos hidrobiológicos de los ríos y mares.
- Provisión constante de proteína animal barata y de alta calidad.
- Diversidad y calidad sensorial del paisaje (valor escénico).
- Oferta biofísica para la recreación y la educación ambiental.

Aunque no suele ser tenido en cuenta como servicio ambiental, el aporte de los humedales al aislamiento geográfico de ciertas áreas, como restricción de la accesibilidad, es ciertamente una ventaja cuando se trata de conservar la biodiversidad de las mismas.

## FACTORES DE HOMEOSTASIS DE LOS ECOSISTEMAS DE HUMEDAL

En su mayoría, los humedales no son ecosistemas frágiles. De hecho, el deterioro o degradación de tantos humedales en Colombia, no habla de la fragilidad de estos ecosistemas, sino del empeño y la tenacidad de un modelo de ocupación y desarrollo equivocado.

La homeostasis de un sistema abierto puede ser analizada en términos de resistencia y resiliencia.

Los principales factores de resistencia de los humedales incluyen:

- Como extensiones acuáticas o inundables y como ambientes siempre cambiantes, presentan restricciones significativas al acceso, la ocupación y el aprovechamiento.

Los sistemas de alteridad de las culturas tradicionales anfibias, no violan dicha resistencia, pues no alteran significativamente el ecosistema, sino que lo acceden, ocupan y aprovechan de modo adaptativo. Estas comunidades representan maravillosos modelos de desarrollo armónico y sugestivos ejemplos de felicidad y solidaridad entre hombres y entre hombre y naturaleza.

- El contenido de humedad de los humedales los hace, en general, muy resistentes al fuego. Sin embargo, algunos tipos presentan dinámicas naturales de fuego en la estación seca, que pueden ser forzadas por el hombre (Ej: los esteros de los llanos). Además, cuando la fase terrestre corresponde a ecosistemas mésicos o pirófilos, su vulnerabilidad al fuego será alta como corresponde a tales. A fin de cuentas, un humedal es una variación típica dentro de distintos tipos de ecosistema, por lo que incorpora las dinámicas de cada cual.

- Como reserva de agua, los humedales representan un factor vital de resistencia a la escasez permanente o estacional en los ecosistemas sometidos a dicho estrés. Por tal razón, los humedales son especialmente importantes en la conservación de ecosistemas áridos o con estaciones secas muy marcadas, en los cuales son vitales para la supervivencia de gran parte de la fauna, elevando la capacidad de carga y la biodiversidad de los mosaicos ecológicos en que participan.

Los principales factores que explican la alta resiliencia de los humedales incluyen:

- Los factores determinantes de la estructura y función del humedal son hidráulicos. Por tanto, la homeostasis del humedal se beneficia de la resiliencia de la red de drenajes, la cual suele ser alta, con una fuerte tendencia a mantener y recuperar su dinámica natural, salvo ante alteraciones hidráulicas o climáticas muy severas y extensas que, aunque llamativas, no son tan frecuentes.

- Los humedales concentran flujos de agua, materiales, energía y organismos a escala regional, no sólo de su cuenca aferente, sino de otros muchos ámbitos. Por ello, su resiliencia se basa no sólo en la disponibilidad constante de tales elementos constitutivos, sino en la resiliencia respectiva de los procesos ecológicos regionales que los aportan (migraciones, inundaciones, erosión, etc.).

- Los humedales están determinados por el funcionamiento ecológico de grandes extensiones, lo cual les da una base regulatoria muy amplia. En otras palabras, cuando un flujo falla, otros muchos compensan.

Por lo mismo, el deterioro de un humedal es especialmente preocupante, porque suele relacionarse con el deterioro generalizado y avanzado de toda una cuenca.

- Por supuesto, la diversidad y la riqueza en adaptaciones de la biota palustre, lacustre o estuarina y la alta densidad y complejidad de interacciones forjadas por la coevolución entre las distintas poblaciones biológicas, confiere a la red trófica y la sucesión de los humedales una resiliencia notable.

- Sería una omisión inexcusable señalar la resiliencia cultural, es decir la fundada en la densidad y complejidad de relaciones entre las culturas y los humedales, como uno de los componentes principales de la resiliencia total de estos ecosistemas. La importancia de la conservación de los humedales en las culturas tradicionales, así como el papel que han jugado históricamente en el desarrollo de grupos y movimientos conservacionistas son muestras de ello.

La elevada resistencia y resiliencia de los humedales, les permite amortiguar muchos tensionantes leves y severos, en beneficio de su propia conservación y del mantenimiento de los procesos ecológicos regionales que confluyen en ellos.

Puede decirse, por tanto, que los humedales son uno de los principales homeostatos de cualquier ecosistema o región y, por derecho propio, parte de la lista prioritaria de ecosistemas estratégicos (ecosistemas vitales sensu UICN) en cualquier escenario.

## FACTORES TENSIONANTES TÍPICOS Y PATRONES DE ALTERACIÓN

Los ecosistemas de humedal presentan una preadaptación debida al régimen natural de tensionantes de estos ambientes, compuesta por adaptaciones específicas a:

- La estacionalidad de las inundaciones, con franjas de especies con distintas tolerancias a la desecación o el anegamiento. Un tensionante con periodicidad.
- Los cambios hidráulicos que modifican constantemente el régimen de inundaciones y de sedimentación de cada área. Una alteración constante, pero sin periodicidad.

Que la evolución de la flora en los humedales ha estado moldeada por este régimen de cambio constante se refleja en la velocidad con que la sucesión responde incluso a grandes perturbaciones.

En la base de esta notable resiliencia de los humedales se encuentra la permanente disponibilidad de agua y, casi siempre, de nutrientes procedentes de toda la cuenca. Con la excepción de los humedales de alta montaña, la temperatura tampoco es limitante.

De este modo, la productividad es relativamente alta y aunque una parte importante se exporta en el efluente o paga el costo metabólico de resistir a la alternancia de sequía e inundación, en general los excedentes permiten un desarrollo vigoroso de la vegetación.

En la transformación antrópica de estos medios se pueden distinguir dos cursos opuestos: uno adaptativo, propio de algunas comunidades indígenas y de pescadores donde las adecuaciones son escasas y se limitan al mantenimiento de algunos canales, el despeje y cultivo de algunas áreas firmes o poco inundables y la acuicultura. Adaptación anfibia de las comunidades humanas.

Otro es un curso eminentemente adecuado donde el hombre procede a regular la frecuencia y extensión de las inundaciones y al reemplazo de la vegetación nativa por cultivos hidrófilos, de los que el principal ejemplo es el arroz, el cultivo más extenso de la humanidad, aunque en el caso colombiano, desde tiempos precolombinos, los humedales han sido adecuados al cultivo de variedades resistentes de maíz. Conversión agrícola.

En el extremo de esta tendencia encontramos otros dos regímenes de alteración fuerte. Uno es el caso de la ganadería extensiva de bovinos que luego de desplazar a la población indígena o campesina de las mejores tierras, irrumpe en las zonas inundables bien sea para usarlas como pastos de verano y luego, mediante la desecación sistemática y la introducción de pastos resistentes a la humedad, como potreros

permanentes. Esta transformación va acompañada de una extensa deforestación característica de este sistema de alteridad. Conversión ganadera.

El segundo caso representa la tendencia menos adaptativa que expresa la representación cultural de los humedales como medios peligrosos e insalubres o, cuando menos, como obstáculos para el desarrollo de las actividades humanas. En tal caso, los humedales son desecados y rellenados mediante gran ingeniería y fragmentados o reemplazados por infraestructura y asentamientos industriales o residenciales. Conversión urbana del ecosistema.

Entre los tensionantes leves que más comúnmente afectan a los humedales se cuentan:

- Vertidos ocasionales de basuras y otros residuos (no peligrosos).
- Aumento de las tasas de sedimentación por incremento de la erosión en la cuenca (ej: minería).
- Destrucción de la vegetación nativa de la ronda (tala, roza, quemas, etc.).
- Pastoreo en la ronda (destruye vegetación, compacta suelo y deposita estiércol en el agua).
- Introducción intencional o accidental de flora exótica.
- Contaminación sonora e hídrica por motores de embarcaciones.
- Destrucción de hábitats de fauna.
- Cacería furtiva (especialmente de aves acuáticas y pequeños mamíferos).
- Depredación de fauna nativa por animales domésticos u otros asociados al hombre (cerdos, gatos, perros, ratas).
- Fragmentación y desaparición de los corredores boscosos de conexión entre las tierras altas y los humedales.

Cabe recordar que el mantenimiento crónico de los tensionantes leves acarrea el deterioro paulatino de un ecosistema y su eventual degradación.

Entre los tensionantes severos que con mayor frecuencia afectan a los humedales en el país, se cuentan:

- Alteración hidráulica de las entradas al humedal por obras viales, por canalización o por obstrucción con intención expresa de desecar.
- Alteración hidráulica del régimen de inundaciones en proyectos de ampliación de superficies cultivables o de prevención de desastres o por construcción de embalses aguas arriba.
- Contaminación con derrames de hidrocarburos (errores de operación, robo de combustible y atentados en oleoductos y poliductos).
- Contaminación con agrotóxicos peligrosos.

El proceso natural de terrificación de un humedal, que puede abarcar décadas, siglos o hasta milenios, en condiciones naturales, generalmente es acelerado por la intervención humana. El aumento de la erosión en las cuencas altas, de los vertimientos de materia orgánica y compuestos fosforados (principalmente detergentes), sustancias altamente tóxicas como biocidas y metales pesados (que aumentan la demanda bioquímica de oxígeno), son algunos de los principales factores antrópicos que aceleran la eutrofización, colmatación y eventual terrificación de los humedales.

La degradación de los humedales presenta dos tendencias generales en Colombia: la formación de focos de contaminación hídrica y la terrificación. Ambas comprometen la seguridad hídrica a mediano y largo plazo, en especial en las regiones más pobladas, así como la salud pública, el empleo y el desarrollo económico de las regiones afectadas.

Como indica el profesor Márquez (2004), uno de los aspectos más tristes de la destrucción de los humedales junto con la desaparición de los bosques naturales, es la reducción paulatina de las posibilidades de acceso directo de la población a los recursos naturales, lo que agrava la situación de pobreza de grandes sectores de la población y refuerza el modelo histórico del desarrollo socioeconómico colombiano, basado en el despojo, la destrucción, el desperdicio, la ocupación ociosa del territorio y las fuertes asimetrías en la distribución de la renta derivada de los recursos naturales. *"Muchas son las penas en casa del pobre, pero las penas con bocachico son menos"*.

Debido a los patrones de ocupación y alteración arriba expuestos, muchos humedales se convierten en focos de ocupación o vecindario de los mismos. Entre los tensionantes severos que afectan a los humedales vecinos de los asentamientos humanos, se cuentan:

- Relleno sistemático con basuras, tierras y escombros.
- Desestabilización hidrológica por minería y urbanización en las cuencas tributarias.
- Alteración hidráulica (pérdida del ritmo de inundaciones por obras de regulación).
- Avenamiento o drenaje artificial (ej: construcción de canales vecinos por debajo del nivel de aguas del humedal).
- Vertimientos de aguas servidas domésticas e industriales.
- Contaminación con sustancias altamente tóxicas (biocidas, metales pesados, PCBs).
- Urbanización de la ronda.

En la base de los problemas que afectan la conservación de los ecosistemas de humedal se encuentran cuatro factores principales:

- La ignorancia sobre la composición, función y valor del humedal, acompañada de una concepción errónea negativa de estos medios como insalubres, peligrosos, feos y opuestos al desarrollo (especialmente a la habitación y al transporte) es común entre las culturas de montaña, aunque ajena para las ribereñas y de selva.
- La tendencia general de la alteración antrópica del territorio a acentuar los desequilibrios geográficos de nutrientes, acelerando el transporte de los mismos aguas abajo (problemas de pérdida de suelos en laderas y eutrofización y sedimentación en cuerpos de agua). A ello se suma la concentración de vertimientos y residuos propia de las concentraciones humanas, para el caso de los humedales urbanos y periurbanos.
- El modelo histórico de ocupación del territorio en Colombia basado en el acaparamiento o la destrucción de los recursos naturales como estrategia de control y dominación sobre la población (Márquez, 2004).

## PAUTAS PARA EL MANEJO DE LOS HUMEDALES

El diagnóstico, manejo y monitoreo de los humedales debe integrar las distintas y complejas esferas de influencia del mismo, relacionadas con la diversidad de flujos o procesos ecológicos que en ellos confluyen.

Por tal razón, el manejo integral del humedal desborda, en muchos casos, el concepto convencional de manejo integral de la cuenca y requiere la consideración de otros ámbitos de influencia, tales como:

- Cuencas de los afluentes.
- Cuerpos de agua que desbordan sobre el humedal y sus respectivas cuencas.
- Ronda o zonas relacionadas por la escorrentía directa.
- Cuencas receptoras del efluente del humedal.
- Áreas fuente de las especies visitantes.
- Áreas de estación de las especies migratorias.
- Región de influencia económica de los servicios ambientales y recursos naturales provistos por los humedales (pesca, energía eléctrica, riego, control de inundaciones, amortiguación de vertimientos, etc.).

Es ampliamente sabido y experimentado que el concepto de "ronda hidráulica", tal y como se plantea en el Artículo 81, literal d, del Código Nacional de Recursos Naturales (DL 2811 de 1974) se queda corto en diversas situaciones de manejo en todo el país. Sin embargo, este vacío técnico-jurídico es más notable en una situación hidráulica y ecológica tan compleja como la de la mayoría de los humedales.

En consecuencia, la franja de protección ambiental en torno a un humedal no debería definirse sólo por la amplitud de las crecientes, lo cual coincidiría aproximadamente con la fase anfibia. Debería, además, integrar la fase terrestre más inmediata. En la mayoría de los casos el criterio más útil para esta delimitación puede ser el área de escorrentía directa, definida como las superficies que drenan directamente al humedal

por escorrentía difusa (no canalizada), sea ésta superficial o subsuperficial, o a través de cursos de primer orden, sean permanentes, intermitentes (estacionales) o fugaces.

En cualquier caso, el manejo del humedal deberá considerarlo siempre como una unidad ecológica conformada por sus fases acuática, anfibia y terrestre. Aquí debe evitarse la confusión con el espejo o cuerpo de agua, el cual, hay que recordar, puede ser estacional e, incluso, en muchos casos, fugaz.

Una circunstancia a tener en cuenta es que la mayoría de los humedales del país son lagunas de desborde, en las cuales no es posible diferenciar estrictamente entre cuenca aferente y efluente, puesto que la última también aporta caudales al humedal en los eventos de reflujo o de desborde.

La restauración de los humedales tiene dos aspectos. En la mayoría de los casos, el mantenimiento o restauración del régimen hidráulico bastará para inducir la restauración del humedal. Sin embargo, en humedales severamente alterados, las intervenciones requeridas pueden ser más complejas.

En casos típicos de recuperación total de humedales degradados, la intervención se plantea en cuatro frentes o líneas de acción, los cuales deben adelantarse, aproximadamente en el siguiente orden de prioridad y precedencia:

- Recuperación hidráulica, que abarca varios aspectos:
- Restablecimiento de los tres tipos de entrada (afluentes, escorrentía directa y crecientes).
- Restablecimiento de la periodicidad y amplitud de las crecientes.
- Restablecimiento de la capacidad hidráulica (volumen y pendientes del vaso). Las profundidades y pendientes también sirven para ajustar las cotas de inundación y para prevenir el avance sucesional de la fase terrestre sobre la anfibia y la acuática.
- Restablecimiento (o mejoramiento) de la diversidad batimétrica, favoreciendo aquellas profundidades y cotas de inundación que más favorecen a las aves acuáticas.
- Fractalización del litoral, procurando patrones que aumenten la oferta de hábitat y amplifiquen el efecto de borde (salvo frente a zonas adversas, como suelos contaminados), por medio de penínsulas y ensenadas de distintos tamaños.
- Recuperación sanitaria: la recuperación de la calidad de agua en cada una de las tres entradas (afluentes, escorrentía directa y crecientes). Aquí es importante fijar metas de concentración de diferentes sustancias, teniendo en cuenta el nivel de nutrientes adecuado para cada tipo de humedal (oligo, meso o eutrófico) y el control del proceso de eutrofización y colmatación.

La recuperación de la calidad del agua es un campo, por sí mismo, extenso y complejo. Las medidas pueden abarcar desde el control de la erosión en la cuenca aferente, pasando por técnicas de control de la contaminación en la fuente (vertimientos domésticos e industriales), hasta la interceptación, conducción y tratamiento de los vertimientos o los caudales receptores, así como distintas técnicas de fitorremediación.

Uno de los principales tensionantes a prevenir y corregir es la introducción de metales pesados o contaminantes orgánicos persistentes<sup>2</sup>, debido al peligro de su acumulación ascendente en las cadenas tróficas, lo que representa una amenaza seria a la salud de las personas y la supervivencia de las aves acuáticas. La dificultad de la remoción de estos contaminantes obliga a priorizar la prevención por todos los medios posibles.

- Restauración biótica, en orden:
- Revegetalización: el restablecimiento de la cobertura vegetal propia de cada franja del humedal debe tener en cuenta algunas pautas básicas.
- Las grupos de especies propias de las franjas más cercanas a la fase acuática son generalmente cortas, debido a la transición inmediata de las pocas dominantes adaptadas a las condiciones especiales de

<sup>2</sup> Los principales contaminantes orgánicos persistentes (POPs, por su sigla en inglés) incluyen: organoclorados y organofosforados usuales en agricultura (estén o no en la lista del Convenio de Estocolmo); PCBs, usados como refrigerantes, principalmente en transformadores eléctricos que luego se abandonan como chatarra común; dioxinas y furanos, que se desprenden como vertimientos y lixiviados de incineradores, botaderos de basura y rellenos sanitarios. Todos ellos son resistentes a la degradación química y biológica (persistentes) y tienden a acumularse en el interior de los organismos y a concentrarse al ascender en las cadenas tróficas (bioacumulables).

higromorfia o inundaciones periódicas. Por tanto, la revegetalización puede proceder mediante una composición florística inicial con tales especies.

- Cada especie debe introducirse de acuerdo con su tolerancia específica a las inundaciones y al nivel freático. Terrenos que pueden parecer bien drenados a simple vista, pueden en realidad presentar niveles freáticos muy superficiales o drenajes muy deficitarios, lo que limita el desarrollo radicular de las especies no adaptadas a tales condiciones y la mortandad del material plantado.
- El diseño de la plantación debe procurar una provisión rica y diversa de hábitats y elementos claves para la avifauna: refugio, alimento, materiales y sitios de anidación, sitios de percha, sitios de cortejo, así como corredores adecuados para la movilidad a través de las franjas del humedal, teniendo en cuenta los requerimientos propios de cada especie en relación con cada uno de estos aspectos.
- La revegetalización debe evitar la homogenización de la periferia del humedal, procurando diversidad de densidades (más abiertas o cerradas) en cada franja y mantener las diferencias vegetacionales (florísticas y fisonómicas) propias de cada franja.
- La alternancia de corredores más abiertos o más cerrados (más o menos árboles) a través y conectando las franjas concéntricas, junto con la disposición de atractores (perchas, frutas muy apetecidas, sitios de anidación) en los extremos del gradiente, refuerza la movilidad transversal de la fauna (en especial de las aves) lo que refuerza el aprovechamiento integral del hábitat y aumenta la capacidad de carga.
- Refaunación: en general, la restauración de la fauna parte de la restauración del hábitat y la eliminación de tensionantes. Siempre que esto resulte suficiente, es preferible no abordar medidas de suplementación o reintroducción, por su complejidad y los riesgos asociados.

Esto es aún más cierto en los humedales, donde la convergencia del tráfico biológico regional, refuerza el repoblamiento espontáneo, en tanto sobrevivan poblaciones reproductoras viables y se controlen los tensionantes típicos, como la caza y la sobrepesca.

- Paisajismo: los humedales son uno de los parajes más bellos en las áreas silvestres de todo el mundo. Los contrastes, las formas fractales de la vegetación y del agua, los juegos de luces, reflejos y transparencias, los sonidos y silencios propios de estos ambientes; todo ello dando la ruta hacia la cual debe tender la restauración o rehabilitación de los humedales.

Por otra parte, se debe tener siempre presente que cualquier adecuación de estos ecosistemas para la recreación, el turismo o la educación ambiental debe estar subordinada en forma, localización y tamaño a los requisitos prioritarios de la preservación y la restauración y, en particular, al mantenimiento del hábitat y la tranquilidad de las aves.

Uno de los principios generales para la localización de senderos y facilidades turísticas en áreas protegidas, que puede ser de mayor utilidad en los humedales, es el del "pote de miel"; según dicen los norteamericanos: *"Es mejor poner un pote de miel en una esquina alejada, que tratar de matar o espantar todas las avispas en un día de campo"*. La estrategia consiste en concentrar la permanencia y circulación de los visitantes en las áreas menos frágiles y a la distancia suficiente de las aves, mediante la localización adecuada de los servicios, estancias y accesos.

Los factores arriba listados muestran el orden de prioridad y la secuencia normal de intervención para la restauración de un humedal.

La misma lista sirve para la priorización y chequeo de los requisitos de conservación. A modo de ejemplo, no tiene mucho caso ocuparse en la protección del contenido biótico del humedal, cuando su funcionamiento hidráulico o condiciones sanitarias están gravemente amenazadas, como no sea para mitigar los efectos de éstas sobre aquel.

## PAUTAS PARA EL MONITOREO

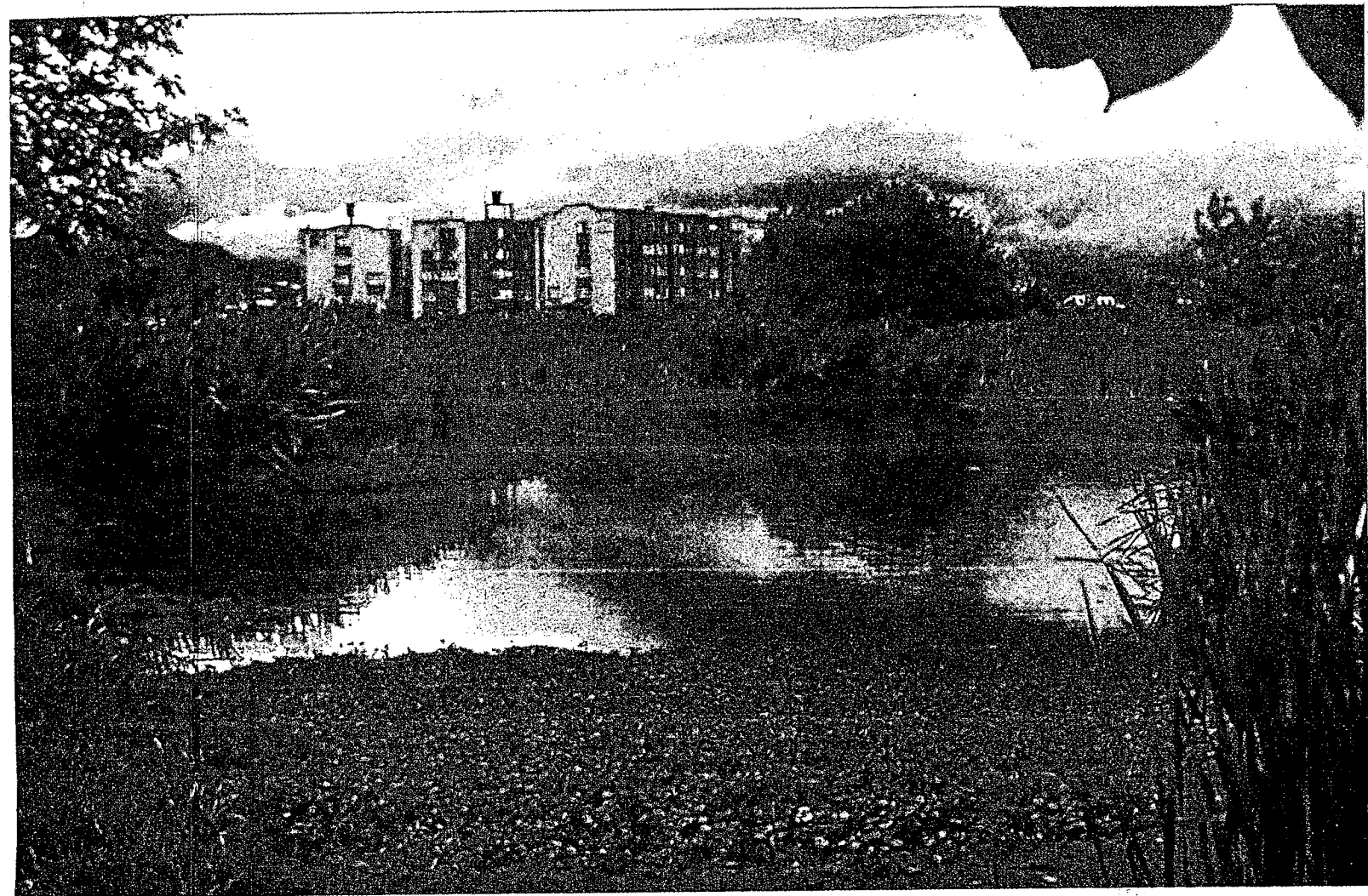
El monitoreo ambiental de los humedales debe priorizar:

- Los aspectos hidrológicos (caudales aferentes, amplitud de crecientes, batimetría, variaciones hidráulicas naturales), dado que son el motor del ecosistema.
- La avifauna (diversidad, distribución, migración, movilidad, nidación, cortejo, forrajeo), dado que son la prioridad de la conservación dictada por la norma.
- La macrofauna (crocodílidos, manatíes, nutrias, grandes peces), dado que son los principales reguladores de los flujos de nutrientes en las fases acuática y anfibia.
- Los tensionantes típicos, en especial aquellos que mayor amenaza representan: alteraciones hidráulicas, contaminación hídrica, sedimentación.
- La sucesión vegetal, con especial atención al crecimiento de las macrófitas acuáticas y el corrimiento de las franjas de vegetación, pues son el rasgo más visible de los procesos de colmatación y terrificación.



# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES DEL ECOSISTEMA DE HUMEDAL



Humedal de Santa María del Lago. Thomas McNish

## 1.1 HISTORIA DE FORMACIÓN



Figura 1.1. Sabana de Bogotá y su lago hace 35.000 años. En el piedemonte y vallecitos hay bosque altoandino bajo, caracterizado por especies de árboles y arbustos como el palo colorado (*polylepis*) y rodamonte (*escalonia*), en la parte media se presenta el páramo; y en las partes más altas hay nieve. Vista hacia los Cerros Orientales. Thomas van der Hammen.

Muchos de los humedales que existieron en la sabana de Bogotá desaparecieron y los que quedaron parecen haber cambiado seriamente. A través del estudio geológico histórico (geogénesis y geomorfología) se conoce cómo se formaron los humedales después de la desaparición del lago: ríos y quebradas formaron sus valles de erosión e inundación y zonas de mal drenaje con relativa impermeabilidad de los sedimentos del antiguo fondo de la laguna de la Sabana. En los valles se pueden diferenciar: a) los humedales de los valles de inundación (y sedimentación) temporal relativamente amplios de los ríos mayores y, b) las quebradas o valles, principalmente, erosivos que drenan la superficie plana de la sabana, cuyas aguas llegan a los ríos y que se llaman localmente chucuas. Los humedales de Bogotá pertenecen a estas dos categorías.

Para llegar a conocer más sobre la historia de estos humedales después de su formación inicial, se pueden estudiar los sedimentos que se hallan acumulados en ellos, utilizando varios métodos: análisis granular, análisis químico y análisis palinológico.

El sedimento que se encuentra en los humedales contiene así un archivo de su historia. La palinología o análisis del polen estudia (microscópicamente) el contenido del polen y esporas del sedimento (de algas y, eventualmente, otros microorganismos), lo que puede dar mucha información sobre el medio acuático y el medio terrestre, su vegetación y clima en el tiempo en que se formó, y los cambios que se presentaron en el curso de la formación de este sedimento.

### 1.1.1. PRIMERA FASE DE LA HISTORIA

La sabana de Bogotá fue durante gran parte del Pleistoceno (los últimos 2.5 millones de años) un gran lago, frecuentemente rodeado por una amplia zona pantanosa o temporalmente inundable. (Figura 1.1-1.2)

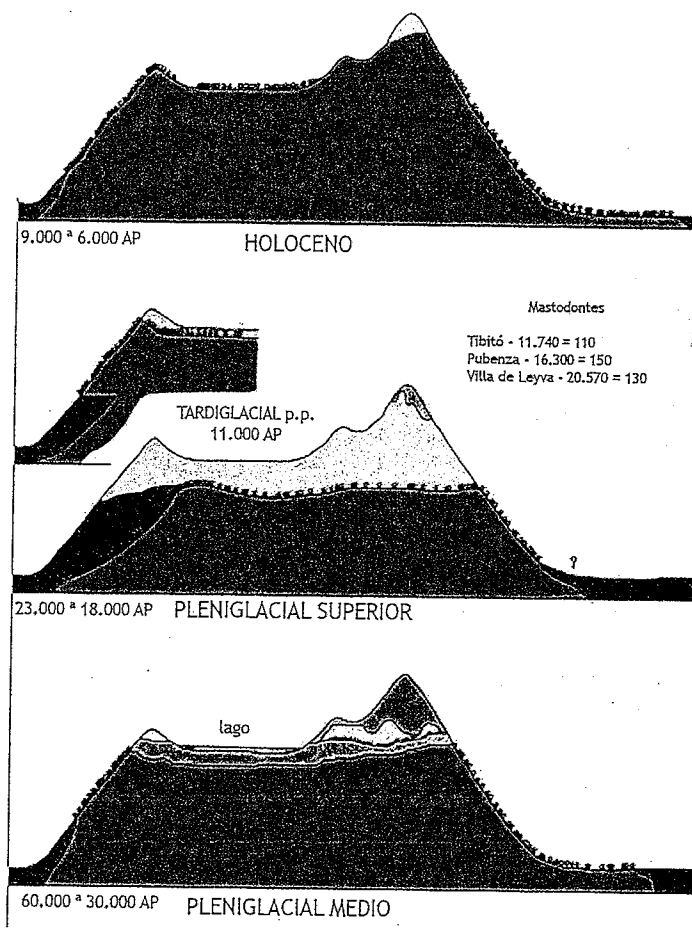


Figura 1.2. Secciones esquemáticas por la Cordillera Oriental y Sabana de Bogotá mostrando los grandes cambios en la vegetación. Parte inferior: hace unos 35.000 años (con laguna). Parte media: hace unos 20.000 años (máximo del último periodo glacial). Parte superior: hace unos 6.000 años (el Holoceno antes de la influencia del hombre). (Adaptado de Van der Hammen, public. div.).

En este tiempo se depositaron arcillas y turbas y, localmente, arenas que pueden llegar a tener un espesor hasta de 600 m en el centro de la sabana, y gradualmente menos hacia los bordes de la cuenca. Las arcillas son las más abundantes y son relativamente impermeables.

Este fondo se encuentra altitudinalmente entre 2.600 m (el nivel máximo alcanzado por la laguna) y 2.550 m en el extremo sur. Hay un declive suave desde las orillas (los cerros) hacia el centro y de norte a sur, pero el plano tiene ondulaciones. En las partes relativamente bajas y por el hecho que las arcillas son relativamente impermeables, se pueden formar pequeñas lagunas y pantanos.

Los ríos y quebradas que originalmente desembocaban en la laguna tienen que seguir ahora sus cursos sobre el antiguo fondo del lago, cortan su valle de inundación en los sedimentos y forman todos juntos el sistema del río Bogotá; volviéndose tributario de este río, que finalmente, transporta el agua superficial de toda la cuenca hacia la salida de Alicachín y luego al Tequendama.

### 1.1.2. SEGUNDA FASE: ENTRE 30.000 Y 10.000 AÑOS ANTES DEL PRESENTE

Hacia el final de la última glaciación, que terminó hace 10.000 años, la gran laguna desapareció. El clima era mucho más frío que el actual y el área se encontraba en la zona de páramo y bosque Alto-andino.

Entre 25.000 y 13.000 años antes del presente, la vegetación fue de páramo abierto relativamente seco, pero con humedales de páramo en las partes bajas de la superficie general y en los valles de inundación de los ríos y quebradas. Los datos que se tienen sobre la vegetación en esta época y la comparación con el páramo actual, nos indican que en los valles se deben haber desarrollado localmente turberas de páramo (o vegetación mesotrófica con el musgo *Sphagnum*) con frailejones y muchas otras plantas de páramo como *Gentianella*, *Geranium*, *Aragoa*, compuestas arbustivas, entre otras.

Aproximadamente entre 13.000 y 10.000 años antes del presente, el Tardiglacial, sube primero la temperatura y también la precipitación, con bosques de cucharo (*Myrsine*) y encenillo (*Weinmannia*), entre otros, luego se presenta la última etapa fría de la última glaciación, el estadal de El Abra, y la vegetación pasa a ser un páramo arbustivo o bosque altoandino, manteniéndose vegetación abierta de páramo en los valles y áreas pantanosas.

### 1.1.3. TERCERA FASE: LA PRIMERA PARTE DE LOS ÚLTIMOS 10.000 AÑOS

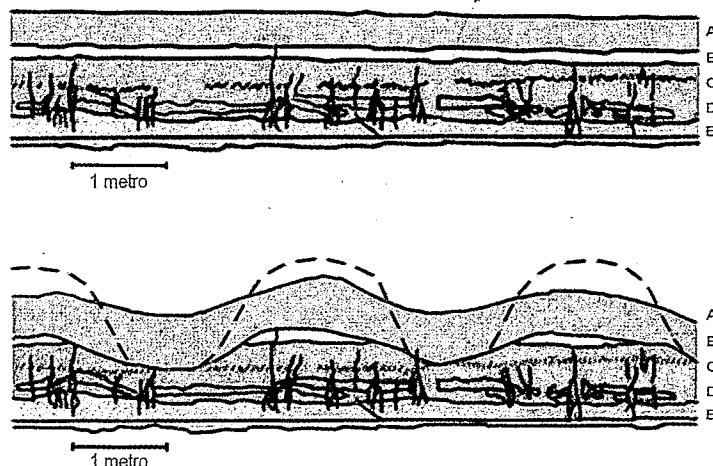
Hace 10.000 años comenzó el actual interglacial, el Holoceno, con el incremento definitivo de las temperaturas hasta el presente. En la planicie de la Sabana en las partes bien drenadas, se extendieron bosques de tipo andino, donde tendieron a dominar ciertas especies de árboles, como el arrayán (*Myrcianthes*), el raqué (*Vallea*), y el paloblanco (*Ilex*). En partes menos drenadas o temporalmente inundables, se pudieron extender alisales con abundante aliso (*Alnus*), pero también con otras especies como raqué (*Vallea*), tinto (*Cestrum*) y arboloco (*Smallanthus*). En los humedales eutróficos abundan sin duda plantas como juncos, enneas, y otras especies de los géneros *Myriophyllum*, *Ludwigia*, *Polygonum*, *Rumex*. En los valles de quebrada y río en la planicie, existieron también bosques ricos en aliso y vegetación de pantano eutrófico. No obstante, hay fuertes indicios que pudo permanecer una vegetación de páramo azonal y el desarrollo de otro tipo de vegetación mesotrófica.

Desde el Tardiglacial hasta hoy ha permanecido gente en la Sabana. Primero, fueron cazadores-recolectores con poca influencia sobre la vegetación. Luego se inició una fase de horticultura donde se utilizan pequeñas áreas para este fin, y continuó la recolección y cacería, donde los humedales representaron una fuente importante de comida: peces, almejas, aves. Hace unos 3.500 - 3.000 años comenzó una agricultura intensiva, donde el maíz fue la base fundamental y el hombre ocupó el extenso paisaje.

### 1.1.4. CUARTA FASE: LA AGRICULTURA INDÍGENA

Desde hace unos 3.000 años (1.000 antes de Cristo) comenzó a extenderse en la Sabana cada vez más el cultivo de maíz y a incrementarse la población. De la época temprana conocimos la cultura llamada Herrera, mientras que más tarde se desarrolló la Muisca. Para el caso de los humedales y su transformación, lo importante es que se implementó un sistema muy extenso y refinado de manejo de las aguas superficiales con fines agrícolas. En general, construyeron en muchas partes de la superficie del plano general de la Sabana - temporal o parcialmente encharcados por las lluvias y superficies temporalmente inundadas en el valle de inundación de los ríos y en las "chucuas"-, sistemas muy extensos de camellones altos y zanjas profundas. Las zanjas en el plano general atravesaban el suelo oscuro andisólico hasta la arcilla gris impermeable (Figura 1.3)

Figura 1.3. Corte esquemático de un sistema de cultivo de zanjas y camellones practicado por los Muiscas. Parte superior: forma original probable, antes de los Muiscas. Parte inferior: sección de la excavación. La línea roja indica cómo puede haber sido la forma original de los camellones y zanjas. A = Suelo superior oscuro B = Intercalación amarillo-verdoso con cenizas volcánicas. C y D = Complejo de suelos inferior E = Arcillas grises de la Laguna de la Sabana. (Adaptado de Van der Hammen, public.div.).



En los valles del río Bogotá y algunos afluentes (por ejemplo, el valle del río Juan Amarillo) construyeron, además, sistemas de canales (a veces paralelos o en forma de abanico), para manejar el valle de inundación del río. Eso demuestra que estos valles no estaban inundados permanentemente (como es el caso de muchos humedales actuales en pequeños ríos y chucuas (como el Juan Amarillo y muchos más). Teóricamente es posible que existieran en algunas partes bajas de los valles erosivos, lagunitas naturales, pero la sedimentación en el valle del río Bogotá las pudo haber “taponado” gradualmente, pero no se tiene seguridad. Muchos de los humedales con inundación temporal o permanente de poca profundidad, fueron afectados por el sistema de manejo hidráulico y cultivos en la época indígena.

### 1.1.5. QUINTA FASE: DESPUÉS DE LA CONQUISTA

La Conquista trajo grandes cambios, con la introducción de trigo y otros cultivos europeos, así como de ganado. El sistema indígena de cultivo fue abandonado gradualmente y la tendencia fue drenar lo mejor posible los suelos. En los siglos que siguieron, especialmente XIX y XX, desaparecen poco a poco los humedales de tipo de planicie por los avances en el drenaje y sucesivo uso para fines de ganadería (o agricultura). Los del valle de los ríos mayores disminuyeron por rellenos y por la construcción de jarillones en el borde del río, que evitaron las grandes inundaciones, pero siguen existiendo algunos de los más profundos (p. e. meandros cortados).

En los humedales de valles erosivos se presentó un cambio fundamental por la construcción de jarillones transversales en ellos, al final antes de llegar al valle del río, y también en sitios aguas arriba, con el fin de crear reservorios. Debajo del agua desapareció la vegetación original si todavía existía así, como también, el sistema de camellones y zanjas de los cultivos indígenas.

En estos laguitos alargados se pudo establecer en la orilla una vegetación de juncos y otros elementos de la vegetación pantanosa original y comenzó la sedimentación que localmente ha llegado a la colmatación, ayudada por una vegetación demasiado vigorosa gracias al exceso de nutrientes generado por las actividades humanas.

### 1.1.6. TIPOS DE HUMEDALES SEGÚN ORIGEN Y VEGETACIÓN ASOCIADA

De acuerdo con su origen y primera historia se pueden diferenciar tres tipos de humedales:

- Humedales tipo 1: del fondo original de la Sabana mal drenada. Estos desaparecieron casi todos

por drenaje artificial (directo, y/o indirecto por descenso del nivel freático en relación a la explotación de agua subterránea).

- Humedales tipo 2: en el valle de inundación original del río Bogotá y algunos afluentes mayores, se refiere a cursos, brazos o meandros cortados naturalmente (a veces artificialmente) y basines. Están en zonas originalmente de sedimentación.

Se encuentran principalmente en el valle de inundación del río Bogotá (y algunos afluentes mayores). En general, existía contacto con el agua del río cuando su nivel era alto, y hoy en día por medio de zanjas. El agua del río y el suelo reciente de arcilla de inundación, eran y son siempre ricos en nutrientes y la vegetación original era sin duda parecida a la actual, pero probablemente no idéntica: el exceso de nutrientes hace crecer ciertas especies con gran rapidez cubriendo áreas grandes con solo una o unas pocas especies. En los sedimentos del valle del río y/o sus humedales actuales, se encuentran capas de turba (materia orgánica vegetal acumulada sin o con poca arcilla) que indican que se presentaban situaciones de poco contacto con el agua de inundación del río, y se podían desarrollar tipos de vegetación algo menos eutrófica (ver también adelante, donde se discute la "vegetación flotante") que pueden haber tenido algunas especies hoy en día (casi) desaparecidas.

- Humedales tipo 3: se encuentran en los valles menores que drenan la superficie general de la sabana. Dirigen sus aguas al río Bogotá (o afluentes mayores). Son, originalmente, valles de erosión, algunos tienen sus cabeceras en la misma planicie de la Sabana, otras en los cerros. Localmente se llaman chucuas.

Se localizan en el sistema de valles de drenaje natural de la sabana que llegan todos finalmente al río Bogotá. Estas "chucuas" se encuentran hoy día inundados artificialmente por la construcción de jarillones transversales. Es posible que en las partes donde se llega al valle del río haya existido una inundación natural local, que la erosión taponó por efecto de la sedimentación. La vegetación actual de las "chucuas" es muy parecida al Tipo 1, por lo cual las aguas presentan exceso de ciertos nutrientes (como nitrógeno), entre otros, por la "contaminación" generalizada con aguas negras e industriales y por las actividades ganaderas y agrícolas.

Se puede presentar vegetación flotante que se extiende sobre el agua desde la orilla; el conjunto de raíces y materia orgánica muerta puede volverse bastante gruesa y la vegetación puede comenzar a depender más del agua de lluvias con cierta tendencia a la mesotrofia. Vegetación representativa de este tipo de humedales corresponde a: *Begonia*, *Scutellaria*, *Gratiola*, *Epilobium denticulatum*, *Sibthorpia repens*, *Ranunculus*, *Calceolaria*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Carex* sp. y *Scirpus rufus*. Entre la vegetación pantanosa, que depende únicamente del agua del humedal y del suelo, se encuentran *Scirpus*, *Typha*, *Polygonum*, *Rumex*, *Bidens*, *Myriophyllum*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, entre otras. Es probable que las especies del primer grupo fueran más abundantes antes de la fuerte contaminación.

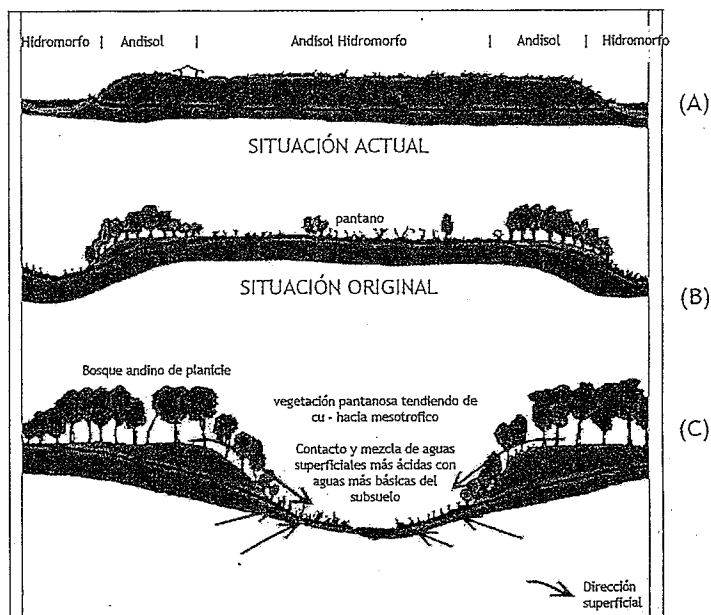
Una anotación de Manuel Ancizar en la "La Peregrinación de Alpha", según sus observaciones en 1850, indica que había vegetación de páramo con frailejones en la parte plana de la sabana, cerca al Boquerón de Torca "Páramo azonal" en el valle de la quebrada y en el humedal de Torca. Esta observación parece coincidir con la presencia de *Sphagnum* e *Isoetes* establecida en forma palinológica.

Igualmente, parece probable que, especialmente, antes de la interferencia humana se presentase vegetación azonal de páramo, en condiciones medio-pantanosas, en los valles del Tipo 3, por lo menos, localmente. Este hecho parece lógico: después de la situación durante el máximo del último glacial, cuando la vegetación de toda la sabana fue páramo, se mantuvo la vegetación de páramo azonal definida por la situación turbosa-pantanosa en los valles y áreas mal drenadas mientras en las partes mejor drenadas se establecía bosque.

### 1.1.7. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LOS HUMEDALES

En el mapa de suelos de la sabana (ver Gaviria, en Van de Hammen, 1999; y Van der Hammen, en prensa), se puede ver que en el área de Funza-Mosquera-Madrid, hay suelos hidromórficos en los interfluvios de las chucuas y no hidromórficos (mejor drenados) a lo largo de ellos. La conclusión es que grandes áreas pantanosas se extendían en los interfluvios mientras a lo largo (en la ronda) de las chucuas debe haber existido bosque. (Figura 1.6)

Figura 1.4. Corte esquemático por dos "chucuas" (humedales alargados en valles) y su interfluvio (áreas entre valles de drenaje natural). Situación actual (A) parte superior y original reconstruida (B) parte media. Parte inferior (C) un detalle de la situación original reconstruida mostrando cómo debe haber sido el movimiento del agua del subsuelo y la superficie. (Adaptado de Van der Hammen, public. div.).



El nivel freático bajó, de forma considerable, causando la desaparición de los humedales de los interfluvios; la inundación de los valles (chucuas) ocasionada, principalmente, por el hombre, cambió la condición más mesotrófica (probablemente con *Sphagnum*) a la de un humedal eutrófico. (Figura 1.4)

La situación original de los humedales de Tipo 3 debe haber sido la de vegetación abierta tendiendo a mesotrofia y localmente con páramo azonal, protegida naturalmente por una zona de bosque con suelo mejor drenado. Lo curioso es que, al parecer, mientras desaparecieron los humedales en la parte plana mal drenada de la Sabana (Tipo 1) se crearon nuevos humedales eutróficos por la inundación mayormente artificial de la chucuas (valles erosivos en la parte plana, Tipo 3).

En las zonas donde se juntan los valles erosivos (Tipo 3) con el valle del río Bogotá se presentan transiciones, a veces muy amplias, entre las situaciones de Tipo 2 y Tipo 3. Otra situación de transición entre los Tipos 2 y 3 se puede presentar en estos vallecitos que tienen su origen como quebradas en los cerros y que pueden formar una especie de valle de inundación poco desarrollado.

Los datos disponibles sobre la historia de los humedales dan unas primeras indicaciones interesantes, pero es evidente que requerimos mucha más investigación geológica, pedológica y palinológica para poder ampliar y verificar estos datos si queremos que sirvan para una reconstrucción (y luego una restauración) más detallada de esos ecosistemas.

### 1.1.8. CONSECUENCIAS DE ESTOS DATOS PARA LA RESTAURACIÓN

Los datos sobre el pasado de los humedales nos dejan con la tarea de tomar decisiones acerca de su restauración, entendiendo esta como la rehabilitación o la recuperación. Como en toda restauración de arte, edificios antiguos o reservas naturales, es necesario tomar decisiones difíciles: ¿cuál va a ser la época para restaurar? La posibilidad de decidir es limitada, infortunadamente, por la gran reducción del hábitat pantanoso acuático para las aves.

Parte del humedal tipo 2 sigue existiendo, aunque muy reducido, el tipo 1 desapareció prácticamente, pero se creó artificialmente un medio parecido en el tipo 3. Es decir, aunque quisiéramos reconstruir la situación original del tipo 3, no podemos cambiar la situación actual ya que no hay suficiente superficie de este medio (semi-acuático) para garantizar la sobrevivencia de las poblaciones de ciertas aves. Lo que sí parece posible es comenzar ensayos de restauración de la situación original del tipo 3, localmente, aguas arriba de ellos.

Todo esto nos indica que tenemos que ser muy cuidadosos en cuanto a las decisiones en cada caso, no dragar, por ejemplo, sino después de efectuado un amplio estudio palinológico y químico (y datación) de los sedimentos. De todos modos hay que respetar la geomorfología original y nunca excavar antes de conocer bien la geoforma original (y no endurecer bordes). También habrá que respetar los humedales en cuanto a la arqueología.

En muchos se encuentra visible, localmente, el sistema de camellones y zanjas de los Muisca, pero es probable que en otras partes estén presentes pero invisibles debajo del sedimento posterior. Dragar sin saber si existen o no, puede resultar en la destrucción de ellos (como posiblemente ha pasado en la parte baja del humedal Juan Amarillo, cuando se hizo el lago actual).

La conclusión es que no se debe hacer ninguna interferencia física en un humedal mientras no se hayan realizado estudios geomorfológicos, geológicos, de suelos, palinológicos, sedimentológicos y de la vegetación y fauna actual, preferiblemente por medio de la conformación de equipos multidisciplinarios. Las decisiones deberán ser tomadas por un grupo de científicos con conocimiento de la historia y la actualidad, así como de las necesidades de conservación y protección con el concurso de los actores sociales y teniendo en cuenta las posibilidades económicas locales.

## 1.2. ASPECTOS CONCEPTUALES

### 1.2.1. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La necesidad de controlar la degradación de los humedales, además, del reconocimiento de los beneficios asociados a su rehabilitación o recuperación ecológica, ha dado lugar a la puesta en marcha de numerosos proyectos en todo el mundo (Convención Ramsar 2002).

En restauración ecológica de humedales son pocas las certezas (si las hay) y muchas las incertidumbres. Autores como Zedler (1994) aseguran que se tiene el conocimiento para restaurar humedales en áreas que no han sido demasiado dañadas y donde la biodiversidad regional no ha sido muy disminuida, tras restaurar la hidrología, transplantar vegetación nativa, sería esperar por las poblaciones de animales para expandir al interior los nuevos hábitat.

Al evaluar el éxito de los procesos de restauración se evidencia que el problema de los humedales es más complejo de lo que aparenta y la solución no refleja esa complejidad más allá del discurso propuesto en la meta (ver Mitsch y Wilson 1996; Mitsch et al. 1998). Esto es una realidad actual al no comprender aún gran parte de los procesos que en ellos se desarrollan. Roni et al. (2002) exponen que pese a los numerosos proyectos de restauración en sistemas acuáticos que se conducen anualmente en el mundo, proyectos exitosos (basados sobre una restringida evaluación de datos) son limitados o desconocidos.



Los proyectos de restauración y actividades relacionadas tales como la rehabilitación y la recuperación (reclamation) en humedales contemplan metas como restituir sus funciones perdidas, entre ellas: la retención de agua lluvia, el ciclado de nutrientes, la recarga de aguas subterráneas y el hábitat de vida silvestre (p. e. Keedy 1999; Streever 1999; Lindig-Cisneros y Zedler 2005) o el reemplazo de las especies invasoras (p. e. Zedler y Kercher 2004) que, en general, evidencian implícitamente que la restauración resulta de acoplar organismos y su medioambiente. Autores como Beschta et al. (1994) y Jackson et al. (1995) coinciden en afirmar que una aproximación a la restauración solamente desde una especie o proceso particular probablemente fallaría; lo que es consecuente con estudios que concluyen la existencia de diversas restricciones bióticas y abióticas que pueden limitar la restauración (Seabloom y van der Valk 2003, Keddy 1999).

Existen estudios que describen una aproximación general a la restauración de estos ecosistemas (e. j. Garbisch 1986; Marble 1990; Hammer 1992; Maynard et al. 1992) y que dejan prever elementos comunes, entre ellos, la selección de material vegetal, los análisis hidrológicos, la calidad del agua, el manejo a largo plazo.

Los aspectos a considerar para abordar un proyecto ya sea este de restauración ecológica, rehabilitación o recuperación depende de las metas, de sus alcances, recursos y el escenario social, económico y de desarrollo local y distrital. En un contexto científico autores como Nygaard (2004) enfocan la necesidad de comprender el impacto de las principales condiciones ambientales sobre el ensamble y la riqueza de las especies; sin embargo, es tan grande el proceso en una escala espacial que incluso diversos autores (Dale et al. 2000; Gersib 2001; National Research Council 2001; Roni et al. 2002) coinciden en afirmar que para proteger o restaurar ecosistemas como los humedales, se deben considerar los procesos que ocurren por fuera, dado que los mismos actúan como factores que controlan sus características físicas, químicas y biológicas.

Casagrande (1997) considera que la restauración de humedales en áreas urbanas es la de los hábitat humanos y, que tanto, en los procesos como en las metas y la evaluación del éxito de la restauración, es necesario incorporar el componente humano. ¿A que se refiere el autor? A que la restauración de humedales urbanos produce beneficios sociales importantes adicionales al mejoramiento biofísico que tradicionalmente se incluye en la evaluación del éxito que se pueda obtener.

La restauración de humedales es arte y ciencia en toda su expresión. Requiere de una cuota de creatividad que permita, no solo formular una propuesta consecuente con todas las variables que juegan en el camino y su apreciable permeabilidad en la ética y la construcción participativa, sino con la forma de evaluar su efectividad, de evitar la pérdida de información en la evolución del proceso y de establecer buenos y bien ejecutados diseños que puedan ser utilizados como modelos en el mediano plazo, pues hace parte de nuestro aprender-haciendo.

La Sociedad de la Ecología de la Restauración (SER 2004)<sup>3</sup> establece la diferencia entre rehabilitar y restaurar en sus metas y estrategias; la primera hace énfasis en la reparación de procesos del ecosistema, productividad y servicios, entre tanto, las metas de restauración incluyen además el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad. En consecuencia, se deben precisar tres términos clave que hacen parte de la ecología de la restauración y actividades relacionadas que corresponden a:

- **RESTAURACIÓN ECOLÓGICA:** aquellos procesos que se orientan a la intervención de las dinámicas sucesionales y su aplicación se basa en tomar como referencia un ecosistema **predisturbio** para **reestablecer la estructura, el funcionamiento, la diversidad y las dinámicas de un ecosistema específico** y lograr que este sea capaz de autosostenerse. En el sentido estricto del término es la reconstrucción total de las condiciones previas a un disturbio incluyendo las condiciones físicas, químicas y biológicas, se pretende regresar a las condiciones originales naturales de un ecosistema.

<sup>3</sup> Para mayor información puede consultar la página web de la Sociedad de la Ecología de la Restauración (SER): [www.ser.org](http://www.ser.org)

- REHABILITACIÓN ECOLÓGICA: aplica a los proyectos en los cuales la meta de intervención busca recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin que necesariamente se intente completar una restauración ecológica a una condición específica previa de un ecosistema predisturbio.

- RECUPERACIÓN (*RECLAMATION*): aborda el desarrollo de trabajos en sitios severamente degradados (p. e. tierras afectadas por minería a cielo abierto, construcción a gran escala, etc.) e implica, la mayoría de las veces, *un cambio en el uso original del sitio afectado*; la Sociedad de Ecología de la Restauración (SER 2004) incluye entre sus principales objetivos la estabilización de terrenos, la seguridad pública y el mejoramiento estético.

En razón de las fuertes alteraciones ecológicas de las cuales han sido objeto los humedales urbanos del Distrito Capital, como se podrá analizar en el capítulo 2 del presente documento, se recomienda que los objetivos y metas de los programas y proyectos que se planteen en estos ecosistemas sean orientados, ya sea a su recuperación o a su rehabilitación ecológica, por sus condiciones tanto físicas como bióticas.

### 1.2.2. TEORÍA DE LA INVASIÓN

Otro modelo teórico con fuerte respaldo de datos experimentales en muchos humedales es la llamada "teoría de la invasión" que trata de explicar los mecanismos de implantación, reemplazamiento y persistencia de las diferentes poblaciones de plantas en un humedal. La comprensión de estos mecanismos es un factor fundamental en la rehabilitación o recuperación de la vegetación de los humedales. Igualmente, pueden existir limitaciones específicas en cuanto a la calidad y cantidad de especies disponibles.

La regeneración es un proceso natural que tiene ventajas relativas en el momento de implementarse como alternativa frente a procesos activos de siembra. Sus ventajas: a) los menores costos y b) la mayor disponibilidad de desarrollar patrones espaciales y estructuras genéticas poblacionales más cercanas a las naturales. Los factores clave para entender en este proceso son la capacidad de colonizar sitios libres y la posibilidad de dispersión a través del ecosistema de humedal.

En la medida que haya una interconexión local y regional entre los humedales por medio de inundaciones generalizadas periódicas o por medio de dispersores como el viento o animales será posible la propagación y establecimiento de las especies, de lo contrario la vegetación resultante en condiciones de aislamiento se verá muy empobrecida.

VENTANA DE INVASIÓN Y REFUGIOS: un elemento importante para comprender los procesos de invasión de las especies de vegetación acuática y semiacuática de un humedal es el concepto de los refugios (*safe sites*); el refugio es definido como un sitio a escala local que presenta las siguientes características:

- Presencia de condiciones favorables para la germinación de semillas, al permitir que estas escapen de la depredación y puedan sobrepasar la etapa de dormancia.
- Presencia de las señales ambientales que estimulan la salida de dormancia de las semillas.
- Existencia de condiciones que reducen riesgos específicos para especies tales como: depredadores, competidores, patógenos en la etapa de preemergencia.

El papel que juegan los refugios (*safe-sites*) en los procesos de invasión como mecanismo de constitución de la vegetación acuática y semiacuática es la teoría de la "ventana de invasión". Esta describe las diferentes clases de refugios basándose en la existencia de barreras y en la selectividad de las diferentes especies para la invasión de un sitio determinado. Las barreras pueden ser biológicas (ocupación previa del sitio por otra especie) o físicas; también, pueden ser generales (iguales para todas las especies) o selectivas (*algunas especies pueden sobrepasarla y otras no*).

La remoción de una planta en un sitio abre una ventana de invasión, que permite la ocupación por otra especie y la generación de un refugio temporal para esta última. Ejemplo de ello son las especies invasoras exóticas que pueden establecerse, debido a la ruptura de barreras geográficas por introducciones accidentales o deliberadas, generando ventanas estables a través de las cuales mantienen y aumentan

sus poblaciones; por lo cual, deben ser objeto de especial evaluación y seguimiento en los humedales en proceso de recuperación o rehabilitación.

### 1.2.3. DISEÑO NATURAL Y ACTIVO

La implementación práctica de la recuperación o rehabilitación ecológica de la vegetación acuática y semiacuática puede tener en cuenta dos enfoques o diseños: el natural (regeneración) y el activo (dirigido por el hombre mediante acciones de manejo). Para el diseño natural lo más importante es entender las historias de vida de las especies involucradas, la naturaleza de los mecanismos de dispersión, germinación y los requerimientos ambientales para el establecimiento de las plántulas, así como su persistencia hasta la fase reproductiva.

El diseño natural plantea el mantener la fluctuación y niveles del agua necesarios para cada biotipo y que la flora se regenere naturalmente a partir del banco de semillas o plántulas. Es un enfoque ecosistémico basado en la teoría termodinámica de los ecosistemas, que plantea la capacidad de autoorganización, como el factor principal en el proceso de sucesión. Sin embargo, los humedales por sus características funcionales, no siempre permiten que el diseño natural sea suficiente por lo que, generalmente, debe acudir al diseño dirigido a través de procesos de rehabilitación o recuperación.

La teoría del diseño activo establece que los sitios a ser intervenidos pueden tener depurados los bancos de semillas y/o presentar severas limitaciones de dispersión, por lo tanto la reintroducción de la vegetación requiere sembrar plantas o semillas; se trata de un enfoque especie-específico.

El éxito del proceso se mide a través de la composición de la vegetación y de la habilidad del ecosistema para restablecer la vegetación después de un disturbio, como indicador de la eficiente funcionalidad del humedal. Esto podría ser posible siempre y cuando se mantenga el pulso de inundación para que los bancos de semillas de corta vida puedan revegetalizarse, espontáneamente, las áreas que la han perdido (diseño natural). El proceso activo del diseño dirigido cumplirá sus objetivos solo si se han identificado correctamente los factores tensionantes y limitantes que han generado la degradación del ecosistema y si las acciones propuestas pueden, de manera efectiva, revertir sus efectos.

### 1.2.4. EL TAMIZ AMBIENTAL

Es un modelo explicativo de la sucesión de la vegetación en los humedales, basado en el concepto de sucesión Gleasoniana, donde la presencia y dominancia de una especie depende de sus atributos de historia de vida y a su mayor o menor adaptación a las condiciones físicas del sitio. Respecto a las historias de vida se han determinado unas tipologías aplicables para las especies de vegetación acuática y semiacuática de los humedales:

- A: anual.
- V: perenne vegetativa.
- D: dependiente de la dispersión, semillas de vida corta.
- S: especies del banco de semillas, semillas de vida larga.
- Tipo I: especies que se instalan solo en condiciones de agua circulante.
- Tipo II: especies que solo se instalan en condiciones de agua estancada.

Frente a las variaciones en los regímenes de humedad e inundación, así como de la expansión y retracción de las áreas de espejo de agua en las zonas litoral y profunda de un humedal, cada tipo de especie puede encontrar un hábitat y un intervalo de tiempo propicios para invadir exitosamente un área (Figura 1.5).



Figura 1.5. Pulsos estacionales en la productividad y nivel de inundación en el humedal de Tibanica. Las macrófitas flotantes cubren el espejo de agua al final del verano o estación seca. (izquierda, foto: Thomas McNish). Pulso de aguas altas durante la estación de lluvias y máxima inundación (derecha, David Rivera), el espejo de agua está libre.

Esto explica en buena medida el carácter azonal y poco predecible del desarrollo de las comunidades, lo cual se manifiesta en el paisaje vegetal como patrones en mosaicos irregulares superpuestos en las zonas litorales.

### 1.3. LAS ETAPAS EN UN PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA<sup>4</sup>

A continuación se describe brevemente la propuesta de procedimiento para orientar un proyecto de restauración ecológica, rehabilitación o recuperación indistinto del tipo de ecosistema (acuático o terrestre), el cual comprende las siguientes etapas:

- a) Planeación conceptual: identifica el área del proyecto, las metas específicas de restauración y provee la información de fondo relevante. Esta etapa se realiza previa a la toma de cualquier decisión de manera que brinde criterios al respecto. Esta etapa provee la información preliminar del área con reconocimientos y premuestreos, dado que las caracterizaciones propiamente dichas se realizan más adelante.
- b) Actividades preliminares: son las actividades de las cuales depende la planeación del proyecto y sobre las cuales se fundamenta un diseño bien concebido. Comprende desde la definición del equipo de profesionales, caracterización biótica del área del proyecto hasta la definición de metas, objetivo y presupuesto.
- c) Planeación: describe las actividades que serán cumplidas para realizar el proyecto. Entre ellas cabe mencionar: la descripción de las intervenciones a ejecutar para el cumplimiento de los objetivos, preparación del programa de evaluación y seguimiento para medir el alcance de cada objetivo (estándar de cumplimiento del ecosistema recuperado que indica o demuestra que un objetivo ha sido alcanzado), realizar una lista de las actividades necesarias para alcanzar cada objetivo, entre otros, aspectos.
- d) Ejecución: delimitación física de las áreas de trabajo, instalación de accesorios de evaluación y seguimiento permanentes (transectos lineales, estaciones fotográficas, marcas y otras locaciones se van a usar periódicamente para evaluar y seguir el proceso) y la implementación de las actividades previstas en la planeación del proyecto.
- e) Actividades posteriores a la ejecución: el cumplimiento de los objetivos depende tanto del cuidado posterior como del dado durante la realización de las actividades de ejecución, entre ellas: proteger el área

<sup>4</sup> Adaptado de la Sociedad de Ecología de la Restauración (SER, 2004), sintetizado en una serie de pasos por Clewel et al. (2005). Para consulta ver [www.ser.org](http://www.ser.org).

del proyecto contra vándalos y herbivoría, desarrollar el mantenimiento posterior a la ejecución, reconocer el área del proyecto regularmente para identificar necesidades y correcciones a mediano plazo. Se debe inspeccionar el área del proyecto con frecuencia, particularmente durante el primer año posterior a la intervención.

f) Evaluación y publicidad: Las evaluaciones son conducidas para asegurar la satisfacción de los objetivos y metas del proyecto. Así mismo, el proyecto debe ser publicado para uso del público y técnicos.

En este procedimiento es clave la implementación del programa de evaluación y seguimiento al proceso, como también, efectuar el manejo adaptable el cual se mencionará más adelante y que corresponde a una estrategia de restauración altamente recomendada, dado el efecto potencial de unas fases del proyecto sobre otras.

## 1.4. PROCESOS HIDROLÓGICOS

Los procesos hidrológicos están estrechamente relacionados entre sí y a su vez determinan los ecológicos que, finalmente, seleccionan los habitantes naturales de un humedal. De hecho, se ha llegado a la conclusión de que la hidrología constituye el más importante factor organizador a nivel ecológico en el ecosistema del humedal (Mitsch y Gosslink 1993), tanto a nivel estructural como funcional.

Cada categoría de hidroperíodo en los humedales define características en el hábitat que establecen el desarrollo de biotipos de vegetación determinados. El desarrollo, estructura y distribución espacio temporal de la vegetación acuática y semiacuática también ejercen control sobre la hidrología del humedal, a través de diferentes interacciones (Figura 1.6):

- La acumulación de turba orgánica.
- El relleno progresivo (colmatación) que atrapa los sedimentos transportados por corrientes de agua.
- La inmovilización de nutrientes.
- El sombrío generado sobre el espejo de agua.
- La transpiración, especialmente, de las plantas flotantes como el buchón (*Eichhornia crassipes*).

En los humedales la hidrología está determinada por la relación de flujos de entrada y salida de agua, tanto a nivel superficial como en el suelo, modificados por la capacidad de almacenamiento. Las variaciones en el régimen hidrológico (comportamiento espacial y temporal del flujo), afectan el nivel del agua y la extensión del área inundada; a su vez, estas características en asociación con las cargas de materiales que fluyen a través del humedal, crean las condiciones fisicoquímicas distintivas de este ecosistema.

En general, la variación temporal de caudales, niveles y grado de saturación de humedad del suelo (hidroperíodo) permite diferenciar varias categorías de humedales, teniendo en cuenta la duración y la frecuencia de la inundación (Tabla 1.1).

Figura 1.6. Interacciones en el ecosistema de humedal.

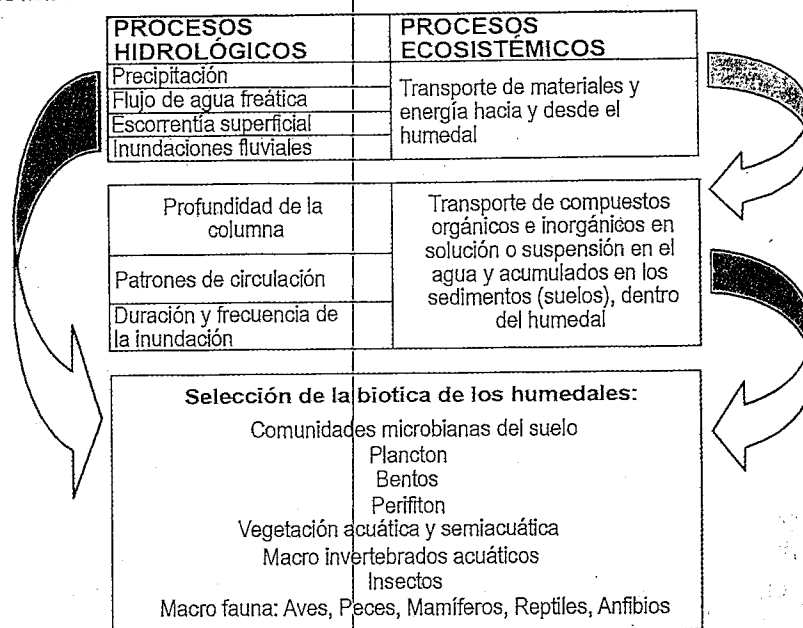


Tabla 1.1. Categorías del hidroperíodo en humedales

Permanentes	Se mantienen inundados todo el año y tan solo se desecan en temporadas de sequía prolongadas.
Semipermanentes	Se secan por un corto período del año.
Estacionales	Inundados por largos períodos, pero hay una estación de sequía definida.
Saturados	El suelo está saturado por largos periodos pero el agua casi nunca aflora en la superficie.
Temporalmente inundados	La inundación es de corta duración, el nivel freático del agua es usualmente profunda.
Inundación intermitente	Suelos secos casi permanentemente, inundaciones cortas y sin ser periódicas.

#### 1.4.1. MODALIDAD DE HUMEDALES

El flujo interno de agua en un humedal tiene importancia para definir la capacidad de retención de sustancias contaminantes o su eventual infiltración hacia capas más profundas. Además, establece el papel de los humedales como recursos hídricos locales o regionales.

Según la relación entre los niveles de agua freática, superficial del humedal y de las corrientes asociadas, pueden presentarse varias modalidades: humedales de descarga, humedal ripario o de plano aluvial, humedal colgado o de encharcamiento superficial.

- Humedales de descarga: se presentan cuando el nivel freático está por encima del nivel de agua del humedal (Figura 1.7 a-b). Pueden ser:

- Tipo A: Se presentan en terrenos plano cóncavos, mal drenados donde el agua del suelo se descarga en el cuerpo del humedal sin una salida neta.

- Tipo B: Presentes en terrenos con pendientes mayores. El agua subterránea aflora en el cuerpo del humedal que se forma en la base de la pendiente, el cual a su vez descarga aguas abajo en una corriente superficial.

- Humedal ripario o de plano aluvial: es alimentado por agua freática, está cercano a corrientes de agua que pueden inundarlos periódicamente por desbordamiento. Funciona como de carga y descarga del medio subterráneo. (Figura 1.7.c)

- Humedal Colgado o de encharcamiento superficial: se presenta cuando el cuerpo de agua del humedal se encuentra muy por encima del nivel freático y solo pierde agua por evaporación o por infiltración. (Figura 1.7 d)

## MODALIDAD DE HUMEDALES

Figura 1.7a. Humedal de descarga tipo A



Figura 1.7b Humedal de descarga tipo B

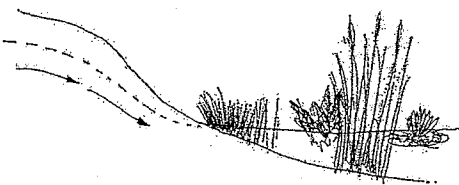


Figura 1.7 c. Humedal Ripario

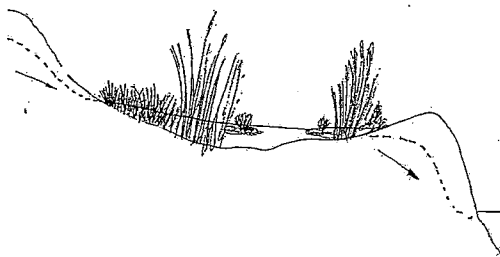
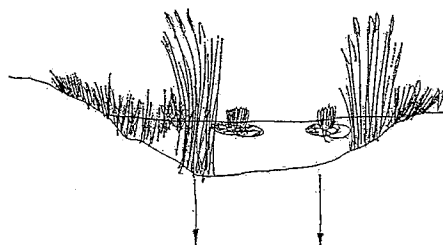


Figura 1.7 d. Humedal colgado



Fuente: modificado a partir de Mitsch y Gosselink (1993). ( - - ) nivel freático, ( ) Dirección del flujo. →

### 1.4.2. PERFIL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

En un sentido estricto del término se entiende como zonificación de un humedal a la identificación de áreas que se pueden diferenciar entre sí por poseer características (condiciones del suelo, calidad del agua, carga orgánica, grupos de macroinvertebrados, tipo de vegetación, etc.), que varían en un gradiente. Se pueden presentar dos tipos de gradientes:

- **Perfillongitudinal:** determinado por el flujo hídrico del cuerpo de agua del humedal, producto de la magnitud y duración de la inundación. Los componentes limnológicos en los humedales (vegetación acuática y semiacuática, plancton, bentos, perifiton y variables fisicoquímicas), varían de acuerdo al flujo hídrico, presentándose dos condiciones bien diferenciadas:

- Existe un flujo de agua y, por ende, los elementos disueltos, suspendidos y los contaminantes son transportados por dispersión y dilución y distribuidos de acuerdo con los patrones de sedimentación; esto genera gradientes longitudinales de concentración que pueden contribuir a una organización zonal de la biota.

- No existe flujo de agua, generándose áreas de mayor concentración de los diferentes elementos, donde el componente biológico será selectivo teniendo en cuenta su grado de adaptación a esas condiciones locales.

De acuerdo con las consideraciones anteriores los humedales se agrupan según el sentido direccional del flujo hídrico, el volumen de agua que movilizan y almacenan y la afectación del flujo por infraestructuras (vías, urbanización, manejo hidráulico) para establecer los patrones de zonificación en cada grupo, así:

**Humedales tipo A:** con estructura de flujo hídrico asociado a la red hídrica original y manejo de altos volúmenes de agua provenientes de grandes cuencas, en orden descendente. Dichos humedales corresponden a: Juan Amarillo, Jaboque, Torca, Guaymaral, La Conejera, Córdoba. En estos humedales se pueden presentar tres zonas:

*Zona alta* en inmediaciones del afluente principal, constituidos por aguas lluvias y residuales mezcladas, donde hay mayor carga orgánica, menor volumen de agua y, por lo tanto, mayor concentración.

*Zona media* donde el ensanchamiento de la sección transversal del humedal, disminuye la velocidad del agua, aumenta el área vegetada y, por consiguiente, la capacidad de retención de nutrientes y contaminantes, disminuyendo la concentración de carga orgánica.

*Zona baja* donde la calidad del agua puede mejorar con respecto a las aguas que entran al humedal.

Este patrón básico de zonación longitudinal se encuentra fuertemente modificado por las intervenciones antrópicas que han ido alterando la estructura física del humedal y, por ende, sus componentes limnológicos. Esta situación se presenta en mayor o menor grado en todos los humedales del Distrito, pero de manera más aguda en el humedal de Córdoba.

En términos generales, se suele plantear la existencia de macrófitas asociadas en algún grado con aguas de mayor carga orgánica y, en ese sentido, cabría esperar una organización zonal de la vegetación; sin embargo, la heterogeneidad espacial de la mayor parte de los humedales distorsiona ampliamente este patrón teórico, dando como resultado mosaicos de vegetación, que a su vez pueden cambiar de manera muy fuerte de una época a otra del ciclo de caudales y niveles de llenado de cada humedal.

**Humedales tipo B:** cuya estructura de flujo hídrico está limitado por infraestructuras viales, especialmente, en época seca, tienen capacidad de almacenamiento medio a bajo y moderada afectación por urbanización. Corresponden a los de El Burro y Capellanía.



En estos humedales el patrón de zonación está modificado básicamente por la fragmentación de áreas que se desecan en forma parcial, en especial en la época seca, lo cual genera parches de vegetación sin estructura muy definida o predecible. En las situaciones de creciente por eventos de lluvia torrencial, se generan disturbios por arrastre de materiales y vegetación que tampoco permiten una zonación permanente.

**Humedales tipo C:** con estructura de flujo hídrico limitado a una red de drenaje de aguas lluvias y servidas muy precaria, alta presión urbanística y manejo de muy bajos volúmenes de agua. Corresponden a los de Techo y Vaca (sector pequeño). La fragmentación, la insuficiencia de la red hídrica y la presión urbana extrema generan una estructura de mosaico muy irregular que reemplaza todo tipo de estructura zonal.

**Humedales tipo D:** humedales sin estructura de flujo hídrico, que funcionan como cuerpos de agua aislados, generados por el desarrollo de urbanizaciones en todo su alrededor y el sellamiento de canales de entrada o salida. O debido a la creación de jarillones y compuertas que no permiten el flujo de agua. Ellos son: Santa María del Lago, La Vaca (Sector Grande), Tibanica y Meandro del Say.

En estos casos las zonas no se desarrollan en un sentido longitudinal sino en el sentido del perfil litoral hacia aguas profundas, incluyendo áreas estables de espejo de agua y en el caso del Meandro, esta zonación no es evidente por las condiciones morfológicas particulares.

En conclusión, en la extensión del área total de un humedal, el factor flujo del agua podría condicionar la existencia de zonación en el grupo A, si las fuerzas de afectación no modificaran dicho patrón a una estructura de mosaico. En el caso de los demás grupos (B, C y D) la fragmentación promueve aún más la formación de parches.

- **Perfil Transversal:** otro factor que puede producir una zonación desde el límite entre la ronda y la franja litoral hacia el interior de los diferentes humedales, es el sentido direccional de la magnitud y duración de la inundación, generando patrones de zonación de acuerdo con el perfil microtopográfico local.

En este caso, una zonación transversal bien estructurada, comprendería franjas de suelos húmedos con especies higrófitas, suelos saturados de agua con especies helófitas, columna de agua somera con emergentes enraizadas y en la zona frente al espejo de agua vegetación flotante y sumergida. Esta sería la estructura de vegetación que se esperaría tener en cualquier humedal, si se mantiene la hidrología natural con las fluctuaciones estacionales de caudales y niveles, determinadas por el régimen pluviométrico.

En muchos casos esta zonación transversal no es evidente, debido a los intensivos procesos de relleno llevados a cabo en la totalidad de los humedales, destruyendo el perfil y el gradiente de ambientes acuáticos y semiacuáticos. Esta degradación influye de manera muy determinante en el grado de expansión lateral del área inundada permanente y estacional, restringiendo en muchos casos, el espacio físico para el desarrollo de los diferentes biotipos y micro hábitat asociados.

En la bibliografía revisada, sólo el humedal Jaboque posee información de vegetación, proveniente de 104 puntos de muestreo, donde se identificaron trece comunidades fitosociológicas, con la cual se desarrolló una propuesta de zonificación. Sin embargo, la distribución espacial encontrada muestra que el humedal Jaboque presenta una estructura de mosaico y no un patrón zonal, lo cual está reforzado por la suficiencia de la cantidad y distribución de los puntos de muestreo.

Para el mismo humedal, los datos de zooplancton y algunas variables físico-químicas fueron medidas en varios puntos, pero no fueron suficientes para identificar un patrón espacial. Sin embargo, se pudo establecer una correlación entre ellos, por lo que se podría esperar que estas variables presentarán un patrón espacial similar. La tendencia general de los humedales de Bogotá es presentar una distribución de vegetación con patrón de mosaicos, lo cual contribuye a la diversidad de hábitat para aves y otros grupos faunísticos. Por lo tanto, las actividades para el aumento y mantenimiento de la riqueza y diversidad de vegetación estarán encaminadas a promover y mantener este patrón.

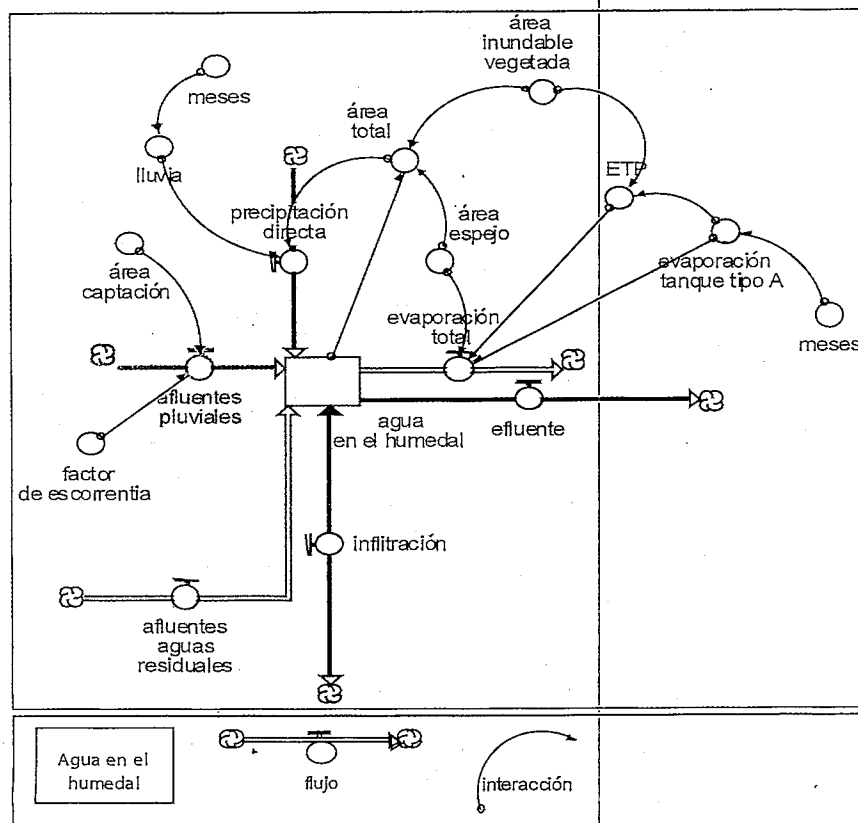
### 1.4.3. DINÁMICA HÍDRICA DEL HUMEDAL

En los humedales urbanos cada afluente pluvial que pueda tener tiene un área de captación que corresponde al área cubierta por la red de alcantarillado de aguas lluvias, cuyo volumen de agua transportado está afectado por un factor de escorrentía, relacionado directamente con la pendiente de la zona drenada y por el tipo de superficie que recorra (asfaltado, zonas verdes, etc.). De tal manera que entre mayor es la pendiente, el drenaje es más rápido y llega un mayor volumen de agua al humedal por unidad de tiempo.

La hidrología y la hidrodinámica constituyen factores de gran importancia en el control de los diferentes procesos ecológicos del humedal. En el ambiente urbano los humedales cumplen funciones de regulación hídrica para el control de inundaciones de áreas habitadas lo que implica modificaciones en los patrones morfológicos de su cuerpo de agua y profundidad (vaso del humedal) y del sistema de afluentes (aguas que ingresan) que los alimentan y de efluentes (aguas de salida).

Las relaciones entre los diferentes flujos hídricos en un humedal se representan mediante un modelo gráfico (Figura 1.8). La variable fundamental es la cantidad total de agua alojada en el humedal, que se define por el balance transitorio entre los flujos de entrada (afluentes pluviales, afluentes de aguas residuales y precipitación directa) y flujos de salida (evaporación directa, efluentes e infiltración). Cada uno de los flujos mencionados anteriormente presenta un comportamiento que se desarrolla según algunos factores determinados: 1) flujos de entrada, 2) flujos de salida y 3) flujos bidireccionales.

Figura 1.8. Diagrama generalizado de flujos hídricos en un humedal.



- **Flujos de entrada**

- **Afluentes de Aguas Residuales:** aunque la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá viene ejecutando obras que permitan separar las aguas lluvias de las aguas residuales, para que estas últimas no contaminen los humedales, aún existen conexiones ilegales y, en otros casos, redes mixtas que hacen ineludible tomar en cuenta el aporte de este tipo de aguas. De hecho algunos humedales del Distrito dependen casi que exclusivamente de las aguas residuales.

- **Precipitación Directa:** se refiere al agua que ingresa por lluvia sobre el área del humedal, se obtiene a partir de los datos pluviométricos multiplicados por el área del vaso del humedal.

- **Flujos de salida.**

- **Evaporación Directa:** a partir de la superficie del espejo de agua se desprende vapor, según el régimen climático. Este flujo se determina por la medición con el tanque de evaporación de una estación climática multiplicada por el área del espejo de agua libre del humedal.

- **Evapotranspiración:** se refiere al proceso de salida de agua condicionada al tipo de cobertura del terreno, la humedad del mismo y la actividad de transpiración de las plantas emergentes.

- **Caudal effluente:** es el flujo de salida desde el humedal hacia otro cuerpo de agua receptor, que en algunos casos es el río Bogotá. En otros casos los humedales se hallan actualmente desconectados de la red hídrica superficial y tienen comportamientos de flujo cerrado que influyen negativamente en su equilibrio hídrico y de calidad del agua.

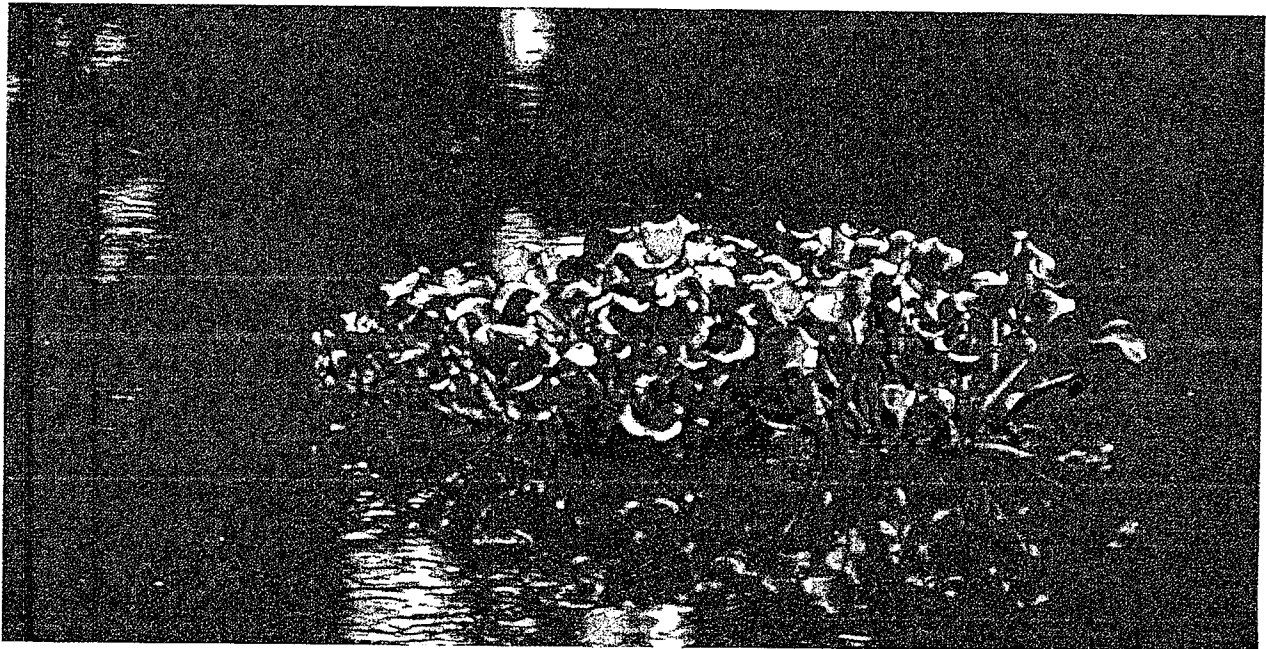


Figura 1.9. Buchón o lirio acuático, *Eichhornia crassipes*, planta flotante introducida, invasiva en los humedales, también ayuda en la depuración de aguas residuales. Foto: Thomas McNish

- **Flujos bidireccionales.**

- **Infiltración:** desde y hacia el humedal la infiltración se presenta a través de las diferentes capas de sedimentos recientes y antiguos, sobre los que yace el cuerpo actual del humedal y que lo pueden comunicar con acuíferos superficiales o profundos. En el caso del conjunto de los humedales de Bogotá, la mayor parte se encuentran sobre sustratos arcillosos impermeables y, por lo tanto, la infiltración tiene importancia menor frente a los demás flujos.

La dinámica de la circulación hídrica en el humedal está determinada de manera muy estrecha por la capacidad hidráulica del vaso del humedal. Las diferentes secciones transversales del mismo, de acuerdo con su batimetría, definen los diferentes patrones de inundación y desecación que experimenta de acuerdo al régimen de lluvias y caudales. Un parámetro fundamental para el modelo de requerimientos hídricos de un humedal es su curva hipsométrica, que relaciona la variación del volumen con la del área. Esta curva, característica para cada cuerpo de agua, se puede obtener a partir de los mapas batimétricos (miden la profundidad) detallados. Es posible que un mismo humedal tenga diferentes curvas área-volumen en distintos sectores, debido a la fragmentación natural o inducida por alteraciones antrópicas.

Los humedales de Bogotá son, en general, cuerpos de agua con muy poca profundidad respecto a su área total. En este caso la curva hipsométrica tenderá a una forma como la presentada en la figura 1.10 donde la mayor parte del volumen queda alojado en un vaso de pequeña superficie que corresponde a las zonas profundas, usualmente en sitios muy localizados; a partir de allí incrementos menores de volumen producen grandes ampliaciones en la superficie inundada, cuando el agua cubre con una delgada capa la mayor parte de la extensión del humedal (zona litoral).

El comportamiento dinámico del volumen y el área determinan la extensión relativa del espejo de agua y de las zonas inundadas; por otra parte, determinan el hidroperíodo (magnitud de la duración del periodo de inundación) para los diferentes sectores del humedal, lo cual tiene una importancia fundamental para el mantenimiento de las áreas con diversidad de vegetación acuática, eje principal de la variabilidad de hábitat para aves y otros vertebrados e invertebrados.

Asociado con los flujos hídricos se encuentran los flujos y acumulación de contaminantes que se esquematizan en la figura 1.11. El ingreso de contaminantes se da en proporción al flujo de aguas residuales y la salida está en proporción al efluente y la concentración alcanzada en el humedal. La capacidad depuradora del humedal, dada por el metabolismo heterotrófico de su microbiota y de la vegetación acuática, contribuye sustancialmente a la disminución de los contaminantes.

Figura 1.10. Relaciones morfométricas en un humedal.

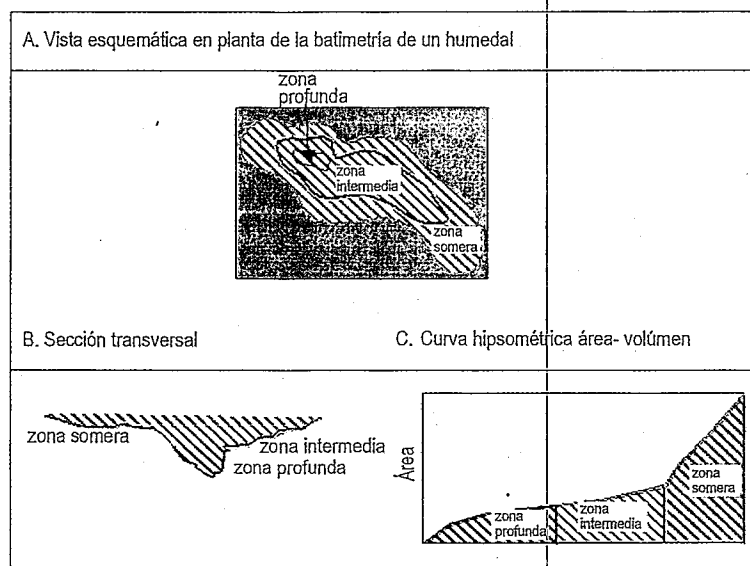
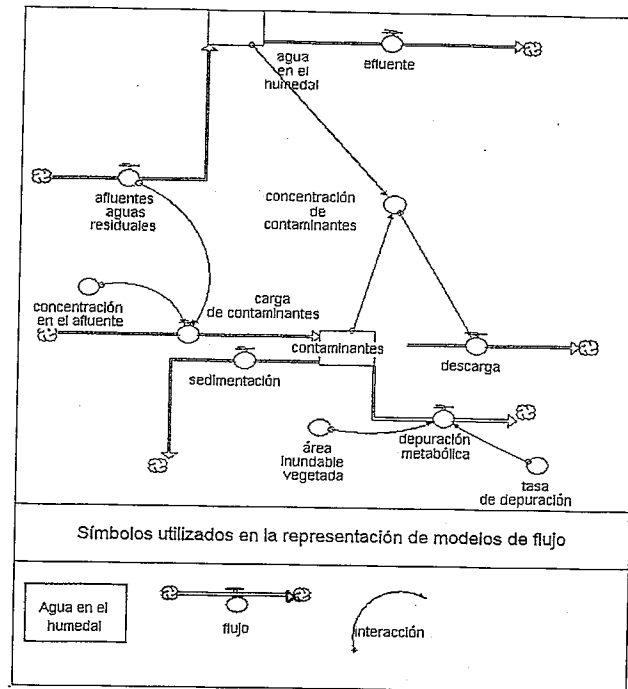


Figura 1.11. Flujo generalizado de contaminantes en un humedal.



Los requerimientos hídricos de un humedal se pueden definir como aquellos necesarios para compensar, por un lado, las pérdidas de origen hidroclimático (evaporación, evapotranspiración) y de origen físico (drenaje, dragados, extracción) y por otro lado el de suplir las necesidades de mantener un espejo de agua y la inundabilidad de áreas emergentes con vegetación que garantice su persistencia como hábitat anfibio. En cuanto a la calidad del agua, los requerimientos se relacionan con la capacidad de dilución del cuerpo de agua y la retención por sedimentación de las cargas contaminantes.

Al considerar los servicios ambientales múltiples que ofrecen los humedales en una zona urbana, resulta de una importancia fundamental la construcción de obras hidráulicas para el control de inundaciones, canales colectores perimetrales, etc. Todos los cuales modifican el régimen natural de caudales y niveles. El diseño y manejo de estas obras deben armonizarse con las necesidades hídricas del ecosistema garantizando una irrigación en las cantidades, calidades y con la periodicidad compatibles con el funcionamiento de los componentes acuáticos, especialmente, de las coberturas de vegetación de macrófitas (Figura 1.12).

#### 1.4.4. BALANCE HÍDRICO DEL HUMEDAL

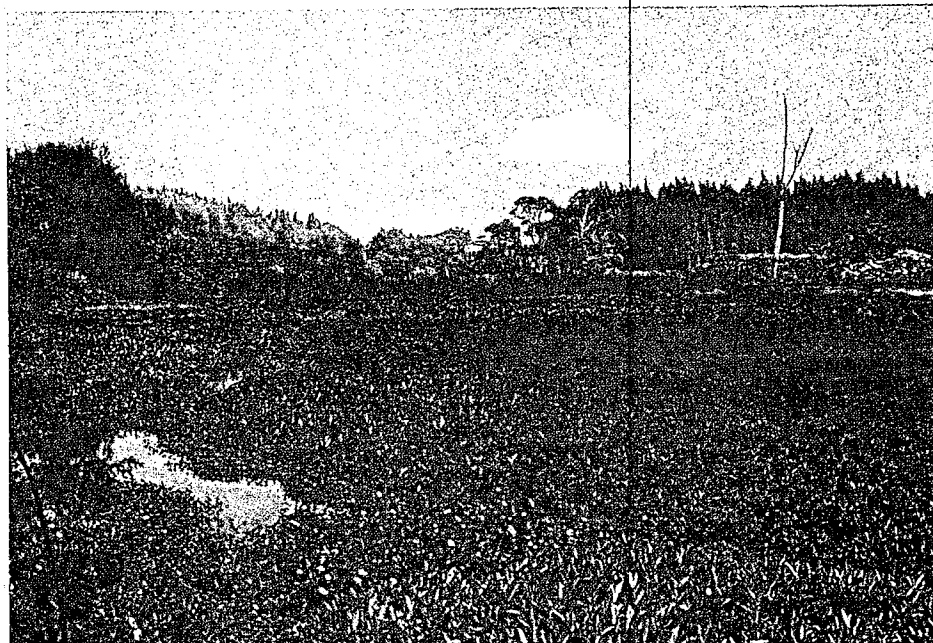
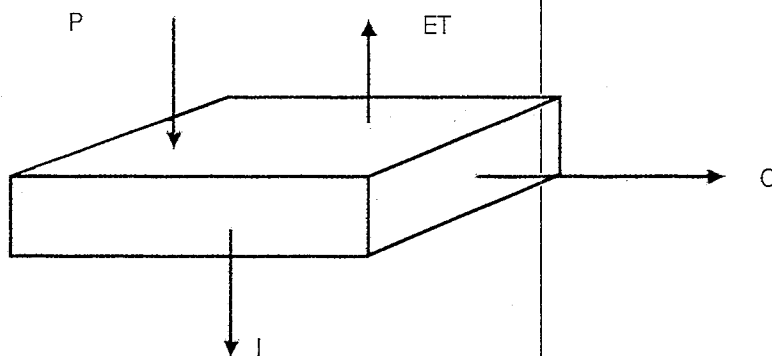


Figura 1.12. Pradera emergente de macrófitas acuáticas parte alta del humedal de La Conejera. Thomas McNish

El estudio de los volúmenes de agua que entran y salen del humedal en un período de tiempo determinado, es lo que se denomina "balance hídrico". Estos análisis permiten determinar las épocas de superávit del sistema y de estrés máximo por déficit de agua. Para el análisis del balance hídrico se debe plantear un modelo de balance (volumen de control) que defina las entradas y las salidas del agua para unas condiciones de frontera o límites. La figura 1.13 muestra el modelo de balance hídrico más comúnmente utilizado, en el cual los límites físicos del modelo, definen como entrada la precipitación (P) y como salidas la evapotranspiración (ET), la percolación o infiltración (I) y la escorrentía superficial (Q). Internamente el modelo puede variar el volumen almacenado en sus vacíos.

Figura 1.13. Esquema del modelo de balance hídrico.



Los parámetros  $I + Q$  representan el exceso de precipitación que se convertirá en recarga subterránea y escurrimiento superficial o, en su defecto, el déficit de precipitación del período correspondiente.

El exceso o déficit aparente de agua se calcula:  $P - ET =$  Exceso o Déficit aparente, para no tomar en cuenta el efecto de almacenamiento en el suelo, el cual es un volumen de agua acumulado que suple parte del déficit cuando este se presenta.

La determinación de cada uno de los parámetros del modelo, puede efectuarse por mediciones directas tomadas de los datos históricos de estaciones climatológicas existentes o indirectamente por estimación a partir de otros parámetros climatológicos conocidos (temperatura, insolación, humedad relativa, entre otras).

#### 1.4.5. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE UN HUMEDAL

La realización, durante muchos años, de obras de adecuación y de regulación en los cauces de ríos y quebradas ha dado como resultado cambios importantes en la estructura y procesos ecosistémicos tanto propios como los de ecosistemas asociados en razón de la disminución de los rangos de variación de los regímenes de flujo natural de las aguas.

La importancia de los regímenes naturales en las temporadas de inundación, radica en que el hidroperíodo es la fuerza principal en el control de la estructura y función de los ecosistemas de inundación. Aspectos como la diversidad de especies y la productividad biológica de los humedales, se explican por las temporadas de inundación, que mantienen variable espacial y temporalmente las características acuáticas y terrestres del ecosistema.

Restablecer el régimen natural de inundación es condición indispensable para la recuperación de un humedal. Sin embargo, esta labor no se limita únicamente a establecer procedimientos para incrementar niveles en un humedal desecado, ya que la carencia de pulsos de inundación, dificulta la regeneración de semillas y la consecuente sostenibilidad biótica del humedal. Por lo tanto, sin el adecuado entendimiento de las condiciones hidrológicas creadas, los intentos para la restauración ecológica fallarán.

El análisis del funcionamiento hidráulico de los humedales urbanos de Bogotá debe ser abordado de forma individual, como parte de la formulación y ejecución de los Planes de Manejo Ambiental, acorde con el análisis de las dinámicas ecosistémicas, su hidroperíodo y su funcionamiento hidráulico con el propósito de establecer el modelo más adecuado mediante el cual se pueden restaurar procesos ecológicos, tema que comenzó a ser explorado por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá con el humedal de Juan Amarillo.

El caso del humedal de Juan Amarillo y su interacción con el río del mismo nombre o Salitre, permite comprender mejor esta dinámica hídrica pues la canalización del río Juan Amarillo cambió los materiales que conformaban su lecho y riberas (concreto, piedra pegada, sustrato natural), aumentando de forma importante la velocidad del flujo, ocasionando cambios en el nivel de la lámina de agua, más rápido de lo deseado; también el curso del río fue rectificado en varias ocasiones, lo que alteró su carácter meándrico natural y lo cambió por segmentos más rectos que implicaron menores tiempos de recorrido.

Otro factor de alteración de esta dinámica río-humedal, es el relleno del que ha sido víctima el humedal Juan Amarillo en los últimos 25 años, que ha ocasionado que la diferencia de niveles entre este y el río dificulte el tiempo de retención del humedal, disminuyendo drásticamente los períodos de inundación, pasando de días a horas.

El régimen de inundación es fundamental para mantener las condiciones que permitan la existencia de un ecosistema de humedal de inundación, tal como es el humedal Juan Amarillo. Para restablecer la dinámica río-llanura de inundación en el humedal Juan Amarillo, sería necesario retirar gran cantidad de rellenos y sedimentos que mantienen al humedal por encima del río la mayor parte del año, de tal forma que sea posible obtener dinámicas de inundación y tiempos de retención como condición deseada en la restauración ecológica.

En condiciones normales, un humedal ripario o de plano aluvial actúa como un dispositivo de embalsamiento para la mitigación de inundaciones por desbordamiento de ríos o quebradas en eventos extraordinarios durante la temporada de lluvias. En dichas eventualidades los materiales sedimentados (sólidos y material orgánico) en el cauce de un humedal son arrastrados por estas crecientes, aumentando la capacidad hidráulica del humedal y, por lo tanto, el espejo de agua. Por esta razón, es necesario que un

humedal cumpla con esta condición, como también lo es que un caudal mínimo (en muchos casos agua freática) discurra a través de él. Estos flujos de agua dependen de las siguientes variables hidráulicas:

- Debe existir el tránsito de un flujo constante a régimen subcrítico, es decir, a flujo lento.
- La velocidad del flujo debe ser la adecuada para que cumpla las condiciones de un flujo subcrítico o crítico en los diferentes escenarios del régimen hidrológico. Lo que significa que los procesos biológicos se presentan, generalmente, a flujo lento y el arrastre de sedimento o autolavado se presenta a flujo rápido.
- La pendiente del cauce de un humedal cumple un papel importante y condiciona las variables anteriores, pues para pendientes suaves tenemos flujos lentos y lo contrario para pendientes altas, por consiguiente, es vital para un humedal que existan pendientes pequeñas en el tránsito del flujo pero que, además, permita la evacuación o arrastre de sedimentos.

Este tipo de humedales de plano aluvial son por lo general longevos siempre y cuando los fenómenos antrópicos negativos no incidan sobre estos, como en el caso del humedal Tibanica, el cual ha sido desconectado de su canal de irrigación y que en este momento solo percibe las aguas lluvias que caen sobre su área de incidencia y de las conexiones erradas del alcantarillado de las viviendas vecinas.

Para la recuperación o rehabilitación de un humedal es necesario y vital un análisis del ciclo hidrológico, el cual se define como: la formulación matemática de la ley de la conservación de la masa, aplicada al agua en un sistema dado; también es la cuantificación de las necesidades de humedad del suelo de un humedal; además, permite establecer la disponibilidad real de agua en un espacio y las relaciones temporales entre la oferta y la demanda hídrica. Su cálculo se lleva a cabo mediante la elaboración del balance hídrico que involucra el cómputo entre la precipitación y la evapotranspiración, conociéndose de antemano, por medio del cálculo de la capacidad de almacenamiento del suelo y la humedad que puede retener. Este balance puede ser calculado por métodos directos o indirectos, en la generalidad los balances son calculados por métodos indirectos debido a la falta de instrumentación *in situ*, sin embargo, estos métodos proporcionan una estimación acertada para el posterior análisis de oferta y demanda en un determinado humedal.

Es necesario, al momento de hacer monitoreos, tener en cuenta el porcentaje de agua que entra a un humedal por conexiones erradas. En lo posible, hacer análisis pluviométrico *in situ*, análisis de evapotranspiración, aforos de caudales de las quebradas y ríos que aportan al humedal, análisis de las aguas de escorrentía, batimetrías e instalación de miras de nivel. Con los datos arrojados de los análisis de monitoreo y balance hídrico, se puede determinar cuales son las variables a modificar, por ejemplo, si es necesario reconformar las pendientes, introducir agua de otras fuentes, crear estructuras de vertimientos, realizar mantenimientos periódicos y obras de mitigación de altas contaminaciones. Es así como la rehabilitación de un humedal específico debe estar supeditada tanto a análisis previos de modelamiento hidráulico, como de factibilidad económica y financiera.

Una de las alternativas más viables para recuperar el déficit de agua de un humedal es la conexión de este con los colectores de aguas lluvias (Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial EAAB) y en lo posible su reconexión hidráulica al canal natural, el cual le aportará, por desbordamiento, en temporada de lluvia. Una de las formas de cálculo de este caudal de desbordamiento es el siguiente (Adaptado del RAS 2000).



## 1.5. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LOS HUMEDALES<sup>5</sup>

Los suelos de los humedales no han sido estudiados con suficiente detalle desde el punto de vista edafológico y su caracterización es aún muy deficiente. En la revisión de la literatura, se puede encontrar una primera aproximación de estudios generales de suelos que se han enfocado a la clasificación y cartografía general de los suelos de la sabana de Bogotá (Cortés, 1982; IGAC, 1989) o de estudios muy generales de los suelos de Colombia (IGAC, 1995). Otro grupo de información, se ha enfocado en conocer la historia paleoecológica en el ámbito de la sabana de Bogotá y los principales eventos que influyeron en la sedimentación y evolución del relieve, como se destaca en el estudio Geológico-Geomorfológico del Neógeno-Cuaternario de la Sabana de Bogotá, Cuenca Alta del Río Bogotá (IGAC, 1989).

Estos estudios sirvieron de base para el Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Análisis y Orientaciones para el Ordenamiento Territorial, (Van der Hammen, 1998), sintetizan la historia geológica-geomorfológica de la Sabana para su recuperación ambiental, a partir de definición y análisis de la Estructura Ecológica Principal y la propuesta de alternativas de manejo. El análisis de esta información permitió reconocer la influencia histórica y ambiental de los humedales en el contexto regional de la sabana de Bogotá.

Una aproximación un poco más detallada se tiene con los estudios de la CAR, en el Plan Regional de Gestión Ambiental (1999), en los que presentan una visión regional del origen y procesos de evolución de los suelos de la cuenca alta el río Bogotá y proporciona una caracterización de los suelos hidromorfos de la Sabana a escala 1:100.000. Estos mapas fueron presentados en el documento "Los Humedales de Bogotá y la Sabana" (EAAB-CI, 2003).

De este estudio se puede deducir que los principales tipos de suelos que estarían relacionados con los humedales de Bogotá corresponden a inceptisoles, entisoles, alfisoles, vertisoles y andisoles (fig.1.14). En esta misma escala de trabajo se presenta el estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca (IGAC, 2000), se caracterizaron los suelos del paisaje de planicie fluvio lacustre del río Bogotá y se ilustra con varios esquemas y fotografías de los perfiles realizados, por lo cual se constituye en una fuente muy importante de comparación y análisis. Este tipo de estudios son importantes porque aportan elementos conceptuales sobre los suelos en general y sus características.

Un humedal está rodeado por una superficie variable de suelo que presenta fluctuaciones del nivel freático y determina un gradiente hídrico desde el borde del cuerpo del humedal con suelos hidromorfos, hasta las zonas de terreno más elevadas y bien drenadas en las terrazas altas del humedal. En este sentido el concepto de suelo de un humedal estaría limitado al suelo sujeto a la influencia directa de las fluctuaciones mínimas y máximas del nivel de aguas –suelos hidromorfos– y desde el punto de vista geomorfológico comprendería los suelos hasta los bordes o terraza alta que rodean y drenan sus aguas hacia la cubeta lacustre del humedal. Según el IGAC (2000), en los planos de inundación predominan los suelos de menor evolución (Entisoles e Inceptisoles), influenciados en algunos sectores por cenizas volcánicas. En las terrazas se observa un mayor desarrollo de la población edáfica (Inceptisoles, Andisoles y Alfisoles), allí, el material de origen de los suelos (ceniza volcánica y depósitos clásticos hidrogénicos de origen lacustre y aluvial) y el clima han dominado la génesis de los suelos.

<sup>5</sup> Para mayor información sobre las características de los suelos en humedales, revisar consultoría No. 172/04 Rivera, O.D. 2005. Centro de Documentación DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente.

### 1.5.1. FACTORES AMBIENTALES Y EDAFOGÉNESIS

Un factor de formación de suelos es un agente, una fuerza, una condición, una relación o una condición de ellos, que afecta, ha afectado o puede influir en un material original del suelo, con potencial para cambiarlo. En general, se han reconocido cinco grandes factores formadores de suelos: material original (aspectos químicos, aspectos físicos), relieve (elevación, pendiente, profundidad del nivel freático), clima (precipitación, temperatura), organismos (fauna, flora) y tiempo (Buol et al. 1990).

El análisis de la historia ambiental de la sabana de Bogotá realizados por Van der Hammen (1992, 2003), demuestra como las fluctuaciones climáticas del pasado fueron un factor significativo en la formación de los suelos actuales y del paisaje, después de la desaparición de la laguna, que ocurrió aproximadamente desde 28.000 hasta 30.000 años a. p. (antes del presente) y se desarrolló un sistema natural de drenaje que corresponde a las chucuas o humedales actuales. En este paisaje de la planicie aluvial del río Bogotá, los suelos de los humedales de Bogotá presentan una gran variación en cada humedal y a nivel regional.

En el marco regional la combinación de los factores temperatura, humedad y aireación y sus variaciones a lo largo del año, constituyen el edafoclima o clima interno del suelo. El edafoclima refleja en gran parte las condiciones del clima general, principalmente, en lo que se refiere a la temperatura y la humedad, pero depende ampliamente también de las propiedades físicas intrínsecas del suelo: permeabilidad, porosidad y textura; para un mismo clima general existen numerosos edafoclimas diferentes que a menudo reflejan los factores estacionales (Duchaufour 1987).

Con relación al clima los humedales de Bogotá del sector norte presentan una tendencia a régimen údico (más húmedo), con precipitación media anual de 1100 mm. y régimen ústico (más seco) para los humedales localizados en el corredor seco del sur y suroccidente de la ciudad, donde la precipitación es de 500-800 mm. La distribución de las lluvias corresponde a un régimen bimodal tetraestacional, es decir, con dos estaciones lluviosas, la primera de abril a mayo y la segunda estación lluviosa ocurre de octubre a noviembre. Las estaciones secas se presentan de diciembre a marzo y el verano de mitad de año julio a agosto. Esta estacionalidad climática marca en el ecosistema de humedales de Bogotá, cuatro pulsos estacionales y definen los procesos y características edáficas actuales.

Horizonte A (0-60 cm),  
epipedón melánico

Horizonte Bw (60-120 cm),  
cenizas alteradas de color  
amarillo

Horizonte C1 (120-150 cm)

Horizonte C2 (150- + cm)

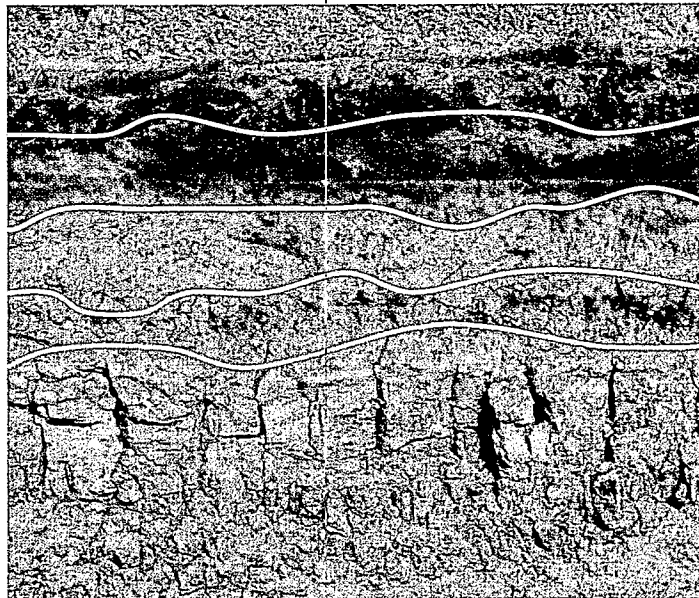


Figura 1.14. Suelos Andisólicos: dos capas oscuras revelan la alteración de cenizas volcánicas y humus. La capa intercalada de coloración amarillo verdoso de cenizas alteradas y limo se formó durante el máximo de la última glaciación (aproximadamente entre 23.000 y 18.000 años a. C.) El suelo oscuro inferior se formó antes, y el superior después de este intervalo. En el fondo se observan las arcillas grises, sedimentos de la antigua laguna de la sabana. (Fotografía y pie de foto según Van der Hammen, 2003).

### 1.5.2. EL RELIEVE E HIDROMORFIA

A pesar que aún no se cuenta con una caracterización detallada, la forma del relieve en la cubeta lacustre, la periferia o ronda de los humedales de Bogotá, tiene una gran influencia sobre el desarrollo de los suelos. Los humedales, por estar en la planicie aluvial del río Bogotá, presentan suelos sujetos a hidromorfia, poco desarrollados, que se formaron bajo condiciones de altos niveles de agua freática y fluctuaciones estacionales. Algunos humedales como el de Juan Amarillo, Jaboque, se formaron en valles de erosión, por esta razón presentan una zona litoral excavada y con diferentes niveles de terrazas, otros humedales como el de Tibanica se formaron en amplias zonas deprimidas del terreno de suave pendiente y con poca profundidad, lo que les proporciona diferentes condiciones de fluctuación del nivel freático. Sin embargo, en la historia reciente de la ciudad de Bogotá la construcción de jarillones, canales de drenaje y las actividades de relleno con escombros en los humedales, han modificado significativamente las formas de relieve original, formadas por diferentes niveles de terrazas, formas de orillares, meandros y basines.

### 1.5.3. PRINCIPALES PROCESOS DE LA EDAFOGÉNESIS

Siguiendo los lineamientos de Duchaufour (1987), en los humedales se conjugan condiciones ambientales muy particulares –en combinación con el factor tiempo– que dan origen a determinados procesos edafogénicos y confieren los caracteres al suelo de humedal. Pueden ser clasificados en cuatro grupos principales:

- **Procesos ligados a la humificación:** en los humedales de Bogotá, el clima frío y la lenta descomposición de la materia orgánica favorecen cierto nivel de acumulación, en especial, cuando la materia orgánica se desarrolla en un medio de aguas residuales pobres en oxígeno, de otra parte, se conoce que la materia orgánica y sus compuestos húmicos son rápidamente perdidos por drenaje del sistema. Estudios recientes (EAAB-Universidad Nacional, 2005) atribuyen a la materia orgánica acumulada en los humedales funciones importantes como retenedora de gran cantidad de agua lo que favorece el balance hídrico del ecosistema. En terrenos mejor drenados, la materia orgánica actúa en los procesos de transformación del suelo a partir de la formación de complejos órgano-minerales, de naturaleza variable. En coberturas de matorrales o en viejos pastizales de kikuyo, se observa un proceso de empardecimiento por lavado de la materia orgánica soluble, que empieza a transformar o alterar las arcillas del perfil del suelo.
- **Procesos condicionados por fuertes contrastes estacionales:** los humedales de Bogotá, en general, se caracterizan por presentar una fuerte estacionalidad climática, mucho más marcada en los humedales localizados en el sur y sur occidente: La Vaca, Techo, El Burro, Tibanica, entre otros. La alternancia de la estación seca a la estación lluviosa con desecación e inundación, respectivamente, influyen sobre la evolución de la materia orgánica y de la materia mineral al mismo tiempo. El proceso que se puede observar es la vertisolización, caracterizado por los movimientos vérticos, es decir, la retracción y la expansión de las arcillas, durante este proceso se forman grandes grietas en la superficie del suelo y con el tiempo se rellenan con materia orgánica, en la temporada húmeda las arcillas se expanden nuevamente y produce un efecto de homogenización del suelo. En el mapa de distribución genética de suelos de la cuenca alta del río Bogotá (CAR, 1999), este tipo de suelo es identificado como Inceptisol - vértico y Alfisol - Álfico.
- **Procesos por alteración geoquímica:** en este proceso se alteran, principalmente, los minerales primarios como la sílice y de bases. Es independiente de la materia orgánica superficial. Al liberarse los óxidos de hierro, abundantes y bien cristalizados, proporcionan una coloración ocre al perfil, principalmente mediante el proceso de ferruginación, en el que predominan arcillas neoformadas de tipo caolinita. Los estudios paleoecológicos y paleolimnológicos, revelan que el altiplano de la

sabana de Bogotá recibió durante diferentes épocas del pasado, grandes aportes de ceniza volcánica transportada por los vientos desde la cordillera central. Estas cenizas volcánicas, ricas en alófanos, un silicato de aluminio mal cristalizado y de productos amorfos (gel de Si, Al), con el que se unen las materias orgánicas, además, del clima frío, favorecieron la formación de los Andisoles, que se desarrollan en las terrazas altas con suelos ándicos y andisoles hidromorfos en zonas planas inundables cubiertas con suelos derivados de cenizas volcánicas.

• **Procesos por condiciones físico-químicas de la estación:** un carácter distintivo de los suelos de humedales es la presencia de un horizonte que denota la condición de saturación de la porosidad del suelo, bien sea de tipo permanente o intermitente. En el perfil del suelo se puede observar una capa más o menos continua de material arcilloso gris (horizonte gley), generado en etapas de encharcamiento con pobre o nula aireación del suelo; o con alternancia de gránulos grises y rojizos, cuando se trata de suelos con fluctuaciones en el nivel freático, que se forman al oxidarse el suelo en períodos de desecamiento. En el sentido de Duchaufour (1987), los suelos hidromorfos se caracterizan por presentar fenómenos de reducción o de segregación local del hierro, debidos a su saturación temporal o permanente por el agua, que provoca un déficit de oxígeno. Los más evolucionados y los más diferenciados son los más ácidos, facilitando esta acidez la reducción del hierro (manchas de herrumbre).

La estacionalidad del clima en la sabana de Bogotá hace que de forma cíclica durante el año los suelos de los humedales estén expuestos a fluctuaciones de condiciones de oxidación a las de reducción. De acuerdo con Buol (1990), la oxidación es una reacción geoquímica importante en la que por transferencia de electrones el ión ferroso ( $Fe^{2+}$ ) pasa a férrico ( $Fe^{3+}$ ). La oxidación del hierro es un proceso de intemperización desintegrante en los minerales que contienen el ión ferroso como parte de su estructura. El cambio de tamaño y la carga de este elemento, al convertirse a la forma férrica, hacen que la estructura mineral se rompa. El hierro liberado por esta desintegración de minerales primarios se une con hidroxilo (OH) u oxígeno para formar minerales de hierro. Así mismo, el manganeso se desprende "libre" mediante la oxidación de los minerales primarios. Al aumentar la acidez, el hierro ferroso se va haciendo cada vez más estable en las condiciones más oxidantes.

Durante la estación lluviosa, el nivel freático sube, el suelo está saturado de agua y el ambiente geoquímico adquiere condiciones reductoras. El oxígeno es escaso y aumenta a la vez la demanda biológica de este elemento. Ocurre entonces el efecto contrario: la reducción del hierro a la forma ferrosa. Las fluctuaciones del agua freática ascendente o descendente hacen que el ecosistema pueda perder hierro. Según el autor en mención, si el hierro ferroso permanece en el ecosistema, reacciona para formar sulfuros y compuestos relacionados, que da coloración verde y azul verdoso a los sedimentos. Si el hierro permanece como óxido ferroso hidratado (lepidocrocito) en el material del suelo, proporciona un moteado amarillo y anaranjado característico. (Fig. 1.15)

#### 1.5.4. PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS EN EL GRADIENTE HÍDRICO DE HUMEDAL

Para hacer una interpretación general de los suelos de humedal, se realizó un corte idealizado de una secuencia topográfica del gradiente hídrico en la que se representa la franja litoral o zona de ronda del humedal. Se identificaron tres grandes zonas (Figura 1.16):

- **Suelos de la zona baja:** cubiertos permanentemente de agua, predomina el suelo aluvial hidromorfo con Entisoles e Inceptisoles poco diferenciados.
- **Suelos de la zona media:** con fuerte fluctuación estacional del nivel freático, expuesta a períodos de inundación estacional y períodos de sequía, suelos Entisoles e Inceptisoles vérticos y Vertisoles.

- Suelos de la zona alta: bien drenados, suelos tipo Alfisoles y Andisoles-ándicos.

Con base en la fluctuación del nivel freático, la posición topográfica, la influencia de depósitos de espesor variable de ceniza volcánica de diferente grado de evolución y el clima local, se pueden reconocer preliminarmente seis grandes órdenes de suelos en los humedales de Bogotá, representados por los Histosoles, Entisoles, Inceptisoles, Andisoles-ándicos, Alfisoles y Vertisoles.

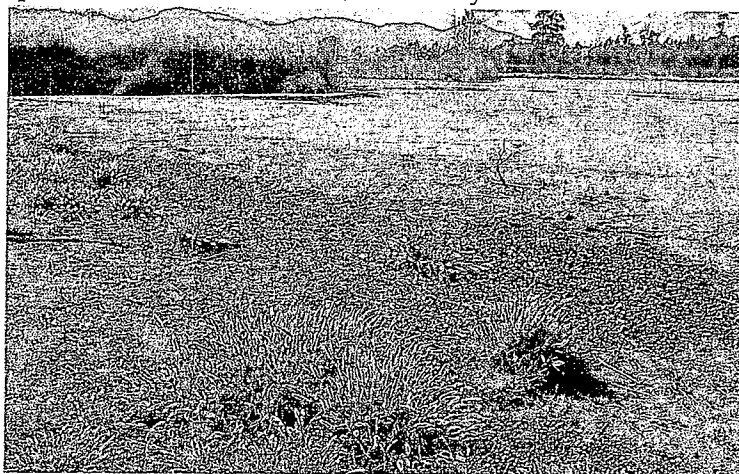
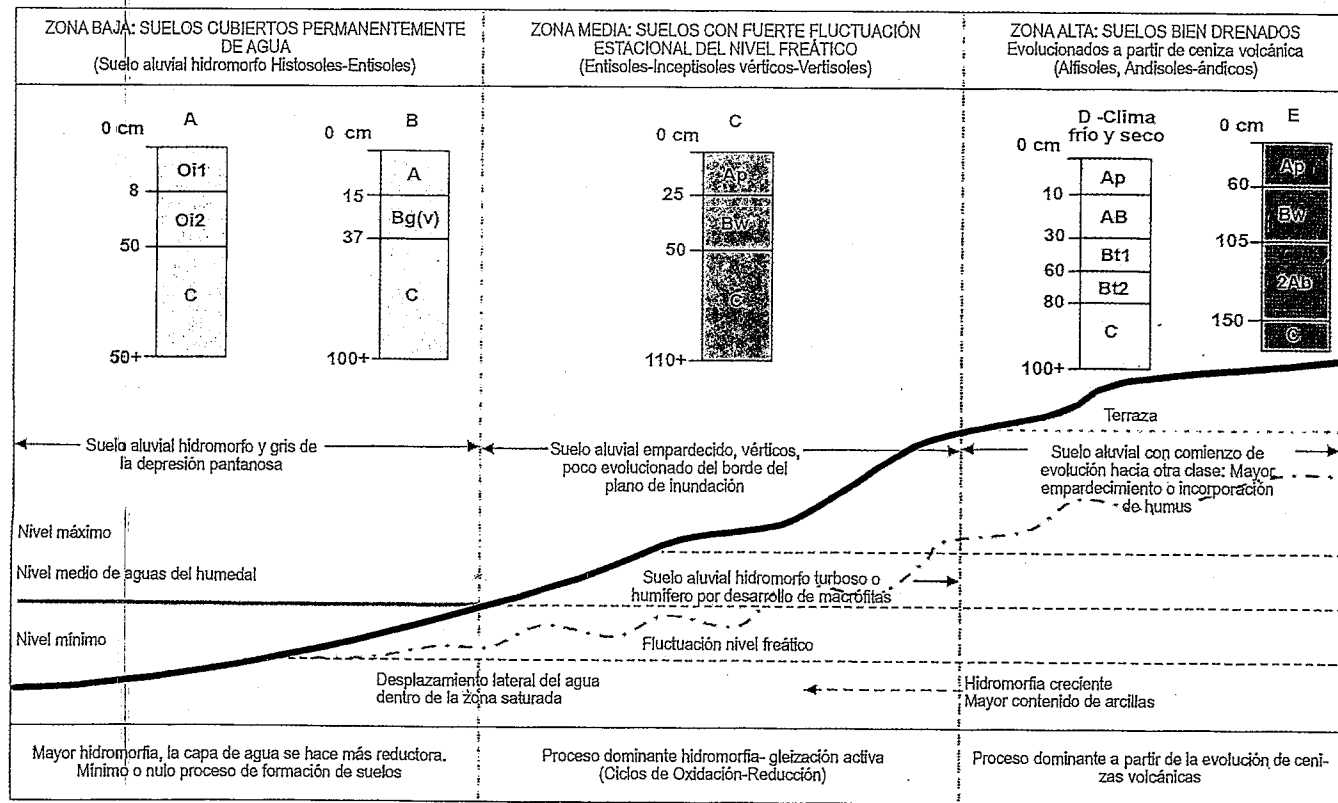


Figura 1.15. Suelo libre de agua superficial durante la estación seca o de verano en el humedal Tibanica. El suelo se expone a una fuerte desecación (oxidación), otra parte del suelo permanece bajo condiciones reductoras. David Rivera.

Las características y su descripción se realizan con base en el estudio general de suelos y zonificación de tierras realizado por el IGAC (2000), entre otras fuentes.

Figura 1.16. Esquema conceptual idealizado del gradiente hídrico de un humedal. Muestra la fluctuación del nivel de aguas y tipos de suelos. A) Histosoles, B) Entisoles, C) Inceptisoles vérticos y Vertisoles, D) Alfisoles, E) Andisoles ándicos. (David Rivera).



## 1.6. COMPONENTE BIÓTICO



Figura 1.17. Flóculos o masas flotantes de algas cianofíceas filamentosas, *Oscillatoria sp.*, indicadora de eutrofización y bajos niveles de oxigenación. David Rivera.

### 1.6.1. FITOPLANCTON

Constituido por una amplia variedad de organismos protistas unicelulares, coloniales o filamentosos, con tamaños entre 5 y 100  $\mu\text{m}$ , pertenecientes a las diferentes clases de microalgas. Debe tenerse en cuenta que el desarrollo de poblaciones verdaderamente planctónicas en los humedales se halla limitado por la existencia o no de sectores con una columna de agua de profundidad y con penetración de la luz suficientes para llevar a cabo todo su ciclo de vida suspendidos en el agua. Son abundantes las diatomeas, cianofíceas (fig. 1.17) y euglenofíceas, entre otras.

En la mayor parte de los casos los organismos que se colectan con muestreos "planctónicos" en los humedales corresponden a individuos resuspendidos desde el bentos o desprendidos de los sustratos por la turbulencia desde el perifiton. Por otra parte, la presencia de macrófitas flotantes en forma de tapetes flotantes densos, puede ejercer una limitación por ensombrecimiento.



Figura 1.18. Hojas sumergidas cubiertas por microalgas del perifiton, como las diatomeas. David Rivera.

### 1.6.2. PERIFITON

Conformado por un conjunto de microalgas y macroalgas que se desarrollan sobre materiales sumergidos, especialmente, sobre la porción sumergida de las macrófitas. Variables ambientales de radiación, temperatura, precipitación, la disponibilidad de nutrientes, la profundidad y la fluctuación de los caudales, son determinantes de su diversidad. Uno de los grupos más diversos del perifiton son las diatomeas. ( Fig. 1.18).

### 1.6.3. VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SEMIACUÁTICA

Constituyen el elemento estructural más notable del paisaje de los humedales, presentan diversas adaptaciones a las condiciones de saturación de humedad del suelo y a los diferentes grados de inundación, lo cual define los biotipos generales:

- Según la posición, dentro de la columna de agua se diferencian: las plantas sumergidas que se desarrollan en su totalidad debajo de la superficie del agua, y las plantas emergentes que tienen la totalidad o parte de sus hojas y vástagos por encima de la superficie del agua.
- De acuerdo con la fijación de los sistemas de raíces se pueden diferenciar las plantas libres y las plantas enraizadas.

La combinación de estos dos criterios, produce el sistema de diversidad de biotipos que se esquematizan en la Tabla 1.2

Tabla 1.2. Biotipos de vegetación acuática y semiacuática.

Biotipos	Enraizadas	Libres
Sumergidas	Hyphydata (Ej: <i>Potamogeton</i> , <i>Egeria</i> )	Mesopleustophytas (Ej: <i>Utricularia</i> , <i>Wolffia</i> )
Emergentes	Helophytas (Ej: <i>Juncus</i> , <i>Typha</i> , <i>Bidens</i> , <i>Polygonum</i> , <i>Rumex</i> )	Acropleustophytas (Ej: <i>Limnobium</i> , <i>Azolla</i> )

### 1.6.4. ZOOPLANCTON

Este grupo de organismos microscópicos está formado por microcrustáceos, rotíferos y protozoos, es parte fundamental de la cadena alimenticia de los humedales. Estudios detallados en el humedal de Jaboque (EAAB-Universidad Nacional, 2005), registraron un total de 93 taxones de zooplancton. Los rotíferos representaron el mayor número de especies y morfoespecies (62 taxones) distribuidos en 15 familias, de las cuales las más diversas fueron Notommatidae y Lecanidae (14 y 13 taxones). Le sigue en orden de importancia los cladóceros (17 taxones), con Chydoridae y Daphnidae como las familias más representativas (10 y 4 taxones). El grupo con la menor riqueza fue el de los copépodos (12 taxones).

### 1.6.5. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Son animales entre 200  $\mu$ m y 10 mm y que comprenden una gran variedad de grupos de invertebrados que abarcan desde microcrustáceos, anélidos, formas inmaduras de insectos, gusanos planos (platelmintos), gusanos redondos (nemátodos) y moluscos.

### 1.6.6. VEGETACIÓN TERRESTRE

Como consecuencia de la profunda transformación que han tenido por décadas los humedales de Bogotá, la cobertura vegetal presente en las rondas y las Zonas de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA) de dichos ecosistemas, ha desaparecido casi por completo. En su mayoría solo quedan rezagos de vegetación exótica la cual fue introducida en aras de alindar las tierras y secar el cuerpo de agua. Se sembraron especies como eucaliptos (*Eucalyptus* spp), acacias (*Acacia* spp), cipreses (*Cupressus lusitanica*), urapanes (*Fraxinus chinensis*), principalmente, sauces (*Salix humboldtiana*), saucos (*Sambucus peruviana*) sin ser representantes del bosque original, y solo algunas especies nativas como aliso (*Alnus acuminata*).

Es importante resaltar dos comunidades boscosas que se encuentran en cercanías del humedal de La Conejera, la primera, conocida como "La Maleza de Suba" dominada por paloblanco (*Ilex*)-raque (*Vallea*) arrayán (*Myrcianthes*) y la segunda, localizada en el Cerro La Conejera, constituida por matorrales secundarios con presencia de algunos encenillos (*Weinmannia tomentosa*) (CIC, 2001).

### 1.6.7. COMPONENTES PROPIOS, PERIFÉRICOS Y EXTERNOS DE LA FAUNA

Los humedales son ecosistemas altamente dinámicos, con frecuencia presentan cambios estacionales muy marcados debido a las variaciones de los niveles de las aguas, que a su vez reflejan cambios en la intensidad de las lluvias en sus cuencas a lo largo del año. Estas fluctuaciones por su parte producen cambios estacionales en el grado de saturación de los suelos y en la vegetación de por lo menos la periferia del humedal. Los animales que viven en estos ambientes requieren de una serie de adaptaciones de su fisiología y comportamiento, distintas a las de las especies terrestres. Por esto, la diversidad taxonómica de la fauna que habita los humedales suele ser baja en relación a la de los ecosistemas terrestres, pero muchos grupos son más o menos específicos de estos ecosistemas.

Sin embargo, desde el punto de vista de la fauna la distinción entre "acuático" y "terrestre" no es tan clara como en el caso de la vegetación. Si bien hay especies que siempre están asociadas con la fase acuática del humedal y otros con los ecosistemas terrestres aledaños, también hay mucha que vive en ambos ecosistemas. Artrópodos y algunos anfibios tienen fases larvales acuáticas y fases adultas que viven fuera del agua y hasta fuera de los humedales mismos, por lo menos en parte.

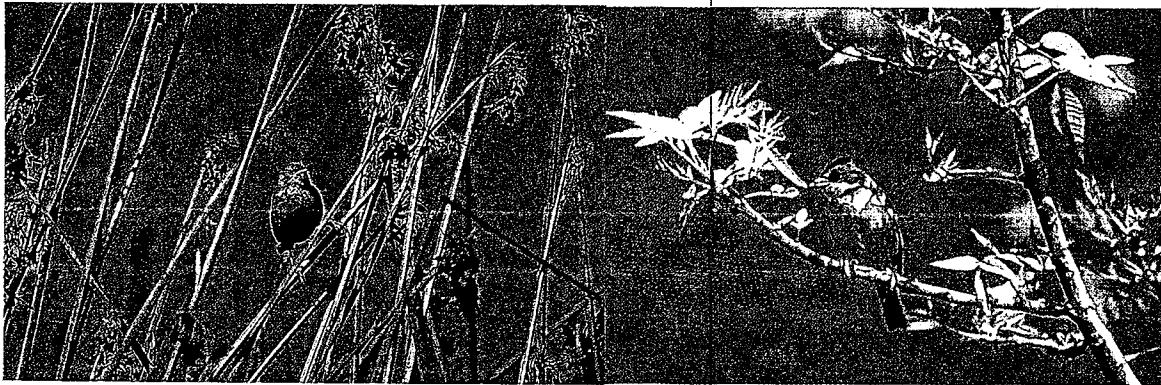


Figura 1.19 - 1.20 Chirriador, *Cistothorus apolinari* (Izquierda), es una especie endémica altamente amenazada, propia de los humedales de Bogotá, cuya conservación es de alta prioridad. El Juncal como hábitat determina la presencia de esta especie que lo necesita para forrajeo, anidación y refugio. Copetón, *Zonotrichia capensis* (derecha), especie periférica que vive tanto afuera como adentro de los humedales y no presenta problemas de conservación. Thomas McNish

En otros grupos como los reptiles y los mamíferos, las especies que se encuentran en los humedales a menudo no están restringidas a estos; en muchos casos, estos representan un componente relativamente pequeño del espectro de hábitat que ocupan.

Entre las aves hay familias como las garzas que universalmente se consideran como "acuáticas" aunque incluyen especies, como la garza del ganado (*Bubulcus ibis*) que busca su comida en ecosistemas terrestres y familias consideradas "terrestres" (como los cucaracheros) con especies restringidas a los humedales. Por esto, es mejor clasificar la fauna en términos del grado de dependencia de los recursos del humedal y no en grupos "acuáticos" y "terrestres" como tal.

- Especies propias

En primer lugar, hay un grupo de especies que se pueden considerar propias de los humedales: dependen absolutamente de los recursos que el humedal les provee y son residentes en los humedales durante parte o todo su ciclo de vida, como el Chirriador (Figura 1.19).



- **Especies periféricas**

En segundo lugar, hay un grupo de especies periféricas que viven en los ecosistemas aledaños y con frecuencia se encuentran en los bordes (rondas) de los humedales, pero, generalmente, no son frecuentes adentro de ellos y no muestran una dependencia tan estrecha de los recursos de los humedales mismos, como el Copetón (Figura 1.20).

- **Especies externas**

Hay un grupo menos definido de especies externas que en contadas ocasiones han sido registradas dentro o en proximidades de algún humedal, pero más bien por casualidad: no son propias ni de los humedales ni de los ecosistemas que los rodean.

El pato zambullidor y la tingua pico rojo son especies propias residentes de amplias distribuciones y sin problemas de conservación; la tingua azul es una especie migratoria dentro del país que aprovecha los humedales de Bogotá durante su paso por la cordillera. (Fig. 1.21-1.23)

Los humedales del altiplano cundiboyacense ilustran muy bien estas características, con el ingrediente adicional de una alta proporción de taxones endémicos debido a su aislamiento de otros sistemas de humedales altoandinos.

Las aguas de los humedales soportan un conjunto diverso de invertebrados propios, desde protozoarios hasta moluscos, crustáceos e insectos acuáticos (estos últimos incluyen las larvas o ninfas de especies que viven fuera del agua como adultos,

por ejemplo, libélulas, efemenópteros, quironómidos y otros). Los hábitos alimenticios de este conjunto son también variados: hay consumidores de detritus y materia en descomposición, herbívoros de varios tipos desde protozoarios hasta caracoles e insectos grandes y depredadores desde niveles microscópicos como protozoarios y celenterados, hasta carnívoros de mayor tamaño, incluyendo las larvas o ninfas de insectos grandes como algunos hemípteros y libélulas.

Los humedales también tienen una fauna propia de vertebrados diversa y en buena medida distinta de la fauna de las áreas terrestres circundantes (Calvachi, 2003). Entre los grupos propios hay muchas especies ligadas directamente al agua misma durante todo su ciclo de vida o parte de ella por ejemplo, anfibios (Lynch y Rengifo, 2001), además de especies de grupos que se reproducen fuera del agua pero obtienen sus recursos alimenticios de la vida acuática (animal o vegetal) propiamente dicha. Entre estos grupos se incluyen varios reptiles, principalmente, depredadores (serpientes), aves y mamíferos de dietas variadas.

Las aves acuáticas propias de los humedales incluyen especies que nadan y bucean como los zambullidores (Podicipedidae), y patos (Anatidae), los que caminan en agua panda o sobre la vegetación



Figura 1.21. Pato zambullidor piquipinto, *Podilymbus podiceps*. Thomas McNish

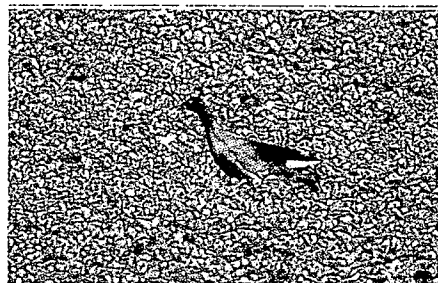


Figura 1.22. Tingua de pico rojo, *Gallinula chloropus*. Residente permanente de los humedales. Thomas McNish

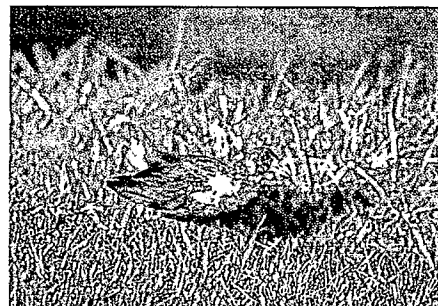


Figura 1.23. Tingua azul o gallareta morada *Porphyrio martinica*. visitante ocasional. Thomas McNish

acuática como varios chorlos (Scolopacidae), tinguas (Rallidae) y garzas (Ardeidae) y las que se lanzan desde el aire para atrapar presas en el agua como ocurre con el martín pescador (Alcedinidae), charranes (Laridae) y el águila pescadora (Pandionidae). También hay especies de grupos terrestres que muestran un alto grado de especialización para vivir en los humedales, como la monjita (*Agelaius icterocephalus*, Icteridae) y el chirriador (*Cistothorus apolinari*, Troglodytidae) y algunas especies de mosqueros o atrapamoscas (Tyrannidae).

Algunas especies de aves anidan en los humedales, pero buscan su alimento, principalmente, fuera de ellos como la garza del ganado, mientras otras anidan o se reproducen en otros hábitat y vienen a los humedales en busca de comida, como ciertos patos y gavilanes (Accipitridae). Muchas especies de aves acuáticas anidan en las zonas templadas y subpolares de los hemisferios norte y sur (con frecuencia en hábitat terrestres como estepas o tundra), luego vienen a los humedales y costas tropicales para pasar las épocas de invierno de las latitudes altas. Durante varios meses estas aves migratorias, como los chorlos o correlimos en Bogotá, son especies propias de los humedales (Hilty y Brown, 1986; Naranjo, 1998; ABO, 2000).

En áreas tropicales con cambios estacionales fuertes de pluviosidad y como consecuencia, en los niveles de las aguas, las aves acuáticas locales también pueden realizar movimientos de diferentes magnitudes entre humedales; tal parece ser el caso de la tinguia azul (*Porphyryla martinica*) (Figura 1.23), que llega a la sabana de Bogotá entre diciembre y marzo y otra vez a mediados del año (ABO, 2000). Otras aves como los chamones (*Molothrus bonariensis*, Icteridae) usan la vegetación de los humedales como dormitorio porque es más segura (hay menos depredadores acuáticos que terrestres).

Muchas especies de animales terrestres viven en los alrededores de los humedales, pero no dependen de los recursos de ellos o lo hacen sólo en forma parcial. Entre estas especies periféricas están varios insectos, arañas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Calvachi, 2003) (Fig. 1.24). Varios de ellos encuentran buenos recursos alimenticios en los humedales aunque pueden perfectamente forrajear afuera de ellos: entre muchos ejemplos se pueden citar los insectos que visitan y polinizan las flores de plantas acuáticas y las aves y murciélagos que ocupan las rondas y visitan o sobrevuelan los humedales con mayor o menor frecuencia para cazar insectos, las lagartijas y mamíferos como las comadrejas que viven indiferentemente adentro o afuera de los humedales.

Así por ejemplo, en el humedal Jaboque, estudios recientes de la EAAB-Universidad Nacional (2005) registraron 74 especies de aves pertenecientes a 20 familias; 31 de las especies constituyen nuevos registros para el humedal (la gran mayoría siendo apenas visitantes ocasionales). En cuanto a artrópodos, se han identificado 212 especies, distribuidas en 48 familias y 7 órdenes de los cuales los más abundantes son dípteros e himenópteros.



Figura 1.24. Rana verde del humedal, *Hyla labialis*, una especie no restringida a los humedales, vive ampliamente en los Andes; la subespecie es endémica del altiplano cundiboyacense. Thomas McNish.

Varios de ellos encuentran buenos recursos alimenticios en los humedales aunque pueden perfectamente forrajear afuera de ellos: entre muchos ejemplos se pueden citar los insectos que visitan y polinizan las flores de plantas acuáticas y las aves y murciélagos que ocupan las rondas y sobrevuelan los humedales con mayor o menor frecuencia para cazar insectos, las lagartijas y mamíferos como las comadrejas que viven indiferentemente adentro o afuera de los humedales.

En cualquier inventario de la fauna, un humedal es importante distinguir las especies periféricas de las especies propias del humedal. La degradación o eliminación del humedal tendría un efecto más drástico sobre las especies propias que sobre las periféricas y puede llevarlas a la extinción local o hasta global. De hecho, la única especie de ave colombiana que se ha extinguido del todo, en tiempos históricos, fue una especie propia y endémica de los humedales del altiplano cundiboyacense: el cira o zambullidor andino *Podiceps andinus* (Podicepedidae). Además, se han extinguido tres subespecies de aves colombianas propias de los humedales del altiplano (el pato castaño *Anas cyanoptera borroroi*, el pato pico de oro *A. georgica niceforoi* (Anatidae) y el mosquerito tachurí *Polystictus pectoralis bogotensis* (Tyrannidae). En cuanto a invertebrados, es difícil ser muy específico porque en la mayoría de los grupos, el conocimiento taxonómico es demasiado rudimentario para permitir la identificación de especies. (Ver anexo 5)

Varias especies y subespecies endémicas y propias de estos humedales están en peligro de extinción, mientras que no hay especies periféricas amenazadas aunque la subespecie de alondra, *Eremophila alpestris peregrina* (Alaudidae), probablemente era un habitante regular de las zonas abiertas, inundadas en forma intermitente, de los bordes de los humedales, especialmente, en el sur de la sabana. En los otros grupos de vertebrados, pocas especies son propias de estos humedales y relativamente pocas de ellas están amenazadas, siendo tal vez el curí (*Cavia anolaimae*) (Figura 1.26) la más vulnerable. En cuanto a invertebrados, es difícil ser muy específico porque en la mayoría de los grupos, el conocimiento taxonómico es muy escaso para permitir la identificación de especies.

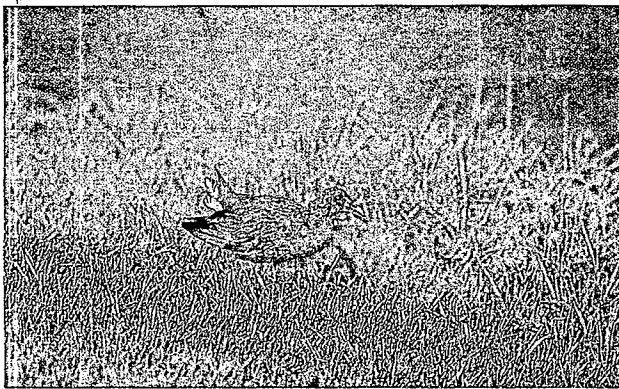


Figura 1.25. Tingua moteada o de pico verde, *Gallinula melanotos bogotensis*, subespecie endémica y en otras épocas el ave acuática más abundante en los humedales de la Sabana, actualmente con poblaciones muy reducidas. Thomas McNish.



Figura 1.26. Curí, *Cavia anolaimae*, especie propia de los humedales y posiblemente amenazada. Thomas McNish.

## 1.7. PROCESOS ECOLÓGICOS EN LOS HUMEDALES

### 1.7.1. PRODUCCIÓN PRIMARIA

Los agentes que realizan el proceso fotosintético en los humedales se pueden diferenciar de acuerdo con la forma de vida característica:

- **Fitoplancton:** el aporte de este componente a la producción primaria del humedal suele ser moderado debido a las condiciones limitativas de un ambiente pobremente iluminado.
- **Perifiton:** su producción puede llegar a ser elevada aunque su masa total sea baja pues tienen un tiempo de renovación muy rápido. Es un componente ecológico de gran importancia dentro de la estructura trófica del humedal, pues constituye la base de la oferta de alimento para las comunidades de macro invertebrados acuáticos.
- **Macrófitas:** son las mayores aportantes en la producción y acumulación de materia orgánica; algunas especies como la enea (*Typha spp*), la lenteja de agua (*Lemna spp*) y el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) se cuentan entre las plantas con más elevada producción primaria de toda la biosfera.

Dependiendo del aporte y disponibilidad de nutrientes que se relacionan estrechamente con la producción primaria, los humedales se pueden clasificar en dos categorías tróficas básicas ver Tabla 1.3. Cuando estas características se manifiestan en sus extremos se pueden denominar, respectivamente, como humedales ultraoligotróficos e hipereutróficos; esta última condición se desarrolla usualmente en los humedales sometidos a deterioro por aportes de contaminación orgánica provenientes de aguas residuales domésticas o industriales.

### 1.7.2. DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

Dentro de la funcionalidad natural del ecosistema de humedal, que recibe flujos considerables desde el exterior y por su morfometría tiende a retener más que a exportar, está el constituir sumideros de materiales orgánicos e inorgánicos transportados por las corrientes afluentes, que tienden a depositarse en los sedimentos y, por otro lado, la acumulación de materia orgánica producida localmente dada la elevada producción neta que genera excedentes de biomasa vegetal no consumida directamente por herbivorismo y que se convierte en detritos acumulados en masas de turba, que pueden llegar a tener varios metros de espesor sobre el fondo del humedal.

Tabla 1.3. Clase trófica de los humedales.

Característica	Humedal oligotrófico	Humedal eutrófico
Importación de nutrientes	Por precipitación	Por afluencia superficial y subterránea
Ciclado de nutrientes	Flujos cerrados, se presentan adaptaciones a la escasez de nutrientes: carnivoría en plantas y reubicación interna de nutrientes	Flujos abiertos, sin adaptaciones a escasez de nutrientes
Fuente y depósito de nutrientes	Ninguno de los dos	Ambos
Exportación de detritos	No	Usualmente
Producción primaria	Baja	Elevada
Localización	Humedales de alta montaña	Humedales de plano aluvial

### 1.7.3. EUTROFIZACIÓN

Como consecuencia del tipo de metabolismo y del balance de entradas y salidas de materia del humedal, hay una propensión a tener niveles elevados de nutrientes aportados desde la zona ribereña, desde los afluentes y desde los sedimentos poco oxigenados, con lo cual es común encontrar estados de trofismo (eutrofia, hipereutrofia) elevados de acuerdo a indicadores como el fósforo total; cuando se dan situaciones de oligotrofia, esta es ocasionada por otros limitantes como bajas temperaturas, condiciones de acidez extrema o presencia de sustancias inhibidoras de la actividad descomponedora de los microorganismos, con lo cual la mineralización de los nutrientes y su disolución se hace lenta y, por tanto, baja su disponibilidad efectiva para la producción.

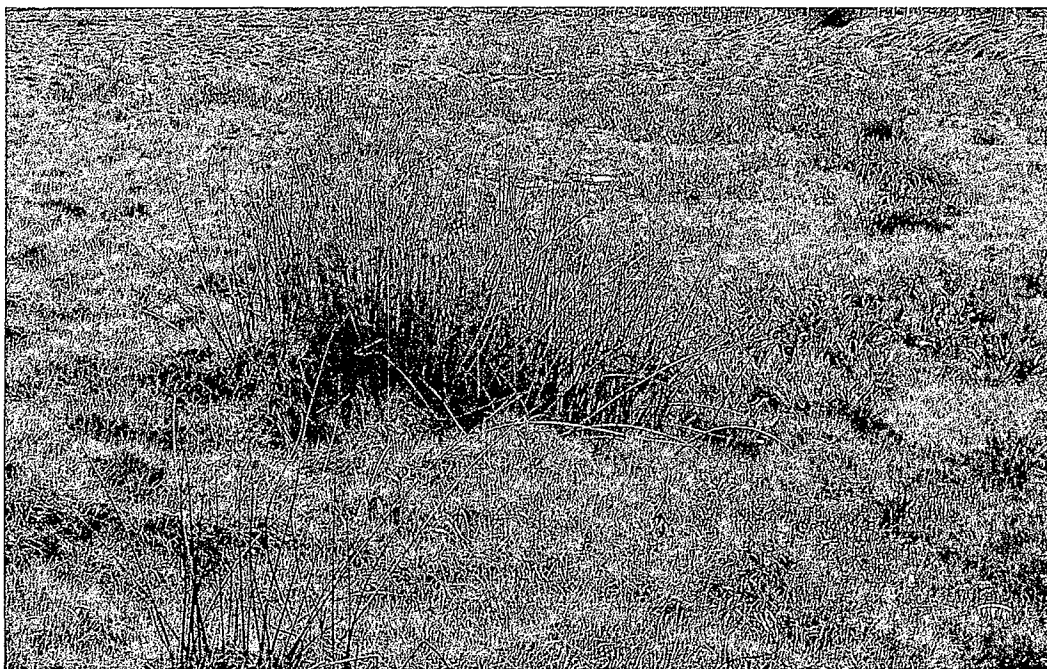


Figura 1.27. Terrización acompañada con invasión de pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*, en el humedal El Burro. Thomas McNish

### 1.7.4. COLMATACIÓN Y TERRIZACIÓN

El proceso de colmatación natural del cuerpo acuático de un humedal por acumulación de materiales y la siguiente invasión de pasto kikuyo (Figura 1.27) se ha considerado como un proceso irreversible de sucesión hacia un ecosistema terrestre (concepción clásica de la sucesión ecológica).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la condición de hidromorfismo de los suelos es un fuerte determinante funcional, que no permite una verdadera transición a un ecosistema terrestre. Además, la escala espacio temporal a la cual ocurre la colmatación natural con fluctuaciones climáticas de gran amplitud, permite una amplia gama de trayectorias, que en general no conducen a la desaparición definitiva del humedal, sino más bien a su reconfiguración y desplazamiento de acuerdo con los procesos geomorfológicos de dinámica fluvial, erosión, sedimentación y subsidencia (Mitsch y Gosselink, 1993; Middleton, 1999). Las actividades antrópicas son entonces las responsables, por lo general, del acelerado colapso de muchos humedales en tiempo histórico reciente.

La colmatación sólo se presenta de manera definitiva cuando existe una acumulación de sedimentos minerales transportados por corrientes y además, un cambio hidrológico que profundice el nivel freático del suelo.

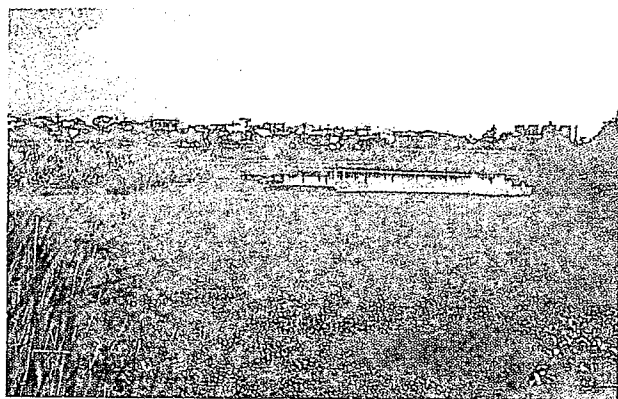


Figura 1.28. Vegetación flotante de reciente formación por apertura de espejos de agua, humedal Santa María del Lago.



Figura 1.29. Zona litoral del humedal La Conejera, con heterogeneidad ambiental y diversidad de vegetación. Thomas McNish

## 1.8. DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SEMIACUÁTICA

La organización de la vegetación acuática y semiacuática depende en gran medida de factores históricos que determinan su estado futuro, dependiendo de la oferta de propágulos y semillas, y de la capacidad de desarrollo y adaptabilidad en un sitio determinado.

### 1.8.1. BANCOS DE SEMILLAS Y PROPÁGULOS

Tanto la composición del banco de semillas como la probabilidad de germinación están fuertemente afectadas por factores externos con variación espacio temporal, entre los cuales el de mayor incidencia es el grado de humedad o inundación del suelo en los períodos críticos del reclutamiento de propágulos, germinación y crecimiento temprano de plántulas. Los eventos subsiguientes de desarrollo pueden modificar la composición final de la vegetación independientemente de la composición original del banco. En todo caso, la interacción de factores autogénicos (internos) y alogénicos (externos) produce los cambios de la vegetación en secuencias que nunca llevan a una fase final terrestre.

### 1.8.2. ATRIBUTOS FUNCIONALES

Los humedales presentan simultáneamente atributos de madurez e inmadurez ecosistémica: altas tasas de producción respecto a la respiración, como en ecosistemas inmaduros y la acumulación de materia orgánica de detritus sobre el suelo (turba orgánica), como en ecosistemas maduros. La descomposición se lleva a cabo muy lentamente por las condiciones de anegamiento y falta de aireación; estas acumulaciones pueden superar 10 o 20 veces los valores de la biomasa verde.

Los ciclos de nutrientes son muy variables: en los humedales riparios la renovación de las aguas y los nutrientes es muy rápida; por el contrario, en las turberas cerradas la única entrada de agua es a través de la precipitación y los ciclos son prácticamente cerrados.



Los humedales presentan una compleja heterogeneidad espacial. Esta se ha considerado característica de los ecosistemas maduros y suele atribuirse a mecanismos de autoorganización, sin embargo, en los humedales la causa de su elevada heterogeneidad espacial no es autógena, sino que se halla controlada por factores externos (principalmente la hidrología) y condicionada a escalas muy locales por la micro topografía y la batimetría.

Al efectuar un análisis para el conjunto de los trece humedales del Distrito se observa que existe una gran división en cuanto a su composición y estructura. En primer lugar, con rondas muy ricas en especies como el humedal de Córdoba y Conejera. En segundo lugar, con rondas en proceso de desarrollo como la de Santa María del Lago con plantaciones protectoras que aplican criterios de recuperación ecológica; sin embargo, debido a que las plantaciones son relativamente recientes, la vegetación no ha podido alcanzar la altura esperada, para brindar mayor diversidad de hábitat para la fauna residente y migratoria propia de este ecosistema; en este segundo grupo podemos ubicar a humedales como Torca y Guaymaral que respondiendo a su historia de transformación, ubicación espacial y tensionantes socioculturales de su entorno, no se han visto tan afectados.

En tercer lugar, se encuentran aquellos humedales en los cuales se presentan rondas y ZMPA cuya cobertura vegetal está conformada, principalmente, por especies exóticas como Juan Amarillo, Jaboque, El Burro, Tibanica y Meandro del Say. Por último, aparecen los humedales de Techo y La Vaca que son los más degradados. En ellos los objetivos de recuperación deben ir encaminados de forma diferencial con respecto a los demás humedales.

Por otra parte, se suele confundir la estructura espacial de zonas más o menos concéntricas, en los litorales de los humedales con fases sucesionales.

La estructura de franjas muy diferenciadas es debida más bien al fuerte gradiente ambiental, frente al cual se organizan espacialmente las especies con tolerancias similares y el cambio en la secuencia vegetal es debido a variaciones periódicas en los factores abióticos, especialmente, los regímenes de variación cíclica del nivel del agua. (Fig. 1.28-1.29)

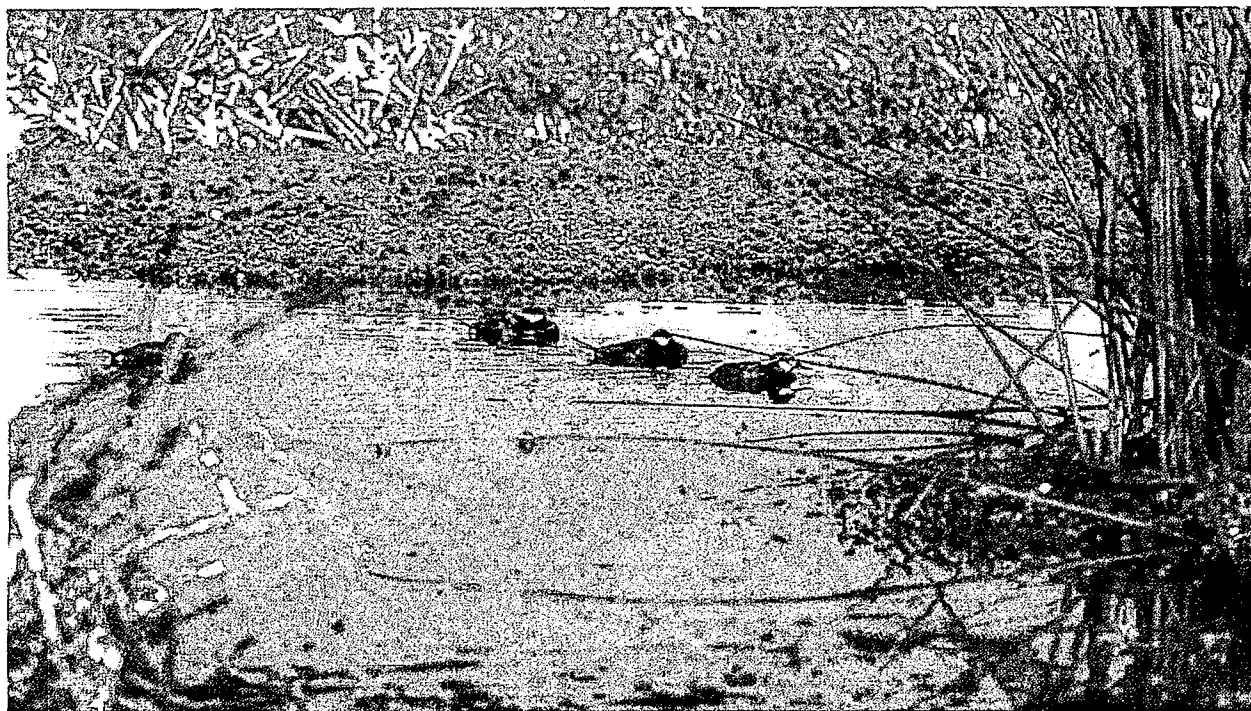


Figura 1.30. La madurez en un ecosistema de humedal permite la heterogeneidad espacial y la coexistencia de muchas formas de vida. Detalle del Pato turrio o pato pico azul, *Oxyura jamaicensis*. Humedal La Conejera. Foto: Thomas McNish.

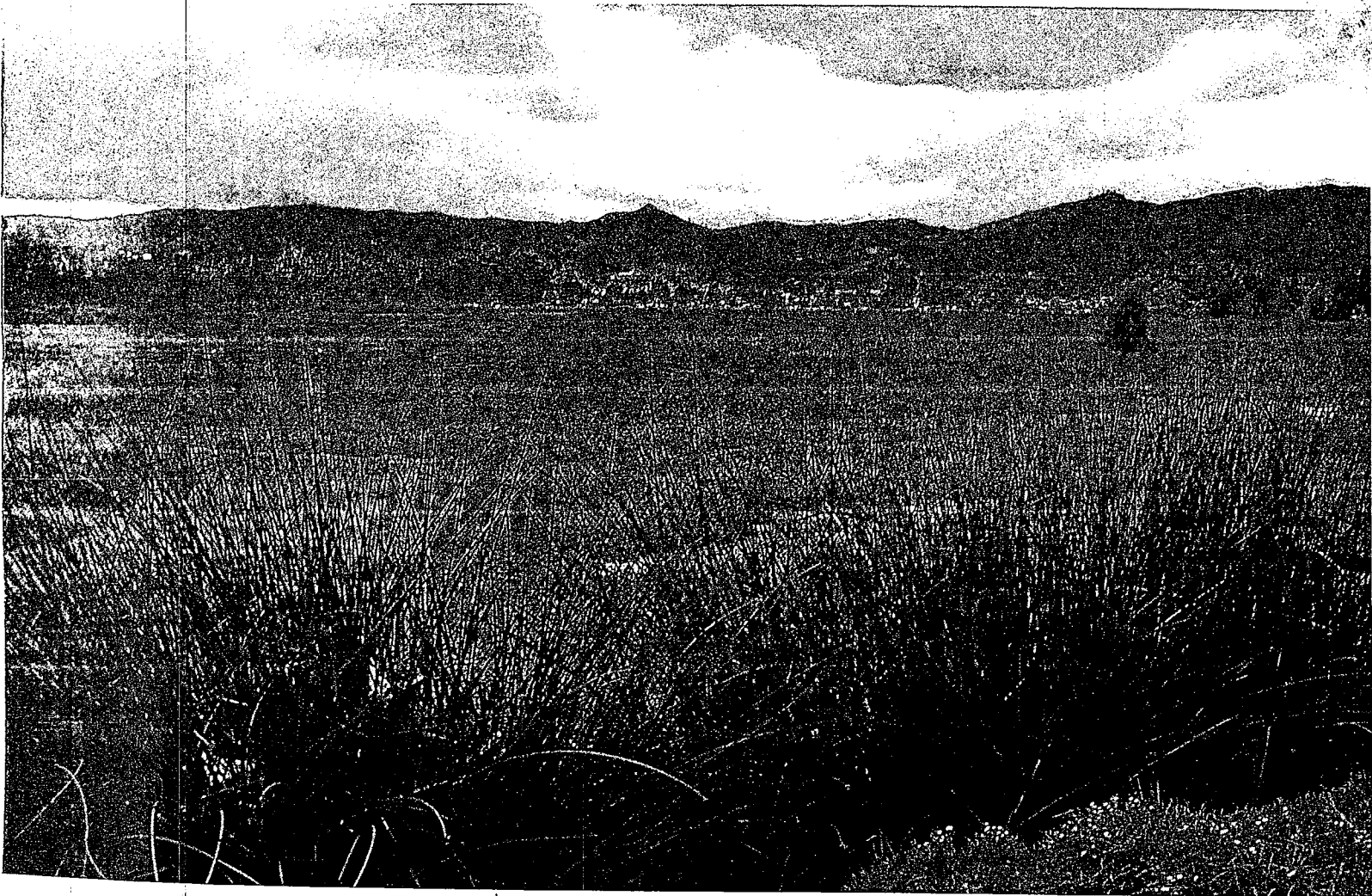


Figura 1.31. Humedal La Vaca, terrización con escombros e invasión de la ronda, punto extremo del deterioro ambiental. Thomas McNish



# CAPÍTULO 2

## ESTADO ACTUAL DE LOS HUMEDALES



Humedal de Jaboque. Thomas McNish.

## 2.1. HISTORIA DE ALTERACIÓN



Figura 2.1. Imagen correspondiente a antiguas áreas lacustres en la localidad de Kennedy. Como se aprecia, los humedales en la década de los 30 ó 40, aún presentaban grandes espejos de agua y la ocupación debida a la mala planeación urbana, redujo sustancialmente sus extensiones, dejando apenas pequeños remanentes. Byron Calvachi Z.

La historia de transformación antrópica de las grandes áreas de lagunas y pantanos conocidos como humedales se remonta a los primeros asentamientos indígenas efectuados por los muiscas; sin embargo, aunque existen reportes de cazadores-recolectores desde el tardiglacial, estos no produjeron cambios globales sino parciales en cuanto a cobertura vegetal, principalmente, aún cuando las condiciones hídricas no se afectaron (Van der Hammen, 2003).

Los muiscas desarrollaron extensos sistemas de manejo del agua superficial mediante la construcción de zanjas y camellones para así obtener zonas aptas para sus cultivos. La base para su alimentación era la recolección y la caza de algunas especies nativas: los venados, los curíes y conejos, entre otros. Sin embargo, se tienen evidencias que algunos de los primeros habitantes cultivaron maíz y algunas hortalizas como la calabaza (Jaramillo et al. 1996 en Orozco et al. 1998).

Es importante aclarar que, aunque históricamente se registran las primeras transformaciones de los humedales con los asentamientos indígenas, sus actividades reflejan gran respeto por la naturaleza y su necesidad de supervivencia por medio de la implementación de prácticas sostenibles.

Estudios arqueológicos afirman que los primeros habitantes de la sabana vivieron en asociación con los humedales y cazaron una variedad de especies de aves y mamíferos grandes que han desaparecido hoy en día (DAMA, 2000; van der Hammen, 2003). Sin embargo, no es del todo seguro cuántas y cuáles presas de especies como el venado soche (*Mazama rufina*) o el tigre (*Pantera onca*) realmente fueron cazados en los humedales, ya que son especies más características de los bosques altoandinos y páramos circundantes. Todavía falta un estudio cuidadoso de los restos óseos de animales de estos sitios arqueológicos por parte de los paleontólogos para determinar si allí existían algunas especies grandes de aves y mamíferos que fueron cazados hasta la extinción, como evidentemente ocurrió ampliamente en el Nuevo Mundo con la llegada de los primeros hombres.

Con la conquista española se produjeron una serie de cambios que paulatinamente tendrían un claro efecto sobre la "dinámica antrópica" que sufrieron estos ecosistemas con respecto principalmente a situaciones como la importación y cría de animales domésticos y el auge del cultivo de trigo y otros cereales. La ganadería comenzó su transformación del paisaje en este período y es probable que también se haya iniciado, aunque en baja intensidad, la contaminación de los humedales hacia el occidente de la ciudad de Santa Fe. Durante este período también, se construyeron las primeras vías y puentes que atravesaron estos humedales, iniciando un proceso de fragmentación que continúa hoy (DAMA, 2000; Van der Hammen, 2003).

A causa de las continuas inundaciones se construyeron jarillones en la orilla de los ríos con el objetivo de secar las tierras y con ello aumentar la extensión para uso agrícola y pecuario. A lo largo del siglo XIX, la población de la ciudad aumentó de una manera relativamente paulatina y con ella, las transformaciones del paisaje: tala de bosques, aumento de potreros y seguramente de contaminación de los humedales, aunque probablemente sólo hacia finales del siglo los problemas sanitarios alcanzaron niveles alarmantes (DAMA, 2000). Aunque no hay documentación sobre el estado de los humedales en esta época, es probable que en los más cercanos a la ciudad la contaminación ya afectara la calidad del agua, aumentando la turbidez y cantidad de materia orgánica hacia la eutrofización. A finales del siglo XIX se introdujo el eucalipto que produjo un fuerte efecto sobre las fuentes hídricas, dando paso al inicio de la deforestación intensiva y con ello el continuo reemplazamiento de especies nativas por exóticas.

En las primeras décadas del siglo XX, la ciudad creció notablemente hacia el oeste y el norte debido al flujo de refugiados que llegaron huyendo de la violencia civil y comenzó el drenaje de los humedales en gran escala. Los bosques de la sabana ya habían prácticamente desaparecido. La mayor porción de las chucuas o humedales estaba conformada por grandes latifundios y con ello el cambio de prácticas originales de cultivo por abonos de origen químico y pesticidas, iniciando así los procesos de eutrofización y contaminación de estos ecosistemas (Van der Hammen, 2003). Hacia los años 50 se intensificaron los procesos de ocupación y a la vez se produjo la acelerada división en los terrenos y una intensificación masiva de las actividades agropecuarias (DAMA, 2000).

Todos los humedales del Distrito han sido afectados por diversos factores relacionados con los cambios del uso de la tierra, áreas rurales alejadas del perímetro urbano fueron progresivamente incorporadas al desarrollo urbano-industrial. Por esta razón las afectaciones siguen patrones comunes que se han manifestado diferencialmente en el tiempo, a medida que los ejes de crecimiento de la ciudad se han desplazado, inicialmente en dirección norte y luego en dirección suroeste, siguiendo por lo general la dirección de los trazados de las vías principales y el proceso de incorporación de municipios como Engativá, Fontibón, Suba, Bosa.

De esta manera, los humedales Torca, Guaymaral, Tibanica y Meandro del Say que se encuentran en la frontera del crecimiento urbano, llevan menos años de afectación (10-20 años aproximadamente) que los demás humedales del Distrito, lo cual se refleja en un estado actual menos avanzado de degradación. En el extremo opuesto se encuentran los humedales de La Vaca y Jaboque con cerca de 50 años de afectación, donde La Vaca muestra actualmente un estado muy degradado agravado por su área reducida (Figura 2.2).



Figura 2.2. Remanente del humedal La Vaca, fuertemente transformado. Thomas McNish.

Siguiendo la expansión urbana hacia el suroccidente, los humedales Juan Amarillo, Santa María del Lago, Capellanía y Techo tienen un periodo de afectación del orden de 40 años, donde factores como el área y el nivel socioeconómico de los barrios vecinos han marcado diferencias en el modo y la intensidad de la afectación.

Finalmente, los humedales de Córdoba y El Burro aún cuando llevan 20 años de afectación, han derivado hacia estados de degradación diferentes tanto por particularidades en sus condiciones hidroclimáticas y morfométricas, como por el nivel socioeconómico de los asentamientos aledaños.

Para los años 70 los bosques nativos remanentes fueron arrasados y sus tierras se convirtieron en grandes potreros, generando así tres facetas importantes en la definición de la dinámica de transformación de estos ecosistemas:

- Desaparición de algunas de las especies nativas que los conformaban.
- Adaptación de diferentes especies a nuevas condiciones.
- La aparición y aumento de especies oportunistas que, aprovechando las nuevas condiciones del hábitat, lograban establecerse y ser fuertes competidoras para las establecidas – este se muestra como claro ejemplo de especies exóticas, como eucalipto (*Eucalyptus sp*), pino (*Pinus sp*) y posteriormente retamo espinoso (*Ulex europaeus*), entre otras.

En la época de los 80 se produjo el auge de prácticas agrícolas que requerían del uso de gran cantidad de químicos y pesticidas, los cultivos de flores y papa, a raíz de lo cual muchos de los terrenos anteriormente utilizados para la ganadería y otro tipo de cultivos fueron poco a poco reemplazados. Lo anterior trajo consigo, casi de forma paralela, la masiva llegada de urbanizadores y el inicio de los rellenos. Este fenómeno se considera el más grave tensionante al que han sido sometidos los humedales de la sabana de Bogotá con su incorporación al espacio urbano. Para esta época se calcula que el cuerpo de agua de la mayoría de los humedales había sido invadido por vegetación cada vez más terrestre, casi en un 70%, produciendo así el aumento de la carga orgánica y sedimentos, lo cual generó altos niveles de eutrofización, colmatación y posterior terrificación del ecosistema (Figura 2.2).

Como producto de la construcción de urbanizaciones ilegales, se generaron grandes cantidades de escombros que fueron dispuestos en lo que actualmente se conoce como rondas y Zonas de Manejo y Preservación Ambiental -ZMPA- e incluso sobre el cuerpo de agua, lo cual trajo consigo el constante relleno y posterior invasión de grandes extensiones de humedales, ante la cual no existía normatividad clara que lo impidiera.

Debido al continuo proceso de degradación de los suelos en las zonas contiguas a los humedales, muchas de las especies vegetales nativas, menos “agresivas” competitivamente y que estaban originariamente presentes en la ronda y en la Zona de Manejo y Preservación Ambiental, desaparecieron, lo cual fue paulatinamente aprovechado por las especies introducidas que rápidamente se expandieron. Un ejemplo que actualmente se convierte en uno de los problemas más graves que tienen los humedales es el alto porcentaje de área invadida por el pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*.

De otro lado, con el auge de las urbanizaciones y la carencia de un sistema de acueducto y alcantarillado adecuado a las necesidades de una ciudad en aumento, los humedales se convirtieron en los sitios en los que se vertían y actualmente se siguen vertiendo aguas residuales, servidas e industriales a través de las diferentes cuencas tributarias de cada uno de los humedales. Lo anterior, trajo consigo una elevada disponibilidad de materia orgánica, nutrientes disueltos en el agua y el reemplazo de condiciones acuáticas por terrestres.

Al analizar el registro de fotografías aéreas para la década de los 90, en los humedales de Bogotá se puede ver claramente los cambios que ocurrieron (Figura 2.3a-c), representados principalmente en la disminución considerable en sus áreas y la presencia cada vez más notoria de urbanizaciones sobre la ronda, incluso se han encontrado casos de asentamientos en los cuerpos de agua de algunos de los humedales (Orozco *et al*, 1998). El proceso muestra cómo paulatinamente estos ecosistemas quedaron inmersos en una densa matriz urbana y con fuertes cambios en su periferia alterando su funcionamiento ecológico.

Las referencias históricas hacen alusión a cambios en el paisaje y uso del suelo en las áreas que hoy en día se reconocen como humedales del altiplano de Bogotá. Sin embargo, esta información no documenta de manera sistemática los cambios en la estructura de la vegetación y las pérdidas de elementos de la flora acuática y semiacuática.

No obstante, las transformaciones en el paisaje del altiplano en el proceso de cambio reciente (últimos 50 años), permiten dilucidar la tendencia a una disminución del área de cobertura vegetal, de riqueza de especies y diversos efectos específicos en la vegetación acuática y semiacuática. Dentro de los agentes que han transformado los humedales están considerados los factores limitantes, agentes externos al ecosistema, que desestabilizan su funcionamiento al producir el deterioro en los diferentes componentes.

En cuanto a la historia de afectación y deterioro de la vegetación acuática y semiacuática se destacan los siguientes factores:

- **Fragmentación:** como resultado de la construcción de puentes, calles y avenidas, se da lugar a la ruptura del cuerpo del humedal en fragmentos que pueden quedar aislados o parcialmente comunicados, pero con fuertes restricciones al flujo hídrico, afectando los procesos del humedal como una unidad ecosistémica.
- **Relleno:** a causa de la presión que ejerce la ciudad, se adelantan actividades de invasión de las rondas y relleno de los cuerpos de agua, para fines de pastoreo, prácticas agrícolas y urbanización. Estos terrenos incorporados a la ciudad de manera irregular y sin ninguna planificación, dan lugar a la pérdida de considerables porcentajes del área de los humedales.
- **Aguas residuales:** la descarga de aguas servidas de las diferentes actividades (agrícolas, domésticas, industriales, comerciales, hospitalarias, etc.) llevadas a cabo en los barrios y construcciones aledañas, sumado a la deficiencia en los sistemas de disposición de dichas aguas, son la principal causa de polución orgánica que incrementa el fenómeno de eutrofización (contaminación) (Figura 2.4).
- **Desecación:** son varios los factores que influyen en la pérdida de agua de los humedales; entre estos, cabe mencionar el represamiento o taponamiento de los drenajes naturales como consecuencia de obras de ingeniería o con el fin de formar reservorios; la explotación de aguas subterráneas de la cuenca, principalmente, para uso agrícola y aprovisionamiento rural y la construcción de canales, vallados y jarillones que drenan artificialmente el cuerpo de agua.
- **Residuos sólidos:** la acumulación de residuos sólidos contribuyen con la terrización (consolidación de suelos que se alejan del sistema de fluctuación acuática), y los lixiviados que transporta aumentan el grado de contaminación orgánica del humedal.
- **Vertimiento de residuos químicos:** algunos humedales como el de Capellanía y Tibanica han recibido residuos químicos de origen industrial, estos compuestos contaminan el suelo, el agua y su biota.
- **Gases y sustancias tóxicas de carboneras:** los gases y residuos producidos por las carboneras que invaden la ronda de los humedales, afectan la calidad del aire y producen un fuerte impacto en la atmósfera y el ecosistema de humedal. En estas zonas también se queman otros materiales de desechos industriales de plásticos, llantas, entre otros.

A mediados de los años 90 se adelantaron diferentes acciones con miras al mantenimiento y conservación de estos ecosistemas. Actualmente, la cobertura vegetal de las zonas de ronda y de Manejo Preservación Ambiental, en cuanto a su estructura, se encuentra dominada por especies exóticas. Lo anterior, se debe en gran medida a la arborización principalmente con acacias (*Acacia sp*), cipreses (*Cupressus sp*) y eucaliptos (*Eucaliptus sp*), que deben ser objeto de futuros procesos de reemplazamiento. (Ver guía Técnica para la Restauración Ecológica en Áreas con plantaciones Forestales en el D. C., DAMA 2004).

Desde hace aproximadamente diez (10) años se han realizado acciones de revegetalización con especies nativas. Algunos casos específicos se encuentran en los humedales de Lá Conejera, Santa María del Lago y Córdoba que, actualmente, cuentan con las rondas de mayor diversidad y riqueza de especies

arbóreas y arbustivas, generando barreras vivas que han contribuido considerablemente a la disminución de la presión sobre el cuerpo de agua.( Fig. 2.3.)

Efectuando un análisis rápido por medio de la revisión de información secundaria y verificaciones en campo, se encontró que la cobertura vegetal de las zonas de ronda y Zona de Manejo de Preservación Ambiental, en cuanto a su estructura, se encuentra dominada por especies exóticas. Lo anterior, se debe en gran medida a la arborización con especies exóticas, primordialmente acacias (*Acacia sp*), cipreses (*Cupressus sp*) y eucaliptos (*Eucaliptus sp*), que deben ser objeto de futuros procesos de reemplazamientos paulatinos. (Ver guía Técnica para la Restauración Ecológica en Áreas con plantaciones Forestales en el D. C.).

Los principales factores limitantes y tensionantes que actúan sobre las coberturas vegetales en los humedales corresponden a aquellos que en mayor o menor grado, produjeron y actualmente producen la degradación del suelo, la disminución de la oferta de hábitat, la reducción en cuanto a disponibilidad de espacio, reemplazamiento de especies nativas por especies foráneas o que no se habían considerado como parte de estos ecosistemas (Tablas 2.1., 2.2.)



Figura 2.3. Vegetación terrestre y acuática en el humedal de Córdoba. David Rivera.

Tabla 2.1. Principales factores limitantes en los humedales urbanos del Distrito Capital.

FACTOR	INCIDENCIA
EMPOBRECIMIENTO Y DEGRADACIÓN DEL SUELO	Procesos de lixiviación de micro y macro elementos básicos para el desarrollo y mantenimiento de especies vegetales. Lo anterior debido a la baja y, en casos extremos, nula capacidad del suelo de retención y posterior absorción.
DISMINUCIÓN O PÉRDIDA DE ESPECIES VEGETALES NATIVAS	Especies como el aliso <i>Alnus acuminata</i> son muy importantes y característicos de los ecosistemas del humedal, al desaparecer generan fuertes impactos dentro de la dinámica sucesional.
LENTA TASA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA	La acumulación de excedentes de materia orgánica por aportes desde ecosistemas riparios y por una relativamente lenta tasa de descomposición, esta limitación se incrementa en las condiciones de temperaturas moderadas a bajas que caracterizan los humedales del Distrito por su ubicación en el piso térmico frío (temperaturas del agua usualmente alrededor de 15° y no superan los 20° C).
DEFICIENCIAS DE OXÍGENO DISUELTO	Insuficiencia en la oxigenación de las aguas como consecuencia de la anterior característica, que limita el desarrollo y persistencia de especies poco tolerantes a la pobreza en oxígeno y favorece las especies tolerantes.
PÉRDIDA Y/O DISMINUCIÓN DEL ÁREA DE RONDA Y ZMPA COMO PRODUCTO DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS	Disminución de la disponibilidad de área para el establecimiento de especies de vegetación terrestre propias de los ecosistemas de humedal, que no solo tienen función como hábitat de muchas especies, sino que también se convierten en importante barrera que ayuda a disminuir la presión sobre el cuerpo de agua.

Tabla 2.2. Principales factores tensionantes en los humedales del Distrito Capital

FACTOR	INCIDENCIA
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL	Cambio de uso del suelo, en el que se afecta la dinámica propia de la cobertura vegetal y se disminuye el espacio potencial para la propagación y crecimiento y/o establecimiento de especies.
RESIDUOS SÓLIDOS	Disminución del área para el desarrollo de diferentes tipos de cobertura de vegetación terrestre. Los procesos de degradación y por ende el continuo empobrecimiento de las condiciones tanto intrínsecas (propias del suelo) como extrínsecas (condiciones externas al suelo pero que tiene influencia directa) del suelo. Entre los residuos sólidos más comunes se encuentran las basuras de origen doméstico e industrial y los desechos de las construcciones.
ESPECIES INVASIVAS FORÁNEAS	Especies como <i>Pennisetum clandestinum</i> y <i>Ulex europaeus</i> son muy agresivas y afectan el desarrollo de otras especies vegetales, disminuyendo así, la diversidad del área. Otra consecuencia puede verse reflejada en la presión que ejercen, pueden llegar a impedir que nuevas especies se establezcan en la zona, frenando el desarrollo del banco de semillas y "ahogando" las plántulas por desplazamiento competitivo.
PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL	Tala o daño mecánico de las especies vegetales que se encuentran sobre la zona de ronda a causa de actividades de tipo antrópico.
CONTAMINACIÓN CON AGUAS RESIDUALES	Cargas de contaminación por aguas residuales tanto de origen doméstico (excretas, tensioactivos, microorganismos patógenos), como industrial (grasas, metales pesados etc.).
PASTOREO DE GANADO / DESARROLLOS ILEGALES DE VIVIENDA	Desecación de vastas áreas originalmente inundables para usos en pastoreo de ganado, cultivos y, especialmente, para desarrollos urbanos.
DESVÍO DE AGUAS AFLUENTES	Desvío de las aguas afluentes en canales y otras obras hidráulicas que aíslan el humedal de su sistema de renovación hídrica original.
CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA RONDA Y LA ZMPA	Reemplazamiento de especies de vegetación riparia por fórmulas artificiales de jardinería o con fines de desecación ( <i>Eucaliptus</i> sp, <i>Pinus</i> sp), que genera la pérdida de hábitat para especies de fauna propias del humedal.



## 2.2. CONSECUENCIAS DE LA ALTERACIÓN ANTRÓPICA DE LOS HUMEDALES SOBRE SU FAUNA

En las primeras décadas del siglo XX la ciudad creció notablemente hacia el oeste y el norte. La tala del bosque en los cerros, principalmente para leña y carbón, junto con la intensificación de la agricultura y ganadería en la Sabana, aumentaron las cargas de sedimentos que llegaban a los humedales (Van der Hammen, 2003). Es probable que la turbidez de las aguas aumentara hasta el punto de afectar la vegetación sumergida que alimentaba a ciertas especies de fauna como el pato carrango *Netta erythrophthalma* (Fjeldsa, 1985; Fjeldsa y Krabbe, 1990).

El antiguo lago del Tintal fue fraccionado en los años 30 por la construcción del aeródromo de Techo y la avenida de Las Américas, dando como resultado los humedales de Techo, El Burro, La Vaca, Tibanica y el lago de Timiza, los cuales comenzaron a sufrir reducciones sucesivas en sus áreas, especialmente, a partir de 1948, cuando nuevas oleadas de refugiados llegaron a Bogotá huyendo de la guerra civil. Los últimos registros del aguilucho de ciénaga gris *Circus cinereus* en Bogotá datan de los años 40 (Olivares, 1969); posiblemente, fue víctima de la cacería. En la década de los 50 la construcción de la avenida y

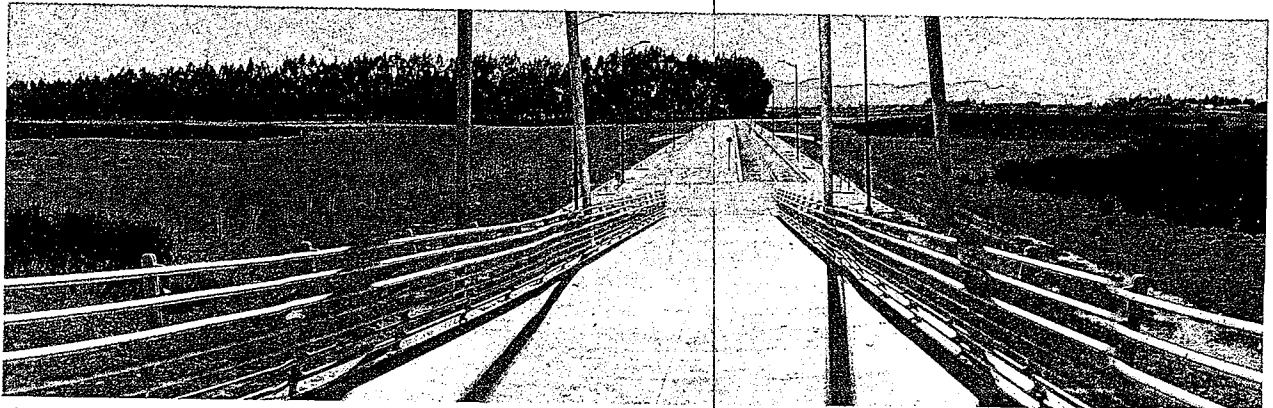


Figura 2.4. Fragmentación del hábitat en el humedal Jaboque por la construcción de una cicloruta. Se observan remanentes de juncuales a la derecha e izquierda del camellón y el proceso de potrerización. F.G. Stiles & L. Roselli

aeropuerto El Dorado fraccionó una antigua laguna en los humedales de Jaboque y Capellanía y la anexión a la ciudad de Suba y Engativá en 1954 aceleró la urbanización de las áreas aledañas en las siguientes décadas. La construcción de la Autopista del Norte en esta década fraccionó un antiguo lago en los humedales de Torca y Guaymaral (DAMA, 2000). Es probable que la reducción y fragmentación de los humedales hayan afectado más las zonas de aguas profundas con vegetación emergente, antes extensas y así provocaron la desaparición del cira, *Podiceps andinus*, de los humedales de Bogotá alrededor de 1960 aunque la recolección de los huevos de esta ave también pudo haber contribuido a su deceso (Fjeldsa, 1993). Los últimos registros del pato carrango *Netta erythrophthalma* de los humedales de Bogotá también corresponden a este período (Olivares, 1969).

La reducción y fragmentación de los humedales continuó en la década de los 60: el desarrollo de Ciudad Techo (luego Kennedy) redujo más los humedales del antiguo lago del Tintal; se construyó un camellón para desviar el cauce del río Juan Amarillo y comenzó la desecación de este humedal y la urbanización de su ronda, inicialmente del lado de Suba; la construcción de la avenida Boyacá aisló los dos segmentos del humedal de Santa María del Lago (DAMA, 2000).

Esta década vio la extinción del pato pico de oro *Anas georgica niceforoi* de los humedales de Bogotá (Fjeldsa y Krabbe, 1990, Olivares, 1969), probablemente víctima de la cacería además de la pérdida de hábitat (especialmente, en la zona de Tibabuyes).

El drenaje de parte del humedal de Juan Amarillo permitió el avance de los potreros y luego la



urbanización de su ronda a partir de los 70; en estos años el de La Vaca también sufrió una reducción notable y aparentemente durante esta década desapareció de Bogotá el avetoro tropical *Botaurus pinnatus* (Fjeldsa y Krabbe, 1990; Hilty, 1985).

Con la construcción de la avenida La Esperanza y Ciudad Salitre, en los 80, fue fragmentado y reducido notablemente el humedal de Capellanía; los de Juan Amarillo y Jaboque sufrieron el acoso de las urbanizaciones tanto del lado de Suba como de Engativá; la parte oriental de Santa María del Lago fue finalmente vaciada y los demás humedales sufrieron cambios similares más paulatinos (DAMA, 2000; Rangel, 2000). Los últimos registros confiables del pato castaño *Anas cyanoptera borreroi* son de esta década (Hilty, 1985; ABO, 2000).

Durante esta década también el desvío de una parte del río Bogotá cortó un meandro del río y efectivamente creó un humedal nuevo, el Meandro del Say. Inicialmente, este humedal adquirió un espejo de agua apreciable por filtración de las aguas del río, pero en los siguientes diez años la ronda fue invadida por zonas industriales y por urbanizaciones; el relleno, la colmatación y la contaminación del meandro desde entonces, han reducido su potencial faunístico.

Aunque no se ha extinguido del todo ninguna especie de los humedales del Distrito Capital en los últimos veinte años, la disminución de varias especies y subespecies endémicas y amenazadas ha seguido. La garcita dorada *Ixobrychus exilis* está al borde de la extinción local y el chirriador *Cistothorus apolinari* ha desaparecido de la mayoría de los humedales bogotanos –solamente en Tibanica se puede encontrar más de dos o tres parejas (ABO, 2000; Caycedo, 2001; Morales, 2001)–. La tingua moteada *Gallinula melanops* (Figura 2.9), hace 25 años el ave acuática más abundante de la región (Fjeldsa y Krabbe, 1990) ha desaparecido de la mayoría de los humedales bogotanos y la tingua bogotana *Rallus semiplumbeus* mantiene una pequeña población solamente en el humedal de La Conejera con algunos individuos en Juan Amarillo, Guaymaral y Jaboque (ABO, 2000).

Durante la década de los 90 se desataron varios procesos que, en su conjunto, definirán el destino de los humedales bogotanos y, por ende, su fauna hacia el futuro. Por un lado, las entidades del gobierno distrital comenzaron a interesarse en los humedales por diversos motivos y con resultados buenos y malos para su conservación. Las acciones que han resultado más negativas para la fauna han sido la reducción del suministro de agua a los humedales, el dragado y en algunos casos la excavación de canales profundos, la reconfiguración de los bordes con pendientes abruptas y el revestimiento con cemento de muchos cauces que conectan varios humedales (Figura 2.5).

La excavación de canales profundos para evacuar más rápidamente el agua efectivamente drenó y secó la mayor parte de los humedales de Techo, Guaymaral y Torca eliminando áreas importantes de hábitat para fauna, especialmente en Guaymaral (Figura 2.6).

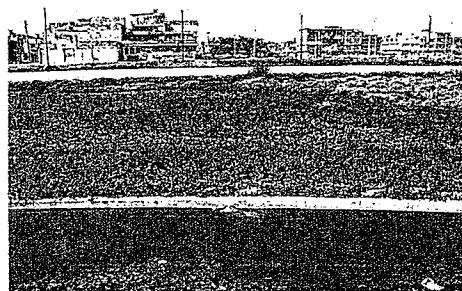


Figura 2.5. Construcción de canales perimetrales en el humedal de Jaboque modificaron su funcionamiento hidráulico. (Foto: F. G. Stiles & L. Rosselli)



Figura 2.6. Canales de drenaje profundos causan la desecación en el humedal de Guaymaral. (Foto: F. G. Stiles & L. Rosselli).

## 2.3. SÍNTESIS LIMNOLÓGICA

La síntesis limnológica se efectuó con base en el análisis de información secundaria recopilada en diversas fuentes y trabajos realizados en los últimos años, por diferentes grupos de consultores e investigadores en los humedales del Distrito Capital. En general, se puede inferir que la información compilada obedece al cumplimiento de diferentes objetivos, en pocas ocasiones sobre el conjunto de los 13 humedales, lo cual generó restricciones en la obtención de una visión integral y actualizada de su estado, toda vez que las metodologías utilizadas en el levantamiento de la información primaria fueron diferentes en la mayoría de los casos. Sin embargo, la revisión extensiva de los datos permitió seleccionar aquella información comparable a partir de la cual se elaboró este componente del protocolo.

Los elementos básicos para la descripción limnológica de un humedal son: las variables fisicoquímicas del agua y la composición, abundancia y distribución de las diferentes formas de vida presentes en el ambiente acuático: plancton, bentos, perifiton, vegetación acuática y semiacuática.

### 2.3.1. PLANCTON Y BENTOS

A continuación se hace una descripción de los inventarios sintetizados (presencia) de morfoespecies pertenecientes al plancton y bentos, únicos grupos inventariados, parcialmente, en algunos de los humedales del Distrito. Las características de abundancia, diversidad y distribución de las diferentes formas de vida no fueron descritas, ya que no se obtuvo información comparable acerca de ellas. El perifiton es un grupo que tampoco ha sido descrito con suficiencia.

El inventario de macroinvertebrados acuáticos (bentos) para un conjunto de ocho humedales (Anexo 1), a partir del estudio de ECOLOGY & ENVIRONMENT INC. & HIDROMECÁNICAS LTDA. (1998), muestra evidentemente una pobreza generalizada en la composición de la fauna de macroinvertebrados. Sin embargo, también se debe señalar que estos datos resultan bastante fragmentarios, pues solo se registran en un humedal formas cuya amplia distribución es reconocida en ambientes con alta carga orgánica, como los gusanos *Tubificidae* o en otros casos larvas de dípteros *Culicidae*, cuyos adultos constituyen una plaga molesta en todas las áreas de humedales.

Otro grupo que se registra de modo muy marginal es *Chironomidae* (Diptera), se encuentran diversificados en los ambientes acuáticos del altiplano y que al ser identificados con una resolución mayor a la disponible, seguramente darían distribuciones diferenciales mucho más informativas, dadas las marcadas diferencias entre las especies de este grupo en cuanto a la tolerancia frente a la contaminación, especialmente, de tipo orgánico. La realización de muestreos más intensivos y repetidos en el tiempo, permitirá obtener un inventario más completo de este importante componente. (Fig. 2.7)

La presencia de morfoespecies de fitoplancton (Anexo 2) y zooplancton (Anexo 3) fue posible encontrarla para los humedales de Santa María del Lago y Jaboque, para los demás no se encontró información comparable. Al analizar la información existente se establece que el número de muestreos disponibles por ahora no son suficientes para determinar con certeza la riqueza y distribución de estas formas de vida, tampoco permiten establecer patrones comparativos entre los diferentes humedales. En la Figura 2.7 se observa el predominio de las clases *Bacillariophyta* y *Chlorophyta* del fitoplancton y de los copépodos, rotíferos y cladóceros para el zooplancton, como síntesis de la información compilada para algunos humedales.

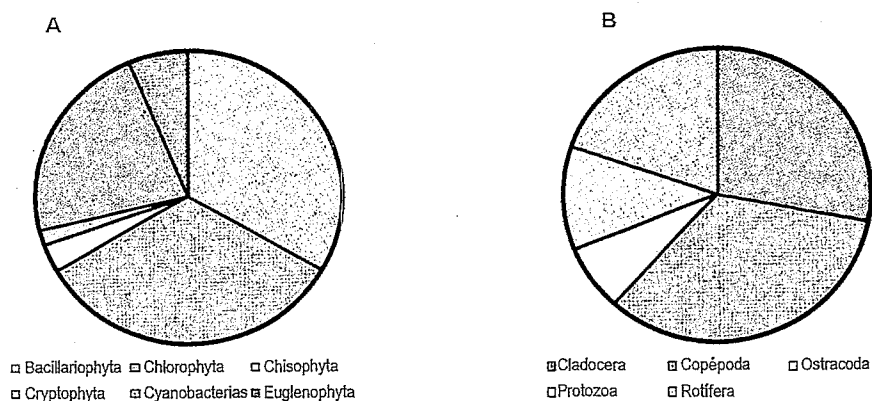


Figura 2.7. Distribución de las morfoespecies de plancton en Clases: A, Fitoplancton; B, Zooplancton.

### 2.3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS

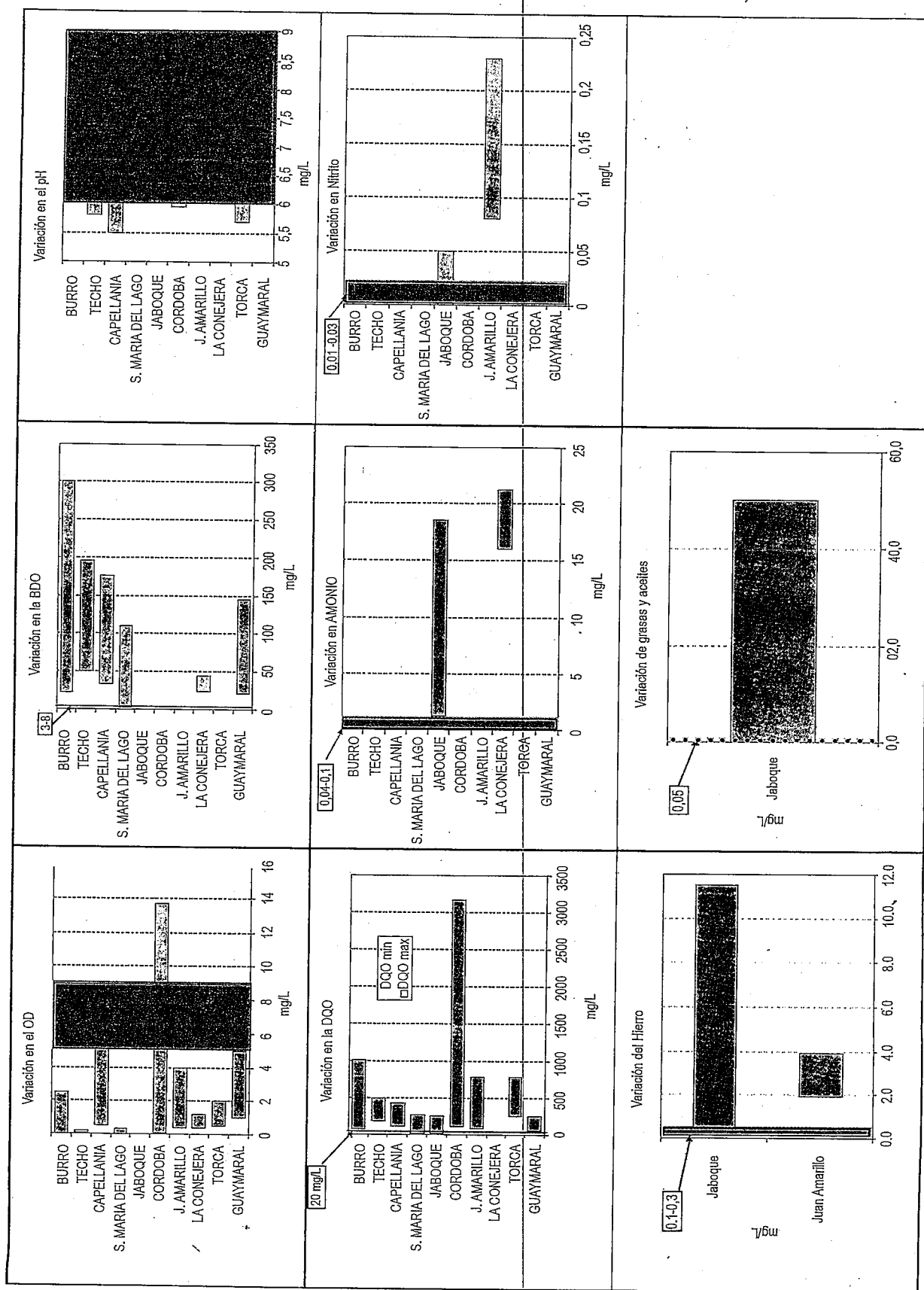
La variación encontrada en los valores para algunas características fisicoquímicas del agua como: oxígeno disuelto (OD), demanda biológica y química de oxígeno (DBO, DQO), pH, hierro, grasas y aceites, nitrito y amonio, se resumen en la Figura 2.8. Para el conjunto de los datos se deben hacer dos consideraciones; primero, la existencia de datos incompletos en todos los humedales; segundo, los rangos para algunas variables son muy grandes, lo cual puede responder al manejo de técnicas no estandarizadas, o a la variabilidad en la composición de la carga de contaminantes que se incorporan diferencialmente a los humedales, ya que por décadas han estado recibiendo las aguas lluvias, residuales y aquellas provenientes de procesos industriales y comerciales.

Por otro lado, en la misma figura se demarcan con rojo los límites superior e inferior de los valores críticos permitidos para el desarrollo de la vida acuática, según diferentes sistemas de normas internacionales como las establecidas por Chapman (1992). Teniendo en cuenta tales límites, los humedales presentan en su mayoría niveles no permitidos de las variables evaluadas, lo cual señala la situación generalizada de baja calidad del agua en los humedales estudiados. La única variable que no sobrepasa el límite permitido es el pH, el cual no representaría ninguna indicación de calidad, pues existen organismos que están adaptados a condiciones extremas del potencial de hidrógeno.

A fin de evitar la variabilidad en las metodologías para la toma de muestras y hacer comparables los datos obtenidos para las diversas variables limnológicas tanto físico-químicas como biológicas, el DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente, elaboró con el Departamento de Biología de la Universidad Nacional, un Protocolo para el Monitoreo Limnológico de los Humedales el cual está a disposición de los usuarios\*.

\* Protocolo de monitoreo limnológico a disposición de los usuarios en el Centro de documentación de la SDA.

Figura 2.8. Intervalos de variables fisicoquímicas medidas en los humedales (las líneas rojas señalan los valores críticos permitidos para vida acuática según normas internacionales) (Adaptado de Chapman, 1996).



### 2.3.3. MACRÓFITAS ACUÁTICAS Y SEMIACUÁTICAS

La lista actualizada de las especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas, a partir de las fuentes bibliográficas revisadas, se registra en el Anexo 4, con base en las fuentes de Conservación Internacional (2001) para el conjunto de los humedales, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales (2003) para Jaboque; Romero (2002) para Torca, y para Santa María del Lago, Burbano et al. (2001), Bohórquez et al. (2002), Puerto et al. (2002) y Garzón et al. (2003).

De estos estudios se puede concluir que las especies más representativas son: *Bidens laevis*, *Juncus effusus*, *Polygonum sp.*, *Typha latifolia*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Schoenoplectus californicus*, *Cyperus rufus*, *Limnobium laevigatum*, *Lemna sp.*, *Eleocharis sp.*, *Rumex conglomeratus*, *Azolla filiculoides*, *Eichhornia crassipes*, *Nasturtium officinale*, *Cotula coronopifolia*, *Carex sp.*, *Spilanthes americana*, *Ludwigia peploides*. Las cinco primeras especies están presentes en todos los humedales y, por ende, son las más representativas. (Fig. 2.9-2.10)

Los humedales con mayor riqueza de especies son: La Conejera, Torca, Guaymaral, Juan Amarillo y Córdoba; las de menor son La Vaca y El Burro. Para los primeros la prioridad de manejo se debería orientar hacia la conservación y para los segundos la actividad indicada sería el enriquecimiento vegetal.

El total de especies registradas llega a 81 si solo se consideran las acuáticas y semiacuáticas propiamente dichas; además, de estas se reportan 12 especies arvenses (oportunistas) que en algunas ocasiones invaden áreas de los humedales alteradas por rellenos (Figura 2.11 a-f).

En cuanto a la riqueza de especies registrada en los diferentes humedales, se evidencia el efecto de la metodología utilizada y de la intensidad de muestreo; esto es claro en el caso de Instituto de Ciencias Naturales (2003) donde los levantamientos fitosociológicos complementados por inspección cualitativa arrojaron un total de 65 especies frente a 16 registradas por Conservación Internacional (2001), quienes usaron un método de menor resolución partiendo de la interpretación de fotografías aéreas y verificación cualitativa en campo. Este último método está orientado, específicamente, a la mapeación cuantitativa de coberturas vegetales donde se resaltan las formas dominantes en área. Las especies de población escasa, pero de florística importante tienen menos probabilidad de ser registradas por este método. Por lo tanto, sería recomendable la integración de estos dos enfoques para una caracterización y monitoreo de la vegetación.

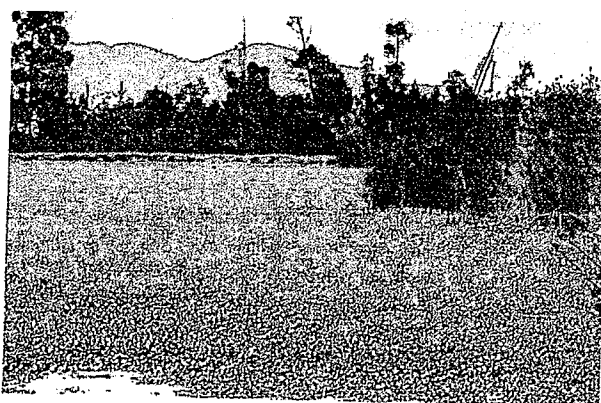
Otro factor que incide en las diferencias de la riqueza es el grado de resolución taxonómica empleado en la identificación de la flora; algunos géneros que presentan varias especies fueron registrados tan solo en el ámbito genérico, con lo cual se subestima la riqueza y, además, se pierde la posibilidad de establecer patrones de bioindicación.



Figura 2.9.  
Junco o totora  
(*Schoenoplectus californicus*).  
David Rivera.



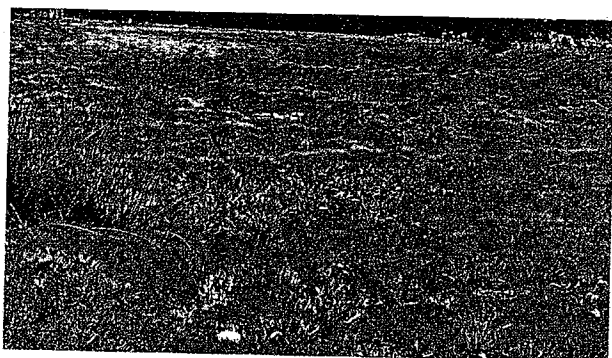
Figura 2.10. Enea o  
espadaña (*Typha latifolia*).  
David Rivera



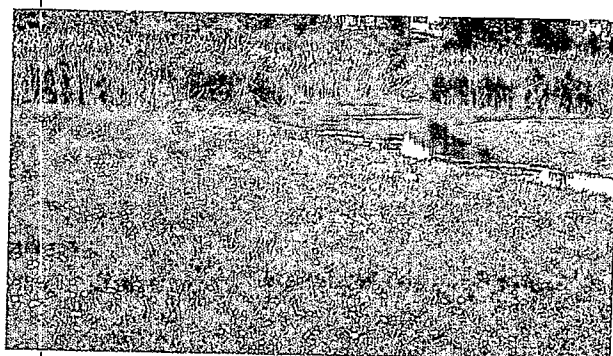
a) Pradera errante con buchoncito, *Limnobium laevigatum*, humedal Tibanica.



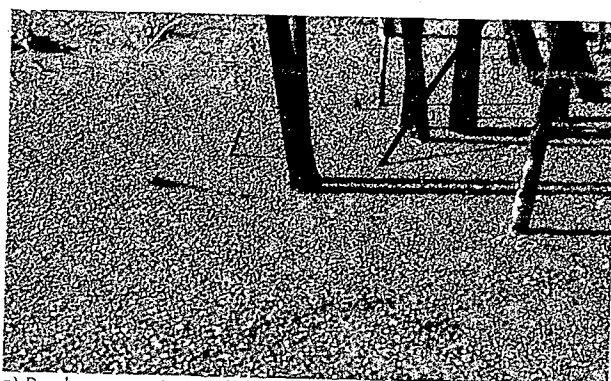
b) Pradera emergente juncoide con enea, *Typha latifolia*, humedal Jaboque.



c) Pradera emergente mixta con lenguevaca, *Rumex conglomeratus*, humedal El Burro.



d) Pradera emergente mixta con botoncillo, *Bidens laevis*, humedal Santa María del Lago.



e) Pradera errante con lenteja de agua, *Lemna gibba*, humedal Tibanica.



f) Pradera emergente herbácea con sombrillita de agua, *Hydrocotyle ranunculoïdes*, humedal Juan Amarillo.

Figura 2.11 a-f. Algunos de los principales tipos de vegetación acuática y semiacuática en los humedales de Bogotá. Thomas McNish

Al analizar los datos registrados para Santa María del Lago se puede afirmar que la intervención ejecutada no ocasionó un notorio descenso en la riqueza, y más bien se ha dado la aparición de algunas especies como *Utricularia*, cuyo registro y comprobación es importante por su potencial indicativo de condiciones de recuperación de la calidad del agua. Otro hallazgo importante es la presencia, en el

Humedal de Jaboque, de *Anomobryum* sp. y *Rhodobryum roseum*, especies de musgos, que podrían estar relacionados con relictos de vegetación paramuna. Además, *Senecio carbonellii* planta endémica y amenazada de la Sabana de Bogotá, representa un registro único en el humedal La Conejera.

Por otra parte, en cada humedal se han identificado pequeñas poblaciones muy localizadas de especies que, si bien no son endémicas, constituyen elementos importantes en el proceso de restauración ecológica y nivel de biodiversidad florística local, entre ellas: *Miryophyllum aquaticum* en Jaboque, *Cotula coronopifolia* en Juan Amarillo y Tibanica o el caso de *Hottonia palustris*, ornamental exótica registrada en Córdoba.

Existen varios métodos para aproximarse a la descripción de comunidades de vegetación, por lo cual el número y composición de estas no resultan siempre iguales; ejemplo de ello son las aproximaciones realizadas por Conservación Internacional (2001) para los humedales del Distrito y por el Instituto de Ciencias Naturales (2003) para el humedal de Jaboque. Esto incide en forma directa en los resultados respecto a la diversidad fisionómica y de coberturas.

La síntesis que se desarrolla en adelante se basa en los datos de Conservación Internacional (2001) debido a que representa un levantamiento de información sobre los humedales del Distrito, partiendo de la mapificación cuantificada de la vegetación. Para establecer más claramente la importancia de las coberturas de vegetación acuática y semiacuática se agruparon en un esquema modificado de los tipos fisionómicos planteados por Schmidt-Mumm (1998).

La distribución general por área de los tipos fisionómicos (Figura 2.12) muestra que en los humedales bogotanos predominan las praderas emergentes juncoides y herbáceas, sumando entre las dos 188.5 ha, correspondientes al 60% del área vegetal acuática de los humedales; se encuentran las praderas emergentes mixtas y los pastizales húmedos que representan en conjunto el 22% del área y ocupan el 18% restante; se distribuyen las praderas emergentes gramíneas, errantes y pastizales encharcados, los matorrales húmedos alcanzan menos del 1%.

En la distribución de los tipos fisionómicos de vegetación se presentan variaciones importantes en cada humedal, debido a la interacción de diversos factores, principalmente, el área total de cada humedal, la heterogeneidad en los perfiles batimétricos, la disponibilidad y distribución de la cantidad y calidad del agua y a la historia de afectación. Es importante resaltar que las coberturas de pastizales húmedos y encharcados que representan el 18.3% del área, pueden considerarse como pérdida de vegetación acuática, asociada con el deterioro de los humedales debido, principalmente, a los rellenos y a la desecación.

Además de los tipos fisionómicos descritos anteriormente, dentro de la vegetación acuática existen las praderas sumergidas constituidas por especies tales como: *Potamogeton* spp., *Elodea* o *Egeria densa*, *Utricularia gibba*, *Myriophyllum aquaticum* y *Chara* sp., las cuales se encuentran registradas en los inventarios pero no aparecen dentro de las coberturas registradas por Conservación Internacional (2001). Esto se debe a que la información se determinó a través de fotografías aéreas, método por el cual no se pueden diferenciar los tipos sumergidos y debido a la muy reducida extensión del espejo de agua libre en los humedales, excepto Juan Amarillo y Santa María del Lago que, recientemente, han sido objeto de adecuaciones hidráulicas fuertes, generando áreas extensas de espejo de agua.

La distribución de las coberturas vegetales por área agregada en el conjunto de los humedales (Figura 2.13), muestra que las de mayor extensión son: SC (dominada por *Schoenoplectus californicus*) con 92.12 ha, seguida de MV (dominada por *Rumex conglomeratus* y *Polygonum* sp.) con 39.83 ha y P2 (Pastizal encharcado de *Pennisetum clandestinum*) con 20.7 ha.

Las siguientes ocho coberturas presentan áreas constituidas por las especies de mayor representación entre 7 y 15 ha, como: *Bidens laevis*, *Rumex conglomeratus*, *Typha latifolia*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Carex* spp, *Polygonum* spp, *Limnobiium laevigatum* y *Juncus effusus*. Este conjunto de 10 coberturas abarca un 78% del área acuática y semiacuática de los humedales, el 22% restante corresponde a 46 coberturas con área menor de 7 ha cada una, generalmente, con especies de porte pequeño.

Tabla 2.3. Definición y descripción de tipos de vegetación acuática y semiacuática.

Tipo Fisonómico	Hábitat	Especies
Pradera emergente juncoide: con especies enraizadas emergentes con hojas similares a los juncos.	Juncal	<i>Schoenoplectus californicus</i>
	Eneal	<i>Typha latifolia</i>
	Pradera emergente juncoide	<i>Juncus effusus</i> <i>Eleocharis sp.</i> <i>Carex sp.</i>
Pradera emergente herbácea: con especies enraizadas emergentes de hojas anchas.	Bl	<i>Bidens laevis</i>
	Pol	<i>Polygonum segetum</i>
	Rum	<i>Rumex conglomeratus</i>
Pradera emergente graminoide: con especies enraizadas emergentes con hojas similares a los pastos	Macollas gramínoideas	<i>Carex sp.</i>
	Pradera emergente graminoide	<i>Carex sp.</i> <i>Polygonum sp.</i> <i>Rumex conglomeratus</i> <i>Ludwigia peploides</i>
Pradera emergente mixta: con especies enraizadas emergentes con formas de juncos, pastos y herbáceas	Pradera emergente mixta	<i>Bidens laevis</i>
		<i>Polygonum sp.</i> <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Limnobiium laevigatum</i> <i>Rumex conglomeratus</i> <i>Carex sp.</i> <i>Lemna gibba</i> <i>Azolla filiculoides</i> <i>Cotula coronopifolia</i> <i>Cyperus rufus</i> <i>Senecio carbonelli</i> <i>Ludwigia peploides</i>
Pradera errante emergente: con especies no ancladas al sustrato, unas con un porte de moderado a alto y otras de porte bajo.	Tapete flotante	<i>Lemna gibba</i> <i>Azolla filiculoides</i> <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> <i>Limnobiium laevigatum</i>
	Pradera errante emergente	<i>Limnobiium laevigatum</i> <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> <i>Polygonum sp.</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Lemna gibba</i> <i>Azolla filiculoides</i> <i>Galium ascendens</i>
Matorral húmedo: se desarrolla en suelos saturados de agua y presenta especies de hierbas y formas arbustivas.	Matorral húmedo	<i>Rubus spp.</i> <i>Baccharidastrum argutum</i> <i>Cuphea sp.</i> <i>Blechnum sp.</i> <i>Ludwigia peploides</i>
Pastizal húmedo: se desarrolla en suelos saturados de agua con predominio de pastos.	Pastizal húmedo	<i>Pennisetum clandestinum</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Polygonum sp.</i> <i>Rumex conglomeratus</i> <i>Carex sp.</i> <i>Ludwigia peploides</i>
Pastizal encharcado: áreas cubiertas por pastos donde el nivel del agua se halla en la superficie	Pastizal encharcado	<i>Pennisetum clandestinum</i>
* Categorías presentes en los humedales del Distrito, pero no corresponden a las categorías de Schmidt-Mumm (1998). Las especies en negrita son dominantes. Las denominaciones agrupadas bajo la columna de Hábitat, corresponden a las empleadas en el capítulo de Fauna.		



Figura 2.12. Distribución por áreas de los tipos fisonómicos: A, humedales pequeños, B, humedales medianos, C, humedales grandes.

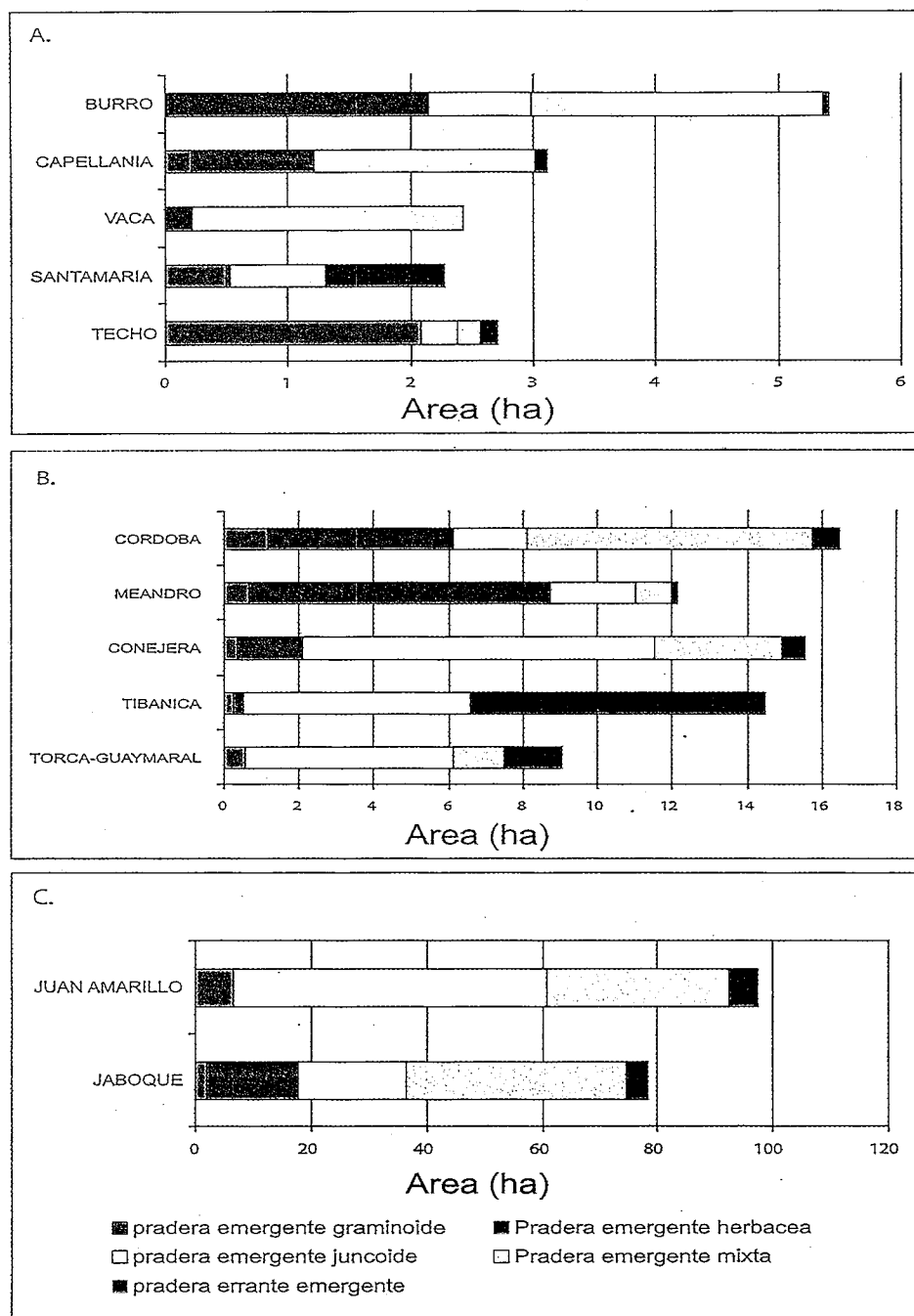
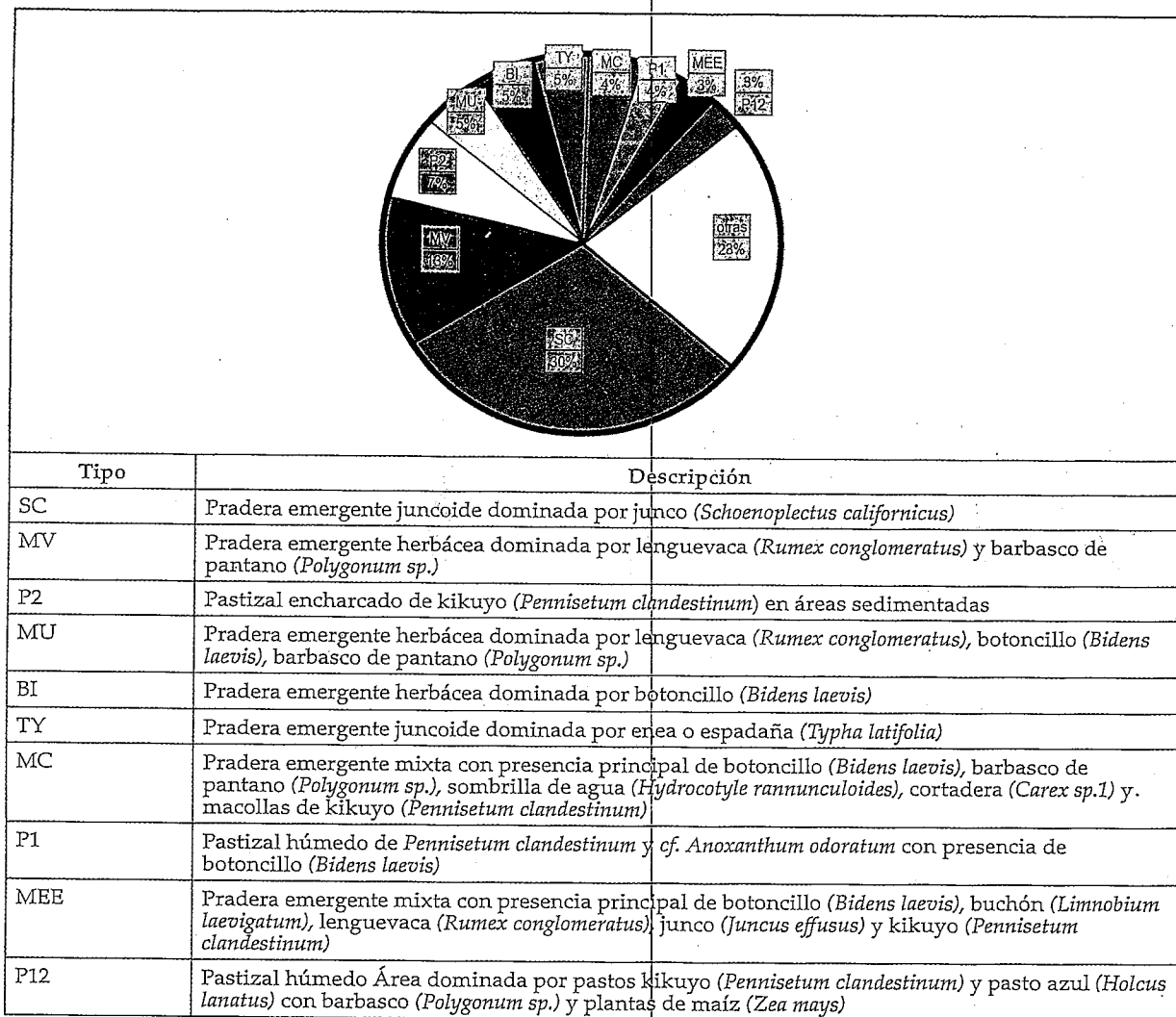


Figura 2.13. Distribución de coberturas de vegetación acuática y semiacuática por área agregada.



El alto grado de degradación de los humedales, generado por la desecación y el relleno de las áreas inundables, se demuestra por la gran extensión y frecuencia de la cobertura P2 (Pastizal encharcado de *P. clandestinum*) y de las demás coberturas donde esta especie herbácea invasiva es dominante.

Dentro de las coberturas multiespecíficas de mayor extensión están: MC, P1, MEE, P12 y SG (*Polygonum segetum*), las cuales presentan áreas relativamente grandes pero solo se encontraron en un solo humedal (Jaboque: MC, P1, MEE y Meandro del Say: P12, SG). La presencia de coberturas múltiples y específicas es un indicativo de diversidad, por lo cual es importante tener en cuenta la distribución de estas en el conjunto de los humedales estudiados.

Según la distribución por frecuencia de aparición, la mayoría de ellas se presentan de manera ocasional en uno o dos humedales. Por otra parte, las mayores coberturas son los eneaes dominados por *Typha latifolia* (TY), los juncales dominados por *Schoenoplectus californicus* (SC) y las praderas dominadas por *Bidens laevis* (BL) que aparecen en 8 o más humedales.

Con menor frecuencia aparecen las coberturas: LM (*Lemna sp.*), MV (*R. conglomeratus* y *Polygonum sp.*), XC (*R. conglomeratus*), YG (*Polygonum sp.*), EC (*E. crassipes*), MI (*H. ranunculoides*, *B. laevis* y *Polygonum sp.*), HR (*H. ranunculoides*) y *L. laevigatum* (LB), presentes entre 3 y 6 humedales. Las restantes coberturas hacen presencia en sólo 1 ó 2 de ellos.

De acuerdo con la integración de las distribuciones por área y frecuencia, las coberturas más importantes son de composición monoespecífica, siendo las más representativas: *Schoenoplectus californicus*, *Bidens laevis*, *Typha latifolia*, *Pennisetum clandestinum*, *Rumex conglomeratus*, *Polygonum spp* (muy posiblemente *P. segetum* y *P. hydropiperoides*) y *Eichhornia crassipes*.

Las praderas flotantes de Lemnáceas son también importantes a pesar de que aparecen registradas solo en seis humedales, y con un área de 2.6 ha. Esto se debe a la escasez de áreas de espejo de agua libre donde se puedan desarrollar a una escala detectable, y a su pequeño porte, lo que permite que se desarrollen, en forma parcial, ocultas por vegetación emergente poco densa. Siendo una pradera errante puede desaparecer localmente de un día para otro por el efecto del viento y, por su relativo corto tiempo de vida, al compararse con especies de otras praderas flotantes como *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

## 2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES

Teniendo en cuenta que el tipo de información compilada a partir de los estudios y consultorías que sirvieron de base para el análisis de la información presentada, en especial para el componente de vegetación acuática y semiacuática, así como para el de vegetación terrestre, fue variable en razón de las metodologías empleadas, se ofrece un análisis de la oferta ambiental, el potencial biótico y el potencial de restauración abordando estos compartimentos del ecosistema de forma individual para culminar en una síntesis que busca plantear acciones de manejo para su rehabilitación o recuperación.

### 2.4.1. ANÁLISIS DE LA FAUNA – ÉNFASIS EN AVIFAUNA

Dado que la información secundaria relacionada con la fauna de los humedales bogotanos se encuentra en un estado muy básico y que debe ser objeto de investigación, se enfatizó en las aves como uno de los grupos de mayor interés sobre el cual existe una buena cantidad y calidad de información. Por lo tanto, los análisis se concentraron en identificar y caracterizar los hábitat de mayor valor para la conservación de la avifauna, con énfasis en las especies endémicas y/o amenazadas y abarcar aspectos relacionados con la rehabilitación de estos hábitat. (Anexos 5 y 6)

**OFERTA AMBIENTAL Y HÁBITAT PARA LA FAUNA:** La oferta ambiental de un humedal se define como lo que éste ofrece a la fauna, en particular la extensión, el estado y la diversidad de hábitat. A su vez, la disponibilidad de los ambientes va a reflejar la cantidad, calidad y fluctuaciones del agua.



Figura 2.14. La monjita, *Agelaius icterocephalus* y el junco *Schoenoplectus californicus* son dos especies propias de los humedales cuya presencia se encuentra limitada en la parte alta del humedal de Juan Amarillo desmejorando las condiciones de oferta ambiental. David Rivera

El potencial biótico está representado por las especies de fauna presentes en el humedal y que no tendrían que ser reintroducidas en un proceso de rehabilitación o recuperación. El potencial de restauración está representado por las especies que podrían mantener poblaciones en el humedal, si fuera posible restablecer áreas suficientes de sus ecosistemas, además de satisfacer los otros requisitos, como controlar o eliminar tensionantes, la presencia de una buena oferta de alimento y las condiciones hídricas adecuadas.

En este sentido, si hay especies ausentes en un humedal que pudiesen ser reintroducidas (Figura 2.14-2.15), el potencial biótico de este humedal representa sólo una parte de su potencial de restauración.

La meta de un programa de restauración de humedales, en cuanto a la conservación de la biodiversidad, es desarrollar este potencial de restauración, es decir, establecer poblaciones de tantas especies como sea posible en cada humedal, dando prioridad a las que están amenazadas o son endémicas (Andrade, 2003; DAMA-Camargo, 2003). Esto no implica que sea factible intentar establecer poblaciones de todas las especies endémicas o amenazadas en cada humedal: varios humedales tienen potenciales de restauración relativamente reducidos desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad.

Esta situación suele deberse a dos causas principales: un área insuficiente o demasiado fragmentada para establecer extensiones adecuadas de ciertos hábitat (Brown y Dinsmore, 1986), situaciones sociales complicadas en la ronda o los barrios circundantes, o ambos (Rodríguez, 2000). En tales casos, las metas en cuanto a restablecimiento de poblaciones de aves y otra fauna tienen que ser más modestas, pero en ningún caso esto implica abandonar el humedal a un proceso de degradación hasta que se acabe. Si se logra una buena calidad de agua, el reestablecimiento de suficiente hábitat para unas pocas especies silvestres, una ronda efectiva y agradable para la comunidad y que provea protección contra depredadores como los perros y gatos, hasta un humedal muy pequeño, contaminado e invadido como La Vaca potencialmente podría cumplir funciones muy importantes para la educación ambiental y la recreación pasiva.

En los humedales en los cuales la existencia de poblaciones de por lo menos la mayoría de las especies amenazadas es factible, la meta de más alta prioridad debe ser la conservación; en los que esto no es posible, otras metas como educación, recreación o regulación hídrica deben ser consideradas. El potencial de restauración también está relacionado con las posibilidades de neutralizar, revertir o eliminar las acciones de los factores tensionantes. En algunos casos, estas medidas deben incluir la corrección, mitigación o compensación de obras ya ejecutadas que han tenido un impacto negativo sobre los hábitats y la fauna de ciertos humedales con alto potencial de restauración (Rodríguez, 2000).

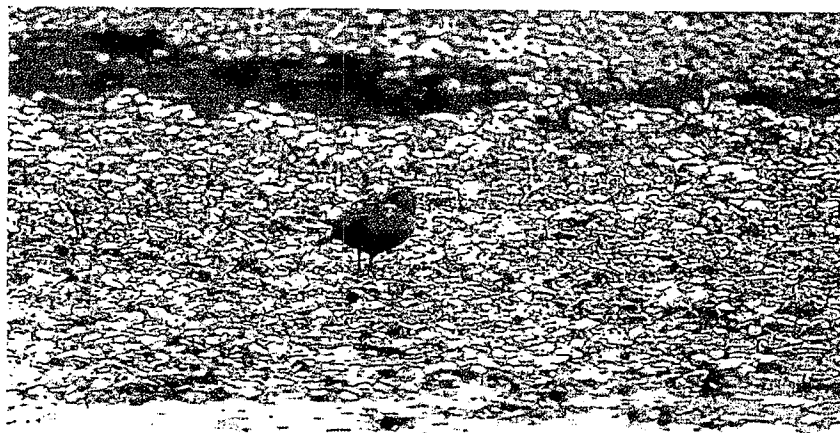


Figura 2.15. Tingua bogotana, *Rallus semiplumbeus*, una especie endémica y amenazada, mantiene una pequeña población solamente en el Humedal de La Conejera con algunos individuos en Juan Amarillo, Guaymaral y Jaboque. Su presencia representa un elemento importante por su potencial biótico. Thomas McNish.

**VALORACIÓN DE HÁBITAT PARA LAS AVES ACUÁTICAS:** Un indicador fundamental de la oferta ambiental de un humedal para la fauna es la disponibilidad de una variedad de hábitat. Las especies de aves de los humedales, incluyendo las más amenazadas, usan varios ecosistemas estructurales (ver Tabla 2.4 para la definición de estos hábitat). Para precisar la oferta ambiental en términos de hábitat, es necesario tomar en cuenta que muchas aves usan diferentes ambientes estructurales para buscar su alimento, anidar y a veces refugiarse para dormir o escapar de un depredador.

Se procedió a realizar un análisis detallado de los requisitos de hábitat de las aves propias de los humedales de Bogotá, para el cual, se asignó un valor de 0 (no se usa) a 3 (fuertemente preferido) a cada tipo de vegetación por parte de cada especie de ave, basado en observación de campo y datos de la literatura (Palmer, 1962; Fjeldsa y Krabbe, 1990; Del Hoyo et al., 1992; Lozano, 1993; Naranjo, 1995; Del Hoyo et al., 1996; ABO, 2000; Caycedo, 2001; Valencia, 2002).

Para cada especie de ave, la suma de estos valores para forrajeo, anidación y refugio presentó un valor global de la importancia de cada tipo de vegetación para el ave, siendo el máximo posible 9 (fuertemente preferido para cada uso) y el mínimo 0. Después se sumaron los valores para cada tipo de vegetación entre todas las aves para encontrar un valor total de este tipo de vegetación para la comunidad aviar de los humedales. En este análisis se tomaron en cuenta las siete especies y subespecies endémicas y catorce especies más, propias de humedales, para las cuales hay datos suficientes para establecer sus requisitos. Además de los doce hábitat estructurales se tomaron en cuenta varios tipos de vegetación de los bordes de los humedales con el fin de determinar si algunos tienen más importancia como componentes de la ronda (Anexo 7).

Los resultados de este análisis indican que para el conjunto de aves endémicas de los humedales del Distrito, el hábitat más importante es el juncal de *Scirpus californicus*, seguido por la enea *Typha dominguensis* y la vegetación herbácea emergente (*Rumex*, *Bidens*, *Hydrocotyle*, *Polygonum*). Después siguen el juncal corto de las "macollas" de *Juncus*, *Carex* y *Cuphea* y la vegetación flotante de "alto porte" como los buchones (*Limnobia*, *Eichhornia*) y *Ludwigia*; más abajo están el agua abierta (con y sin plantas sumergidas) y los tapetes flotantes de Azolla y Lemna. Sin embargo, hay bastante diversidad entre las especies en sus formas de usar estos hábitat.

Los mismos juncas representan el hábitat óptimo para el chirriador, tanto para forrajeo como para anidación y descanso, aunque para estas dos actividades también puede usar la enea o vegetación arbustiva adyacente. Para la tingua bogotana el hábitat óptimo es el juncal para anidar y descansar, con espacios poblados por vegetación emergente o flotante donde forrajea. La tingua pico verde forrajea en agua abierta

con tapetes o vegetación flotante o sumergida y anida en vegetación herbácea emergente, juncal o enea en los bordes. La garcita dorada anida y se refugia en los juncos o la enea y forrajea en los bordes de estos o sobre vegetación flotante alta o emergente con espacios de agua limpia.

Es notorio que los juncos son mucho menos atractivos para estas aves cuando están "secos", es decir no dentro del agua sino rodeados por vegetación terrestre (lo mismo que la vegetación herbácea de los bordes, que es usada más cuando es emergente del agua que cuando crece sobre tierra) y que la enea es mucho menos preferida que el junco, posiblemente porque forma una masa más densa y menos penetrable para las aves. Por lo menos ocho de los diez tipos principales de vegetación acuática son importantes para estas aves: los juncos ocupan un lugar prominente, pero no exclusivo o dominante (Rangel, 2003).

Al agregar las especies endémicas, pero no amenazadas las mismas clases de vegetación siguen siendo las más utilizadas, aunque el agua abierta, especialmente con vegetación sumergida, se vuelve más importante, especialmente, para el pato turrio. Esta conclusión se ve reforzada al considerar el conjunto de aves acuáticas características de los humedales.

La vegetación emergente se vuelve más importante para la comunidad en general, aunque casi todas las especies la usan junto con otros tipos de vegetación. Las orillas abiertas con fangos y lodos con poca vegetación son, fundamentalmente importantes, para los chorlos y caicas; en cambio, las especies acuáticas son indiferentes a la vegetación de la ronda: la más usada es la arbustiva, los tintales y chilcos, más que nada para refugio aunque algunas especies, incluyendo el chirriador y el doradito *Pseudocolopteryx acutipennis*, posiblemente anidan allí cuando los arbustos están pegados a un juncal.

Varias especies usan los árboles como sitios de descanso y refugio y algunas garzas pueden anidar en ellos de vez en cuando. Sin embargo, los árboles y arbustos de la ronda son más importantes para las aves acuáticas en la medida en que les da cierta protección contra interferencia o disturbios de animales terrestres, incluyendo el hombre y luces artificiales.

Tabla 2.4. Clasificación fisonómica de la vegetación de los humedales de Bogotá como hábitat para fauna.

Tipo de Vegetación	Abreviación	Características Fisonómicas	Especies típicas de plantas
Vegetación de humedal			
Juncal alto	JU	Macollas gigantes de junco, hasta 4 m de altura	Junco ( <i>Scirpus californicus</i> )
Juncal seco	JS	Similar al anterior pero con escasa agua	Junco ( <i>Scirpus californicus</i> ), pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), lengua de vaca ( <i>Rumex sp.</i> )
Eneal	EN	Plantas hasta de 3m de alto, forma una masa densa	Enea ( <i>Typha latifolia</i> )
Juncal corto	MJ	Macollas bajas y compactas de hasta 1 m de altura, con espacios entre ellas.	Junco de esteras ( <i>Juncus effusus</i> ), cortadera ( <i>Carex</i> y <i>Cyperus spp.</i> ), moradita ( <i>Cuphea sp.</i> )
Vegetación emergente	VE	Macrófitas que crecen en agua panda y emergen para formar una capa densa de vegetación entre 15 y 50 cm de alto	Barbasco ( <i>Polygonum spp.</i> ), sombrilla de agua ( <i>Hydrocotyle sp.</i> ), lengua de vaca ( <i>Rumex sp.</i> ), botoncillo ( <i>Bidens laevis</i> )
Pradera anegadiza	PI	Vegetación tipo pastizal denso de 30-40 cm. de altura, sobre agua panda o lodo	<i>Eleocharis sp.</i> , helechito <i>Marsilea sp</i>
Vegetación flotante	VF	Vegetación flotante densa, de hasta 80 cm de alto, puede esconder o soportar el peso de un ave pequeña	Buchón ( <i>Limnium spp.</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> ), <i>Ludwigia sp.</i> , botoncillo, sombrilla de agua
Tapete flotante	TF	Vegetación flotante que forma un tapete de no más de ca. 5 cm. de alto que permite el paso de aves nadadoras, no les esconde ni soporta su peso	Helechito de agua ( <i>Azolla sp.</i> ), lenteja de agua ( <i>Lemna sp.</i> ), buchón ( <i>Limnium spp.</i> )
Vegetación sumergida en agua superficial	AS	Agua de hasta 1 m de profundidad con vegetación acuática sumergida	<i>Potamogeton sp.</i> , elodea

Espejo de agua abierta	AA	Agua sin vegetación en superficie, con frecuencia más profunda que 1 m	Ninguna
Orillas abiertas	OA	Barras de lodo o arena, fangos etc.	Ninguna (a veces con pasto muy corto)
Vegetación de la Ronda			
Alisal	AL	Bosque de porte bajo (hasta 10 m), de alisos algo retorcidos y enmarañados	Aliso ( <i>Alnus jorullensis</i> )
Bosque nativo	BN	Bosque denso de porte bajo a mediano, sotobosque denso a ralo	Palo blanco ( <i>Ilex</i> ), raque ( <i>Vallea</i> ), arrayán ( <i>Myrcianthes</i> ), etc.
Chilcal-Tintal	CT	Matorral denso de arbustos y arbolitos nativos de porte bajo (hasta ca. 3 m) que crece naturalmente en los bordes del humedal	Chilcos ( <i>Baccharis</i> spp.), tinto ( <i>Cestrum tomentosum</i> ), a veces borrachero ( <i>Brugmannsia</i> sp.), etc.
Árboles de sauce	AS	Árboles de sauce que crecen aislados, en filas o rodales a lo largo de los bordes y a veces en el interior del humedal	Sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> )
Matorral espinoso - moral	MM	Matorral denso de mora, espinoso y casi impenetrable, en los bordes del humedal (a veces sembrado)	Mora ( <i>Rubus</i> spp.) a veces moradita ( <i>Cuphea</i> sp.) o retamo ( <i>Ulex</i> )
Bosque mixto sembrado	BS	Bosque de árboles sembrados que incluye especies nativas y exóticas	Muy variado según el sitio, los árboles disponibles y sus edades y crecimiento relativo
Bosque exótico	BE	Bosque o rodales densos o ralos de árboles exóticos, a veces sembrados muchos años atrás	Generalmente dominados por eucaliptos ( <i>Eucalyptus</i> spp.), acacias ( <i>Acacia</i> spp.), jazmín del cabo ( <i>Pittosporum</i> ) o urapanes ( <i>Fraxinus chinensis</i> )
Pasto kikuyo denso	PK	Masas densas, altas (a veces hasta 1 m o más) e invasivas de pasto kikuyo cerca de o traspasando el borde del humedal	Pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )
Potreros y prados	PP	Pasto corto, denso y continuo, mantenido por el pastoreo de ganado o el corte del pasto en parques	Pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )
Pasto nativo ralo	PN	Pastos de macollas pequeñas y separadas con suelo más o menos desnudo entre ellos, periódicamente inundado	Varias especies de pastos nativos (hábitat casi inexistente actualmente, reemplazado por pasto kikuyo)

OFERTA AMBIENTAL SEGÚN LA DISPONIBILIDAD DE HÁBITAT: Un humedal dominado por un solo tipo de hábitat tendría una avifauna muy limitada. Por esto, hay que tomar en cuenta tanto el número de hábitat presentes como la representación de cada uno: es decir, la diversidad.

Como no existen datos precisos sobre la cobertura actual de cada hábitat en cada humedal, se hizo una clasificación aproximada de cobertura, a partir de observaciones hechas en todos los humedales durante los primeros meses de 2004 (Tabla 2.5).

A cada hábitat se le asignó un puntaje basado en su cobertura. Para evaluar la disponibilidad de hábitat en cada humedal, para las aves, se contó el número total de hábitat presentes y luego se sumó el número de hábitat con puntajes intermedios de cobertura excluyendo los muy escasos y los muy dominantes, los cuales contribuyen poco a la heterogeneidad de los ambientes del humedal. Como el juncal es el hábitat más importante para las aves, especialmente, las especies endémicas y/o amenazadas, se sumó también el puntaje de la cobertura de los juncalales en el humedal.

Los humedales del Distrito Capital conforman dos grupos en términos de la oferta de hábitat para las aves (Anexo 7): un grupo de cinco con oferta relativamente alta (totales entre 20 y 23 puntos) y un grupo de oferta mucho más limitada (totales de puntos entre 5 y 15), con un humedal con un puntaje intermedio

de 17. Este último humedal es el sector del lago de Juan Amarillo, cuyo puntaje tan alto es algo engañoso, porque tres de los hábitat se encuentran bien representados únicamente en "La Chucua"; al considerar solamente el lago actual, el puntaje lo ubica entre los humedales de baja oferta. Los cinco humedales de mejor oferta de hábitat acuáticos son en orden, La Conejera, Tibanica y Juan Amarillo sector bajo, Jaboque sector bajo y Guaymaral.

Finalmente, se asignó un puntaje que corresponde al área "efectiva" del humedal: es decir, el área con vegetación acuática propia de un humedal. Esta área puede ser mucho menor que el área total del humedal, que suele incluir toda la ronda también. La suma de los puntajes de estos cuatro parámetros da un valor global de la oferta ambiental del humedal propiamente dicho. (Anexo 8-9).

Se presenta un análisis similar para la vegetación de la ronda por aparte. Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: el ancho promedio de la ronda alrededor del humedal (se considera que por lo menos la mitad de la ronda tiene este ancho), la fisionomía de la vegetación, con énfasis en la cobertura de la vegetación leñosa (arbustos y árboles), la composición de la vegetación (nativa o exótica) y el entorno general (desde favorable, ofreciendo hábitat para aves terrestres y protección para el humedal) a lo más desfavorable (invasión por procesos urbanos agresivos). La manera de asignar los puntajes correspondientes a cada criterio se presenta en la Tabla 2.6. La suma de todos estos parámetros da un valor par la oferta ambiental de la ronda.

Al aplicar estos criterios en los humedales del Distrito Capital se trataron el humedal Juan Amarillo y Jaboque por aparte debido a las grandes diferencias en las condiciones entre ellos, generadas por la intervención de obras de ingeniería recientes que modificaron su funcionamiento.

Tabla 2.5. Criterios para la evaluación de la disponibilidad de hábitat<sup>1</sup> para la fauna de vertebrados y el área efectiva<sup>2</sup> del humedal.

Criterio	Puntaje	Cobertura del área efectiva del Humedal	Comentarios
A. Cobertura de cada hábitat	0	0 %	Hábitat ausente
	0.5	< 5%	Hábitat escaso: uno o más parches pequeños, insuficiente para sostener una pareja de aves que lo requiera
	1	5-20%	Hábitat suficiente para sostener unas pocas parejas del ave que lo requiera
	2	20-50%	Hábitat suficiente para varias parejas (si el área efectiva del humedal lo permite)
	3	>50%	Hábitat dominante, soporta varias parejas si solamente requieren de este hábitat
B. Área efectiva del humedal	1	< 5 ha	Humedal muy pequeño, pocas posibilidades de sostener una avifauna acuática diversa
	2	5-10 ha	Humedal pequeño, capaz de sostener poblaciones pequeñas de algunas especies de aves acuáticas con un buen mosaico de ambientes
	3	10-20 ha	Humedal mediano, capaz de sostener poblaciones de varias especies de aves acuáticas, incluyendo algunas especies endémicas y amenazadas, dado un buen mosaico de hábitat
	4	>20 ha	Humedal de tamaño capaz de sostener la comunidad completa de aves acuáticas existentes en el Distrito dado un buen mosaico de hábitat
Cálculo de la Oferta Ambiental del Humedal: Número total de hábitat presentes + Diversidad de hábitat (número de hábitat con valores de cobertura de 1 y 2, excluyendo los muy escasos y los muy dominantes) + Valor de cobertura de juncal (el hábitat más importante para las aves endémicas y amenazadas) + Valor de área efectiva del humedal. Para más explicaciones, ver el texto.			
1: Para definiciones de los hábitat, anexo 6.			
2: Área efectiva del humedal = área inundable actual con cobertura de vegetación acuática propiamente dicha.			



Todos estos humedales tienen un total de ocho o nueve hábitat acuáticos, la mayoría de los cuales están presentes con áreas moderadas (ni muy reducidos, ni muy dominantes).

De los nueve humedales de baja oferta, el de mayor puntaje es el de El Burro, irónicamente debido en buena medida al sector bajo (al occidente de la avenida Ciudad de Cali), el cual cae fuera de los límites amojonados del humedal. Los humedales de menor oferta actual de hábitat son Techo y La Vaca, que han sufrido fraccionamiento relleno y drenaje en los últimos cinco años.

La clasificación basada en la oferta de hábitat y calidad general de las rondas arroja resultados un tanto diferentes. Dos humedales se destacan por la buena oferta de hábitat y valor protector de sus rondas: Córdoba y La Conejera. Estos son los únicos cuyas rondas han sido objeto de programas de arborización durante varios años por parte de vecinos del humedal.

La ronda de Santa María del Lago también ha sido bien arborizada, principalmente, con especies nativas, la vegetación es joven y todavía no alcanza una diversidad fisionómica comparable. El humedal de Tibanica recibió un puntaje intermedio de 8.5 y Jaboque bajo 7, en parte debido al carácter rural de buena parte de sus rondas, pero en otros aspectos estas rondas presentan condiciones menos favorables. Las rondas de todos los demás humedales presentaron puntajes de 6 o menos, indicando que no están ofreciendo protección ni mucho hábitat para la fauna silvestre.



Figura 2.16. Arborización con especies nativas en la ronda del humedal Santa María del Lago. La focha o tingua pico amarillo (*Fulica americana*) forrajea en el prado abierto de pasto kikuyo. Esta especie es una de las aves más agresivas y resistentes de las aves nativas de los humedales. David Rivera.

Tabla 2.6. Criterios para evaluar la oferta ambiental de la zona de protección y manejo ambiental alrededor de un humedal, en términos de la estructura de la vegetación y el ancho de la ronda 1

Criterio	Puntaje	Valor correspondiente	Comentarios
A. Ancho de la ronda	0	0 m	Efectivamente sin ronda
	0.5	< 10 m	Ronda poco efectiva como protección del humedal
	1	10- hasta 20 m	Ronda que puede ofrecer algo de protección
	2	20- hasta 30 m	Ronda que ofrece protección moderada
	3	>30 m	Ronda efectiva para protección del humedal contra presiones urbanas
B. Fisionomía de la vegetación de la ronda	0	Suelo desnudo o cemento	No ofrece aislamiento ni protección, ni hábitat para fauna
	0.5	Pasto o vegetación herbácea baja	No ofrece protección o aislamiento, hábitat para muy pocas especies
	1	Pasto con arbustos o arbolitos aislados	Ofrece poca protección, hábitat para pocas especies
	2	Pasto con arbustos, pocos árboles	Ofrece algo de protección y hábitat para algunas especies
	3	Mezcla de vegetación baja, arbustos y árboles	Ofrece más protección, aislamiento y hábitat para varias especies
	4	Árboles altos y bajos, arbustos, vegetación baja	Ofrece protección y aislamiento del humedal y hábitat para un buen número de especies
C. Cobertura de vegetación leñosa	0	< 25%	Poca o ninguna sombra
	1	25-50%	Parches pequeños de sombra
	2	50-75%	Parches moderados de sombra con microclima algo más fresco y húmedo
	3	> 75%	Áreas extensas de sombra, microclima más fresco y húmedo que permite desarrollo de hojarasca y sotobosque
D. Composición de la vegetación	0	Sin vegetación	Suelo desnudo o cemento
	1	Principalmente exótica	Menos atractiva como hábitat para fauna
	2	Mixta	
	3	Principalmente nativa	Más atractiva como hábitat para fauna
E. Calidad del entorno	0	Más desfavorable	Rellenos, basura, barrios invasivos, etc.
	1	Menos desfavorable	Barrios residenciales establecidos, menos invasivos
	2	Menos desfavorables	Áreas rurales: potreros, cultivos que presentan menos ruido, luces etc.
	3	Más favorables	Zonas arborizadas anchas: protección más efectiva
Cálculo de la oferta ambiental de la ronda: Puntaje total de A+B+C+D+E			
1: Ancho promedio o más característico (a través de la mitad o más del perímetro del humedal).			



Figura 2.17. Tingua bogotana, *Rallus semiplumbeus*, endémica de los humedales de la Sabana de Bogotá, anidando entre las eneas. Thomas McNish.

**EL POTENCIAL BIÓTICO DE AVES EN LOS HUMEDALES:** El potencial biótico de un humedal (anexo 10), en términos de la avifauna, se da no solamente por cuántas especies de aves propias se encuentran, sino cuáles. Dado que las especies endémicas y amenazadas son de la más alta prioridad para la conservación, se les otorga el puntaje más alto (4 puntos por especie) que las subespecies endémicas y amenazadas, las especies y subespecies endémicas pero no amenazadas o las amenazadas pero no endémicas (2 puntos para cada especie presente).

Cada especie propia que no es ni endémica ni amenazada recibe un punto (1) y se toman en cuenta unas 17 de tales especies que regularmente se encuentran en los humedales del Distrito. Entre estos humedales, tres se destacan por su alto potencial biótico: La Conejera, Tibanica y el sector bajo de Jaboque, seguidos en orden por Guaymaral, el sector bajo de Juan Amarillo y el sector alto del mismo humedal (el lago y "la Chucua") con valores intermedios. Los demás humedales tienen avifaunas relativamente pobres.

Existe una relación estrecha entre la oferta ambiental de un humedal y su potencial biótico. Esto es especialmente notable en el caso de las especies o subespecies de aves amenazadas, solamente los cinco humedales de mayor oferta de hábitat aún conservan poblaciones de las especies y subespecies de aves amenazadas, la mayoría de las cuales son también endémicas. En cambio, las dos especies con subespecies endémicas pero no amenazadas (la focha o tingua pico amarillo y la monjita) están presentes en muchos humedales, especialmente la monjita.

La cantidad de especies diferentes a las endémicas y amenazadas siguen en líneas generales, la oferta de hábitat en cada humedal; así, el humedal con la avifauna más rica es La Conejera, el único que ha sido manejado con énfasis en la provisión de hábitat para la fauna. Los resultados de los inventarios de aves de las rondas de los humedales muestran un buen grado de acuerdo con la oferta de hábitat.

Los dos humedales con rondas más ricas en aves son Córdoba y La Conejera, con las rondas mejor arborizadas. Les sigue Tibanica, con una ronda parcialmente rural y la única con una pequeña parte con vegetación arbustiva nativa y Santa María del Lago con su arborización más joven (Fig. 2.18). Siete humedales tienen menos de diez especies registradas en sus rondas y todos están entre los que tienen ofertas más pobres de hábitat. Estos resultados demuestran que la estructura y diversidad de la vegetación, tanto dentro como alrededor de cada humedal, son buenos predictores de la riqueza de aves y muy probablemente, de otros grupos faunísticos.



Figura 2.18. Ronda protegida con barrera natural arbustiva de mora de monte (*Rubus floribundus*) y alta diversidad de hábitat en el humedal La Conejera. Thomas McNish.

**POTENCIAL DE RECUPERACIÓN O REHABILITACIÓN DE LA AVIFAUNA:** El potencial de rehabilitación o recuperación para la conservación de la fauna hace énfasis en las aves como el componente más visible y mejor conocido. La oferta ambiental y potencial biótico actual de cada humedal representa, en cierta forma, el capital con que cuenta el humedal, que no tiene que ser introducido de nuevo. A igual que la oferta potencial de hábitat para fauna que podría tener si se logran ejecutar las medidas y obras de mejoramiento necesarias y factibles en cada humedal (Andrade, 2002; Rodríguez, 2000).

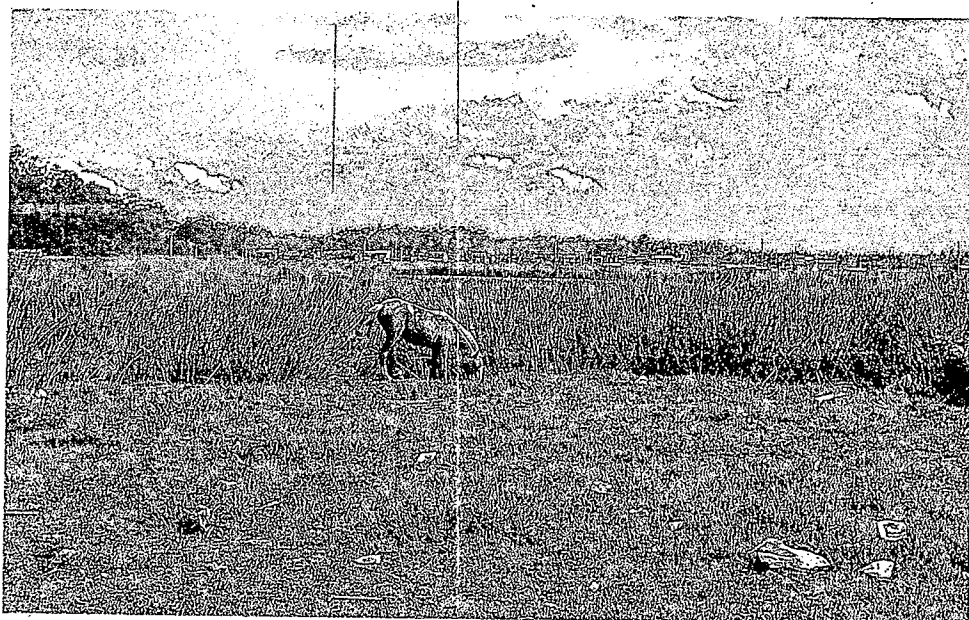


Figura 2.19. El pastoreo es un factor tensionante que afecta el potencial de restauración y favorece la dominancia del pasto kikuyo. Humedal Jaboque. Thomas McNish.

Especialmente para las aves, el aumento de esta oferta está muy relacionado con el área disponible, de tal forma que la medida más importante para poder desarrollar el potencial de restauración es aumentar el área efectiva del humedal. Se requieren varios tipos de obras hidráulicas para aumentar la zona inundable y regular no solamente la cantidad y calidad de agua disponible sino sus fluctuaciones de nivel. Esto implica obras para reducir las cargas de sedimentos y contaminantes que llegan a los humedales, remoción de sedimentos contaminados y reconstrucción de los bordes de los humedales con control de vegetación invasora como el pasto kikuyo.

En algunos casos, se debe considerar la modificación o reversión de obras ya realizadas incluyendo algunas como la del canal de Torca que está drenando gran parte de los humedales de Guaymaral y Torca, la reconformación de los bordes del lago de Juan Amarillo y sus islas así como revisar el aporte insuficiente de aguas lluvias a Tibanica y la "Chucua" de Juan Amarillo.

En algunos humedales, se debe realizar una redefinición de sus límites ya que partes importantes de ellos quedan fuera de los límites establecidos, casos importantes incluyen: la parte baja del humedal de El Burro, el sector norte de la parte baja de Jaboque, el sector oriental de Guaymaral y el sector oriental del humedal de Torca (Andrade, 2002; Rodríguez, 2000; DAMA-Camargo, 2003).

Como la reducción del área efectiva de los humedales proviene en gran parte de las presiones de las zonas aledañas en forma de rellenos e invasiones, parte de esta estrategia tiene que incluir el aumento en lo posible del ancho de la ronda alrededor de varios humedales y acondicionarla como zona de amortiguamiento de las presiones urbanas.

Las medidas más importantes en este sentido incluyen la reconformación de la vegetación de las rondas y en varios de los humedales con mayor potencial para sostener poblaciones de especies endémicas y amenazadas, la construcción de cerramientos para controlar el libre acceso de los animales domésticos (Rodgers y Smith, 1997; Andrade, 2002; Van der Hammen, 2003). Otra medida importante es la reubicación de los caseríos marginales invasivos a sitios con mayor seguridad contra las inundaciones. Este es una de las medidas más difíciles y problemáticas, pero es de notar que la EAAB está realizando un programa ambicioso y necesario de saneamiento y adquisición de predios en las rondas hidráulicas de varios humedales.

Una indicación del potencial de restauración de fauna de los humedales de Bogotá se presenta en la Tabla 2.7, en términos de la oferta ambiental y potencial biótico actual, junto con las posibilidades de aumentar sus áreas efectivas y rondas hidráulicas. Esta tabla también incluye una evaluación global de los obstáculos para la restauración de cada humedal y en la tabla 2.8 se enumeran algunas obras y medidas necesarias para poder avanzar en el proceso de rehabilitación. La última columna de la Tabla 2.7 representa la diferencia entre las posibilidades de restauración y los obstáculos para llevarla a cabo en cada humedal.

Una diferencia positiva y alta (+5 o más) indica un humedal con buenas posibilidades de restauración de especies de fauna, incluyendo las amenazadas como en La Conejera y Tibanica. Los números negativos indican que son muy grandes las dificultades en relación con las posibilidades de recuperación de fauna como es el caso de Techo y La Vaca. Es evidente que hay mucha variación entre los diferentes humedales en sus potenciales de restauración, debido en gran parte a que las áreas efectivas potenciales son muy diferentes.

Relativamente pocos humedales serían capaces de albergar una fauna diversa, con buena representación de las especies endémicas y amenazadas, pero todos tienen posibilidades de mejoramiento para poder cumplir mejor las funciones de recreación pasiva y educación ambiental en un ambiente más sano.

Tabla 2.7. Potencial de restauración del componente fauna en relación a las dificultades en los humedales de Bogotá.

Humedal	Oferta Ambiental Actual <sup>1</sup>	Potencial Biótico (Avifauna) <sup>1</sup>	Total	Área Efectiva Potencial <sup>2</sup>	Ancho Ronda Potencial <sup>2</sup>	Total	Potencial de Restauración de Fauna	Regulación hídrica	Dificultades para sanear la ronda	Reestablec. hábitat	Total	Diferencia
Techo	2	1	3	2	1	3	6	3	2	3	8	-2
Vaca	1	1	2	1	0.5	1.5	3.5	3	3	3	9	-5.5
Burro	3	1	4	3	1.5	4.5	8.5	3	2	2	7	+1.5
Capellanía	2	1	3	2	1.5	3.5	6.5	3	2	2	7	-0.5
Tibanica	4	3	7	4	2.5	6.5	13.5	1	2	0	3	+10.5
Juan Amarillo lago	3	2	5	2	2	4	9	2	2	2	6	+3
Juan Amarillo medio	2	1	3	3	2	5	8	2	1	3	6	+2
J.Am.bajo	4	2	6	4	2	6	12	2	3	1	6	+6
Jaboque alto	2	1	3	4	0.5	4.5	7.5	1	2	1	4	+3.5
Jaboque bajo	4	3	7	4	2.5	6.5	13.5	2	3	0	5	+8.5
Santa María del Lago	2	1	3	2	2.5	4.5	7.5	1	0	2	3	+4.5
Meandro del Say	2	1	3	2	1.5	3.5	6.5	2	3	2	7	-0.5
Córdoba	2	1	3	4	3	7	10	3	0	2	5	+5
Torca	2	1	3	3	2	5	8	2	2	2	7	+1
Guaymaral	4	3	7	4	3	7	14	2	2	1	5	+9
La Conejera	4	4	8	4	3	7	15	1	1	1	3	+12

1= Se asignan puntajes según el porcentaje del máximo posible en Anexo 7-9: 1=<25%; 2=25-49%; 3=50-74%; 4=75%+

2= Para definiciones del área efectiva del humedal y ancho de la ronda ver el texto y la Tablas 2.5-2.6

3= En un escala de 0= innecesario o ya hecho, a 3= lo más difícil y costoso

## 2.4.2 ANÁLISIS DE VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SEMIACUÁTICA

Los análisis se basan en información secundaria recopilada en diversas fuentes en los últimos años, así como en observaciones hechas durante salidas de verificación en campo a todos los humedales.

**CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS (POTENCIAL BIÓTICO):** Se evaluaron las características bióticas referidas al conjunto de atributos que posee el humedal en términos de la vegetación acuática y semiacuática (Tabla 2.8). Los parámetros que se utilizaron para valorar dichos atributos, fueron:

- Número relativo de coberturas: definido a partir de las bases de datos de coberturas vegetales.
- Número relativo especies: determinado a partir de la composición de especies.

Los anteriores atributos se expresaron como valores relativos del área de vegetación acuática.

• Área de vegetación acuática y semiacuática: tomada a partir de la base de datos existentes para dichas coberturas, considerando tan solo aquellas que corresponden a unidades fisionómicas acuáticas y semiacuáticas

- Diversidad de coberturas: calculadas como el índice de Shannon.

Tabla 2.8. Características bióticas ( potencial biótico).

Valoración	Burro	Capellanía	Conejera	Córdoba	Jaboque	Juan Amarillo	La Vaca	Meandro del Say	Santa María del Lago	Techo	Tibanica	Torta-Guaymaral
Diversidad Shannon	2,0	1,3	2,4	1,8	3,0	1,7	0,0	1,6	1,4	1,1	1,7	2,1
Número relativo de coberturas	1,4	2,1	0,5	0,4	0,2	0,0	2,0	0,4	1,6	3,0	0,7	0,8
Número relativo de especies	1,1	3,0	0,6	0,6	0,0	0,0	2,3	0,3	2,1	2,9	0,5	1,1
Área de vegetación acuática y semiacuática	0,09	0,02	0,40	0,41	2,41	3,00	0,00	0,53	0,07	0,02	0,31	0,22
Sumatoria (0 -12)	4,5	6,5	4,0	3,2	5,6	4,7	4,3	2,8	5,2	7,0	3,2	4,2
Puntaje (1 -100)	38	54	33	26	47	39	36	23	43	58	26	35

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (OFERTA AMBIENTAL):** Corresponde al conjunto de condiciones físicas que intervienen en el desarrollo y mantenimiento de la vegetación acuática y semiacuática. Los parámetros para definir la valoración de dichas características se relacionan con los factores limitantes y tensionantes descritos a continuación:

- Área espejo de agua.
- Área en tierras en cultivo: el valor se estimó a partir de la medición del área de cobertura que presentó cada uno de los humedales.
- Área con cobertura dominada por *Pennisetum clandestinum*.
- Proximidad entre humedales (Distancia relativa, medida por el método del vecino más cercano).
- Mantenimiento del flujo de agua: se tuvo en cuenta la presencia de afluentes y efluentes superficiales.
- Mantenimiento de las fluctuaciones de agua: se valoró adicionando dos índices:
  - 1) índice de precipitación efectiva (producto del área total del humedal por la clase de lluviosidad, que va descendiendo geográficamente desde 3 al noreste hasta 1 al suroeste), y
  - 2) la importancia del drenaje canalizado.

- Fragmentación: derivada de las descripciones que se tienen de los humedales, considerando el número de secciones en las que ha quedado fragmentado el área original del humedal.
- Factibilidad de ampliación: se calificó teniendo en cuenta la presencia de área que se podría incorporar a la extensión actual del humedal, ya sea por compra o por compensación.
- Presiones por crecimiento urbanístico e invasiones.

• Proyectos de infraestructura: el valor se estimó a partir de la medición del área de cobertura que presentó en cada uno de los humedales, la cual, al igual que la mayoría de los parámetros que se presentan en este documento, se tomó con base en los datos del estudio de Conservación Internacional y la EAAB, 2000.

La estimación, de los valores de los diferentes criterios representados, maneja una escala común de 0 a 3; siendo 0 la condición menos favorable y 3 la mejor. Es importante aclarar que cuando se hace referencia a la mejor condición, se refiere únicamente a la condición actual de estos ecosistemas y sus diferencias o afinidades entre ellos mismos; ya que reconocemos, la historia lo ha mostrado así, que todos los humedales distritales se encuentran en condiciones de alteración determinadas por su historia de transformación y que hay etapas o condiciones que nunca podrán retornar ni siquiera si se hace artificialmente. Para determinar el índice total de cada conjunto de características se sumaron los puntajes y, finalmente, para efectos comparativos, estas sumatorias se expresaron en una escala de 1 a 100. (Tabla 2.9.)

Tabla 2.9. Características físicas ( oferta ambiental).

Valoración	Burro	Capellán	La Conejera	Córdoba	Jaboque	Juan Amarillo	La Vaca	Meandro del Say	Santa María del Lago	Techo	Tibanica	Torca-Guaymaral
Espejo de agua	0,3	0,1	0,2	0,7	0,3	0,9	0,2	0,0	3,0	0,4	0,0	0,3
Área en tierras en cultivo	3,0	3,0	0,0	3,0	1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,4
Área con cobertura de Pennisetum clandestinum	0,6	0,1	0,9	3,0	1,5	1,4	1,8	0,0	0,9	0,2	2,0	0,3
Proximidad entre humedales(0-3)	2,0	0,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	1,6	1,5	2,0	3,0
Mantenimiento del flujo de agua	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	0,0	0,0	2,0	3,0
Mantenimiento de las fluctuaciones de agua (precipitación efectiva y drenaje canalizado)	2,1	3,4	2,7	3,5	2,0	3,0	1,0	0,5	3,1	3,0	1,1	1,7
Fragmentación	0	1	3	1	2	2	0	2	3	0	0	2
Factibilidad de ampliación: compensación	3,0	0,0	1,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0
Presiones por crecimiento urbanístico e invasiones	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	1,0
Proyectos de infraestructura que impactan negativamente	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	1,0
Sumatoria (0 - 30)	15	13	16	19	16	17	9	17	18	8	12	17
Puntaje (1 - 100)	49	43	52	65	54	58	30	55	59	26	40	58

Es importante observar que la posición de cada humedal en las escalas ordinales difiere para los dos conjuntos de atributos; lo que significa que en cada caso existe un conjunto de actividades de recuperación, que por la importancia de los parámetros valorados, deben ser abordadas con prelación a las otras.

**POTENCIAL DE RECUPERACIÓN O REHABILITACIÓN:** El potencial de recuperación o rehabilitación para la vegetación acuática y semiacuática se obtiene de la integración (promedio) de los porcentajes obtenidos por cada humedal para los dos conjuntos de atributos bióticos y físicos. A partir de este análisis se definió el nivel de prioridad para la intervención de los humedales en relación con las



características físicas y bióticas (Tabla 2.10, Figura 2.20.). Es evidente que ningún humedal alcanza una alta puntuación en razón a que carecen de plena capacidad autorreguladora.

Tabla 2.10. Potencial de rehabilitación o recuperación de los humedales.

Humedal	Promedio
Techo	42.13
La Vaca	33.09
Tibanica	33.20
Capellanía	44.80
Burro	43.45
La Conejera	42.57
Jaboque	50.29
Meandro del Say	39.00
Juan Amarillo	48.59
Torca-Guaymaral	46.52
Santa María del Lago	51.12
Córdoba	45.72

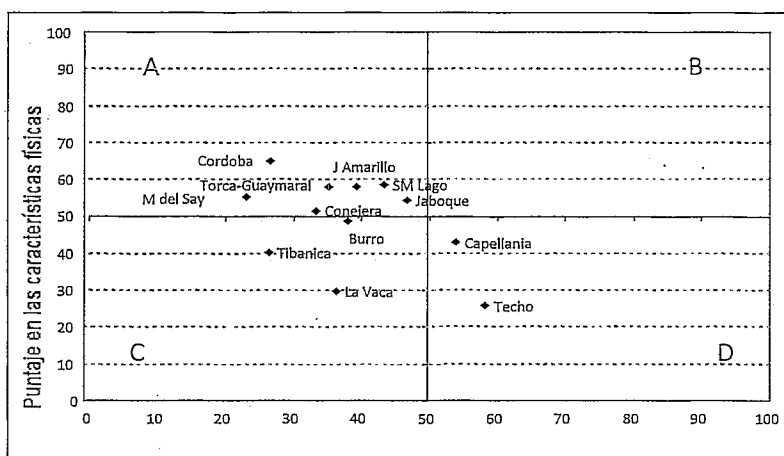


Figura 2.20. Potencial de recuperación. Eje vertical: integración de las características bióticas y físicas. El eje horizontal a los porcentajes.

La agrupación obtenida con los datos de vegetación acuática y semiacuática muestra un agrupamiento radicalmente diferente al obtenido con los datos de presencia-ausencia de las especies, mencionadas en los anexos 1 a 4, indicando la considerable heterogeneidad inherente a la diferente naturaleza de los datos de partida y al hecho de que los factores locales que pueden explicar las variaciones cualitativas (presencia/ausencia) parecen diferir de aquellos que influyen en las variaciones cuantitativas (coberturas).

Tales variaciones obedecen a la existencia de combinaciones de pocas especies en diferentes proporciones, generadas por una considerable variabilidad morfológica de los humedales, así como por su grado de afectación a causa de los diferentes factores degradantes, todo lo cual incide en la heterogeneidad a escala muy pequeña a la cual está sujeta la estructura, composición y desarrollo de la vegetación acuática y semiacuática. Infortunadamente la información sobre características del medio físico y calidad del agua no tiene el mismo grado de detalle espacial que permita una interpretación adecuada de estos patrones.

Además se debe tener en cuenta que estas clasificaciones corresponden a la situación de la vegetación acuática y semiacuática en el momento de las observaciones (2001) y es posible que existan modificaciones importantes en la distribución de las coberturas dadas por transformaciones posteriores, incluyendo los

trabajos de adecuación con intervenciones intensivas como en el caso de Santa María del Lago, Torca-Guaymaral y Juan Amarillo, así como por los procesos de desecamiento y relleno en algunos de los humedales.

El comportamiento de los humedales en los dos sistemas de valoración muestra que la mayoría de ellos se ubican en el cuadrante A de la figura, con valores más elevados en los atributos físicos que en los bióticos, indicando la prioridad de acción de recuperación sobre estos últimos (Figura 2.20). En situación opuesta están los humedales de los cuadrantes C y D. Los humedales ubicados hacia el centro de la distribución requieren esfuerzos de atención similares en los dos aspectos: físico y biótico.

### 2.4.3. ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN TERRESTRE

Dado el estado de la información con la que se cuenta actualmente, fue necesario tomar como fuente de información secundaria el estudio realizado por Conservación Internacional Colombia y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (2000) por ser el último trabajo, a nivel de diagnóstico, que se realizó en los 13 humedales distritales.

Con base en dicha información y partiendo de la fiabilidad de muestreo y la veracidad de los datos allí consignados, fue necesaria la transformación de ciertos parámetros, previamente establecidos, a valores de tipo cuantitativo, por medio de la asignación de valores en una escala de 0 a 3, donde cero es la condición menos favorable y 3 es la más favorable.

Es importante aclarar que cuando se hace referencia a un valor mayor no implica que el estado actual de ese ecosistema es el "ideal" y por ende no requiere de la implementación de tratamientos de rehabilitación o recuperación. Un valor más alto está relacionado con la presencia de condiciones ecosistémicas más favorables en comparación con otros.

Como producto del análisis de la información disponible, se destaca la necesidad urgente de contar con estudios detallados que respondan a metodologías de muestreo estandarizadas, con el fin de hacerlos comparables y con esto generar herramientas para los investigadores, las entidades y la comunidad, útiles para la toma de decisiones.

**OFERTA AMBIENTAL:** para el caso específico de la cobertura vegetal terrestre, la oferta ambiental se estimó teniendo en cuenta los diferentes parámetros establecidos para el análisis de fauna, dada la función que cumple esta cobertura como refugio, percha, hábitat para la reproducción y mantenimiento de diferentes poblaciones.

Por otro lado se incluyeron variables que hacen referencia al régimen de tensionantes (RT), las cuales se definen en términos de su naturaleza, intensidad, frecuencia, ya sean de origen natural o antrópico y las perturbaciones que generen. Dichos parámetros fueron organizados en una matriz conjunta con los aspectos para la evaluación de la oferta ambiental; lo anterior para efectos de sintetizar la información y mantener el formato que se viene desarrollando para los demás componentes.

A continuación se mencionan los parámetros establecidos para tal fin:

- **Ancho de la ronda:** Según el decreto 190/2004 la ronda hidráulica de un cuerpo de agua se define como la zona de protección ambiental e hidráulica no edificable de uso público, constituido por una franja paralela alrededor de los cuerpos de agua, medida a partir de la línea máxima de inundación, de hasta 30m. de ancho cuyos usos principalmente son el manejo hidráulico, la restauración ecológica y la investigación básica y aplicadas.
- **Estructura de la vegetación terrestre:** este parámetro fue definido con base en las coberturas de vegetación terrestre obtenidas a partir del estudio de CIC y la EAAB (2000), que hace referencia a los tipos de cobertura vegetal presente en la ronda de los humedales. A partir de una de las principales actividades a la hora de elaborar modelos de intervención, como lo es el enriquecimiento con especies nativas, obtendrán un valor superior los humedales que tengan mayores porcentajes de cobertura con

especies nativas, el valor va en descenso con respecto a composiciones mixtas y es mucho menor con especies exóticas.

- Composición de la vegetación terrestre: definida a partir de los tipos de coberturas presentes.
- Presión por urbanización: este parámetro presenta alta variabilidad, como uno de los tensionantes más determinantes en la dinámica de transformación para los humedales bogotanos.

Un valor alto hace referencia a humedales como Santa María del Lago, que a pesar de su historia de transformación, actualmente, cuenta con una barrera física de cerramiento que impide que nuevas urbanizaciones generen otros impactos negativos. También se encuentra el caso de humedales como La Conejera, que a pesar de ser una zona con alto potencial de urbanización, cuenta con una fuerte organización social en torno a su conservación.

En el caso opuesto están humedales como La Vaca, Burro y Techo sobre los cuales se ejerce una fuerte presión urbanística, ya que no existen barreras físicas que eviten su constante invasión.

- Áreas de Cultivo: se estimó a partir de la medición de este tipo de cobertura.
- Áreas desprovistas de cobertura vegetal o cobertura vegetal ausente: parámetro que hace referencia a aquellas zonas en las que no existe cobertura vegetal y que en su mayoría son zonas con presencia de residuos sólidos.
- Áreas con predominancia de especies invasivas: el valor se estimó a partir de la identificación y medición del área de cobertura de *Retamo* y *Pennisetum* siendo una de las principales especies de carácter invasivo con mayor predominancia en estos ecosistemas.

En la tabla 2.11 se presentan en forma detallada los criterios que se tuvieron en cuenta para la obtención de cada uno de los valores de oferta ambiental en los humedales bogotanos.

Tabla 2.11. Puntaje asignado a los criterios seleccionados para la obtención de oferta ambiental de la vegetación terrestre

Criterio	Puntaje	Valor correspondiente
A. Ancho de la ronda	0	< 10 m
	1	10- hasta 20 m
	2	20- hasta 30 m
	3	>30 m
B. Estructura de la vegetación terrestre	0	Suelo desnudo o cemento
	1	Pasto o vegetación herbácea baja, arbustos y arbolitos aislados
	2	Pasto con arbustos, pocos árboles
	3	Mezcla de vegetación baja, arbustos y árboles bajos y altos
C. Composición de la vegetación terrestre	0	Sin vegetación
	1	Principalmente exótica
	2	Mixta
	3	Principalmente nativa
D. Presión por áreas urbanizadas	0	Aumento del establecimiento de urbanizaciones ilegales
	1	Establecimiento de invasiones ilegales
	2	Invasiones ilegales controladas y temporales
	3	Zonas arborizadas anchas: protección más efectiva
E. Obras de infraestructura que impactan negativamente	0	Presencia alta de obras de infraestructura
	1	Media Alta presencia de obras de infraestructura
	2	Media – baja presencia de obras de infraestructura a
	3	Presencia baja de obras de infraestructura duras

F Áreas cultivos	0	Con alto porcentaje de presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
	1	Media Alta presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
	2	Media – baja presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
	3	Sin presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
G. Suelo desnudo o de cobertura vegetal ausente	0	Con alto porcentaje de presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
	1	Media Alta de suelo desprovisto de cobertura vegetal
	2	Media – baja de suelo desprovisto de cobertura vegetal
	3	Sin presencia de suelo desprovisto de cobertura vegetal
H. Áreas vegetación invasiva caso específico: <i>Penisetum clandestinum</i> (P) y <i>Ulex europeus</i> (UPA)	0	Baja presencia de áreas con vegetación invasiva
	1	Media – baja presencia de áreas con vegetación invasiva
	2	Media Alta presencia de áreas con vegetación invasiva
	3	Con alto porcentaje de áreas con vegetación invasiva
Cálculo de la oferta ambiental de la ronda: puntaje total de A + B + C + D + E + F + G + H		

La estimación de los valores asignados a cada criterio se maneja en una escala de 0 a 3, donde cero (0) es la condición menos favorable y tres (3) la más favorable. Es importante aclarar que este criterio hace referencia al estado actual del ecosistema y sus diferencias o afinidades con otros. En la tabla 2.12, se presenta el valor de la sumatoria de los 8 parámetros en una escala de 0 – 24, siendo 0 el mínimo valor posible y 24 el mayor. Con el fin de hacer comparables los resultados se transformaron a una escala de 0 a 100.

Tabla 2.12. Valoración de la oferta ambiental para la cobertura vegetal terrestre en los humedales de Bogotá.

CRITERIO	Burro	Capellánía	Conejera	La Córdoba	Jaboque	Juan Amarillo	La Vaca	Meandro del Say	Santa María del Lago	Techo	Tibanica	Torca y Guaymaral
A. Ancho de la ronda	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0
B. Estructura de la vegetación terrestre	1,0	1,0	2,5	3,0	1,5	2,0	0,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2
C. Composición de la vegetación terrestre	1,5	1,5	3	3	2	2,5	0,0	1,5	2	1	1	2,5
D. Presión por áreas urbanizadas	2,83	0,72	2,72	2,95	2,56	2,72	0,00	2,94	3,00	2,70	3,00	2,92
E. Obras de infraestructura	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	1,0
F. Áreas de cultivos	3,00	3,00	0,20	3,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,32
G. Áreas de Suelo desnudo (CVA)*	0,17	2,72	3,00	2,98	3,00	1,08	1,97	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00
H. Áreas con vegetación invasiva	1,72	0,51	1,38	3	2,98	2,49	2,77	0	1,52	1,02	2,48	1,64
Sumatoria ( 0 - 24 )	13,22	12,45	15,8	21,98	15,04	16,79	7,74	14,44	20,52	11,72	13,48	17,38
Puntaje ( 0 - 100 )	55,08	51,88	65,83	91,38	62,67	69,96	32,25	60,17	85,50	48,83	56,17	72,42

\* CVA -> Cobertura Vegetal Ausente.

POTENCIAL BIÓTICO: para el caso de la cobertura vegetal terrestre (Tabla 2.13-2.14), el potencial biótico se estimó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Número relativo de coberturas: definido a partir de datos de coberturas vegetales, los cuales fueron estimados con base en el estudio de la EAAB & CIC, 2000.
- Número relativo de familias: determinado a partir de datos de presencia de familias de vegetación terrestre en el área de ronda, las cuales fueron extractadas del estudio de EAAB & CIC, 2001 y algunos trabajos puntuales realizados durante los últimos años en los humedales distritales y en otros casos para los que existe información secundaria de consulta.
- Diversidad de coberturas: se calcularon empleando el índice de Shannon.

$$H' = - \sum_{i=1}^I \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$
, donde  $n_i$  es el área de cada cobertura y  $N$  es la suma de las áreas de todas las coberturas.

- Áreas de vegetación terrestre presente en la zona de ronda, estimadas a partir del estudio de EAAB & CIC, 2001.

El mayor potencial biótico se obtuvo en su orden para los humedales de Córdoba, La Conejera, Torca-Guaymaral y Santa María del Lago, entre tanto, los menores valores se presentaron para los humedales del Meandro del Say, Capellañía, La Vaca y El Burro.

Tabla 2.13. Convenciones y porcentajes de los principales tipos de coberturas vegetales terrestres existentes en los humedales.

CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN
UPA	Vegetación dominada por retamo espinoso ( <i>Ulex europaeus</i> ), pastizal de kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) y acacia ( <i>Acacia sp.</i> )
GR	Área dominada por Gramíneas <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> y <i>Holcus lanatus</i> y con presencia de especies arbustivas nativas
ARVE	Área reforestada con especies introducidas, con presencia principal de acacia ( <i>Acacia spp.</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus spp.</i> ), cipres ( <i>Cupressus sp.</i> ), y pino ( <i>Pinus spp.</i> )
ARVNE	Área reforestada con especies nativas e introducidas, con presencia principal de chilco ( <i>Baccharis cf. latifolia</i> ), arrayán ( <i>Myrcianthes leucoxyla</i> ), aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ), cerezo ( <i>Prunus sp.</i> ), jazmín del cabo ( <i>Pittosporum undulatum</i> ), sangregado ( <i>Croton sp.</i> ), mano de oso ( <i>Oreopanax floribundum</i> ), cedro ( <i>Cedrella montana</i> ), acacia ( <i>Acacia spp.</i> ), pino ( <i>Pinus spp.</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus spp.</i> ), sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> ), sauco ( <i>Sambucus peruviana</i> ), urapan ( <i>Fraxinus chinensis</i> ), cipres ( <i>Cupressus sp.</i> ), holly ( <i>Pyracantha coccinea</i> ), higuera ( <i>Ricinus communis</i> ), retamo espinoso ( <i>Ulex europaeus</i> ).
ARVN.	Área reforestada con especies nativas dominada por sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> ), arboloco ( <i>Smallanthus pyramidalis</i> ) y sauco ( <i>Sambucus peruviana</i> ), cerezo ( <i>Prunus sp.</i> ), aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ), caucho ( <i>Ficus sp.</i> ), cajeto ( <i>Cytherexylum sp.</i> ) y duraznillo ( <i>Abatia parviflora</i> )
VN	Vegetación nativa dominada por aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ), mora ( <i>Rubus sp.</i> ) y moradita ( <i>Cuphea sp.</i> ) con presencia de graciola de páramo ( <i>Gratiola bogotensis</i> ), chilco ( <i>Baccharis cf. latifolia</i> ), lulo de perro ( <i>Solanum marginatum</i> ), borrachero ( <i>Brugmancia arborea</i> ) con presencia de otras especies arbustivas.
SD	Suelo desnudo
UR	Área urbanizadas
CU	Cultivos

Continuación Tabla 2.13.

Cod.	Santa María	Conejera	Jaboque	Juan Amarillo	Córdoba	Torca	Tibanica	Techo	Meandro	Capellania	Burro	Vaca	Área total has.	%total de ocupación
UPA			0,2130		0,23	4,30				0,1297			4,88	0,73%
			0,14%		0,59%	6,35%				0,41%				
GR	4,629	3,923	34,094	71,056	6,432	26,236	6,654	5,941	56,110	19,882	7,954	2,277	245,19	36,87%
	42,62%	44,66%	22,63%	31,97%	16,32%	38,72%	33,69%	56,23%	65,64%	62,99%	44,19%	28,67%		
ARVE	0,69	0,57	4,99	4,01	3,49	1,29	0,02	0,05	6,00	0,40	0,29	0,06	21,85	3,29%
	6,34%	6,44%	3,31%	1,80%	8,85%	1,91%	0,13%	0,50%	7,02%	1,28%	1,60%	0,71%		
ARVNE	0,15	0,70	4,03	0,46	7,72	4,14		1,02	2,51		0,75	0,41	21,88	3,29%
	1,41%	7,97%	2,68%	0,21%	19,58%	6,11%		9,67%	2,93%		4,14%	5,14%		
ARVN.	0,05	1,03	0,16	3,05	1,78	1,33			0,01				7,41	1,11%
	0,45%	11,71%	0,10%	1,37%	4,52%	1,96%			0,01%					
VN	0,04	0,49			0,38	6,90				0,33	0,14		8,28	1,25%
	0,41%	5,54%			0,97%	10,19%				1,05%	0,75%			
SD				13,243	0,026				7,954	0,275	1,579	0,254	23,33	3,51%
				5,96%	0,07%				9,31%	0,87%	8,77%	3,19%		
UR		0,240	6,544	6,224	0,196	0,539		0,310	0,513	7,104	0,294	2,353	24,32	3,66%
		2,74%	4,34%	2,80%	0,50%	0,80%		2,93%	0,60%	22,51%	1,64%	29,63%		
CU		0,074	1,367			0,345							1,79	0,27%
		0,85%	0,91%			0,51%								
	5,56	7,01	51,39	98,03	20,25	45,08	6,67	7,325	73,09	28,12	10,97	5,34	358,93	

Ver Tabla 2.14, que muestra valores de cobertura y la descripción de las convenciones señaladas en la Tabla 2.13.

	Burro	Capellanía	La Conejera	Córdoba	Jaboque	Juan Amarillo	La Vaca	Meandro del Say	Santa María del Lago	Techo	Tibanica	Torca y Guaymaral
Diversidad Shannon	1,04	0,42	2,68	3,00	1,51	0,83	1,09	0,99	1,25	0,96	0,00	2,73
Número relativo de coberturas	1,50	0,75	2,25	3,00	2,25	1,50	0,75	1,50	2,25	0,75	0,00	3,00
Número relativo de familias	0,67	0,17	3,00	2,50	0,50	2,67	0,00	0,17	2,67	0,33	1,50	0,92
Área tipo de comunidad de vegetación terrestre por humedal 2	UPA	3,00	2,81	3,00	2,72	2,93	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00
	GR	1,31	0,16	1,28	3,00	2,62	2,25	0,00	1,4	0,57	1,94	1,64
	ARVE	2,50	2,61	0,83	0,00	1,91	2,80	0,63	0,87	2,87	3,00	2,39
	ARVNE	0,63	0,00	1,22	3,00	0,41	0,79	0,45	0,22	1,48	0,00	0,94
	ARVN	0,00	0,00	3,00	1,16	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,50
	VN	0,22	0,31	1,63	0,28	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	3,00
	SD	0,17	2,72	3,00	2,98	1,08	1,97	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	UR	2,83	0,72	2,72	2,95	2,72	0,00	2,94	3,00	2,70	3,00	2,92
CU	3,00	3,00	0,20	3,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,32
Rango de la Sumatoria (0-36)	16,87	13,66	24,82	27,60	17,71	19,65	15,65	12,67	20,89	18,68	18,44	22,35
Puntaje (0-100)	46,86	37,95	68,93	76,66	49,19	54,57	43,47	35,21	58,02	51,88	51,23	62,07

Ver Tabla 2.13. Que muestra valores de cobertura y la descripción de las convenciones.

**POTENCIAL DE RECUPERACIÓN O REHABILITACIÓN DE LA VEGETACIÓN TERRESTRE:** el potencial de restauración se obtuvo como producto de la sumatoria de los promedios de la oferta ambiental y el potencial biótico.

La asignación de valores se efectúa dando la mayor prioridad a aquellos cuyo promedio fue el menor, es decir, donde tanto la cantidad, regularidad en el tiempo y distribución espacial de los recursos tanto físicos (radiación, temperatura, humedad, materia orgánica, nutrientes) como bióticos (riqueza + abundancias relativas + distribución espacio-temporal) se encuentran altamente afectados y en donde es viable llevar a cabo acciones de recuperación ecológica en corto plazo que corresponden a los humedales de La Vaca, Capellanía, Meandro del Say y Techo. (Tablas 2.15 y 2.16)

La interpretación de los valores bajos para los humedales de Córdoba, Santa María del Lago y La Conejera obedece a que han sido objeto de acciones de revegetalización desde hace varios años y ello ha mejorado ostensiblemente las condiciones de oferta ambiental y hábitat para especies de fauna dando como resultado procesos de rehabilitación ecológica.

Aún cuando al revisar los valores obtenidos para el potencial de rehabilitación y recuperación, referido al componente de la vegetación terrestre de humedales se presenten diferencias importantes, todos los humedales urbanos requieren diferentes acciones a corto, mediano y largo plazo no sin antes analizar los objetivos y metas para su intervención.

Tabla 2.15. Valoración del potencial biótico (PB) y Oferta Ambiental (OA)

Oferta ambiental y potencial biótico		
Humedal	Potencial biótico	Oferta ambiental
Burro	46,86	55,08
Capellanía	37,95	51,88
La Conejera	68,93	65,83
Córdoba	76,66	91,38
Jaboque	49,19	62,67
Juan Amarillo	54,57	69,96
La Vaca	43,47	32,25
Meandro del Say	35,21	60,17
Santa María del Lago	58,02	85,50
Techo	51,88	48,83
Tibanica	51,23	56,17
Torca-Guaymaral	62,07	72,42

Tabla 2.16. Valoración del potencial de rehabilitación o recuperación

Humedal	Promedio	Prioridad de intervención
Córdoba	84,02	12
Santa María del Lago	71,76	11
La Conejera	67,38	10
Torca-Guaymaral	67,25	9
Juan Amarillo	62,26	8
Jaboque	55,93	7
Tibanica	53,70	6
Burro	50,97	5
Techo	50,35	4
Meandro del Say	47,69	3
Capellanía	44,91	2
La Vaca	37,86	1t



## 2.5. SÍNTESIS DE LAS INTERVENCIONES PARA LA RECUPERACIÓN O REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE LOS HUMEDALES DISTRITALES

Con el fin de proponer una clasificación de los humedales urbanos del Distrito y priorizar las acciones de intervención en ellos, se realizó el análisis ecológico de tres componentes bióticos del ecosistema (aves, vegetación acuática-semiacuática y vegetación terrestre).

La biota presente en el cuerpo de agua (zooplankton, fitoplancton y perifiton) no se analizó en este apartado como resultado de las deficiencias en la calidad de información secundaria existente.

Dada la variabilidad en la cantidad y calidad de la información obtenida para uno u otro tema, lo disímil de las metodologías empleadas por los autores para la captura de la información y su análisis, especialmente en lo relacionado con limnología y vegetación acuática, fue muy complejo integrarlas en un solo análisis para definir el potencial de rehabilitación o recuperación. Como resultado se presentaron como apartados de este capítulo manteniendo el mismo fundamento en su interpretación de acuerdo con el potencial biótico y la oferta ambiental.

No obstante, el procedimiento empleado permitió establecer que independientemente de las condiciones de los humedales urbanos en cuanto a su oferta ambiental, sus potenciales biótico y de restauración, ya sea este de recuperación o de rehabilitación, todos los humedales deben ser objeto de intervención dado su alto valor ecológico y la amplia oferta de servicios ambientales que pueden prestar para la recreación pasiva, el aprendizaje y la investigación aplicada.

El detalle de las actividades para cada uno de los componentes bióticos, físicos e hidráulicos en cada humedal debe ser propuesto y desarrollado en los programas y proyectos de los planes de manejo ambiental, teniendo en cuenta sus particularidades. Sin embargo y como parte del presente capítulo, la tabla 2.17 presenta una propuesta de las acciones más importantes que se deben desarrollar para la recuperación o rehabilitación, agrupadas en ejes temáticos (aspectos hídricos, configuración morfológica, vegetación y control de tensionantes).

De acuerdo con la percepción de las características físicas y biológicas, obtenida en cada uno de los humedales, para cada actividad se dio un puntaje ordinal de prioridad de 0 a 3. Los puntajes se totalizaron para cada humedal y se llevaron a una escala relativa de 0 a 100 para compararlos entre sí.

Los valores totales obtenidos en la priorización de los humedales oscilan entre 47 y 70, lo cual significa que todos son recuperables ecológicamente, pero aquellos con mayor puntaje total requieren manejo más urgente, pues presentan alta prioridad para un mayor número de actividades y aquellos con menores puntajes pueden ser objeto de intervención para mejorar su condición ecológica, con la ejecución de menor cantidad de intervenciones.

El mayor puntaje lo obtuvieron, en su orden, los humedales de La Vaca y El Burro (70) lo que traduce la urgencia de su intervención en casi todos los componentes del ecosistema buscando su recuperación. Entre tanto, los humedales que presentaron los menores puntajes y, que en principio, dan una corta espera para dar continuidad a las intervenciones que se vienen desarrollando con miras a su rehabilitación ecológica, corresponden a los de La Conejera (47), Córdoba (48), Santa María del Lago y Tibanica con igual puntaje (53).

Un tema de suma importancia para los humedales es el relacionado con los aspectos hidráulicos puesto que es preciso garantizar las fluctuaciones de nivel (caudal ecológico) en el cuerpo de agua ya que de ello depende la sostenibilidad de la biota existente así como la recuperación o rehabilitación de poblaciones o especies de flora y fauna. Este tema está aún por desarrollar en gran parte de los humedales del Distrito y es la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá la entidad responsable de avanzar en los estudios correspondientes que permitan establecer para cada caso los requerimientos mínimos.

Tabla 2.17. Propuesta de acciones prioritarias de restauración o rehabilitación de los humedales urbanos (Valoración de 1 a 3, siendo 3 el más prioritario).

Aspectos	Acciones	La Vaca	El Burro	Torca	Jaboque	J. Amarillo	Techo	M. del Say	Capellana	Guaymaral	Tibánica	Sia. Maria	Córdoba	Cometara	Total
Aspecto hídrico	Garantizar la irrigación hídrica del humedal.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	39
	Aumentar el espejo de agua.	3	2	3	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	21
	Controlar el arrastre de residuos sólidos.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	37
	Controlar el vertimiento de contaminantes en los afluentes y en el humedal	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	36
	Control drenajes inapropiados	2	1	3	3	3	2	1	3	3	2	1	2	1	27
Configu- ración morfoló- gica	Adecuación de pendientes en el perfil litoral	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	1	2	32
	Configuración de islas	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	16
	Configuración de la línea litoral	3	3	2	1	2	3	1	1	1	3	3	1	1	25
	Remoción de rellenos.	3	3	1	1	1	2	3	3	2	1	1	1	1	23
	Remoción de sedimentos	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	20
Vegetación: introducir especies	Eliminación de <i>Pennisetum clandestinum</i> y otras especies invasoras	3	2	3	2	2	3	3	3	3	1	1	1	2	29
	Mantener limitado el desarrollo de especies exóticas	2	1	2	2	2	3	2	1	2	2	3	2	2	26
	Siembra de especies nativas adecuadas al gradiente de profundidades y a las condiciones climáticas de cada humedal	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	33
	Siembra de especies adecuadas en los islotes.	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	17
	Siembra de especies adecuadas en la zona de inundación permanente.	3	2	3	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	21
Amenazas externas (control de tensionan- tes)	Establecimientos de bancos de semillas y propágulos.	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	25
	Siembra de vegetación de sombra	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	1	1	28
	Eliminación de áreas de cultivo	1	1	1	2	2	1	3	1	2	1	1	1	1	18
	Eliminación de áreas de pastoreo	1	1	2	3	2	1	1	3	2	1	1	1	1	20
	Control de la suposición de residuos sólidos	3	3	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	25
	Prevención de incendios de vegetación seca	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	16
	Cerramiento perimetral	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1	30
	Total	46	46	45	43	43	43	42	42	42	35	35	32	31	
	Total porcentual	70	70	68	65	65	65	64	64	64	53	53	48	47	

# CAPÍTULO 3

## LA RECUPERACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE HUMEDALES



Humedal de Santa María administrado por la Secretaría Distrital de Ambiente. Thomas McNish.

Este capítulo propone el abordaje de la recuperación o rehabilitación ecológica de los humedales a partir de lineamientos para la toma de decisiones en torno a cinco aspectos: 1) hidráulicos, 2) vegetación acuática y semiacuática, 3) control de especies invasoras, 4) vegetación terrestre y 5) fauna silvestre.

El propósito de este capítulo no es precisamente establecer cuáles son las actividades específicas a desarrollar en cada humedal sino ofrecer alternativas, que analizadas bajo la óptica del estado actual, la oferta ambiental, potencial biótico y potencial de recuperación o rehabilitación (temas que deben ser abordadas en los planes de manejo ambiental) permitan a los formuladores y ejecutores de los programas y proyectos acceder a herramientas de análisis para la toma de decisiones.

### 3.1. REGULACIÓN HÍDRICA

Hace referencia a la construcción de obras hidráulicas para el control de inundaciones, canales colectores perimetrales, etc., modifican el régimen de caudales y niveles. El diseño y manejo de estas obras debe armonizarse con las necesidades hídricas del ecosistema, garantizando una irrigación en las cantidades, calidades y con la periodicidad compatible con el funcionamiento de los componentes acuáticos, especialmente, con las comunidades de vegetación.

De acuerdo con los balances hídricos preliminares que se han calculado en diversos estudios adelantados por la EAAB, en la mayoría de los humedales se ha encontrado que dichos balances han sido drásticamente afectados por los canales de conducción que los atraviesan. Estos han sido construidos y mantenidos, principalmente, para garantizar el flujo rápido de aguas y para evitar el ingreso constante de aguas negras o grises al humedal o para que estas solo ingresen en los períodos de aguas lluvias altas, de tal manera que la mayor dilución tenga un impacto menos severo en la colmatación del cuerpo mismo del humedal.

En general, la alternativa de dragar para recuperar la profundidad del vaso eliminaría en buena parte los canales actuales permitiendo el ingreso de agua a todo el cuerpo del humedal; sin embargo, es importante resaltar que si estos canales se conservan no deberían existir conexiones entre ellos y el cuerpo del humedal circundante, ya que estos mantienen la mayor parte del año un nivel de agua más bajo de agua lo que implican un drenaje innecesario del humedal hacia el canal, aumentando el déficit hídrico.

#### 3.1.1. MEJORAR LAS CONDICIONES DE OFERTA DE AGUA A LOS HUMEDALES

El desarrollo de los planes de saneamiento por parte de la EAAB, consistentes en la separación de las aguas negras y lluvias, mediante la conducción por tubería de las primeras hacia las plantas de tratamiento posiblemente ocasionará en los humedales situaciones de estrés hídrico en las épocas más secas lo que plantea la necesidad de analizar alternativas para el suministro de agua, con cierta calidad, al sistema de humedales que podría provenir de las siguientes fuentes:

- Aguas lluvias recogidas por la superficie pavimentada de las grandes vías y las provenientes de los barrios vecinos que brinden cierta seguridad de no tener conexiones erradas. Sin embargo, se debe observar para su tratamiento previo, que el primer "barrido" o aporte de este tipo de aguas presenta altos niveles de contaminación. En este caso se aprovecharía la capacidad de recolección de aguas lluvias que tienen los espacios pavimentados para orientar esas aguas directamente al humedal o hacia los reservorios o lagunas a los cuales se hace referencia más adelante, con el objeto de mejorar la calidad de agua de los mismos y contribuir al mantenimiento de un balance hídrico positivo en el sistema de humedales. Esta modalidad puede establecerse en todos ellos, dado que de una u otra forma están siendo atravesados por grandes vías y se debería recomendar que dentro del diseño de las mismas se incluyera este tipo de obras que bien pudiera ser considerada como de compensación por los impactos que ellas generan.

- Aguas tratadas en la segunda fase de desarrollo de las plantas de tratamiento como la del Salitre o por establecer en la desembocadura de los ríos Fucha y Tunjuelo. Como se ha mencionado anteriormente, es razonable suponer que luego de entrar en marcha el plan de saneamiento planeado por la EAAB que posibilitará la descontaminación paulatina de todo el sistema de humedales distritales, se podrán presentar situaciones de estrés hídrico en estos ecosistemas, que tendrían implicaciones severas sobre el proceso de recuperación.

Por esta razón, una de las opciones podría ser la de aprovechar el agua que saldría de las plantas de tratamiento y que en el caso de la del Salitre, tendría un caudal del orden de 4m<sup>3</sup>/sg. Estas aguas en su primera fase de tratamiento salen en un estado de tratamiento primario, es decir con un retiro únicamente de sólidos suspendidos. Por lo tanto, la recirculación propuesta solamente debe llevarse a cabo cuando se surta el proceso de tratamiento previsto para la segunda etapa.

- Irrigar, mediante estructuras, aguas del río Bogotá. Esta posibilidad de aporte de agua para los humedales, solamente debería implementarse en la medida que se asegure una adecuada calidad de la misma, como resultado de los procesos de descontaminación previstos; sin embargo, es necesario desarrollar una metodología para estudiar la capacidad que posee un humedal para mitigar los aportes de material contaminante, con el fin de prever la calidad del agua.

- Aguas subterráneas obtenidas de pozos profundos. Esta podría ser otra alternativa de suministro de agua para los humedales; sin embargo, sobre el uso de este recurso existe incertidumbre en las consecuencias que pueda producir sobre los suelos y acuíferos de la sabana opción que requiere el análisis de factibilidad técnica y financiera.

Otras acciones que contribuyen a garantizar una adecuada irrigación hídrica de los humedales son:

- Separación de las aguas lluvias y aguas negras de los alcantarillados de los barrios aledaños al humedal o que se encuentran en la microcuenca aferente, con el fin de poder dirigir los colectores pluviales hacia el humedal y las aguas negras conducir las hasta las plantas de tratamiento.

- La construcción de obras hidráulicas que canalicen las aguas lluvias hacia el humedal por medio de estructuras de alivio y descarga. Esto permite que los colectores combinados en eventos de lluvia, descarguen los excesos en condiciones de mejor calidad a los canales de aguas lluvias o a los cuerpos hídricos.

- Eliminación de los drenajes o bombeos construidos con el fin de desecar el humedal para aumentar áreas de pastoreo. El drenaje de los humedales para su desecamiento es una práctica generalizada y obedece a decisiones de particulares que las llevan a cabo de manera unilateral para beneficiarse. La primera actividad a efectuar es realizar un inventario actualizado de los drenajes, canales y acequias, determinando su ubicación y capacidad hidráulica, lo cual permitiría establecer el criterio para priorizar las decisiones de intervención en los humedales.

### 3.1.2. RESTITUCIÓN DEL ESPEJO DE AGUA

Uno de los aspectos más complejos en la recuperación de los humedales se refiere a la restitución del espejo de agua perdido a causa de las alteraciones del régimen hídrico del humedal por colmatación natural, dragados, rellenos, drenajes, etc. La importancia de recuperar estos espejos de agua está en abrir espacio físico para el desarrollo de vegetación flotante cuando la columna de agua es suficientemente clara y profunda (mayor a 50 cm.). Al ampliar el espejo de agua se posibilita el desarrollo de vegetación sumergida y semisumergida (Hyphydata, Mesopleustophyta) que constituye a su vez un buen hábitat para macroinvertebrados importantes en la dieta de la avifauna.

Cuando la hidrología del humedal incluye crecidas de caudal por eventos extraordinarios de lluvia, la formación de espejos de agua se da espontáneamente por arrastre masivo de vegetación y materiales

sedimentados en el cauce del humedal. Estos procesos de autolavado natural contribuyen a la recuperación del espejo de agua y, por lo tanto, a la variación del microclima en un humedal; sin embargo, es eficiente siempre y cuando exista un efluente, ya sea natural o artificial, para evacuar las aguas producto de un evento extraordinario en temporada de lluvias. En este caso la disposición de los sedimentos extraídos debe hacerse *ex situ* (fuera del área efectiva del humedal), aprovechando este material para conformación de perfiles de pendientes en otros litorales o aprovechando su riqueza en materia orgánica para la fertilización de suelos de baja calidad en la ronda.

Previo a la decisión de implementar una o varias de estas medidas propuestas para llevar agua a los humedales, se debe realizar una completa modelación hidráulica que determine la cantidad de agua necesaria y efectuar los estudios ambientales, técnicos y económicos que sustenten su aplicabilidad, incluyendo la definición de las características físico-químicas del agua a introducir.

### 3.1.3. CONTROL DEL ARRASTRE DE RESIDUOS SÓLIDOS

Uno de los problemas recurrentes en todos los humedales de Bogotá es la acumulación de basuras, que se convierten, generalmente, en botaderos dentro del humedal. La medida de remediación consiste en su remoción total y la medida de control es limitar el acceso libre al humedal por su perímetro por medio de un cerramiento completo.

Otra fuente de residuos sólidos proviene del arrastre a través de los afluentes en relación con lo cual las medidas de control pueden consistir en la instalación de mallas o rejillas de retención, trampas de basuras, sedimentadores o desarenadores ubicados en los sitios de entrada de los afluentes al humedal. Estas estructuras requieren mantenimiento periódico para garantizar que cumplan adecuadamente con su función en las épocas de lluvias, cuando las crecidas pueden efectuar arrastres más frecuentes y masivos (Figura 3.1). En el caso de existencia de actividad minera (areneras, gravilleras, concreteras, etc.) en la microcuenca aferente al humedal esta alternativa puede disminuir substancialmente las tasas de sedimentación general aportada por los afluentes.



Figura 3.1. Arrastre de residuos sólidos por un afluente al humedal Tibanica (izquierda). Aplicación de una técnica artesanal mediante mallas y recolección permanente para contención y control de residuos sólidos en el humedal La Conejera provenientes de un colector (derecha). David Rivera

### 3.1.4. CONTROL DEL VERTIMIENTO DE CONTAMINANTES EN LOS AFLUENTES Y EN EL HUMEDAL

Algunas actividades para el control de vertimientos a los afluentes y al humedal son:

- La separación de los alcantarillados de aguas lluvias y aguas negras, con lo cual se pueden conducir las aguas negras hasta las plantas de tratamiento y no hasta los cuerpos de agua.
- El tratamiento en las fuentes de las aguas residuales de carácter industrial.
- Construir estructuras de retención de sólidos como mallas o rejillas de retención, trampas de basuras, sedimentadores o desarenadores ubicados en los sitios de entrada de los afluentes al humedal.
- Construcción de sistemas de biotratamiento con macrófitas acuáticas para el manejo de los afluentes de aguas lluvias o combinadas.

### 3.1.5. RECONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA DEL VASO

Este aspecto se refiere al conjunto de actividades que se desarrollan para adecuar la geometría del humedal a una situación que permita un máximo de diversidad del hábitat. La organización espacial de zonas de manejo en el eje transversal de un humedal se representa en la Figura 3.2.

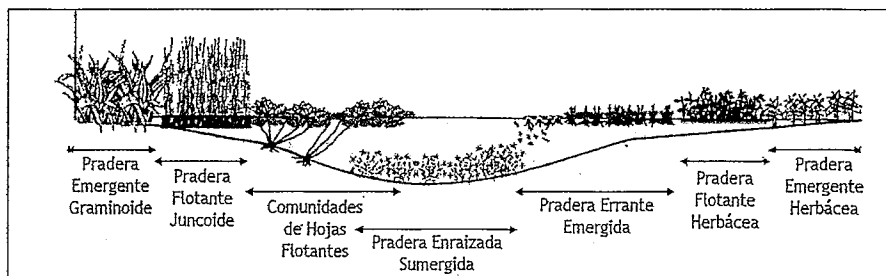


Figura 3.2. Perfil generalizado de los tipos estructurales de vegetación acuática y semiacuática en un humedal con geometría bien conformada. Schmidt -Mumm, 1998.

- **Adecuación de pendientes en la zona litoral:** esta actividad consiste en la movilización de materiales de la orilla y/o los fondos preferiblemente de forma manual o con maquinaria liviana, para conformar un gradiente moderado de profundidades, que maximice el área disponible para el despliegue de los diferentes tipos estructurales de vegetación. Esta adecuación debe contemplar variaciones locales y laterales, aprovechando al máximo las condiciones morfológicas preexistentes, generando pendientes desde el 5 al 10% (significa obtener en 10 metros de longitud, una profundidad de 0,5 a 1m) y una amplitud que permita alojar el volumen de vegetación acorde con el espacio disponible en cada sección transversal de los diferentes humedales.

- **Configuración de islas:** la existencia de islas de forma y perímetro irregular dentro de la zona de inundación permanente del humedal, contribuye a la diversidad de paisajes y ofrece áreas de refugio eficaz para la fauna, al quedar distanciada del litoral donde pueden presentarse factores tensionantes. En éstas se deben plantar especies adecuadas que toleren la humedad del suelo (Figura 3.3).

En los casos en donde se cuente con una superficie de humedal suficientemente amplia, dentro del proceso de manejo o mantenimiento del cuerpo mismo del humedal, como sería el dragado de algunas zonas con el objeto de crear nuevos espejos de agua o darle profundidad al vaso del humedal por sedimentación se podrían desarrollar algunas islas para ayudar a generar los hábitat propicios para el desarrollo de zonas de refugio y anidación de especies de avifauna, tanto residentes como migratorias acuáticas y terrestres. En este caso si el material de dragado cumple con las especificaciones técnicas necesarias, además, de reducir los costos de traslado de lodos a lugares distantes, se estaría evitando la movilización de los mismos a otros lugares donde pudiesen



generar conflictos sanitarios. Estas islas solamente se deben construir utilizando material proveniente del propio humedal, como resultado de las remociones locales de rellenos o sedimentos no peligrosos.

- **Configuración de la línea litoral:** la diversidad de los hábitats en el humedal se ve estimulada al aumentar el área efectiva de la zona litoral del humedal. Por otra parte, el tiempo de residencia del agua se maximiza si la línea litoral se hace irregular con bahías y penínsulas, mejorando así la capacidad de irrigación efectiva de toda la superficie del humedal, así como el aporte de nutrientes y materia orgánica. En toda situación relacionada con esta actividad se depende de manera absoluta del conocimiento detallado de la hidrología y la batimetría del humedal.

- **Remoción de rellenos:** esta es una actividad de alto impacto, que solo puede ser adelantada en situaciones locales donde se requiera para aumentar de manera significativa el área de un humedal muy reducido o fragmentado. Debe tenerse en cuenta también que la alternativa para estos terrenos puede ser el incrementar el área de la ronda y mantener una barrera efectiva contra la inundación de las áreas urbanas ya establecidas.



Figura 3.3. Conformación de un hábitat (macollas de juncos, entre otros) y pequeñas islas en el humedal La Conejera. Thomas McNish.

- **Remoción de Sedimentos:** en algunas situaciones puede considerarse necesaria esta actividad de recuperación pero deben tenerse en cuenta una serie de riesgos inherentes a la redisolución y la resuspensión de elementos y compuestos contaminantes peligrosos, acumulados por largo tiempo en la masa de sedimentos. Por otra parte, se plantea la problemática de disposición de masas considerables de materiales. Para esto se requiere conocimiento detallado tanto de la distribución como de la constitución físicoquímica de los sedimentos, así como de la hidrología, en la zona de influencia del humedal.

Una de las estrategias recomendadas es la recuperación del volumen del vaso de los humedales dentro del área establecida como "zona del humedal" y que para cada caso deberá ser debidamente cartografiada. No obstante, es necesario determinar cuál es la magnitud de remoción de sedimentos y material de relleno a evacuar, tarea para la cual se requiere adelantar trabajos de topografía, batimetría y de caracterización física, química y biológica, determinando el espesor de la capa que se deberá remover, la forma de hacerlo y consecuentemente los costos que ello acarrearía.

En lo referente al destino que deben tener los materiales extraídos es necesario diferenciar entre los sedimentos transportados por las diferentes corrientes de agua que llegan a los humedales (quebradas, canales de aguas lluvias y cañerías de aguas servidas, etc.) y los rellenos hechos intencionalmente con tierra y escombros de construcción.

En el primer caso, es necesario establecer previamente las características de su composición química y bacteriológica, por cuanto pueden presentar altos niveles de toxicidad y en dado caso, su manejo y posterior disposición, debe ser objeto de especiales cuidados y controles ambientales. En el segundo caso, el tipo de material no presenta ningún limitante ambiental para ser depositado en áreas específicas de depósito de escombros del Distrito.



Durante la fase del retiro de los sedimentos, el componente hídrico del humedal experimentará cambios de baja magnitud y, a corto plazo, en la velocidad de flujo de caudales y variaciones en algunos atributos fisicoquímicos como turbidez, oxígeno y otros elementos disueltos y disponibles en la columna de agua, para reducir al máximo estas variaciones es necesario establecer obras de prevención y mitigación de los impactos derivados como:

- Disminuir y en la medida de lo posible, confinar dentro de jarillones el desprendimiento de material particulado que pueda aumentar la turbidez por suspensión a lo largo de la columna de agua.
- Implementar un sistema de manejo hidráulico, que permita que las obras de retiro de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica se realicen lo más rápidamente posible y que afecten de manera leve y controlada los caudales de tránsito interno en el humedal.
- Desarrollar obras de contención hidráulica temporal que aseguren un llenado rápido de las áreas del cauce sujetas a intervención.
- Evitar que tanto los operarios como la maquinaria del proyecto puedan afectar las características fisicoquímicas del agua que corre sobre el cauce del humedal.

En el área de influencia de las actividades en los frentes de ejecución de obras de retiro de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica del cauce se deben mitigar impactos como:

- Aporte de partículas en suspensión en la columna de agua, corriente abajo de los puntos de intervención.
- Aporte de sustancias contaminantes al cauce, que sean generados durante la ejecución de las obras.
- Generación de obstáculos que a largo plazo puedan llegar a alterar de forma negativa el caudal de paso que alimenta al humedal.

En la Tabla 3.1, se presenta las principales actividades que se deben considerar durante las obras de remoción de sedimentos en el humedal, las cuales en lo posible, deben ser efectuadas con maquinaria liviana:

Tabla 3.1. Actividades a desarrollar durante las obras de remoción de sedimentos

ACTIVIDAD	MOMENTO DE EJECUCIÓN	OBSERVACIÓN
Establecimiento de estructuras de embalsamiento.	Durante las obras se adecuará una de estas estructuras y al final de las obras se desinstalará para que sea reemplazada por otra ubicada sobre el rebosadero del Humedal cuya función finalizará una vez se haya estabilizado el sistema.	Estas estructuras estarán conformadas con arcillas hidrosaturadas colocadas en sacos de fique.
Restablecimiento de estructuras de contención permanente.	Durante la ejecución de las obras de encerramiento de las áreas en las que van a extraerse sedimentos.	Corresponden a todas las obras de reconstrucción de los jarillones internos del humedal que por efecto del pisoteo de quienes ingresan a estos lugares y por efecto de las crecientes periódicas del humedal se deterioraron.
Establecimiento de estructuras de contención temporal.	Durante la ejecución de las obras de encerramiento de las áreas en las que van a extraerse sedimentos.	Son jarillones que se retiran una vez culmine la fase de retiro de sedimentos.
Construcciones para bombeo de aguas de exceso dentro del área sujeta a intervención.	Durante la etapa de extracción y redistribución de limos	Corresponde a los canales y zanjas ubicadas sobre la cara interna del jarillón de aislamiento, desde donde se bombea el agua de exceso para mantener en condiciones de operación el área de intervención.

## 3.2. VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SEMIACUÁTICA

Las actividades relacionadas con el manejo de la vegetación en un humedal requieren que se realice una evaluación de los siguientes aspectos generales:

- Determinación de especies.
- Evaluar la diversidad de cobertura y riqueza de especies.

- Si no es posible la opción anterior, se recomienda la definición de grandes coberturas de vegetación monoespecífica (juncuales, eneales, etc.) o coberturas multiespecíficas compuestas por varias especies.
- Establecer tipos fisonómicos presentes a partir del establecimiento de áreas.
- Elaborar el mapa de coberturas vegetales.
- Elaboración de perfil transversal y longitudinal de coberturas.
- Elaboración de la zonificación actual de la vegetación acuática y semiacuática.
- Elaboración de la zonificación de manejo de la vegetación.
- Evaluación de las interacciones de la vegetación con la fauna endémica y transitoria.
- Definición de los objetivos y metas de intervención de las coberturas vegetales.
- Diseño de los prospectos de intervención, su implementación y evaluación.

La determinación de las especies objeto de revegetalización estará condicionada a los tipos de hábitats presentes con respecto a los requerimientos y tolerancias de cada especie en relación con la saturación de agua y condiciones morfológicas del suelo. Si se cuenta con tales condiciones, la selección de las especies podrá obedecer al aumento de la diversidad introduciendo especies que no se hallaban en el área o a requerimientos para hábitat de vertebrados, según sea el objetivo. En general, la presencia de los diferentes tipos fisonómicos es un buen indicativo de diversidad de hábitat para fauna.

El diagnóstico de la riqueza, diversidad de coberturas y de tipos fisonómicos presentes a través de un método adecuado para cubrir el área del humedal, genera en conjunto el patrón de organización espacial de la vegetación, es decir, que se establece la presencia de zonificación marcada, ya sea determinada por el perfil longitudinal, el perfil transversal o la combinación de ambos, además de otros factores que pueden afectar dicha distribución. El establecimiento de dichos patrones organiza espacialmente las actividades de manejo y recuperación.

El análisis de la estructura reciente de los humedales de Bogotá muestra que la distribución de la vegetación acuática y semiacuática presenta un patrón de mosaicos heterogéneos. Esto significa que las coberturas de vegetación se presentan en forma de parches, cuyo establecimiento se encuentra fuertemente afectado por el perfil transversal, la disponibilidad de agua y los diferentes procesos de alteración antrópica.

Los humedales del Distrito presentan una distribución de vegetación con patrón de mosaicos, lo cual contribuye a la diversidad de hábitat para aves y otros grupos faunísticos. Por lo tanto, las actividades para el aumento y mantenimiento de la riqueza y diversidad de vegetación estarán encaminadas a promover y mantener este patrón. Las actividades para la recuperación de la vegetación estarán sujetas a un diagnóstico local. Esto implica que se deberán definir sitios con condiciones semejantes respecto al perfil transversal, la disponibilidad de agua y factores de alteración, para así determinar los posibles tratamientos.

Para personas conocedoras, el listado general de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas registradas en los humedales del Distrito (Anexo 4), puede informar respecto a las especies más comunes. De esta manera se podrá detectar la presencia de especies que no se encontraban registradas. En relación con morfología y taxonomía, la clave de identificación de especies podría ser útil al enfrentarse a una especie desconocida (Anexo 11). Finalmente, las fichas técnicas presentadas podrían ser de mucha ayuda para una identificación rápida (Anexo 12).

Una vez esté disponible el área con el gradiente debidamente conformado y despejado de vegetación invasora, se deben sembrar las especies seleccionadas del conjunto presentado en la Tabla 3.2.-3.3. El objetivo es lograr reconstruir progresivamente un perfil de vegetación donde estén representados los diferentes tipos estructurales (Figura 3.4). La selección de las especies depende de la disponibilidad de material en zonas de banco de propágulos (semillas).

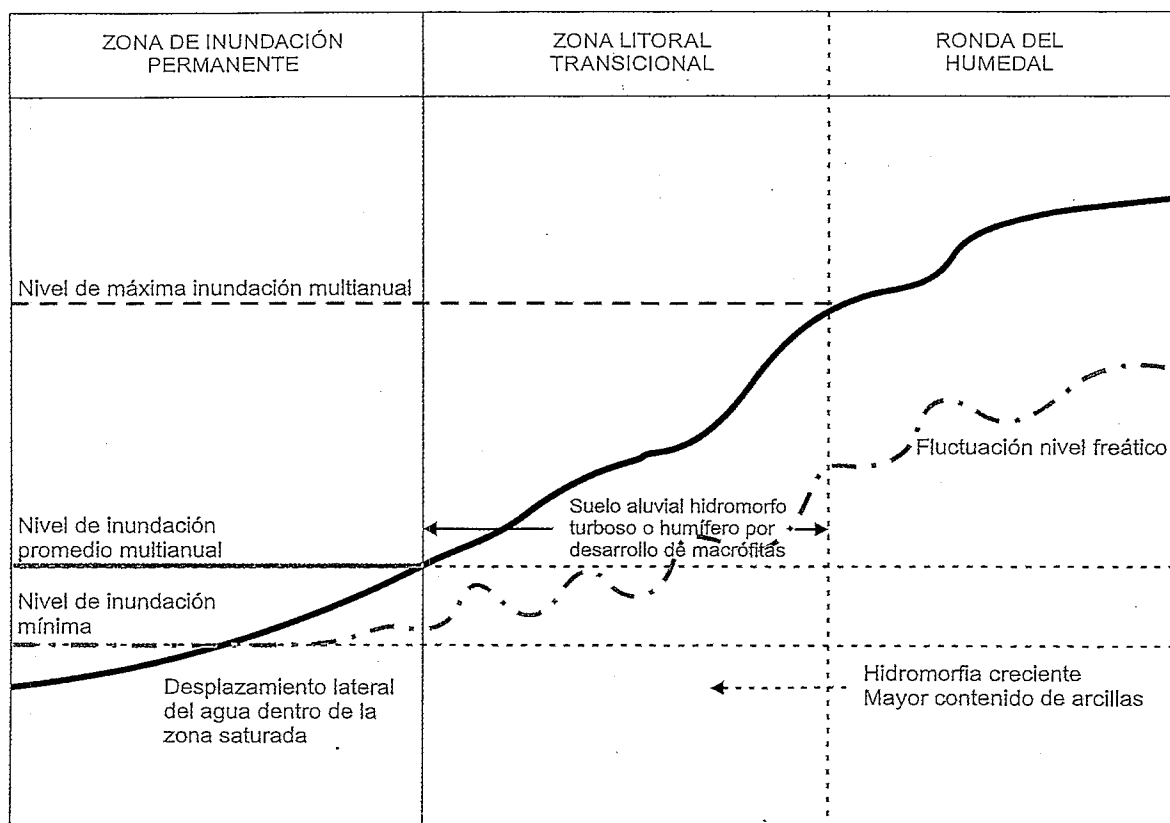


Figura 3.4. Perfil esquemático de zonas transversales en un humedal tipo. Para lograr los objetivos de recuperación de un humedal, la conformación de su perfil transversal debe tratar de ampliar al máximo la zona transicional litoral, acercándose en lo posible a una proporción del 70% de zona litoral por 30% de zona de espejo, no obstante estas proporciones sugeridas deben ajustarse a la morfología detallada de cada humedal y a su régimen de caudales y niveles.

### 3.2.1. ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA REHABILITACIÓN

#### REGENERACIÓN NATURAL

Esta asegura una configuración espacial y estructural "natural", para lo cual los bancos de semillas que permanecen viables por largos períodos de tiempo son los apropiados para usar. Por otro lado, la regeneración natural sin este banco local puede ser exitosa sólo si se mantienen los mecanismos de dispersión y los pulsos de fluctuación del agua. Sin embargo, la regeneración natural presenta algunas limitaciones que definen el potencial de recuperación o rehabilitación:

- Los sitios aislados tienen baja probabilidad de tener semillas viables de diferentes especies para iniciar y sostener una revegetalización efectiva.
- Cuando los niveles de depredación herbívora de semillas y competencia son altos, la regeneración natural será más azarosa y puede conducir a invasiones por plantas no deseadas.
- Los hábitat fragmentados no permiten la dispersión desde bancos distantes y la recolonización puede quedar muy empobrecida tanto en cantidad como en variedad de especies.

Por lo tanto, el grado de alteración y fragmentación de un humedal estaría indicando qué tipo de revegetalización debe llevarse a cabo. Una vez seleccionada, los principales problemas a resolver son:

- Reconexión de los canales hídricos y de dispersión.
- Recuperar el régimen hidráulico natural, incluyendo las fluctuaciones estacionales de agua.

## REVEGETALIZACIÓN

Esta se fundamenta en el enriquecimiento de áreas con vegetación nativa para asistir el proceso de rehabilitación o recuperación del ecosistema. Se pueden distinguir varias etapas en este proceso:

- Preparación del sitio

- Ajustar el gradiente de suelo.
- Utilizar enmiendas orgánicas para enriquecimiento de los suelos con base en los resultados de evaluación física y química.
- Mantener la suficiente humedad en el área por medio de jarillones temporales.
- Donde el banco de semillas deba ser removido, se debe reaplicar este material en la depresión.
- Las especies nodrizas pueden ser plantadas para prevenir la invasión de especies no deseables, estas proveen de sombra, materia orgánica por el aporte de hojarasca y previenen la alta competencia de pastos heliófilos.

- **Siembra de Semillas:** es importante conocer las condiciones específicas de germinación de las especies involucradas, además, debe tenerse en cuenta que algunas especies pueden crecer lentamente siendo poco competitivas frente a especies anuales o perennes. Sobre este tema deben desarrollarse investigaciones que permitan conocer el comportamiento de los bancos de semillas y los requerimientos para su desarrollo y crecimiento, pues acerca del tema existe poca información.

- **Revegetalización:** existe una gama de métodos de propagación de la vegetación acuática y semiacuática que deben aplicarse de acuerdo a las condiciones locales y particularidades de cada humedal. En sitios muy disturbados el restablecimiento de la vegetación de un humedal debe ser facilitado por intervención planificada.

La revegetalización puede ser usada total o parcialmente en ciertos sitios, dependiendo de la riqueza de especies con semillas del tamaño y estado del banco de propágulos y el grado de interconexión con sitios intactos que presenten tipos de vegetación similares. La mayoría de las especies tienen diferentes tolerancias para subsistir en los diversos niveles de agua en los estados de semilla, plántula y adultos, tendiendo a ser más tolerantes en cuanto más maduro es su estado.

Dependiendo del tipo de reproducción y la tolerancia en cada estado deberá seleccionarse el probablemente más exitoso para cada especie que se desee rehabilitar. De acuerdo con la composición florística inicial, las primeras especies a establecerse son las dominantes del sitio y, con el tiempo, por procesos de dispersión y efectos de disturbios locales controlados podrá lograrse mayor diversidad.

### 3.2.2. ALTERNATIVAS DE RECOLECCIÓN, PROPAGACIÓN Y PLANTACIÓN DE MATERIAL VEGETAL

- Efectuar la recolección de semillas justo en su madurez.
- Localizar bancos donadores de semillas: se obtienen secciones de los primeros centímetros de suelo que alojan semillas, raíces, bulbos y otros tipos de propágulos, colocándolos en un sitio con similar pendiente y profundidad en la que se encontraba.
- Las semillas flotantes pueden ser colectadas de pantanos aledaños en las curvas de las corrientes donde el rebalse acumula material flotante de semillas y esporas, larvas y otros organismos.
- Para realizar la plantación directa de ciertas especies de particular interés, se pueden diseñar encierros de 30 a 60 cm. de profundidad, en plástico y llenos con 20 a 30 cm. de agua para plantas flotantes o sumergidas.
- En el caso de especies enraizadas, de borde, se transplantan secciones de suelo.
- Las plantas que se desarrollan por rizomas suelen tener poco éxito en la germinación de sus semillas, en ese caso las semillas deben ser germinadas en papel húmedo y luego las plántulas se hacen crecer en macetas, de donde son llevadas al terreno.
- Algunas especies del género *Paspalum*, especies de helechos y otras como *Schoenoplectus*, *Typha*, con

regeneración por rizomas han presentado mejores resultados al cortar fragmentos internodales y dejándolos flotar en el agua hasta que rebroten y luego replantar.

- Las Ciperáceas no suelen establecerse bien desde semilla *in situ*, las semillas deben ser plantadas en planos fangosos en sitios protegidos y se trasladan, posteriormente, al sitio seleccionado luego de cierto tiempo o por propagación vegetativa.

- Las plantas tomadas con raíces se deben trasplantar inmediatamente manteniéndolas húmedas. Dependiendo de la velocidad de crecimiento de la especie, se siembran los bloques o plántulas dejando 0.5 a 1 m de distancia entre ellos con el objeto de minimizar la interferencia en el crecimiento.

- Las plantas enraizadas pueden sembrarse en bolsas de algodón y se colocan alrededor de 10 cm. de profundidad dentro del agua, en cuadrantes de 2 x 4 con alambre y malla. Un factor muy importante es mantener el nivel del agua más o menos estable, pues se puede perder la viabilidad de las semillas o de las plántulas.

- Durante el proceso de crecimiento de las plántulas o germinación de semillas, los herbívoros representan una gran amenaza para el éxito de la revegetalización. Para controlar los herbívoros se establecen encerramientos o pequeños jarillones con una conexión para el paso del agua y así evitar el acceso de animales a las plántulas.

La información acerca de los modos de germinación es desconocida para la mayoría de los géneros de macrófitas acuáticas y semiacuáticas, además, existen variaciones en la respuesta a los diferentes modos de germinación de la especie y, por tanto, es indispensable adelantar una investigación correspondiente.

### 3.2.3. TÉCNICAS DE INTRODUCCIÓN DE VEGETACIÓN EN ÁREAS ESTRATÉGICAS DEL HUMEDAL

- En los islotes: son utilizados generalmente como refugios para aves y para el establecimiento de especies emergentes de porte alto y medio. Se presentan dos propuestas para la distribución de las especies en el islote a partir de la Tabla 3.2, así:

Tabla 3.2. Especies para revegetalizar la zona litoral.

Tipo estructural	Especies típicas
Pradera emergente graminoides Pradera flotante graminoides	<i>Typha latifolia</i> <i>Cyperus rufus</i> <i>Carex lurida</i> <i>Glyceria septentrionalis</i>
Pradera emergente juncoide Pradera flotante juncoide	<i>Schoenoplectus californicus</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Eleocharis spp</i> <i>Equisetum bogotense</i>
Pradera emergente herbácea Pradera flotante herbácea	<i>Rumex conglomeratus</i> <i>Polygonum hidropiperoides</i> <i>Polygonum segetum</i> <i>Polygonum punctatum</i> <i>Cotula coronopifolia</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Ludwigia peploides</i> <i>Ludwigia palustris</i>
Pradera enraizada de hojas flotantes	<i>Marsilea ancylopoda</i> <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>

- Establecimiento de una zona de protección juncoide contra la arremetida del flujo de agua y posteriormente el establecimiento de formas graminoides y herbáceas (Figura 3.5A)

- Introducción de un árbol o arbusto tolerante a cierto nivel de humedad del suelo como por ejemplo, aliso (*Alnus acuminata*), tinto (*Cestrum sp.*) o chilco (*Baccharis alterniflora*), rodeado de formas graminoides y herbáceas con distribución irregular (Figura 3.5B).

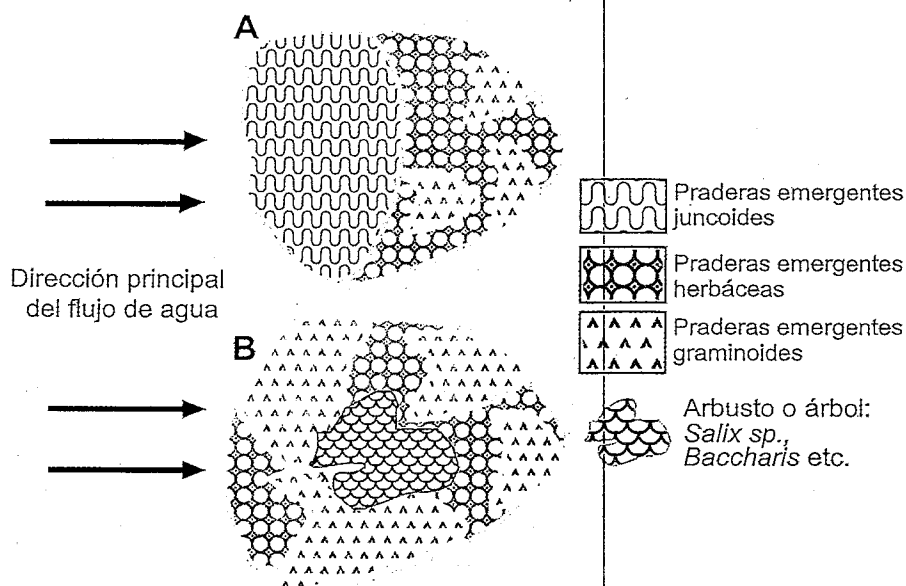


Figura 3.5. Propuestas de la distribución vegetal en un islote: A, Islote con praderas emergentes; B, Islote con arbusto o árbol central rodeado de praderas emergentes.

- En la zona de inundación permanente: para cumplir con el objetivo de aumentar la diversidad vegetal, se deben colocar secciones de vegetación de praderas enraizadas sumergidas, errantes sumergidas y errantes emergidas (Tabla 3.3), en sitios medianamente protegidos del flujo del agua para que puedan colonizar satisfactoriamente parte del espejo de agua. El desarrollo de las formas sumergidas también presenta fuertes limitaciones con respecto a la transparencia ya que requieren de una alta penetración de luz en la columna de agua.

Tabla 3.3. Especies para revegetalizar en la zona de inundación permanente.

Tipo estructural	Especies
Pradera enraizada sumergida	<i>Potamogeton paramoanus</i>
	<i>Myriophyllum aquaticum</i>
	<i>Egeria densa</i>
	<i>Callitriche heterophylla.</i>
Pradera errante emergida	<i>Azolla filiculoides</i>
	<i>Lemna gibba</i>
	<i>Spirodela intermedia</i>
	<i>Limnobium laevigatum</i>
Pradera errante sumergida	<i>Wolffia columbian</i>
	<i>Wolffiella lingulata</i>
	<i>Wolffiella oblonga</i>
	<i>Wolffiella welwitschii</i>
	<i>Utricularia sp.</i>

- Siembra de vegetación de sombra: en zonas litorales se pueden plantar especies arbustivas o arbóreas que ofrezcan sombrío y un dosel semicerrado sobre el humedal como refugio efectivo para elementos importantes de vegetación acuática y fauna.

### 3.3. VEGETACIÓN TERRESTRE

Es difícil establecer con claridad límites para definir los humedales, por su carácter de interfaz entre los sistemas terrestres y acuáticos, sobre lo cual y para efectos de definir unas coberturas vegetales a reimplantar, es importante considerar dos aspectos relacionados con la biofísica de estos ecosistemas. Los humedales constituyen el límite de la tierra con cobertura vegetal predominantemente hidrofítica y aquella con cobertura mesofítica o xerofítica y por otra parte son el límite entre el suelo predominantemente hídrico y aquel predominantemente seco (Farinha *et al.*, 1996).

Además de la dificultad de definir con precisión el límite entre lo húmedo y lo seco, existe la dificultad de tomar un modelo de referencia para fijar las metas en el proceso de restauración y en razón a que no se cuenta actualmente con humedales "prístinos" que se puedan tomar como referentes de la revegetalización.

En vista de tal situación, es necesario definir un referente espacio-temporal a seguir y por lo tanto es preciso tomar como base los estudios paleoecológicos que se han realizado para obtener información sobre la flora que existió en los diferentes sectores de la sabana de Bogotá, tanto inundables como no inundables y complementarlos con información climática, geológica, geomorfológica y de suelos entre otros aspectos importantes a considerar para la definición de los diseños de revegetalización a implementar en cada uno de los humedales (Figura 3.6).



Figura 3.6. Bosque andino bajo de los cerros de Torca. Se aprecia la estructura física del bosque andino bajo, estratos arbóreo y arbustivo. Byron Calvachi.

#### 3.3.1. ECOSISTEMAS DE REFERENCIA

Como primer paso, previo a la revegetalización, es importante definir un referente temporal, para lo cual se toma como modelo nuestro interglacial actual, el Holoceno, el cual comenzó hace unos 10.000 años, tiempo en el que se consolidaron los ecosistemas reconocidos como naturales, actualmente para la sabana de Bogotá, conociéndose que para ese entonces los valles inundables (Figura 3.7), que estuvieron dominados por bosques de aliso y matorrales de laurel y sectores de desborde, cubiertos de juncos y enneas, con diferentes dominancias según el nivel freático, definieron las características físicas y ecológicas de lo que actualmente consideramos como ecosistemas de humedales, con lo cual es posible definir una estructura ecológica y composición de especies, para estos ecosistemas y revisar los mismos atributos ecológicos para otro tipo de ecosistemas potenciales, que podrían tomarse de referentes para adelantar la restauración ecológica en sectores locales de la sabana (Van der Hammen, 1998).

Las razones para tomar dicho referente temporal son, además del hecho de la consolidación de los ecosistemas actuales en tal periodo, el que no se haya producido desde ese entonces grandes cambios ambientales de la estructura geofísica, hidrológica, ni climática, en la región, a excepción de las alteraciones antrópicas que

han arrasado y reemplazado las coberturas del suelo y alterado la calidad ambiental del territorio, por lo tanto se puede concluir que de no haberse producido tales cambios, la tendencia de los ecosistemas naturales en la actualidad, sería la de mantener una estructura ecológica muy similar a la definida en los albores del periodo geológico contemporáneo, es decir el Holoceno.



Figura 3.7. Bosque inundable de la cuenca alta del río Bogotá, área de Suesca. A pesar de la drástica intervención en toda la cuenca hidrográfica del río Bogotá sobrevivieron escasos remanentes de los bosques inundables, posiblemente similares a los que cubrieron los humedales de Bogotá. Byron Calvachi.

Es de igual importancia definir un referente botánico, a través de la recopilación y revisión de estudios paleoecológicos y taxonómicos adelantados en áreas inundables, en humedales y otros ecosistemas regionales de la sabana de Bogotá, para tal fin se incluyeron (Hernández-C & Van der Hammen, 1960; Forero, 1965; Van der Hammen & Gonzales, 1969; Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional Colombia, 2000; Rangel, 2003 y Van der Hammen, 2003). Además se complementaron y precisaron los listados florísticos, revisando estudios y documentos referidos a la vegetación de la planicie y de otros ecosistemas de la sabana en que se ha indagado la vegetación nativa de sectores como borde norte de la ladera de los cerros orientales, áreas inundables de la planicie y zonas xerofíticas, de sectores geográficos locales de la sabana de Bogotá, compatibles con los que se ubican los humedales de la ciudad. Los estudios considerados fueron (Guhl, 1981; Wijninga, Rangel & Cleef, 1989; Van der Hammen, 1992; Andrade, 1994; Montes & Eguiluz, 1996; Van der Hammen, 1998; Murillo & Murillo, 2001 y Fernández & Hernández, 2007).

### 3.3.2. CRITERIOS GENERALES

La mayor parte de las intervenciones con coberturas vegetales en los humedales urbanos de Bogotá ha obedecido a la buena voluntad de personas interesadas en la arborización de los mismos sin tomar en consideración criterios ecológicos para la selección de especies, por lo cual el éxito de tales plantaciones ha estado fundamentado en criterios de ornato y embellecimiento, propio de parques urbanos de recreación activa, por tanto, de arborización urbana. Han carecido en la mayoría de los casos de evaluación no solamente de las tasas de mortalidad sino de los procesos ecológicos.

En razón a su condición como Parques Ecológicos Distritales de Humedal, de acuerdo a lo establecido por el Decreto 190 del 2004, el manejo de la cobertura vegetal debe tener en cuenta los criterios que para las áreas protegidas del Distrito Capital establece la Secretaría Distrital de Ambiente dado que son ecosistemas de alto valor ecológico en los cuales los criterios para la introducción de coberturas vegetales debe fundamentarse en el análisis de las condiciones propias de cada humedal en cuanto a su oferta ambiental y potencial biótico, sin olvidar las condiciones bioclimáticas, poco estudiadas, que inciden en la adaptación de las especies vegetales introducidas haciendo más o menos hostiles las condiciones.

Más allá de la plantación de árboles, las propuestas orientadas al manejo de las coberturas vegetales deben responder a programas y proyectos integrales que busquen no sólo ofrecer espacios verdes sino también mejorar



las condiciones de oferta ambiental y de hábitat para la fauna y la reintroducción de especies nativas propias de cada humedal. En ellos, los lineamientos para el diseño y siembra de material vegetal debe orientarse en lo posible a la rehabilitación ecológica y no a la arborización urbana, que aplica a otro tipo de espacios públicos en el Distrito, en razón de la condición de áreas para la recreación pasiva y el disfrute de la comunidad a través del aprendizaje y la valoración de los recursos bióticos existentes así como a la investigación básica.

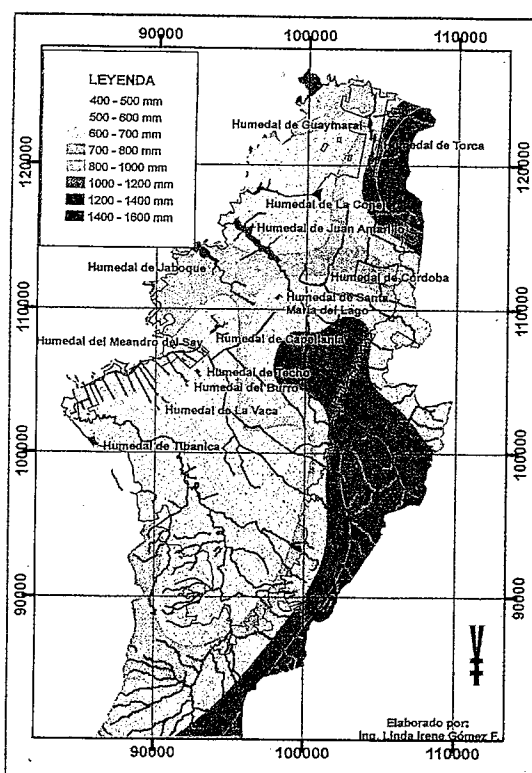
Es así, como se deben buscar y evaluar ecosistemas de referencia conservados a partir de los cuales se puedan plantear opciones viables que permitan, sino restaurar las coberturas vegetales propias de estos ecosistemas, por lo menos buscar alternativas que permitan recrear las condiciones más propicias para que tanto la fauna como la flora nativa sean las que predominen allí.

En razón de lo anterior, a continuación se presentan una serie de criterios básicos que se deben tener en cuenta para diseñar y desarrollar proyectos de rehabilitación ecológica o recuperación de la cobertura vegetal en los humedales distritales retomando los aspectos fundamentales de un reciente trabajo desarrollado en el marco de un convenio realizado por la Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad de la Secretaría Distrital de Ambiente con la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana (Prado, 2005), a saber:

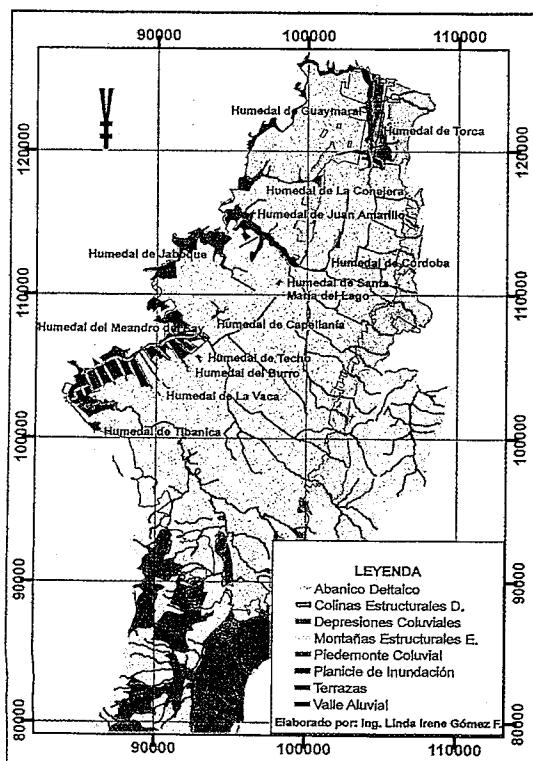
- Definir con precisión los objetivos de intervención y establecer si los mismos están orientados a la restauración, rehabilitación o simplemente a la recuperación de coberturas vegetales (arborización, reforestación) acordes con el análisis de la oferta ambiental, el potencial biótico y el potencial de restauración o rehabilitación de coberturas vegetales.
- Precisar el modelo conceptual o ecosistema de referencia.
- Establecer las metas e indicadores de seguimiento al proceso.
- Establecer las propuestas de arreglos florísticos con base en el ecosistema de referencia o modelo conceptual.
- Tener en cuenta la zonificación del humedal establecida en el Plan de Manejo Ambiental de cada humedal.
- Establecer el programa de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo.
- En lo posible incorporar diseños experimentales a fin de analizar la evolución del proceso a partir de la selección y análisis de unos parámetros de biodiversidad que permitan verificar si las metas establecidas se están cumpliendo.
- Definir el programa de evaluación y seguimiento que se implementará a corto, mediano y largo plazo.

### 3.3.3. EVALUACIÓN DE CONDICIONANTES CLIMÁTICOS, GEOFÍSICOS Y ECOLÓGICOS

Además de definir un referente temporal y uno botánico, basados en los estudios de clima, paleoecología, caracterizaciones de la vegetación local de relictos y descripciones aisladas de las coberturas vegetales presentes en la sabana, se consideran como insumos importantes para la definición en cuanto a estructura y composición la revisión de factores físicos regionales y locales referidos al hidrología, geología, geomorfología y suelos.



Mapa de precipitación media anual [mm/a]. Atlas Ambiental SDA, 2007



Mapa de unidades geomorfológicas. Atlas Ambiental SDA, 2007

## VARIACIONES CLIMÁTICAS DE BOGOTÁ

En términos generales el clima de Bogotá es de carácter tropical, sin embargo existen factores de variación. Por ejemplo, respecto a las precipitaciones, sectores co-mo Torca y Suroeste (salida a Villavicencio, oriente de Usme) supera los 1.200 mm, mientras que en la mayor parte de la ciudad el rango va entre los 700 a los 1.000 mm, pero al suroccidente, sectores de Tunjuelito-Sierra Morena-Venecia y el sur de Bosa, alcanzan valores inferiores a 600 mm anuales, correspondiendo al sector más seco de la ciudad y una de las zonas más secas de la cuenca alta del río Bogotá (Corporación Misión Siglo XXI).

En consecuencia, la humedad relativa del aire en estrecha relación con la precipitación, también varía, teniendo los sectores más secos de la ciudad. El sur y suroeste, con valores medios y mínimos y los más altos hacia el oriente y suroriente.

## GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

En general el origen geomorfológico de los humedales de la Sabana de Bogotá está dado por los valles de inundación del río Bogotá y sus afluentes, que a su paso constante por el fondo sedimentario de la antigua laguna produjeron diferentes formaciones geomorfológicas del paisaje, correspondiendo principalmente a dos escenarios: a) el plano inundable y b) la terraza lacustre. Tales sucesos geológicos produjeron suelos de vega, perteneciente a la asociación río Bogotá, los cuales de manera generalizada están compuestos por arcillas blandas de inundación, con intercalaciones de turba, arena y ocasionalmente arcillas lacustres preconsolidadas o en procesos de consolidación, siendo suelos de sedimentos recientes poco evolucionados e hidromorfos (EAAB/Conservación Internacional, 2000; Van der Hammen, 2003).

En humedales como Juan Amarillo o Tibabuyes se encuentran unidades taxonómicas de suelos bien drenados, basines pantanosos, suelos de terrazas lacustres, hasta orillales (Daphnia, 1995). Es fundamental retener el concepto de la drástica transformación del nivel freático de la sabana, el cual actualmente presenta un drenaje natural impedido, depositación de sedimentos recientes e inundaciones de las chucuas y actualmente un nivel del agua muy bajo en los interfluvios (Van der Hammen, 2003).

### 3.3.4. REFERENTES ECOLÓGICOS A PARTIR DE LAS COBERTURAS VEGETALES ORIGINALES EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Para la sabana de Bogotá se han definido cinco tipos diferentes de ecosistemas básicos, esto sin considerar subvariaciones ecosistémicas tales como: bosques andinos y páramos, altos y bajos o los bosques de planicie inundable y no inundable, lo cual ampliaría la cifra a ocho ecosistemas generales (fig. 3.8.).

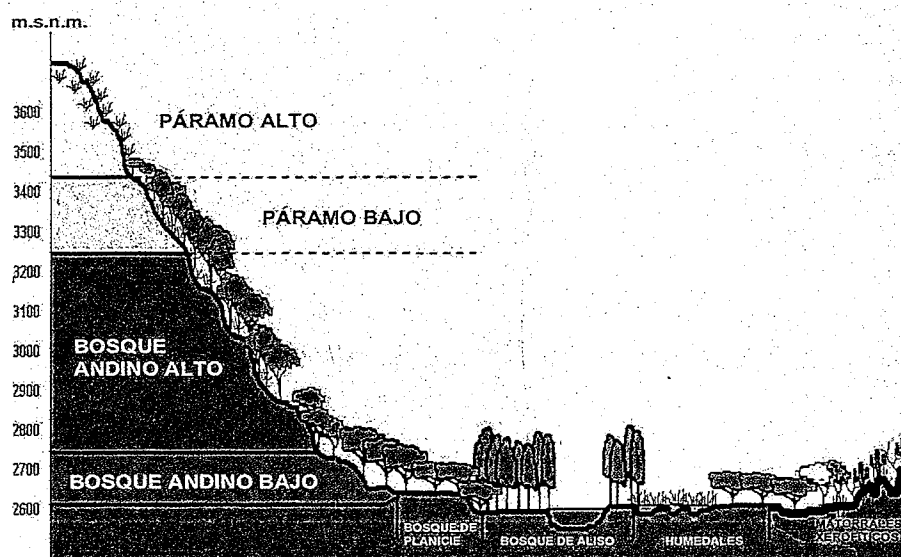


Figura 3.8. Línea de sucesión de la vegetación en la Sabana de Bogotá. Cortes & Rangel, 2000.

En tal sentido, para cada tipo de ecosistema seguramente existieron diversas variaciones, debidas a la multiplicidad de condiciones físicas localizadas, lo que condujo a la aparición de asociaciones ecológicas heterogéneas de árboles, arbustos y herbáceas, en las cuales dominaban unas especies sobre otras, siendo la ocurrencia de especies, entre muy abundantes a abundantes, en relación con el tipo de suelo, clima, humedad, geomorfología, hidrología, etc. Condiciones que crean la necesidad de realizar una revisión minuciosa de tales variaciones de bosques o de coberturas vegetales localizadas y buscar cuál de ellas es la más compatible con las características del sector de la ciudad en el que se ubica cada humedal y en el cual, se pretende recuperar la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea.

#### -Bosques y matorrales de zonas inundables (de aliso y de laurel)

De acuerdo con Van der Hammen (1998), entre los dos tipos de bosques inundables, el de aliso puede ser considerado como azonal, debido a que es definido principalmente por factores edáficos (inundaciones temporales), aunque también es limitado por factores climáticos con una distribución vertical, que va desde los 2.100 a los 3.500 msnm. Los suelos de este tipo de bosque son principalmente arcillas, depositadas durante las inundaciones. El origen de estos bosques es producto de la erosión del río Bogotá y sus afluentes, en el sedimento de la antigua laguna de la sabana, lo que condicionó su inundabilidad temporal durante los periodos invernales, al igual que la depositación de los suelos.

De los matorrales inundables de laurel que existieron en la sabana, durante inicios del Holoceno, es poco lo que se conoce, y especialmente de las diferencias ecológicas entre este matorral y los bosques inundables de aliso.

**- Bosques de planicie no inundable (de palo blanco, raque y arrayán)**

Este tipo de bosque estaría establecido en temperaturas que oscilan entre los 12° y 14° C, con un volumen de precipitación de lluvias entre los 600 y los 900 mm. Los suelos de estos bosques se caracterizaron por presentar una capa negra de humus y ceniza volcánica alterada, que reposaba sobre el sedimento de la antigua laguna. Es posible que este tipo de suelo, al igual que el de bosque, haya desaparecido de la sabana. Al parecer una de las singularidades físicas que condicionaban este tipo de bosque es que eran algo más higrofíticos que los demás tipos del bosque andino bajo (Van der Hammen, 1998).

Debido a que existen gradientes tanto físicos como ambientales, en sentido norte a sur y oriente a occidente, a nivel de la sabana de Bogotá y de la ciudad, con clara incidencia sobre los humedales, además de considerar la estructura de los bosques inundables y no inundables que originalmente cubrieron la planicie de la sabana de Bogotá, es importante examinar la de otros tipos de bosques o de coberturas vegetales originales, actualmente conocidos, que estuvieron localmente ubicados en la sabana, entre los que se incluye un tipo de ecosistema del cual solamente poseemos una reseña histórica.

**- Bosque andino bajo (de mano de oso y gomo)**

Originalmente cubrieron las partes bajas de los Cerros Orientales de la sabana. La precipitación y humedad del aire en las laderas de los cerros, donde se establecieron estos bosques, aumenta con la altitud, siendo otras de sus características físicas iguales a las de los bosques de planicie no inundable arriba referidos. Sus suelos característicos son lixiviados e isohúmicos-álficos y andisoles húmicos isohúmicos-álficos, con una capa superior de hojarasca y humus (Van der Hammen, 1998). Vale la pena destacar que actualmente este tipo de bosques bajos cubren sectores de los cerros de Torca, y en consecuencia podrían tomarse como uno de los insumos para definir la estructura y composición de los bosques de ronda de los humedales del sector nororiental, iniciando en Torca y disminuyendo sucesivamente a medida que se avanza hacia los humedales del sector suroccidente.

**- Matorrales xerofíticos (de tuno y hayuelo)**

Este tipo de vegetación está condicionada y definida principalmente por las bajas precipitaciones, que oscilan entre los 700 a 600 mm, presentando a nivel de suelos horizontes argílicos endurecidos de "clay pan", conservando poco humus, los cuales pueden ser fácilmente erodados cuando tienen algún grado de inclinación y corresponden a alfisoles o inceptisoles (Van der Hammen, 1998). De acuerdo con el gradiente climático referido, este tipo de vegetación posiblemente ocupó el suroccidente de la ciudad, es decir sectores de Tunjuelito-Sierra Morena-Venecia y el sur de Bosa, donde se ubica el humedal de Tibanica y quizá pudo haberse distribuido gradualmente hasta llegar a algunos de los humedales de Kennedy.

**- Páramo azonal del área de Torca (páramo bajo o subpáramo)**

De acuerdo con una narración realizada en 1.850 por Manuel Ancizar, en su obra de geografía corográfica la "Peregrinación de Alpha", donde se describe al parecer lo que fue un "páramo azonal" en un sector del humedal Torca: *"Por entonces costeábamos el repecho llamado boquerón de Torca, y admirábamos la vigorosa vegetación de este lado de la cordillera, en contraste con la inmediata planicie de la "Venta del Contento", árida y cubierta de frailejón cual si fuese un páramo, no obstante que la altura de aquel llano sobre el nivel del mar es solo 2.660 metros y la región del frailejón comienza, según Caldas, a los 2.923 metros de altura..."*. Información recogida y descrita por el Doctor Thomas Van der Hammen, quien además agrega que posiblemente este tipo de páramo azonal se encontraba quizás en humedales de la planicie de la sabana que formaban las quebradas, los cuales hoy están totalmente desaparecidos, por la ocupación urbana y transformación del medio natural, lo cual explicaría la presencia de elementos de vegetación del páramo (*Sphagnum* e *Isoetes*), en la base de sedimentos antiguos de humedales de planicie como Guafí- Tres Esquinas; en vista de tal situación, finalmente se recomienda la realización de futuros estudios palinológicos mediante los cuales se pueda confirmar la presencia del páramo azonal en la sabana (Van der Hammen, 2003).

**Praderas y áreas abiertas (de gramíneas y otras herbáceas)**

Además de los ecosistemas arbóreos y arbustivos no hay que olvidar también que las praderas y áreas abiertas naturales en la sabana de Bogotá son parte importante de la cobertura vegetal, las cuales constituyen el

hábitat de un ave endémica, el canario bogotano (*Sicalis luteola bogotensis*) y de otras como el pinzón azafranado (*Sicalis flaveola*) o el jilguero menor (*Carduelis psaltria*); especies que encuentran alimento y refugio en matorrales, pastizales, potreros y cultivos donde se alimentan especialmente de semillas de pastos; frecuentan también bordes de humedales, juncuales y cultivos pantanosos. Es importante tener en cuenta que las bandadas son nómadas y migran de acuerdo con la disponibilidad de recursos (ABO, 2000). Estas y otras especies, son parte importante de la comunidad de aves de los ecosistemas naturales de la sabana de Bogotá, y están asociadas también a los humedales.

### 3.3.5. BIODIVERSIDAD ECOSISTÉMICA LOCAL Y REGIONAL DE LA SABANA

A partir de la revisión y recopilación de los diversos tipos originales de coberturas vegetales en la sabana de Bogotá o referentes botánicos, se podría partir de cinco tipos de ecosistemas básicos y de posiblemente ocho subvariaciones a reconstruir, de acuerdo con la ubicación geográfica local de los humedales bogotanos hoy existentes, para adelantar los respectivos procesos de rehabilitación de las rondas:

- 1- Bosque andino bajo y sus respectivas variaciones en la planicie; de palo blanco, raque y arrayán y el bosque de mano de oso y gomo.
- 2- Bosque inundable de planicie, con sus respectivas variaciones de bosques de aliso y matorrales de laurel.
- 3- Matorral xerofítico
- 4- Páramo azonal
- 5- Pradera natural

Partiendo de esta base ecológica y botánica, podría proponerse el restablecimiento de un gradiente de coberturas que entremezcle la composición y estructura de estos tipos ecosistémicos básicos, en los que además se considere la incidencia de los factores físicos (climático, pedológico o edáfico, e hidrológico) y también factores socioculturales como urbanos, de acuerdo con las características ambientales locales específicas de cada humedal de la ciudad.

### 3.3.6. FACTORES URBANOS Y SOCIOCULTURALES QUE INCIDEN EN LA REVEGETALIZACIÓN

Además de los factores biofísicos, para la definición de las coberturas a reconfigurar en los humedales, es importante tener en cuenta la influencia urbana y sociocultural, determinante en el tamaño de la ronda hidráulica, ya que en una gran proporción los humedales fueron rellenados y desecados, quedando apenas pequeñas fracciones de su cobertura original. Estos espacios corresponden, en gran parte, al área de lo que originalmente fue el cauce o vaso del humedal, producto de la drástica ocupación del suelo y transformación geomorfológica, como se puede apreciar en análisis fotogeológicos, siendo los humedales El Burro y Techo dos ejemplos en los cuales se produjo una significativa ocupación por expansión descontrolada de la ciudad (Figura 3.10); igualmente se puede apreciar en el análisis multitemporal de fotointerpretación de coberturas del suelo en el humedal La Vaca, una drástica transformación del paisaje natural, debida al cambio de uso, pasando de rural a urbano (Figura 3.11).

En el mismo sentido es importante para los procesos de restauración, conciliar con aspectos como el espacio disponible entre la infraestructura urbana y el cauce del humedal, es decir el área sometida a inundación permanente o temporal, ya que en algunos sectores de los humedales de La Vaca, Tibanica, El Burro o Techo, quedaron completamente cercados por la ciudad, y es muy complicado generar bosques densos con estructuras complejas de estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, como eran originalmente, en franjas tan angostas de rondas deterioradas. Es posible que en tales casos sea necesario conciliar con algunos principios de la jardinería urbana o la arquitectura del paisaje, respecto a la estructura biofísica que se defina, más no a la composición de especies. En esta dirección posiblemente sería necesario disminuir las densidades de siembra y realizar la simplificación o disminución de algunos de los estratos del bosque original.



Figura 3.9. Basuras y rellenos en el Humedal La Conejera. La mayor parte de los humedales de Bogotá fueron drásticamente transformados en su geomorfología y especialmente en sus rondas, siendo necesario realizar acciones de restauración y recomposición física de los suelos antes de iniciar la revegetalización. Byron Calvachi.

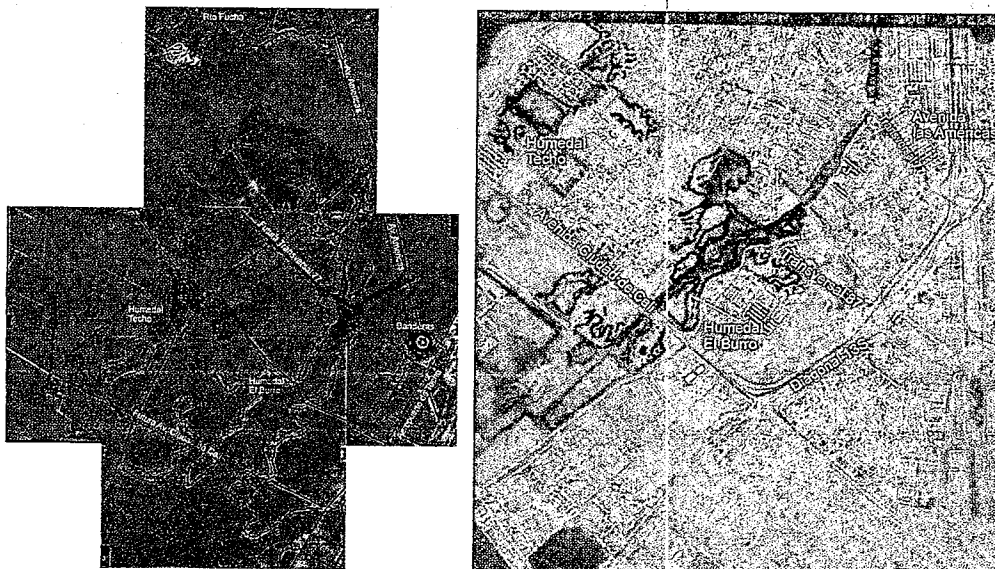


Figura 3.10. Fotografías aéreas humedales El Burro y Techo, años 1938 y 2004 (IGAC). Fotointerpretación (Muñoz, 2006). Obsérvese la transformación de la geomorfología y consecuente pérdida de extensión, especialmente de las rondas o riberas.

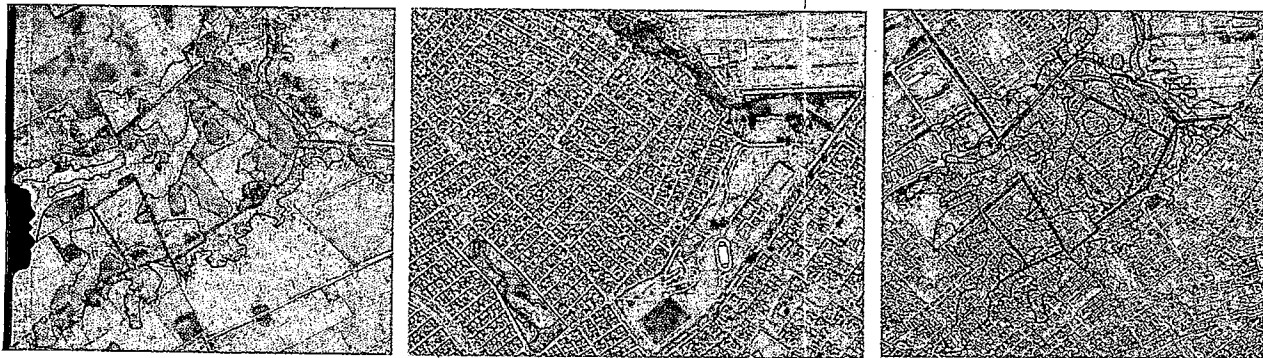


Figura 3.11. Fotografías aéreas humedal La Vaca, años 1940 y 2004. (IGAC). Fotointerpretación (INGETEC, 2007). Obsérvese que los pequeños fragmentos remanentes están ubicados en lo que fue el cauce original.

### 3.3.7. DEFINICIÓN DE TIPOLOGÍAS PARA LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE COBERTURAS VEGETALES EN LA ZONA DE RONDA Y ZMPA DE LOS HUMEDALES

Se pueden tomar como referentes de rehabilitación ecológica los tipos de bosques y coberturas vegetales mencionadas en el apartado 3.3.4, y a partir de estos, definir tipologías a reintroducir para el restablecimiento de una estructura y composición vegetal que será factible reconstruir en las rondas de los humedales de Bogotá.

Las tipologías de los bosques a reintroducir en las rondas o riberas de los humedales deben estar fundamentadas en aspectos ecológicos y argumentos firmes y bien soportados científicamente. Se debe considerar como principal factor de definición de la estructura y composición de un bosque o cobertura vegetal, en un área determinada, la conjunción de las complejas expresiones de las condiciones geofísicas y ecológicas del área, que condujeron a definir las coberturas vegetales que allí existieron, las cuales solamente es posible conocer y definir a través de una amplia revisión de información existente sobre dichas coberturas originales e identificando las condiciones locales del medio, con el apoyo de ciencias especializadas como la paleoecología, la taxonomía, la botánica, la biogeografía, la edafología, la geología, la hidrología, climatología etc.

En este sentido antes de entrar a definir las tipologías factibles de reintroducir en los humedales de Bogotá, es importante retomar conceptos botánicos aplicables a la ecología de la restauración de humedales:

#### - Concepto de comunidades vegetales

Comunidad vegetal es: "cualquier grupo de plantas que ocupa un hábitat particular en un lugar determinado. Todas las plantas en la naturaleza pertenecen a alguna comunidad". Sin embargo, así como ciertos tipos de plantas ocurren juntos varias veces, no existen dos comunidades vegetales exactamente iguales en las especies representadas y en las proporciones en que ocurren. Así, entre más cuidadoso sea un análisis de dos comunidades vegetales, mayores serán las diferencias visibles entre ellas; cada especie en la comunidad tiene sus límites geográficos y amplitud ecológica no igualados con los de otra especie, ya que el medio ambiente de dos comunidades vegetales diferentes jamás es igual en todos sus detalles, ya que cada comunidad difiere en algún grado de las demás. La transición de una comunidad con la siguiente puede ser gradual o abrupta, y el límite entre las dos, denominado ecotono, es una zona de tensión entre dos comunidades, y un ligero cambio ambiental del ecotono tiene un efecto grande, causando que una comunidad pueda reemplazar a otra (Cronquist, 1981).

#### - Concepto de sucesión vegetal y clímax

Las comunidades vegetales son transitorias en tiempos geológicos, pero en décadas o siglos algunas pueden considerarse estables, perpetuándose así mismas indefinidamente sin un cambio significativo, mientras que otras son transitorias dando lugar a una sucesión de otras comunidades, antes que se alcance una estabilidad relativa. El estado del tiempo nunca es el mismo en dos años seguidos, tales cambios pueden favorecer o desfavorecer ciertas comunidades en beneficio o detrimento de otras, dinámica de equilibrio estrecho y delicado en constante cambio. El reemplazo de una comunidad vegetal a través de una sucesión ordenada y predecible por otra, en el mismo sitio con el paso del tiempo, conduce a una comunidad vegetal estable hacia el cual tienden todos los tipos sucesionales en una región (Cronquist, 1981). La sucesión vegetal es un proceso de desarrollo de la vegetación que implica cambios de especies y comunidades en el tiempo, debido a que el crecimiento de las plantas altera los factores bióticos y edáficos de un hábitat, posibilitando así la colonización de otras especies, y siendo el clímax la fase final de una sucesión, después de la cual no hay grandes cambios en la estructura o la composición de especies en su hábitat (Sugden, 1986).

#### - Hidroserie

En los humedales se presenta un tipo de sucesión especial, determinada por el gradiente hídrico, o sucesión hídrica, definida por factores físicos asociados a la hidrodinámica: profundidad, periodicidad de las inundaciones, nivel freático, procesos erosivos, régimen de caudales, turbulencia del agua, tasa de sedimentación y otros factores ya considerados como el clima, relieve, características del suelo, etc. Conforme los sedimentos y restos orgánicos se acumulen en el cuerpo de agua, se hace más somero y cada zona de vegetación se mueve hacia el centro. Alrededor de un humedal se presentan varios estados o etapas en una hidroserie, como zonas concéntricas (Cronquist, 1981; González & García, 1995).

Los anteriores conceptos son base fundamental para definir unas tipologías que restablezcan una composición y estructura de las coberturas vegetales posibles de reintroducir en las zonas de ronda de los humedales bogotanos.

Considerando todos los factores anteriormente descritos, se presentan los listados de la composición hasta ahora conocida (Tablas 3.4 a 3.7), de los ecosistemas definidos como referentes espacio-temporales de los sectores que localmente ocupan los humedales de Bogotá en la actualidad.

En consecuencia de lo anterior, aunque se tome como base para el restablecimiento de las coberturas vegetales ecosistemas predefinidos, con seguridad las condiciones ambientales actuales específicas de cada humedal, jugarán un papel definitivo en la consolidación de las coberturas que hacia el futuro se perpetúen en los humedales, y solamente actuaremos como agentes inductores de tal proceso.

#### - Tipologías

Para definir unas tipologías adecuadas a las condiciones actuales de los humedales, considerando los factores ya referidos a continuación, se presentan las diferentes "tipologías", que podrían tomarse como referencia para definir una composición de especies que servirían como referente para la elaboración de unas fórmulas florísticas y diseños de siembra en las rondas, zonas de manejo y preservación ambiental de los humedales de Bogotá.

#### Tipología 1. Bosques inundables de aliso (*Alnetum jorullense*) y matorrales de laurel (*Myrica*)

Tabla 3.4.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Alnus jorullensis</i> (=A. acuminata)	Aliso	Árbol
<i>Ageratina fastigiata</i>	Amargoso	Arbusto
<i>Baccharis revoluta</i>	Chilco	Arbusto
<i>Blechnum</i> sp.	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	Arbusto
<i>Borreria anthospermoides</i>	Totecitos	Subarbusto
<i>Calceolaria palustris</i>	Tote	Hierba
<i>Carex</i> sp.	Carrizo	Hierba rizomatosa
<i>Cedrela montana</i>	Cedro rosado	Árbol
<i>Cestrum buxifolium</i>	Tinto	Arbusto
<i>Cordia lanata</i>	Salvio negro	Arbusto
<i>Cortaderia</i> sp.	Cortadera	Hierba
<i>Cuphea racemosa</i>	Moradita	Hierba rizomatosa
<i>Cynanchum tenellum</i>		Bejuco
<i>Delostoma integrifolium</i>		Arbusto
<i>Dryopteris</i> sp.	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Epilobium</i> sp.		Hierba
<i>Equisetum bogotense</i>	Cola de caballo	Hierba
<i>Eupatorium fastigiatum</i>	Amarguero, carrasposa.	Subarbusto
<i>Galium trianae</i>		Hierba
<i>Geranium holosericeum</i>	Geranio	Hierba
<i>Inga bogotensis</i>	Guamo santaferense	Árbol
<i>Jussiaea peruviana</i>		Arbusto
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Árbol
<i>Lachemilla aphanoides</i>	Plegadera	Hierba
<i>Lachemilla</i> cf. <i>mutisii</i>	Plegadera	Hierba
<i>Miconia reclinata</i>	Esmeraldo	Arbusto
<i>Myrica parvifolia</i>	Laurel	Árbol
<i>Nertera granadensis</i>	Coralito	Hierba
<i>Oreopanax floribundum</i>	Mano de oso	Árbol
<i>Oxalis</i> sp.	Chulco	Hierba
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Hierba de sapo, barbasco	Hierba



NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Polypodium angustifolium</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Prunella vulgaris</i>		Hierba
<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Árbol
<i>Phyllanthus salviaefolius</i>	Cedrillo	Arbusto
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Guaba	Hierba
<i>Rubus floribundus</i>	Mora, Zarzamora	Arbusto
<i>Rubus glaucus</i>	Mora de castilla, Zarzamora	Arbusto
<i>Rubus nubigenus</i>	Mora- Zarzamora	Arbusto
<i>Scirpus californicus</i>	Junco	Hierba rizomatosa
<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arboloco	Árbol
<i>Solanum nigrum</i>	Hierbamora	Hierba
<i>Stachys bogotensis</i>		Hierba
<i>Stellaria cuspidata</i>		Hierba
<i>Verbena litoralis</i>	Verbena	Hierba
<i>Viburnum cornifolium</i>	Garrocho	Arbusto
<i>Viburnum triphylum</i>	Garrocho	Arbusto

Modificado de Thomas Van der Hammen (1963); Rangel (2003) y Fernández & Hernández (2007) por Calvachi (2007)

DOMINATES: Aliso para un caso y laurel para otro

ABUNDANTES: Esmeraldo, amarguero, tinto, cerezo, chilco

Tipología 2. Bosques de planicie no inundable de palo blanco, raque y eugenia (*Ilieto Valleetum Eugenietosum*).

Tabla 3.5.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Alchemilla sp.</i> (= <i>Lachemilla sp.</i> )	Plegadera	Hierba
<i>Alnus jorullensis</i> (= <i>A. acuminata</i> )	Aliso	Árbol
<i>Baccharis floribunda</i> (= <i>B. salicifolia</i> )	Chilco	Arbusto
<i>Barreria anthospermoides</i>	Totecitos	Subarbusto
<i>Bomarea multiflora</i>	Pecosa	Hierba trepadora
<i>Castilleja sp.</i>	Amor sabanero	Hierba
<i>Cestrum buxifolium</i>	Tinto	Arbusto
<i>Cestrum melanochloranthum</i>	Tinto - Hierba santa	Arbusto
<i>Cynanchum tenellum</i>		Trepadora
<i>Cordia lanata</i>	Salvio negro	Arbusto
<i>Dryopteris paleacea</i>	Helecho macho	Hierba rizomatosa
<i>Eccleris coarctata</i>		Hierba
<i>Eugenia foliosa</i> (= <i>Myrcianthes leucoxylla</i> )	Arrayán	Árbol
<i>Eupatorium fastigiatum</i>	Amarguero, carrasposa	Subarbusto
<i>Fuchsia</i>		Arbusto
<i>Hesperomeles sp.</i>	Mortiño	Arbusto o Arbolito
<i>Hydrocotyle sp.</i>	Paragüitas de sapo	Hierba
<i>Ilex kunthiana</i>	Palo-blanco	Árbol
<i>Inga bogotensis</i>	Guamo santaferño	Árbol
<i>Miconia reclinata</i>	Esmeraldo	Arbusto
<i>Monnina salicifolia</i>	Monina	Arbusto
<i>Muelembeckia sp.</i> (= <i>M. thamnifolia</i> )	Bejuco colorado	Subarbusto trepador
<i>Nertera (Gomozia) sp.</i>	Coralito	Hierba
<i>Oreopanax floribundum</i>	Mano de oso	Árbol

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Oxalis sp.</i>	Ibia, chulco	Hierba
<i>Peperomia spp.</i>	Siempreviva	Hierba
<i>Physalis peruviana</i>	Uchuva	Hierba
<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	Árbol
<i>Plantago sp.</i>	Llantén	Hierba
<i>Polygonum nepalense</i>	Gualola	Hierba
<i>Polymnia pyramidalis</i> (= <i>Smallantus pyramidalis</i> )	Arboloco	Árbol
<i>Polypodium angustifolium</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Polypodium lanceolatum</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Polypodium murorum</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Árbol
<i>Rhamnus goudotiana</i>	Palo amarillo	Árbol
<i>Rubus bogotensis</i>	Mora-Zarzamora	Arbusto
<i>Rubus floribundus</i>	Mora-Zarzamora	Arbusto
<i>Rubus glaucus</i>	Mora de Castilla- Zarzamora	Arbusto
<i>Rubus guianensis</i>	Mora-Zarzamora	Arbusto
<i>Salpichroa tristis</i>		Subarbusto trepador
<i>Salvia palaeifolia</i>	Mastranto	Hierba
<i>Satureja brownei</i>		Hierba
<i>Senecio americanus</i>		Hierba
<i>Senecio formosus</i>	Arnica de Bogotá	Hierba
<i>Solanum caripense</i>	Llorón	Hierba
<i>Solanum nigrum</i>	Hierbamora	Hierba
<i>Symplocos sp.</i> (= <i>S. theiformis</i> )	Té de Bogotá	Arbusto
<i>Thalictrum podocarpum</i>		Hierba
<i>Vallea stipularis</i>	Raque	Árbol
<i>Verbesina crassiramea</i>		Árbol

Modificado de Van der Hammen & Gonzales (1963); Rangel (2003) y Fernández & Hernández (2007) por Calvachi (2007)

DOMINATES: Palo blanco y raque

MUY ABUNDANTES: Amarguero, arrayán, té de Bogotá

ABUNDANTES: Chilco, arboloco, aliso, cerezo y palo amarillo

### Tipología 3. Bosques de mano de oso y gomo (*Oreopanax* y *Cordia*)

Tabla 3.6.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Abatia parviflora</i>	Duraznillo	Árbol
<i>Alnus jorullensis</i> (= <i>A. acuminata</i> )	Aliso	Árbol
<i>Araliaceae</i>		
<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	Arbusto
<i>Botrychium virginianum</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Blechnum spp.</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Cavendishia nitida</i>		Arbusto
<i>Cedrela montana</i>	Cedro rosado	Árbol
<i>Cestrum tomentosum</i>	Tinto	Arbusto
<i>Centropogon ferruginea</i>	Lechero	Bejuco
<i>Chusquea aff. fendleri</i>	Chusque	Arbusto
<i>Clusia multiflora</i>	Gaque	Árbol

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Cordia lanata</i>	Gomo	Arbusto
<i>Croton sp.</i>	Sangregado	Árbol
<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Cajeto	Árbol
<i>Daphnopsis caracasana</i>	Granado	Arbusto
<i>Duranta mutisii</i>	Espino	Árbol
<i>Eugenia foliosa</i> (= <i>Myrcianthes leucoxylla</i> )	Arrayán	Árbol
<i>Eugenia rhopaloides</i>	Arrayán negro	Árbol
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Mortiño	Árbol
<i>Ilex kunthiana</i>	Palo-blanco	Árbol
<i>Lepechinia salviifolia</i>		Arbusto
<i>Macleania rupestris</i>	Uva camarona	Arbusto
<i>Miconia biappendiculata</i>	Tuno	Arbusto
<i>Miconia ligustrina</i>	Tuno	Arbusto
<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno	Arbusto
<i>Miconia macrophylla</i>	Tuno	Arbusto
<i>Monnina aestuans</i>	Monina	Arbusto
<i>Mutisia clematis</i>	Zarcillejo	Bejuco
<i>Myrica parvifolia</i>	Laurel	Árbol
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel	Árbol
<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo	Árbol
<i>Myrsine ferruginea</i>	Cucharo	Árbol
<i>Muelembeckia tamnifolia</i>	Coronillo	Bejuco
<i>Oreopanax floribundum</i>	Mano de oso	Árbol
<i>Palicourea angustifolia</i>	Tominejo	Arbusto
<i>Phyllanthus salviaefolius</i>	Cedrillo	Arbusto
<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	Árbol
<i>Psychotria boqueronensis</i>	Cacaíto	Arbusto
<i>Rhamnus goudotiana</i>	Palo amarillo	Arbusto
<i>Smilax floribunda</i>	Zarzaparilla	Bejuco
<i>Solanum spp.</i>		
<i>Vallea stipularis</i>	Raque	Árbol
<i>Verbesina crassiramea</i>	Tabaquillo	Árbol
<i>Vernonia bogotensis</i>		Arbusto
<i>Viburnum triphyllum</i>	Garrocho	Arbusto
<i>Xylosma spiculiferum</i>	Corono	Arbusto

Modificado de Van der Hammen (1998); y Fernández & Hernández (2007) por Calvachi (2007)

DOMINATES: Gomo y mano de oso

MUY ABUNDANTES: Arrayán, tuno, laurel de monte, chusque y granado

ABUNDANTES: Gaque, mortiño, cordoncillo, cucharo

Tabla 3.7. Tipología 4. Matorrales xerofíticos de tuna y hayuelo (*Opuntia* y *Dodonea*)

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Artemisia cf. sidiroi</i>	Artemisa	Hierba
<i>Ageratina leyvense</i>	Amargoso	Arbusto
<i>Agave sp.</i>	Magüey	Puya
<i>Achyrocline satureioides</i>	Vira-vira	Hierba

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	BIOTIPO
<i>Baccharis latifolia</i>	Ciro	Arbusto
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Dividivi de tierra fría	Árbol
<i>Castilleja fissifolia</i>	Amor sabanero, chupa huevo	Hierba
<i>Cestrum tomentosum</i>	Sauco negro	Arbusto
<i>Chaptalia exscapa</i>		Hierba
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Cheilanthes lendigera</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Cheilanthes myriophylla</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Condalia sp.</i>		Arbusto
<i>Cordia sp.</i>	Gomo	Arbusto
<i>Conyza trihecatactis</i>		Hierba
<i>Croton bogotanus</i>	Sangregado	Árbol
<i>Dichondra repens</i>		Hierba
<i>Dodonaea viscosa</i>	Hayuelo	Arbusto
<i>Duranta coriacea</i>	Espino garbanzo	Árbol
<i>Echeveria bicolor</i>	Verdolaga	Hierba
<i>Epidendrum forfax</i>	Orquídea	Hierba
<i>Euphorbia</i>		Hierba
<i>Evolvulus bogotensis</i>		Hierba
<i>Furcraea humboldtii</i>	Fique	Puya
<i>Heterospermum</i>		
<i>Hesperomeles sp.</i>	Mortifio	Arbusto
<i>Ipomea</i>		Trepadora
<i>Lantana boyacana</i>	Mermelada	Arbusto
<i>Lepidium sp.</i>		Hierba
<i>Lupinus sp.</i>	Chocho	Arbusto
<i>Notholaena sp.</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Monnina salicifolia</i>	Monina	Arbusto
<i>Myrsine latifolia</i>	Cucharo	Árbol
<i>Opuntia sp.</i>	Tuna	Cactus
<i>Oxalis tuberosa</i>	Acedera	Hierba
<i>Paronychia bogotensis</i>		Hierba
<i>Peperomia alpina</i>		Hierba
<i>Pellaea ternifolia</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Polypodium thyssanolepis</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Polypodium fraxinifolium</i>	Helecho	Hierba rizomatosa
<i>Plantago sericea</i>	Llanten	Hierba
<i>Salvia bogotensis</i>	Salvia	Hierba
<i>Senecio sp.</i>		Hierba
<i>Solanum lycioides</i>	Gurrubo	Árbol
<i>Stevia lucida</i>		Hierba
<i>Tillandsia incarnata</i>	Quiche	Bromelia
<i>Tradescantia sp.</i>		Hierba
<i>Wigginsia vorwerkiana</i>		Cactus
<i>Xylosma spiculiferum</i>	Corono	Arbusto

Modificado de Van der Hammen (1998); Andrade (1994); y Fernández &amp; Hernández (2007)

DOMINATES: Tuna y hayuelo

MUY ABUNDANTES: Ageratina y salvia

ABUNDANTES: Mermelada, fique, gurrubo, dividivi

#### Tipología 5. Páramo Azonal- (Páramo bajo)

Como lo señala el Doctor Van der Hammen, es necesario que futuros estudios palinológicos puedan confirmar la presencia del páramo azonal en la sabana. Sin embargo según la narración histórica ya citada, que menciona la presencia de un páramo azonal en Torca, valdría la pena considerar la posibilidad de recrear este tipo de ecosistema azonal en las márgenes del humedal Torca al momento de adelantar su restauración ecológica. Por ahora como referente solamente contaríamos con el recuento de la vegetación del páramo bajo de los cerros que rodean la sabana, que es quizá el ecosistema más próximo al citado, y de él sabemos que presenta matorrales enanos de especies como el sanalotodo (*Acytophyllum nitidum*), tibar (*Escallonia myrtilloides*), cachoevenao (*Aragoa sp.*), romero (*Senecio pulchellus*), amarguero negro (*Ageratina fastigiata*), y *Vaccinium floribundum*, y restos de bosques bajos de encenillo (*Wenmannia tomentosa*), rodamonte (*Escallonia myrtilloides*), colorado (*Polylepis quadrijuga*) y matorrales de charné (*Bucquetia vernicosa* y *B. glutinosa*) (Van der Hammen, 1998 y Pérez-Preciado, 2000).

#### Tipología 6. Praderas y áreas abiertas

Para el establecimiento de praderas naturales sería necesario realizar una revisión de la posible composición y estructura de este tipo de vegetación y definir cuáles serían factibles de introducir en los humedales. Al respecto sería importante apoyarse en los estudios que vienen desarrollándose en el marco del proyecto "Estudios sistemáticos de gramíneas de Colombia", en la Dirección Nacional de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia.

### 3.3.8. LINEAMIENTOS PARA DEFINIR LOS DISEÑOS FLORÍSTICOS

Una vez revisados los diferentes aspectos que influyen en los criterios para definir un referente a seguir en la revegetalización de los humedales bogotanos, se plantea que a causa de la drástica alteración, fragmentación y reducción de estos ecosistemas, y debido a que se encuentran dispersos en un apreciable rango geográfico que atraviesa la ciudad (Figura 3.12), se propone que en ellos se busque reflejar parte de la diversidad de especies, de la complejidad de estructuras vegetales y de asociaciones que pudieron existir en las rondas de los humedales; en tal sentido se hacen las siguientes consideraciones:

- Incluir en los humedales extremos, Torca al norte y Tibanica al sur, diseños florísticos únicos. En el primero, una porción de la ribera podría representar un páramo azonal, según lo considerado anteriormente, y en gran proporción vegetación del bosque de mano de oso y gomo. Mientras que en el segundo, es decir en Tibanica, se debería incluir en la ronda o ribera no inundable una muestra del matorral semiárido de tuna y hayuelo.

- Incorporar en todos los humedales vegetación del bosque inundable en las áreas con mayor nivel freático, junto con vegetación de los otros ecosistemas propuestos; es decir que para los dos anteriores se esperaría que en las áreas sometidas a inundación periódica se establezcan bosques de aliso o matorrales de laurel, y en sectores de la periferia, las planteadas en el numeral anterior o las que sean correspondientes de acuerdo a las condiciones locales.

- Es importante que los diseños florísticos incorporen una gradualidad de cada tipo de bosque o tipología, de acuerdo con los gradientes físicos (clima, geología, suelo e hidrología) y en relación directa con la ubicación geográfica de cada bosque o cobertura vegetal original. En tal sentido se realizaría un espectro de especies que disminuirían de norte a sur, para el bosque de referencia de mano de oso y gomo, y de sur a norte para el matorral semiárido. En otras palabras, cada que avancemos de un humedal a otro, las especies del primer bosque referido serán más abundantes, partiendo del extremo nororiental de la ciudad, es decir del humedal de Torca; mientras que los matorrales semiáridos, iniciando en Tibanica, serán gradualmente menos abundantes hacia el norte de la ciudad. En tal sentido los humedales del sector centro como Capellanía o Santa María del Lago deberían tener muy pocos elementos del matorral semiárido o ninguno, y quizá muy pocos del bosque de mano de oso y gomo, y de manera dominante, las rondas de estos humedales deberían incorporar elementos de la vegetación del bosque no inundable de palo blanco, raque y eugenia.

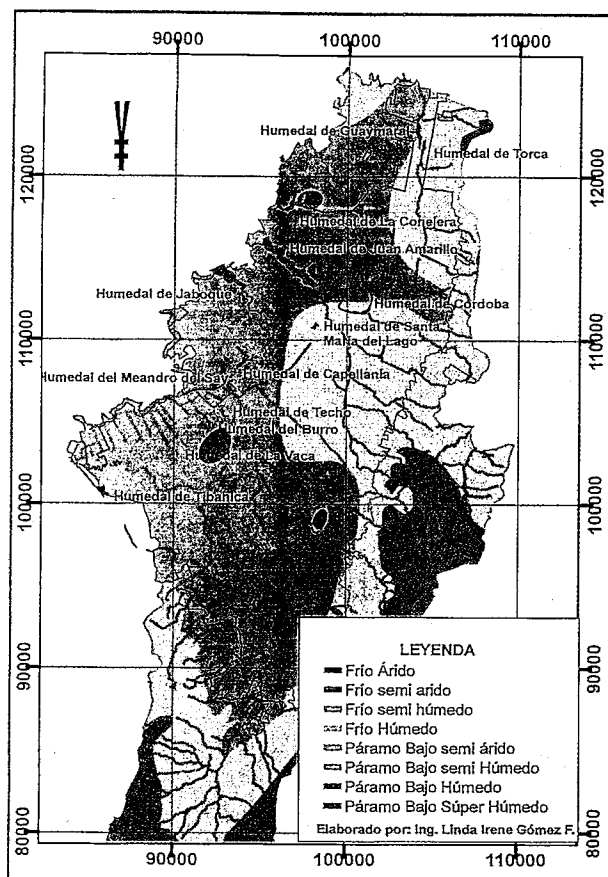


Figura 3.12. Dirección de los gradientes de variación climática, hidrológica, edáfica y topográfica en los trece humedales de Bogotá. Las variaciones se dan en sentido norte-sur y en sentido oriente-occidente. Atlas Ambiental SDA, 2007.

- El bosque no inundable de palo blanco, raque y eugenia se utilizará de manera general para las entremezclas en todos los humedales, a excepción de Tibanica que solamente incorporaría el bosque inundable y el matorral semiárido. Por lo tanto Torca podría incorporar muchas especies del bosque de gomo y mano de oso, una franja de páramo azonal, especies del bosque inundable y muy pocas o quizá ninguna del bosque no inundable de palo blanco, raque y eugenia.

- En vista de la pobre información que se tiene sobre la diferencia entre el bosque inundable de aliso y el matorral inundable de laurel, sería importante iniciar estudios paleoecológicos que brindaran luces al respecto, pero podrían incluirse a manera experimental diseños florísticos en los cuales se introduzca diferencialmente cada una de las formaciones vegetales, en sectores fragmentados de los humedales. En vista de la ausencia de información, para el caso del matorral de laurel, se podría introducir como especies acompañantes de éste, las mismas del bosque de aliso.

- Es importante no dejar de lado la posibilidad de introducir algunas praderas naturales para favorecer la permanencia de las especies de aves propias de este hábitat, para lo cual debe realizarse una revisión de la estructura y composición de las praderas naturales de la región, y definir una tipología que sea factible introducir en algunos sectores de las riberas restauradas de por lo menos algunos de los humedales, especialmente los de mayor tamaño y que constituyen el límite entre la ciudad y las áreas rurales.

- Tales diseños florísticos proporcionarían a los humedales la posibilidad de tener una identidad ecológica propia y exclusiva en cada uno, ya que además de reincorporar las coberturas vegetales nativas de los bosques de la planicie originales, tanto inundables como no inundables, se estarían incorporando tres ecosistemas más, que igualmente son nativos de la sabana y los cuales seguramente fueron propios de los sectores donde actualmente se asientan los humedales que sobrevivieron. Así se enriquecería y diversificaría ampliamente la composición y estructura de los bosques restablecidos en las rondas de los humedales de la ciudad.

- Finalmente, vale la pena considerar las dominancias y abundancias en los diferentes ecosistemas de referencia, factores importantes para definir en los diseños florísticos las cantidades de árboles a reintroducir. Al incorporar a los diseños de siembra tales características se estaría contribuyendo a propiciar asociaciones de vegetación que simulen las comunidades originales, de acuerdo a lo conocido en los estudios botánicos y paleoecológicos.

### 3.3.9. CRITERIOS COMPLEMENTARIOS PARA EL MANEJO DE LA COBERTURA VEGETAL TERRESTRE

- **Selección de especies.** Cada especie debe introducirse de acuerdo con su tolerancia específica a las inundaciones y al nivel freático. Es por esto muy importante tener información disponible de autoecología y de los requerimientos de dinámica y estructura del suelo.

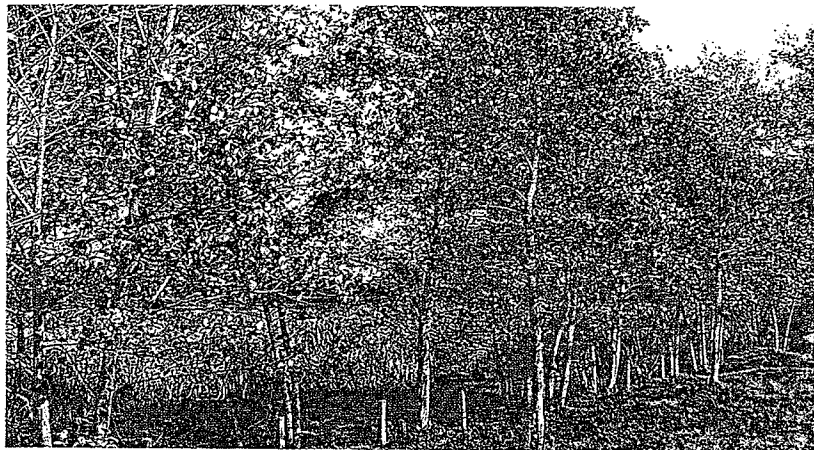


Figura 3.13. Franja litoral protectora de alisos (*Alnus acuminata*) plantados en la ronda del humedal Juan Amarillo, sector La Chucua. Especie tolerante a humedad del suelo y períodos cortos de inundación. David Rivera.

- **Diseños.** El diseño de la plantación debe procurar refugio, alimento, materiales y sitios de anidación, sitios de percha y de cortejo, así como corredores adecuados para la movilidad a través de la cobertura vegetal concéntrica al humedal. Igualmente considerar los requerimientos propios de las especies de fauna, especialmente, avifauna, en relación con cada uno de estos aspectos.

- **Diversidad de especies.** La revegetalización debe evitar la homogenización de la periferia del humedal. Uno de los objetivos debe estar enfocado hacia la generación de una alta diversidad de doseles (más abiertas o cerradas) para cada franja, manteniendo las diferencias florísticas y fisonómicas propias de la vegetación de cada franja; dichas diferencias están relacionadas con la autoecología de las especies (Tabla 3.4).

- **Conectividad interna.** Alternar corredores más abiertos o más cerrados (más o menos árboles) a través y conectando las franjas concéntricas o los diferentes estratos de cobertura vegetal existentes, para reforzar el movimiento de distintas especies de aves. Por otro lado, debe efectuarse el análisis para establecer las posibilidades de conectividad del humedal con otros ecosistemas vecinos, a fin de generar corredores de tránsito para aves y germoplasma, evitando en lo posible su aislamiento.

- **Atractores.** Referidos a perchas, árboles con fructificación atractiva, sitios de anidación en los extremos del gradiente, para reforzar la movilidad transversal de las aves. Esto refuerza el aprovechamiento integral del hábitat y aumenta la capacidad de carga.

- **Condiciones edáficas.** Terrenos que parecen bien drenados a simple vista, y pueden en realidad presentan niveles freáticos muy superficiales o drenajes muy deficitarios, lo que limita el desarrollo radicular de las especies no adaptadas a tales condiciones y la mortandad del material plantado. Por tal razón, debe efectuarse el análisis de las características físicas y químicas de los suelos a fin de precisar los requerimientos específicos.

- **Alternancia de corredores.** Mediante el diseño de coberturas con dosel más abierto o más cerrado (más o menos árboles) a través y conectando las franjas y parches de vegetación, junto con la disposición de atractores (perchas, frutas muy apetecidas, sitios de anidación) en los extremos del gradiente. Se refuerza de esta forma la movilidad transversal de la fauna, en especial, de las aves, mejora el aprovechamiento integral del hábitat y aumenta la capacidad de carga.

- **Estratificación.** Se deben proponer alternativas que permitan manejar especies de diversos estratos desde el herbáceo hasta el arbustivo y arbóreo.

- **Protección de la franja litoral.** A partir de la selección de especies adecuadas a la franja litoral del humedal y utilizando distancias de siembra entre 1 y 3 metros, se debe buscar la protección de las poblaciones de macrófitas acuáticas que constituyen hábitat de aves endémicas del humedal. Estas áreas deben destinarse como observatorios de aves con una mínima intervención por efecto de ruidos y otro tipo de disturbios.

- **Zonas de recreación pasiva.** Posterior a la franja litoral se deben diseñar áreas en las cuales las coberturas vegetales den la posibilidad al visitante de disfrutar del paisaje y recrearse pasivamente; en ellas, se debe aplicar el criterio de diversidad de especies.

- **Vegetación de transición.** Los diseños de coberturas vegetales en las zonas de transición entre el humedal y la zona urbana o de uso público se deben plantear con la posibilidad de generar barreras vivas con especies de porte tanto arbóreo como arbustivo que generen límites físicos y en alguna medida mitiguen los efectos del ruido. Los diseños deben responder al contraste de colores y texturas de las especies seleccionadas.

En lo posible, las especies seleccionadas en la franja de transición del humedal deben guardar armonía con las existentes en los predios vecinos o las vías alternas, para lo cual deben coordinarse acciones con las entidades competentes o con los dueños de los predios.

### 3.3.10. RECOMENDACIONES TÉCNICAS

A continuación se presentan algunos de los aspectos técnicos que deben ser tenidos en cuenta para ejecutar actividades de revegetalización y disminuir el índice de mortalidad:

- Caracterización del sitio destinado para la plantación (variables ambientales físico-bióticas e historia predisturbio, suelo, clima).

- Definición de las especies adecuadas y diseños de tipologías o arreglos florísticos de plantación.

- Preparación del terreno, adecuación y limpieza:

- \* Nivelación

- \* Retiro de malezas, residuos o escombros

- Todo tipo de traslado de material vegetal debe hacerse siguiendo las medidas técnicas necesarias para evitar que los individuos sufran daños mecánicos.

- Evaluar las necesidades de mejoramiento de los suelos.

- Revegetalización y mantenimiento: se deberán adelantar labores como riego, fertilización y en caso de mortalidad se deberán reponer los árboles con las mismas calidades del material inicial, para que se asegure el establecimiento y buen desarrollo de la plantación.

- Precisar la estación climática más adecuada para la plantación del material vegetal.

- Es importante tener presente que cualquier adecuación física de estos ecosistemas para recreación pasiva o educación ambiental debe tener en cuenta los requisitos prioritarios de preservación y recuperación, en particular, los relacionados con la oferta de hábitats necesarios para el mantenimiento de las poblaciones, en especial las de avifauna.

- Para los humedales distritales existen experiencias en cuanto al restablecimiento de cobertura vegetal, sin embargo los diseños florísticos son muy variables ya que no solo se deben tener presentes las características físicas y bióticas del área a intervenir, sino también, los objetivos de intervención, la caracterización social del área, la disponibilidad de material en vivero y su estado fitosanitario.

- Además de la selección de las especies y los aspectos anteriormente mencionados, es necesario tener en cuenta que las condiciones medioambientales de cada uno de los 13 humedales bogotanos son muy distintas, incluso a nivel de las condiciones y características del microclima, lo cual influye de forma directa en el éxito de los tratamientos a implementar. Se debe conocer la incidencia de fenómenos climáticos adversos como las heladas y las granizadas que pueden causar daño mecánico en las plantas.

Actualmente, no se cuenta con estudios sobre los humedales urbanos que permitan conocer con detalle las características microclimáticas. Sin embargo, podemos tener rangos definidos en las localidades en las que se encuentran. Es así como los humedales como Córdoba, La Conejera, Juan Amarillo, Torca y Guaymaral presentan ofertas hídricas más elevadas y temperaturas más bajas que en los humedales de La Vaca, Techo, El



Burro y Tibanica, donde la precipitación es menor y, por ende, la disponibilidad hídrica en las temporadas secas del año es más limitada. La información climática puede consultarse de los datos que se obtienen a partir de los reportes de las estaciones meteorológicas del Ideam en Bogotá.

Por otro lado, también se puede recurrir a información secundaria, donde se encuentren caracterizaciones de zonas climáticas en las 20 localidades que conforman el Distrito Capital, lo cual debe tenerse en cuenta para la selección de las especies y la época de la intervención.

### 3.3.11. MANEJO DE LOS SUELOS EN HUMEDALES

La caracterización físico-biótica del suelo es un aspecto muy importante a la hora de intervenir las áreas de ronda de los ecosistemas de humedal, ya que su dinámica de transformación es uno de los componentes más complejos y menos estudiados. Sin estudios de suelos los tratamientos de recuperación de la cobertura vegetal se quedan en recomendaciones y pruebas de "ensayo-error".

Para el desarrollo de los diferentes tipos de cobertura vegetal, la adecuación del suelo debe responder a características ecológicas y autoecológicas de las especies seleccionadas para plantar. Es importante tener en cuenta que los suelos de los humedales presentan grandes dificultades, producto de la historia de su transformación, durante la cual la estructura natural de los suelos y su biota edáfica han sido alteradas.

Debido a las pobres condiciones que reflejan los suelos de los humedales y su carácter hidromorfo es fundamental que se lleven a cabo estudios detallados sobre este componente para la definición de estrategias que permitan un mayor rango de éxito en futuros procesos en el establecimiento de las coberturas vegetales. Bajo estas condiciones limitantes, el suelo debe recibir enmiendas orgánicas y de microorganismos micorrizógenos adecuados para favorecer el desarrollo de las especies plantadas.

Considerando que las rondas de los humedales son espacios físicos altamente transformados y con suelos drásticamente afectados por basuras, escombros y rellenos, el proceso de reimplantación de las coberturas vegetales debe adelantar una evaluación de las condiciones del suelo para implementar un plan de restauración o recomposición del mismo, que asegure la sobrevivencia de la vegetación que se va a reintroducir. En tal sentido Cortés y Chamorro en INGETEC, 2007 realizan las siguientes recomendaciones:

-Para la recuperación de las condiciones del suelo deben realizarse actividades que atiendan tres necesidades básicas específicas de lineamientos edafológicos: a) profundidad efectiva, b) drenaje, y c) fertilización.

- Las acciones necesarias para abordar estas insuficiencias deben dirigirse a la recuperación de la capa de suelos orgánicos, que garanticen el éxito en la reimplantación de la vegetación herbácea de la ronda e igualmente proporcionen a los suelos condiciones edáficas adecuadas para recomponer los estratos arbóreo y arbustivo e induzcan procesos de formación y maduración de suelos, necesarios para la recuperación integral de la ronda del humedal. Para esto se recomienda realizar tratamientos de escarificación de la tierra que consisten en las siguientes actividades:

- Retirar escombros gruesos, residuos y vegetación no deseable incluyendo la extracción de cespedones de pasto kikuyo o árboles y arbustos, que se defina retirar de acuerdo con el Plan de Manejo Forestal particular en cada humedal, antes de iniciar las obras civiles de readecuación morfológica, restauración del suelo y revegetalización.

- Luego del retiro debe realizarse la escarificación del suelo alterado (compactado), proceso que consiste en romper la costra superficial, por medio mecánico o manual.

*Escarificación mecánica:* este tipo de escarificación pretende destruir la costra del suelo alterado, por medios mecánicos (tractor Camco 5050B, con un rendimiento aproximado de 1.79 hectáreas/hora en terreno plano o de baja pendiente). Procedimiento que debe ser complementado por tratamientos manuales en zonas de difícil acceso.

*Escarificación manual y aplicación de tierra abonada:* la escarificación manual de la costra del suelo alterado (compactado), es necesario realizarla donde sea imposible la entrada de tractor por la morfología o la fragilidad del terreno. Es necesario la escarificación con ayuda de picas, palas, cinceles cortos y rastrillos que

aflojen o dispersen el sedimento fino encostrado (arcilla) y faciliten la adición y mezcla de tierra abonada.

- Luego de la escarificación se debe humectar el suelo mediante un riego controlado, haciéndole una mezcla manual de la tierra.

- Finalmente se debe dejar una capa de suelo abonado, retirándose previamente ladrillos, desechos de construcción gruesos, pedazos de material asfaltado y troncos de concreto, obteniéndose así una capa fina de suelo, cuyo grosor está entre 20 y 30 centímetros, la cual debe ser extendida en una capa homogénea en toda la ronda y zona de manejo y preservación ambiental, para facilitar la siembra de vegetación.

### 3.3.12. PROPUESTAS PARA EL MANEJO DE COBERTURAS VEGETALES

#### ENRIQUECIMIENTO DEL HÁBITAT

- **Perchas vivas:** con este término se hace referencia a las especies de flora que debido a sus características fisonómicas sirven como punto de descanso, paso o llegada de algunas especies de avifauna. Características como altura, follaje, ubicación, son importantes para proporcionar a la avifauna tranquilidad y reposo.

- **Perchas muertas:** todas aquellas especies de vegetación arbórea y arbustiva que han muerto pero permanecen en pie ofreciendo puntos o estaciones de apoyo para la avifauna residente o migratoria.

- **Refugios:** ya sean de tipo natural por medio del establecimiento de especies de vegetación sobre la ronda o de tipo artificial por medio de la construcción de objetos con características especiales y/o específicos según la especie, preferiblemente, ubicados en sitios estratégicos. Para cualquiera de los dos tipos es necesario conocer de antemano los requerimientos del refugio para las especies de fauna y, en especial, de avifauna.

#### CORREDORES ECOLÓGICOS

Se propone, con el fin de mejorar la conectividad e impulsar la dinámica sucesional del ecosistema, generar condiciones para la dispersión de semillas por medio de la llegada de fauna y propender por el establecimiento de barreras físicas, entre otros. Aunque las densidades son muy relativas y dependen del espacio con el que se cuente para su establecimiento, se recomiendan densidades mínimas entre 4 y 6 metros de distancia, permitiendo el establecimiento de diferentes estratos y heterogeneidad ambiental.

Desde la perspectiva de la ecología del paisaje (Forman, 1998), los corredores ecológicos riparios son importantes en funciones claves de los procesos de flujos hidrológicos, de partículas y materiales y las actividades de la fauna y las humanas. Las especies indicadas en la Tabla 3.4 pueden hacer parte de un corredor ecológico.

Algunas de las ventajas de los corredores ecológicos en los ecosistemas urbanos son:

- Promueven la circulación de especies y servicios ecosistémicos propios del entorno, comunicando a los hábitats.

- Favorecen la conservación de biodiversidad y procesos naturales de regulación microclimática local, purificación de aire y agua, control de erosión.

- Generan espacios de sombra, sitios para recreación pasiva y la educación ambiental.

- Muchas de las especies nativas, además del beneficio ecológico, tienen potencial ornamental y aptitudes paisajísticas.

- Favorece el intercambio genético en las especies.

#### BARREERAS ESPINOSAS

Una barrera con plantas espinosas se establece como mecanismo de protección contra predadores y refugio de algunas especies de fauna, además permite aislar la zona litoral de la ganadería y el disturbio humano.

Algunas de las especies recomendadas son:

- *Berberis spp* (uñegato)

- *Duranta muttissi* (espino)

- *Hesperomeles goudotiana* (mortiño)

- *Rubus bogotensis* (zarzamora)

- *Rubus floribundus* (zarzamora)
- *Xylosma spiculiferum* (corono)

#### ATRACTORES COMO ALIMENTO PARA AVES

Consiste en el establecimiento de especies de vegetación terrestre, que por sus características propias se presenten, como oferta alimenticia para diferentes especies de fauna y avifauna, de forma permanente o estacional se encuentran en los humedales. Algunas de las especies recomendadas se indican en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Algunas de las principales especies nativas adecuadas para considerar en las tipologías de plantación como atractores de alimento para aves.

<i>Abatia parviflora</i> (duraznillo)	<i>Myrcianthes leucoxyla</i> (arrayán)
<i>Cordia lanata</i> (salvio)	<i>Myrica sp</i> (aurel moruno)
<i>Croton spp</i> (sangregado)	<i>Myrsine guianensis</i> (cucharó)
<i>Cytarexylum spp</i> (cajeto)	<i>Oreopanax floribundum</i> (mano de oso)
<i>Ficus soatensis</i> (caucho sabanero)	<i>Palicourea sp</i> (tominejos)
<i>Ficus tequendamae</i> (caucho tequendama)	<i>Passiflora spp</i> (curubos)
<i>Hedyosmum sp</i> (granizo)	<i>Prunus serotina</i> (cerezo)
<i>Hesperomeles goudotiana</i> (mortiño)	<i>Rubus spp</i> (zarzamoras)
<i>Miconia sp</i> (tunos)	<i>Tecoma stans</i> (chicalá)
	<i>Xylosma spiculiferum</i> (corono)

### 3.4. CONTROL DE ESPECIES INVASORAS

La dinámica de las comunidades vegetales de los humedales suele regirse por procesos de invasión oportunista (ventana de invasión por disturbios naturales), más que por secuencias ordenadas de sucesión; es fuerte la tendencia al dominio excluyente de unas especies (invasoras) sobre otras; esto puede resultar en pérdidas locales de diversidad por establecimiento de parches de vegetación monoespecíficos (Figuras 3.14 y 3.15).

La especie observada más frecuentemente como invasora excluyente es el buchón o lirio de agua (*Eichhornia crassipes*), de las flotantes y de las terrestres invasoras sobre el humedal están el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), el retamo espinoso (*Ulex europaeus*), las acacias (*Acacia spp*), entre otras especies trepadoras de cucurbitáceas, la calabaza blanca y la convolvulácea del género pomoea.

El método básico para retirar y controlar la propagación de invasivas es el método de Bradley o entresacado manual, que debe realizarse periódicamente según las características de crecimiento y desarrollo de las plantas a erradicar, observadas en campo o de las cuales se tenga algún registro científico.

En el caso de las diferentes especies de juncos, enea, *T. latifolia*, *S. californicus*, y otras especies de la pradera de macrófitas flotantes, cuando tienen comportamiento invasivo el control debe hacerse entresacando secciones que permitan la recuperación del espejo de agua y el flujo adecuado.

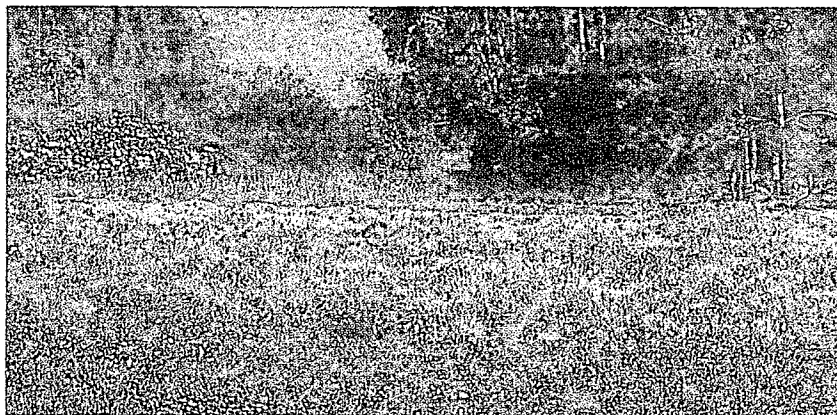


Figura 3.14. La invasión del pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*, avanza sobre la pradera de macrófitas.



Figura 3.15. Rizomas de kikuyo avanzando en el agua (arriba). Los rizomas eliminan por competencia especies autóctonas de la pradera de macrófitas (abajo). David Rivera.

La cobertura actual de los humedales indica que el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), especie introducida de origen africano, es la principal especie invasora de los humedales de Bogotá y constituye un serio impedimento para el desarrollo de la vegetación natural en la interfase terrestre acuática (Figura 3.16).



Figura 3.16. Control y limpieza manual de árboles jóvenes cubiertos por especies invasivas de pasto kikuyo y la *convulvulácea* *Ipomea* sp. Humedal Juan Amarillo. Foto: David Rivera.

Es prioritaria la actividad de su erradicación, para abrir los espacios de recolonización para la vegetación acuática nativa. Para desarrollar esta acción debe tenerse en cuenta la relación porcentual de área invadida por el pasto y la disponibilidad de agua para ocupar el espacio que se genera.

Las técnicas de remoción más recomendadas serían las manuales o con maquinaria liviana, en todo caso removiendo no solo el césped emergente sino la red de raíces y rizomas, que inhibe la conformación de bancos de semillas y otros propágulos de la vegetación natural. El control con herbicidas debe ser descartado por el impacto de toxicidad sobre la biota natural del humedal.

El método de Bradley se ha utilizado para el control de estos problemas, y consiste en el deshierbe recurrente de la franja litoral con herramientas manuales para mantenerla libre de invasoras; este método se ha implementado ampliamente en Australia y consta de varias fases (Middleton 1999):

- Deshierbe primario: el sitio debe ser limpiado de la masa de vegetación invasora incluyendo sus sistemas de raíces y estolones; es la fase que demanda más tiempo y trabajo intensivo.
- Consolidación: se hacen deshiebres subsiguientes con una periodicidad dictada por la velocidad de regeneración de la maleza que se quiera controlar.
- Mantenimiento de largo plazo: se visitan esporádicamente los sitios para retirar cualquier tipo de crecimiento indeseado.
- Compostaje: el material vegetal cosechado por el deshierbe y mantenimiento puede ser utilizado como abono luego de un proceso controlado de compostaje.

Esta metodología puede presentar dificultades en su implementación práctica pues demanda mucha mano de obra entrenada y tiempo; sin embargo, esto debe sopesarse en cada caso particular frente a una serie de ventajas desde el punto de vista ecológico y ambiental, como es el mínimo impacto por disturbio físico sobre los sustratos y bancos de semillas de la zona litoral, y por otra parte, la posibilidad de efectuar remociones muy específicas sin afectar las especies nativas que crecen simultáneamente.

### 3.4.1. MANEJO DE BANCOS DE SEMILLAS Y PROPÁGULOS

Uno de los impactos negativos de la invasión generalizada y degradación de la franja litoral de los humedales por plantas terrestres invasivas como el kikuyo, es la destrucción del banco de semillas y propágulos de la vegetación acuática y semiacuática. Los estudios realizados en el humedal Jaboque (Vargas et al., 2005, Convenio EAAB-Universidad Nacional), revelan el potencial de los bancos de semillas en la recuperación de la vegetación. Los bancos de semillas de los humedales son considerados como los más grandes en términos de densidad (número de semillas/m<sup>2</sup>) de todos los ecosistemas hasta ahora estudiados.

De acuerdo con el estudio, entre las ocho comunidades a las cuales se les pudo coleccionar muestras de lodo, las que presentaron densidades más altas de semillas germinadas fueron las comunidades de *Juncus effusus* (657.462 s/m<sup>2</sup>) y de *Rumex conglomeratus* - *Polygonum sp.* (170.650 s/m<sup>2</sup>), ubicadas en la zona conservada, mientras que los valores mas bajos de densidad total de semillas germinadas fue exhibido por las comunidades presentes en la zona con alteración intermedia, *Bidens laevis* y *Schoenoplectus californicus* (5.950 s/m<sup>2</sup> y 1.863 s/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Se encontró también un gradiente en la densidad de semillas con la profundidad y con el estado de conservación del humedal. Las comunidades de *Juncus effusus* (812.562 s/m<sup>2</sup>) y de *Rumex conglomeratus* - *Polygonum sp.* (236.033 s/m<sup>2</sup>), presentes en la zona conservada mostraron los valores más altos, mientras que las comunidades presentes en las zonas con alteración intermedia y en la transición entre esta y la muy alterada, presentaron las densidades más bajas como ocurrió en las comunidades de *Bidens laevis* (3.636 s/m<sup>2</sup>) y *Ludwigia peploides* (5.372 s/m<sup>2</sup>).

De este estudio se concluye que una de las estrategias de recuperación del humedal consiste en el transplante del banco de semillas de áreas poco disturbadas a áreas degradadas, entre comunidades vegetales similares. Otra estrategia es la germinación masiva de los bancos de semillas y el transplante de las plántulas a áreas experimentales.

## 3.5. FAUNA SILVESTRE

### 3.5.1. IMPORTANCIA DEL HÁBITAT PARA VERTEBRADOS

El hábitat de un animal es el entorno físico y biótico en que vive, el medio natural que proporciona los requisitos de supervivencia y reproducción de su población (Cody, 1985; Morrison *et al.*, 1998). El hábitat óptimo es el que permite que la población sea autosostenible indefinidamente, que implica una buena supervivencia de los individuos y una tasa reproductiva suficientemente alta para que la población pueda recuperarse de cualquier crisis de supervivencia como un período de bajos recursos, una catástrofe natural o una perturbación antrópica.

Para los vertebrados de los humedales de Bogotá, los componentes claves del hábitat son la calidad y dinámica del agua, y la estructura de la vegetación (Burger, 1985; Thompson y Luthin, 2004). La calidad del agua se relaciona con la carga de sedimentos, materia orgánica y otros contaminantes, que a su vez permite o impide el desarrollo de poblaciones de invertebrados y de plantas necesarias para la alimentación de los vertebrados; la dinámica del agua se refiere a los cambios de profundidad y área inundada. La estructura de la vegetación, la cual en general es más importante que su composición de especies, excepto en los casos en que una especie en particular produce por sí sola un tipo estructural de vegetación como es el caso de los juncuales, incide específicamente en la disponibilidad de sitios para actividades como forrajeo, anidación y refugio.

Se ha presentado mucha controversia en torno al tamaño de una población autosostenible (Soulé, 1987; Morrison *et al.*, 1998). La probabilidad de extinción debido a eventos aleatorios es inversamente proporcional al tamaño de la población, y el tiempo de persistencia de una población aumenta exponencialmente con su tamaño. Unos autores han propuesto una cifra de 500 individuos para persistencia indefinida, basado en suposiciones de la carga genética, representada por la cantidad de alelos recesivos deletéreos presentes en el acervo genético de muchas especies que, en situaciones de mayor endogamia, podrían afectar su reproducción.

Sin embargo, para poblaciones pequeñas que ya han persistido durante muchas generaciones con un alto grado de endogamia, esta cifra seguramente es demasiado alta; este es el caso de muchas especies de los humedales bogotanos. La estructura de la población es también muy importante. Una población pequeña y cerrada tiene un riesgo de extinción más alto que otra del mismo tamaño, que ocasionalmente puede intercambiar individuos con otras poblaciones, porque existe la posibilidad de reestablecimiento de una población local extinta por recolonización (Soulé, 1987; Brown, 1995; Morrison *et al.*, 1998). De estas consideraciones se concluye que para la conservación de las poblaciones de vertebrados de los humedales, hay que lograr dos cosas: aumentar los tamaños de las poblaciones y aumentar el intercambio de individuos entre ellas, es decir la conectividad (Brown y Dinsmore, 1986).

La persistencia y aumento de las poblaciones de vertebrados están en gran medida determinados por el hábitat adecuado disponible (Cody, 1985; Morrison *et al.*, 1998). Esto es, especialmente, importante para especies en que los grupos reproductivos (parejas, familias) defienden territorios para asegurar una cantidad adecuada de recursos, como lo hacen muchas aves. En este caso, un área dada tiene un nivel de saturación que fija el número máximo de individuos que puede haber, determinado directamente por las interacciones sociales entre individuos e indirectamente, por los niveles de otros recursos como alimento o sitios de anidación. Entonces, para muchas especies de aves, la única manera de aumentar sus poblaciones es aumentar el área de hábitat disponible.

El manejo de los hábitats dentro de un humedal tiene que partir de un conocimiento de los requisitos de la fauna propia en términos de los tipos de vegetación (Burger, 1985; Morrison *et al.*, 1998; Morales, 2001). La clasificación estructural de la vegetación acuática (Tabla 2.3) provee un marco de referencia general. Para optimizar el valor de un humedal para la conservación de la fauna, hay que determinar cuáles especies son más prioritarias para conservar y manejar el régimen hídrico del humedal, para asegurar una cobertura adecuada de los tipos estructurales de vegetación que requieren. En este sentido, las aves endémicas y amenazadas propias del humedal son las más importantes a considerar.

Se debe tener en cuenta el conjunto de especies propias que dependen del humedal para su supervivencia.

Dado que los requisitos de espacio de las aves son más altos que para otros componentes de la fauna de vertebrados en general, la provisión de suficiente hábitat para las aves asegura que las especies propias de otros grupos podrían mantener sus poblaciones en buen estado.

### 3.5.2. DATOS REQUERIDOS PARA UN DIAGNÓSTICO DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

En esta sección se explican los datos utilizados para realizar el diagnóstico de la fauna de vertebrados de los humedales. En cuanto a la composición de la fauna, hay que distinguir entre las especies *propias* que realmente habitan los humedales, las *periféricas* que ocurren en sus alrededores pero no tanto en los humedales mismos, y las *externas* que visitan los humedales o sus rondas ocasionalmente.

Muchas listas existentes de la fauna de los humedales (p. e. Calvachi, 2003) no fueron recopiladas con estos criterios, dando como resultado una sobrestimación de los números de especies en varios grupos. Algunas especies están citadas como en peligro en los humedales cuando éstos ni siquiera son hábitats importante para ellas, lo cual puede desviar la atención de la situación crítica de un número menor de especies que dependen estrechamente de ellos. Por esto, en las listas presentadas (Anexos 8 y 9) se clasifican las especies en primera instancia según su situación en los humedales.

Las especies propias se clasifican como residentes permanentes, residentes parciales, residentes no reproductivas y visitantes. También se consideran las especies periféricas y externas, según los criterios explicados en la Tabla 3.9. La única excepción es que para las aves no se tienen en cuenta especies externas. Dada la alta movilidad de las aves, una lista completa de tales especies bien podría incluir a una buena parte de las aves del país, por lo tanto se ha hecho énfasis en las especies acuáticas y las terrestres que encuentran algún recurso (alimento, refugio) en el humedal. Desde luego, los esfuerzos de conservación y restauración en los humedales deben enfocarse en las especies propias que son residentes permanentes.

Entre las especies residentes, dos aspectos determinan su prioridad en cuanto a los esfuerzos de conservación, incluyendo los de recuperación o rehabilitación ecológica de humedales. Uno es su distribución geográfica, en particular su grado de endemismo; el otro es el estado de sus poblaciones dentro de su rango de distribución, en particular su grado de amenaza de extinción; categorías de endemismo y amenaza están presentadas en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Tipos de datos y criterios requeridos para un diagnóstico de la fauna de vertebrados de los humedales de Bogotá (Anexo 9).

Tipo de dato o criterio	Abreviación y significado	Explicación
Situación	R: residente permanente	Forrajea, se reproduce y se refugia solamente en el humedal, depende de él
	R*: residente parcial	Como el anterior, pero ocupa una gama más amplia de hábitat, no depende del humedal
	N: residente no reproductivo	Vive en el humedal por períodos largos pero no se reproduce en él; especialmente aves migratorias
	P: residente periférico	Vive en la vegetación que rodea el humedal, no frecuenta el humedal mismo
	E: residente externo	Habita otros ambientes en la región pero solo aparece muy ocasionalmente en o cerca del humedal
	V: visitante	Ave acuática de otras regiones del país que aparece por períodos cortos en una o pocas e impredecibles ocasiones en el humedal
Grado de endemismo	E	Especie endémica al altiplano cundiboyacense, especialmente, de los humedales
	O	Especie endémica a la Cordillera Oriental
	C	Especie endémica a Colombia (también habita otras cordilleras o pisos de altitud)
	AD	Especie más ampliamente distribuida
	ADe o ADo	Especie ampliamente distribuida, subespecie endémica

Tipo de dato o criterio	Abreviación y significado	Explicación
Grado de amenaza	CR	Críticamente amenazada
	AM	Amenazada (en peligro de extinción)
	VU	Vulnerable: no en peligro inminente
	CA	Casi amenazada (no amenazada actualmente, pero podría llegar a serlo en el futuro)
	PP	Poca preocupación (población segura)
Abundancia	A: abundante	Visto a diario en buenos números
	C: común	Visto a diario en números más bajos
	P: poco común	Unos pocos vistos con frecuencia
	E: escaso	Uno o pocos vistos muy de vez en cuando
	O: ocasional	Muy pocos registros a intervalos largos e impredecibles
	x: accidental	Apenas uno o dos registros; poco probable encontrarla de nuevo
	X: extinta o extirpada	Antes residente, sin registros en las últimas décadas
	nr: no registrada	Especie apenas ocasional o accidental sin datos suficientes para permitir comparación (ver texto)
Capacidad de dispersión	Alta	Capaz de moverse entre humedales durante períodos cortos
	Baja	Muy sedentaria, se mueve poco entre humedales con mucha dificultad
Capacidad de recuperación	Alta	Capaz de reponer sus números rápidamente después de una alteración de su medio; alta capacidad reproductiva
	Baja	Poco capaz de reponerse después de una alteración: baja tasa reproductiva

Para definir el estado de amenaza o situación de conservación, se adoptan las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), aplicados a Colombia (ver Rengifo, 1998; UICN, 2001; Mojica et al., 2002; Rueda et al., 2004):

- CR (críticamente amenazada).
- AM (amenazada).
- VU (vulnerable).
- CA (casi amenazada).
- PP: (poco preocupante). Una especie (o subespecie endémica) cuya situación parece segura.

Una indicación de la situación local de una especie es su abundancia. Dado que no existen censos detallados y actualizados para ninguna especie de vertebrados en todos los humedales de Bogotá, hay que estimar las abundancias con base en la frecuencia de encuentro en las visitas a los humedales. Para la mayoría de los vertebrados, solo existen registros muy ocasionales o anecdóticos que no permiten ni esto, porque no ha habido muestreos regulares de ningún tipo.

En cambio, para las aves hay listas de especies vistas en salidas de observación de la Asociación Bogotana de Ornitología (ABO) a varios humedales. Para algunos existen conteos de aves realizados en época de la navidad durante varios años. Aunque no son censos propiamente dichos, estos conteos permiten una clasificación aproximada de la abundancia de las especies residentes (permanentes o estacionales) (Anexo 9 y ABO, 2000).

Para muchas especies de aves, existen estimaciones muy someras de abundancia para las décadas de 1960 (Olivares, 1969) o 1970 (Fjeldsa, 1985) que dan alguna indicación de su "abundancia histórica" (Chapman, 1917), la cual permite comparaciones con la actual (con la debida cautela). Hay especies que no se han registrado (nr) en tiempos históricos o recientes, pero por tener poblaciones seguras en otras partes del país o del continente, no sería correcto considerarlas extintas.

Esto es especialmente frecuente entre especies escasas, ocasionales y accidentales y no nos dice mucho sobre posibles cambios de abundancia, a menos que en el otro período se consideren abundantes o comunes. También es importante distinguir la abundancia de una especie versus su abundancia en los humedales



específicamente. Una especie puede ser escasa u ocasional en los humedales pero común o abundante en otros hábitat (el caso de varios anfibios, reptiles y mamíferos en particular). Sin embargo, de más interés puede ser la tendencia actual de las poblaciones de una especie y para muchas aves se puede hacer una estimación a partir de los conteos navideños de la ABO desde 1988 hasta 2005 en varios humedales. Estos conteos permiten estimar si una especie está, actualmente, en aumento o en disminución (fuerte o leve) o tiene una población relativamente estable.

Para especies escasas, ocasionales o accidentales (y la gran mayoría de vertebrados) no hay suficientes registros para establecer tendencias; entonces, este criterio no es aplicable (na). Solo para algunos vertebrados terrestres en que la gente se fija (como el curí *Cavia anolaimae*) o para las cuales sus requisitos son conocidos (como la rana sabanera *Hyla labialis*) es posible hacer una estimación de la tendencia actual.

Para poder estimar la oferta actual y potencial de los diferentes humedales para la fauna es importante conocer los requisitos de hábitat y alimentación de las especies. Para casi todos los vertebrados terrestres, las dietas y los requisitos de hábitat se conocen en términos generales, pero por falta de estudios los datos específicos son mínimos. Para las aves hay muchas observaciones que permiten ligar una especie dada con uno o más tipos fisonómicos de vegetación; vale anotar que las aves, en general, escogen tipos de vegetación con base en sus características estructurales generales y no especies particulares, a menos que tales especies representen tipos estructurales importantes en la comunidad, como es el caso de los juncos (*Schoenoplectus*) en los humedales.

Por esto, para evaluar la disponibilidad de hábitat para las aves, se requiere una clasificación fisionómica de la vegetación, y no una basada en variaciones de la composición de especies. Una clasificación de este tipo para la vegetación de los humedales de Bogotá se presenta en la Tabla 3.7. No se pretenden especificar los hábitat según este sistema para especies de los otros grupos de fauna por falta de información, aunque cuando es posible se da alguna indicación de sus requisitos. En cuanto a dieta, por falta de información más específica, se clasifican las especies según el tipo general de alimento(s): insectos, invertebrados de otros tipos (lombrices, etc.), vertebrados (carnívoro), carroña, frutos, semillas (granívoro), hojas (folívoro o herbívoro) u omnívoro (consume varios de los anteriores).

Para complementar estos datos se han propuesto dos parámetros adicionales: capacidad de dispersión y capacidad de recuperación. La *capacidad de dispersión* se refiere a la capacidad de una especie de pasar entre los fragmentos de humedales que quedan, o de llegar a un hábitat recién establecidos. La *capacidad de recuperación* tiene que ver con la capacidad de una especie de volver a sus números y estructura poblacional previos en un sitio, después de una perturbación (generalmente provocada por acciones del hombre).

Estas categorías son un poco subjetivas dado la ausencia de estudios detallados y cuantitativos. Por esto, se considera que una especie tiene una capacidad de dispersión alta (A) si hay indicaciones de que es capaz de moverse rápidamente entre humedales y colonizar espacios nuevos en poco tiempo. Una capacidad baja (B) indica una especie muy sedentaria que no ha mostrado capacidad de moverse entre humedales ni colonizar espacios nuevos. Todas las especies que no caen claramente en A o B se consideran de capacidad moderada (M); se reconoce cuando falta información y la categoría asignada es tentativa con interrogativa (A?, M?, B?).

Las mismas convenciones se aplican para el caso de la capacidad de recuperación: solamente especies para las cuales hay indicaciones de capacidades altas o bajas se consideran A o B, respectivamente; las demás se consideran de capacidad moderada, con la interrogativa (?), para indicar incertidumbre en la asignación. Desde luego, especies migratorias o divagantes que llegan desde grandes distancias deben tener capacidad de dispersión alta. La capacidad de recuperación es pertinente solamente a las especies residentes; no se aplica a especies visitantes ocasionales o accidentales, y en la práctica es difícil de aplicar a especies residentes muy escasas. Finalmente, toda esta información se integró para evaluar la situación de cada especie en los humedales de Bogotá (Anexo 9).

### 3.5.3. MANEJO INTEGRAL DEL HÁBITAT

Un programa exitoso de manejo de fauna debe partir de prioridades claras en el manejo de los hábitat. Hay que saber cuáles especies de aves son más importantes en términos de conservación y cuáles son las más

críticas para sostener poblaciones de estas aves (Cody, 1985; Morrison *et al.*, 1998). En el caso de las aves de los humedales de Bogotá, las prioridades son obvias: primero son las especies endémicas y amenazadas, siguen las especies representadas por subespecies endémicas y amenazadas, y en tercer lugar otras subespecies endémicas que no están en peligro inmediato de extinción. Finalmente, hay que considerar los requisitos de hábitat de las aves acuáticas que no son endémicas, pero cuya presencia depende de los humedales.

Hay dos especies de aves endémicas y en peligro de extinción en los humedales de Bogotá: el chirriador o cucarachero de pantano *Cistothorus apolinari* y el rascón andino o tingua bogotana *Rallus semiplumbeus* (Renjifo, 1998; Stiles, 1998; ABO, 2000). Las especies con subespecies endémicas y amenazadas son la garcita dorada *Ixobrychus exilis*, la tingua moteada o de pico verde *Gallinula melanops* (en ambos casos la subespecie se llama *bogotensis*) y el pato turrio *Oxyura jamaicensis andina*. Las otras subespecies endémicas no amenazadas son la focha o tingua de pico amarillo *Fulica americana columbiana* y la monjita, *Agelaius icterocephalus bogotensis* (ABO, 2000; Stiles, 1998, 2002).

Los requisitos de hábitat de estas especies están presentados en detalle en la Tabla 3.10. Esta Tabla presenta también estimaciones de las áreas de hábitat óptimo requeridas por una pareja de cada especie, cuando existen datos al respecto (Hilty y Brown, 1986; Fjeldsa y Krabbe, 1990; Lozano, 1993; ABO, 2000; Caycedo, 2001; Morales, 2001). Es importante anotar que en conjunto estas aves requieren un mosaico de hábitat, más aún cuando se consideran todas las aves acuáticas, de tal forma que un manejo exitoso de un hábitat no puede orientarse a aumentar solo una parte y excluir otra, aunque sí existen ambientes prioritarios dentro del mosaico en general.

El manejo de los humedales para producir un mosaico de ambientes, también puede favorecer los otros vertebrados acuáticos. En la medida en que se mejore la calidad del agua, la rana sabanera *Hyla labialis* y el sapito *Colostethus bipunctatus* encontrarán una buena oferta de hábitat entre los juncuales, la vegetación emergente y la flotante; si estos anfibios se vuelven abundantes, proveerán alimento para la serpiente no venenosa *Liophis epinephelus*. El curí (*Cavia anolaimae*) también aprovecha los mosaicos de vegetación acuática cuando su alimento preferido, los tallos tiernos del junco y posiblemente la cortadera, son abundantes; también aprovecha los parches de pasto kikuyo. Aunque son poco conocidos los requisitos de hábitat de las ratas arborícolas como *Oryzomys* y *Oligoryzomys spp.*, es probable que los juncuales y matorrales de tintal (*Cestrum mutisi*) sean de importancia; las semillas de algunas plantas emergentes como los barbasco (*Polygonum*) y botoncillo (*Bidens*) pueden ser alimentos importantes para ellos, además para aves como la monjita y otras aves semilleros (Naranjo, 1995; ABO, 2000).

Tabla 3.10. Requisitos de hábitat de las aves endémicas de los humedales de Bogotá.

Especie	Hábitat preferidos de forrajeo <sup>1</sup>	Hábitat preferidos de anidación <sup>1</sup>	Descripción del mosaico de hábitat ideal	Área de hábitat ideal requerida <sup>2</sup>
<b>Especies endémicas y amenazadas</b>				
Tingua bogotana, <i>Rallus semiplumbeus</i>	VF, MA, JU, VE	JU, EN, MA, VE	Juncal o enea con áreas de vegetación flotante y/o emergente	0.10-0.35 ha
Chirriador, <i>Cistothorus apolinari</i>	JU, EN, VE	JU, EN, CT?	Juncal con bordes de vegetación emergente, enea o arbustos	0.24-1.0 ha
<b>Subespecies endémicas y amenazadas</b>				
Garcita dorada, <i>Ixobrychus exilis bogotensis</i>	JU, EN, (bordes), VF, VE	JU, EN, MA?	Juncal o enea, bordes de vegetación flotante y/o emergente	No hay datos
Tingua pico verde o moteada, <i>Gallinula melanops bogotensis</i>	TE, VF, AS, VE	VF, VE, JU, EN	Espejo de agua con vegetación flotante o sumergida, borde de vegetación emergente o juncal	60-150m de borde de espejo de agua
<b>Otras subespecies endémicas</b>				
Pato turrio, <i>Oxyura jamaicensis andina</i>	AS, AA, TE, VF	JU, EN, VE, VH	Espejo de agua con vegetación sumergida y flotante, juncal	No hay datos

Continuación Tabla 3.10.

Especie	Hábitat preferidos de forrajeo <sup>1</sup>	Hábitat preferidos de anidación <sup>1</sup>	Descripción del mosaico de hábitat ideal	Área de hábitat ideal requerida <sup>2</sup>
Tingua pico amarillo o focha, <i>Fulica americana colombiana</i>	AS, VE, VF	VE, VF, JU, EN	Espejo de agua con vegetación sumergida, bordes con vegetación emergente, flotante, juncal	No hay datos (también come pasto en la ronda)
Monjita, <i>Agelaius icterocephalus bogotensis</i>	VE, VF, JU, MA, EN, OA	JU, EN, CT	Juncal, enea o arbustos sobre agua, alrededor vegetación emergente y/o flotante	Nidos agrupados, forr. en bandadas alrededor

<sup>1</sup>Hábitats enumerados en orden de preferencia. Abreviaciones de los hábitat según la Tabla 2.4, excepto CHT= chilco, tinto, arbustos nativos del borde. Área requerida por una pareja o grupo (una unidad reproductiva). <sup>2</sup>Basado en Varty et al. (1986), Fjeldsa & Krabbe (1990), Lozano (1993), Caycedo (2001), Stiles (observaciones no publicadas).

Además del área de cada humedal, es importante considerar la conectividad entre ellos (Brown y Dinsmore, 1986; Morrison *et al.*, 1998; Andrade, 2002). Un humedal pequeño adquiere mayor valor para la conservación de la fauna cuando está conectado con un humedal grande a través de un corredor de vegetación acuática, incluyendo por lo menos algo de juncal y vegetación emergente. En la medida en que esta corriente lleve agua de buena calidad y con un contenido adecuado de oxígeno disuelto, podría servir de sitio de desove de los peces nativos de la sabana, el capitán y la guapucha (Forero y Garzón, 1974; Mojica et al., 2002), permitiendo su restablecimiento en los humedales.

Es evidente que la conectividad sería más factible para los humedales a lo largo del río Bogotá, especialmente, si se logra una descontaminación más efectiva de este. Para los humedales aislados más arriba en las cuencas de los ríos que atraviesan la ciudad de Bogotá, la conectividad efectiva sería más difícil.

### 3.5.4. OTRAS MEDIDAS DE CONSERVACIÓN

En ciertos casos se han propuesto otras medidas para aumentar las poblaciones de ciertas especies de la vida silvestre, como la instalación de comederos o nidos artificiales, o la cría en cautiverio (conservación *ex situ*) (Jiménez, 1996). Por las razones que se explican más adelante, tales medidas no parecen apropiadas para la conservación de las aves y otros vertebrados de los humedales. Los comederos, utilizados en programas como el del cóndor andino, tienen el efecto de aumentar los recursos alimenticios de una población y permitirle incrementar su densidad. Sin embargo, este aumento en la densidad puede ser peligroso, por llevarla a niveles insostenibles con los recursos naturales del medio. En tales casos, cualquier interrupción en el suministro de alimento podría desencadenar el desplome de la población, hasta niveles inclusive más bajos que los que pudieran sostenerse, debido a la fuerte competencia que se podría desatar (Morrison *et al.*, 1998). Si el alimento suministrado es comestible para varias especies, se podría provocar una competencia interespecífica que afectaría el balance natural entre las especies, favoreciendo las más agresivas; éstas no necesariamente serían las más amenazadas, incluso lo contrario es más probable.

En el caso de la tingua bogotana, por ejemplo, posiblemente la puesta de comederos con arroz le podrían aumentar el alimento disponible, pero es bien factible que los beneficiarios principales de tales comederos serían las ratas y ratones introducidos (géneros *Rattus*, *Mus*), que además de ser competidores para esta comida, podrían ser depredadores de nidos. Densidades artificialmente altas en sí podrían exponer una población a mayores intensidades de depredación o riesgos de enfermedades infecciosas (Solué, 1987).

El uso o sitios de nidos artificiales ha sido exitoso en casos en que los nidos mismos son fáciles de construir, como cajas o plataformas, y cuando hay evidencia de que los sitios adecuados para nidos son el factor limitante de una población (Morrison *et al.*, 1998). Esto suele ocurrir para especies que anidan en huecos o construyen nidos muy grandes en sitios elevados, pero no para especies que fabrican sus propios nidos en sitios escondidos, como es el caso de todas las especies endémicas y amenazadas de los humedales (Fjeldsa y Krabbe, 1990; ABO, 2000). Por esto ni los nidos artificiales ni los comederos parecen ser beneficiosos para la conservación de las aves de los humedales bogotanos.

La cría en cautiverio ha sido fundamental en la recuperación de poblaciones de algunas especies de aves amenazadas como los cóndores o el halcón peregrino. Sin embargo, un programa de este tipo sólo puede tener buenas posibilidades de éxito bajo ciertas circunstancias (Jiménez, 1996; Morrison *et al.*, 1998). En primer lugar, tiene que existir un hábitat adecuado y vacío para la especie, es decir, que la razón para que esté amenazada no sea la falta de hábitat (como fue la contaminación por DDT en el caso del halcón peregrino). En segundo lugar, debe existir una base de estudios previos sobre la especie o unos de sus parientes cercanos, enfocados sobre el mantenimiento y reproducción en cautiverio. Tercero, debe haber facilidades existentes adecuadas para este fin, es decir, el conocimiento y la tecnología necesaria deben estar disponibles. No se justifica comenzar a adquirirlos con poblaciones ya altamente amenazadas, con el costo alto de individuos extraídos de estas poblaciones que necesariamente morirían durante los ensayos. Ninguno de estos requisitos se cumple en el caso de las especies amenazadas de los humedales. La pérdida de hábitat es, precisamente, lo que ha producido el descenso de sus poblaciones a niveles precarios y no existen los conocimientos ni las facilidades adecuadas para un programa de este tipo.

Otro factor limitante para programas de cría en cautiverio son los costos, que suelen ser muchísimo más elevados que los de la conservación *in situ*. Igualmente, se requiere un apoyo logístico y de personal entrenado durante un período de varios años, lo cual no es fácil de financiar. Las densidades necesariamente más altas de los individuos en cautiverio los hacen mucho más susceptibles a enfermedades infecciosas (los estragos del virus del Nilo occidental (West Nile virus) en varios zoológicos de los Estados Unidos son un ejemplo reciente).

Finalmente, hay que tener en cuenta que el aprendizaje de varias pautas de comportamiento, como las técnicas de forrajeo e interacciones sociales como la impronta y los cantos, se dan más efectivamente durante períodos "críticos" en la vida temprana del ave. Un individuo que no recibe los estímulos apropiados en el momento propicio, tanto de su medio natural como de un grupo o población en este medio, podría resultar seriamente impedido para sobrevivir y reproducirse una vez liberado en su hábitat. Todas estas consideraciones parecen ser más que suficientes para descartar la cría en cautiverio como una medida de conservación para las aves amenazadas de los humedales, por lo menos a corto y mediano plazo (Jiménez, 1996). Entonces, para muchas especies de aves la única manera de aumentar sus poblaciones es incrementar el área de hábitat disponible: es decir, conservación *in situ*.

### 3.5.5. MODELO PARA LA RESTAURACIÓN DE HÁBITAT

Un modelo de rehabilitación ecológica de los humedales para la conservación de la fauna de vertebrados debe partir de los requisitos de las especies más prioritarias, en este caso, las aves endémicas y amenazadas.

Se pueden estimar las áreas de hábitat que serían necesarias para sostener poblaciones de algunas de estas especies de la información de la Tabla 3.7. Para mantener una población de 10 parejas de chirriador, por ejemplo, se requiere entre 2.4 y 10 ha de juncal en varios parches; para el mismo número de parejas de tingua bogotana, bastan 3 a 5 ha de juncal, pero intercalados con áreas de vegetación emergente y/o vegetación flotante "alta". Para la tingua de pico verde, unos 500 a 800 m de orilla con una faja de vegetación emergente y flotante, incluyendo áreas de "tapetes" de *Azolla* o *Lemna* y juncal que mantendría una población de 10 o más parejas.

Esto implica un espejo de agua de unas tres hectáreas o más, lo cual permitiría forrajear a varias parejas de pato turrio. Combinando los otros tipos de vegetación requerida para las otras aves acuáticas e incluyendo una zona amplia de orilla inundada intermitentemente según las fluctuaciones del nivel de agua, se requiere un área efectiva total de por lo menos unas 15 a 20 ha para un humedal con una fauna de vertebrados relativamente "completa". Idealmente, esta área debe estar rodeada por una ronda de por lo menos 20 a 30 m de ancho con vegetación arbórea al menos en parte (aunque en los humedales de las zonas áridas o más secas del sur del la sabana de Bogotá, áreas de pastos nativos xerófilos serían importantes también), lo cual agregaría un mínimo de unos tres a cinco hectáreas al total.

Entonces, para una zona de conservación ideal, se requiere un área mínima de 20 a 25 ha. No todos los humedales remanentes reúnen este espacio, por lo tanto, en los humedales pequeños habría que modificar los objetivos según el área disponible, las características de las fuentes de agua y otras limitantes.

Es importante enfatizar que esta área mínima en sí no es suficiente para garantizar la persistencia de todas las especies a largo plazo, esto dependería de varios factores como la forma de manejo de la vegetación y las aguas, el entorno del humedal (tanto la vegetación de la ronda como el tipo de disturbio causado por las transformaciones urbanas) y la conectividad entre humedales. Otra vez, los humedales pequeños son los más afectados por los efectos de la urbanización en sus alrededores, porque estos efectos (disturbios, ruido, luz, etc.) penetran a todo el humedal, mientras que en humedales grandes se limitan más a la periferia.

Para concretar estos parámetros en un modelo conciso, podremos definir cuatro categorías de humedales en términos de sus potenciales de rehabilitación ecológica (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Criterios para establecer el potencial de restauración de fauna en los humedales de Bogotá\* suponiendo una calidad y régimen de agua adecuados\*

CRITERIO	Categoría para Conservación*			
	A	B	C	D
Área efectiva del humedal (ha)	15+	May-15	2-May	≤2
Área espejo de agua (ha)	≥5	3-May	1-Mar	≤1
Borde de vegetación flotante	sí	sí	sí	no
Algunos sectores orilla abierta	sí	sí	no	no
Área total juncal – varios parches	≥5	2-May	<1-2	<1
Área de vegetación emergente	≥5	2-May	<1-2	≤1
Macollas ( <i>Juncus</i> , <i>Carex</i> , <i>Cyperus</i> etc.)	sí	sí	sí	no
Praderas ( <i>Polygonum</i> , <i>Rumex</i> , <i>Bidens</i> etc.)	sí	sí	sí	sí
Enea ( <i>Typha</i> )	≤1	0.3-1	≤0.3	no
Ancho ronda (en general) (m)	≥30	20-30	Oct-20	≤10
Ancho mínimo en puntos críticos (m)	15-20	Oct-15	<10	0
Acceso controlado	sí	sí	sí?	no
Vegetación protectora de borde	sí	sí?	en parte	no

- Categoría A: están los humedales que podrían reunir todas las condiciones de área efectiva y área de ronda para poder restablecer la comunidad de aves acuáticas completa. Desde luego, se supone que el manejo hídrico sea adecuado para aumentar el área efectiva del humedal en una extensión suficiente para establecer cantidades adecuadas de todos los hábitats, con suficiente agua de buena calidad y fluctuaciones controladas. También se supone que sea posible establecer una ronda que brinde protección al humedal con vegetación apropiada y acceso controlado.

- Categoría B: contiene a los humedales en los que se podría establecer la mayoría de las especies, incluyendo por lo menos algunas de las amenazadas.

- Categoría C: están los humedales en que se podría contar con un conjunto más o menos representativo de las especies de aves más características, aunque pocas de las amenazadas.

- Categoría D: incluye los humedales más pequeños y acosados por la urbanización, en que hay pocas posibilidades de tener una ronda realmente protectora y poca extensión de área efectiva, de tal forma que solamente unas pocas de las especies resistentes podrían sobrevivir. Para estos humedales, el valor de conservación sería más para mantener una muestra de la vegetación típica de estos, y especies como la rana sabanera que requieren agua de buena calidad pero poco espacio.

La Tabla 3.12 ubica a cada humedal del Distrito en su categoría respectiva y así establece la meta para la conservación de la avifauna que corresponde a cada uno. Enumera un conjunto representativo de las especies de aves que se podría sostener y conservar en cada categoría de humedal. Es de notar que muchos humedales aparecen tentativamente con un signo reinterrogación (?) en más de una categoría.

La categoría más alta representa el óptimo a que se podría aspirar en cuanto al potencial de rehabilitación, al lograr todas las obras necesarias para este fin. Como ejemplo, el humedal de El Burro sería de categoría B si se pudiera lograr redefinir sus límites para incluir la parte baja (actualmente afuera), sanear la ronda de la parte alta y definir la de la parte baja con un ancho adecuado para protección, remover los desechos contaminantes y afluentes residuales de la parte media y alcanzar una regulación del agua que permita mantener un nivel y calidad más adecuada, con una mejor conectividad de los segmentos arriba y abajo de la avenida Ciudad de Cali. Al no realizar varias de estas obras, su potencial de restauración se reduciría y lo ubicaría en la categoría C.

Un caso particular es el segmento alto del humedal Juan Amarillo, porque con mejor conformación de los bordes del costado sur y las islas con control del pasto kikuyo, se podrían establecer áreas apreciables de hábitats en el lago mismo. Al surtir de agua de aceptable calidad la Chucua de Colsubsidio y sanear su ronda, se podría alcanzar la categoría A; actualmente su categoría es C. Los humedales "tipo" de la categoría A son la parte baja del Juan Amarillo (el lago de Tibabuyes), la parte baja de Jaboque y La Conejera; Guaymaral y Córdoba podrían alcanzar esta categoría con el manejo adecuado y Tibanica tiene mucho potencial también con buen manejo de la ronda en particular.

Tabla 3.12. Posibilidades de mantener poblaciones de especies representativas de fauna en diferentes categorías de humedales de Bogotá\*

ESPECIES	Categoría para Conservación***			
	A	B	C	D
Especies de Aves				
<i>Rallus semiplumbeus</i> (tingua bogotana)	sí	sí	no	no
<i>Cistothorus apolinari</i> (chirriador)	sí	sí?	no	no
<i>Gallinula melanops</i> (tingua pico verde)	sí	sí	sí?	no
<i>Ixobrychus exilis</i> (garcita dorada)	sí	sí?	no?	no
<i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> (dorado oliváceo)	sí	no?	no	no
<i>Oxyura jamaicensis</i> (pato turrio)	sí	sí	no?	no
<i>Agelaius icterocephalus</i> (monjita)	sí	sí	sí?	no
<i>Fulica americana</i> (tingua pico amarillo, focha)	sí	sí	sí	sí?
<i>Podilymbus podiceps</i> (zambullidor piquipinto)	sí	sí	no?	no
<i>Butorides virescens</i> (cuaquita, gacilla cuelligrís)	sí	sí?	no?	no
<i>Nycticorax nycticorax</i> (cuaca, martinete coroninegro)	sí	no?	no	no
<i>Anas discors</i> (barraquete pato canadiense)**	sí	sí?	no?	no
<i>Gallinula chloropus</i> (tingua pico rojo)	sí	sí	sí	sí?
<i>Porphyrio martinica</i> (tingua azul)	sí	sí	sí?	no?
<i>Tringa spp.</i> (chorlos**)	sí	sí	sí?	no?
<i>Gallinago nobilis</i> (calca)	sí	no?	no	no
Otros grupos				
<i>Eremophilus mutisii</i> (capitán)	(sí)	(sí)	(sí)	(sí?)
<i>Hyla labialis</i> (rana sabanera)	sí	sí	sí	sí
<i>Liophis bimaculatus</i> (serpiente sabanera)	sí	sí?	no?	no
<i>Cavia anolaimae</i> (curí)	sí	sí	sí?	no

\* suponiendo una calidad y régimen de agua adecuados (incluyendo conectividad); \*\* especies migratorias, no se trata de poblaciones reproductoras. (?): Se podría alcanzar con diferentes intensidades y orientaciones de manejo.

Otro extremo, el humedal "tipo" de la categoría D es el de La Vaca, con poco espacio y un entorno difícil. La mayoría de los humedales de tamaños menores se ubican en la categoría C, aunque en algunos se podría llegar a la B si se lograra aumentar sus áreas efectivas y sanear sus rondas hasta lo máximo posible.

En cuanto a las prioridades de rehabilitación o recuperación de cada humedal, debe quedar claro que la más alta prioridad para los humedales de la categoría A debe ser la de la conservación de la biodiversidad, en particular, las aves amenazadas y endémicas. Las acciones y obras en estos humedales deben enfocarse hacia el aumento de sus áreas efectivas y el manejo de los hábitats para conseguir y mantener un buen mosaico de ellos, lo cual a su vez implica garantizarles el manejo hídrico adecuado. Es de anotar que no todas las especies

de aves amenazadas están presentes en todos estos humedales, lo cual implica que debe haber un programa de reintroducción de algunas especies, una vez que sean restablecidos los hábitats que necesitan.

En estos humedales también se debe ejercer el mayor control de acceso de la gente (grupos guiados con guías calificados) y un buen cerramiento para evitar la entrada de animales domésticos, en particular perros, que deben ser capturados y reubicados. Sus rondas deben ser ampliadas en lo posible y mejoradas para brindar una mejor protección, incluyendo aislamiento de las luces y del ruido de la ciudad. Sería factible instalar observatorios para la observación de la fauna en la medida en que el acceso a estos sea estrictamente controlado y su ubicación no represente un peligro para las especies más sensibles.

Los humedales de la categoría B deben recibir un manejo adecuado para permitir el establecimiento de las poblaciones de las especies de fauna endémicas y amenazadas en lo posible y sus rondas. Igualmente, deben ser ampliadas y sembradas con vegetación adecuada para dar protección y aislamiento de las presiones urbanas, en especial en las zonas más expuestas a estas presiones. El cerramiento de estos humedales para controlar el acceso sería también importante, incluyendo la restricción al ingreso de perros. La diferencia principal en el uso de estos humedales sería permitir un uso más intensivo para la educación ambiental con la admisión de grupos más grandes (siempre guiados) y facilidades más extensas para la observación y contemplación de la fauna.

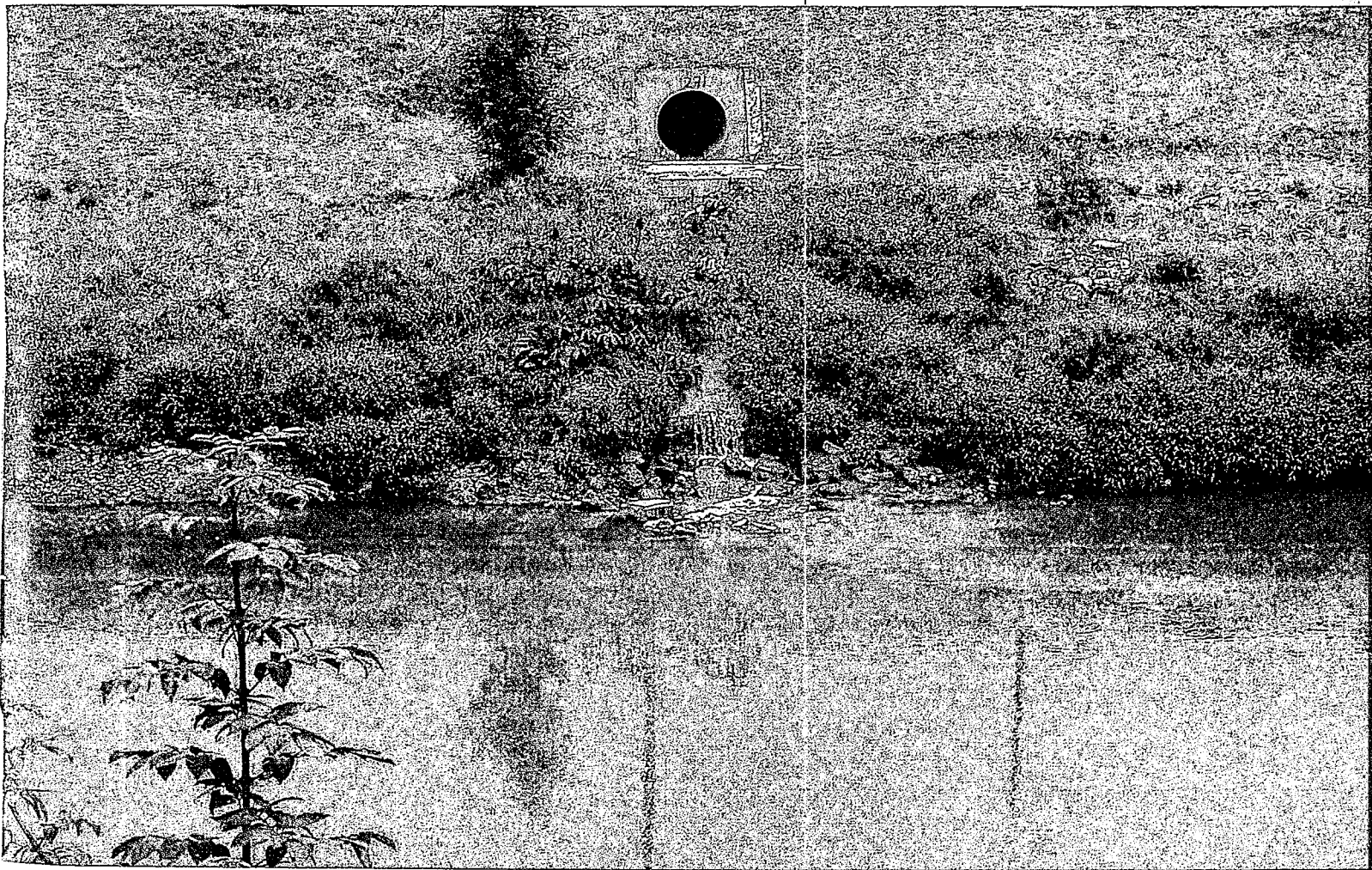
Los humedales de la categoría C son en general más pequeños e inmersos en el medio urbano, con menos posibilidades de albergar una avifauna diversa. Para estos el uso más adecuado sería para educación ambiental, activa e intensiva, en combinación con más actividades recreativas para la gente de los barrios aledaños a la periferia, que puede tener una vegetación más "tipo parque". Sin embargo, sería bueno poder designar sectores más aislados o protegidos de cada uno con acceso más restringido con guías (que no necesariamente implica sean especializados).

Lo más importante para humedales de la categoría D es proveer un lugar de paisaje agradable para la gente, con agua limpia y algunas muestras de la vegetación y fauna típica para fines educativos y algunas facilidades recreativas en la ronda.



# CAPÍTULO 4

## EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO A LOS PROCESOS DE RECUPERACIÓN O REHABILITACIÓN ECOLÓGICA



Conexión herrada Juan Amarillo o Tibabuyes. Thomas McNish



## 4.1. PLANEAMIENTO DE UN PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Un proyecto de restauración ecológica (Figura 4.1) adecuadamente planeado intenta cumplir claramente las metas establecidas que reflejan los atributos importantes del ecosistema de referencia (SER, 2004). Es así como, el programa de evaluación y seguimiento se convierte en una valiosa herramienta para determinar el éxito de este tipo de proyectos, pues provee a quien plantea o ejecuta una aproximación sistemática al proceso al facilitar la información necesaria, documentos cronológicos y otros aspectos para la continuidad de la restauración; provee además, enseñanzas que son utilizadas en esfuerzos futuros semejantes (Landin, 1995), al incrementar nuestra comprensión sobre la función y los umbrales de respuesta de los ecosistemas y proveer conocimientos sobre cuáles prácticas son efectivas.



Figura 4.1. Recuperación y regulación de la vegetación litoral de *Typha latifolia* (eneá), una especie que de no ser manejada puede llegar a ser agresiva e impedir otros tipos de vegetación, en el humedal Santa María del Lago. Thomas McNish.

Un programa de evaluación y seguimiento desde un contexto ecológico se hace típicamente para determinar el cambio o tendencia en uno o más recursos; como tal, determina la dinámica del recurso, no solamente su estado, y requiere repetidos muestreos de la(s) variable(s) de interés que permiten medir el cambio o la tendencia (Block *et al.*, 2001), condición ampliamente aplicable a nuestro interés de restauración ecológica. Sin embargo, se ha reconocido en un contexto internacional (Clewelly y Rieger, 1997) que el proceso de evaluar y seguir las actividades de restauración no ha sido acentuado en el pasado y con una tendencia a repetir tratamientos sin cuestionarse su eficacia o aplicabilidad en diferentes zonas biogeoclimáticas. La realidad del Distrito Capital no ha sido ajeno a esta afirmación, razón para hacer un mayor énfasis en la planeación, ejecución e interpretación del programa.

Thom y Wellman (1996) consideran que en la etapa de planeación de la restauración, al momento de ser desarrolladas las metas y los estándares de cumplimiento del proyecto, se presenta la oportunidad de concebir el programa de evaluación y seguimiento. Esto implica una serie de pasos y de lazos de retroalimentación diseñados para contestar algunas preguntas básicas, tales como: ¿Por qué, qué, cuando, dónde, y cómo hacer una evaluación y seguimiento? Estos pasos incluyen (modificado de Block *et al.* 2001 en Prado-Castillo *et al.*, 2005): - Fijar las metas del proceso de evaluación y seguimiento; - Identificar los recursos para realizar la evaluación y seguimiento; - Establecer un punto de partida; - Desarrollar un diseño de muestreo; - Recolección de datos; - Análisis de los datos; y - Evaluación de los resultados (Figura 4.2).

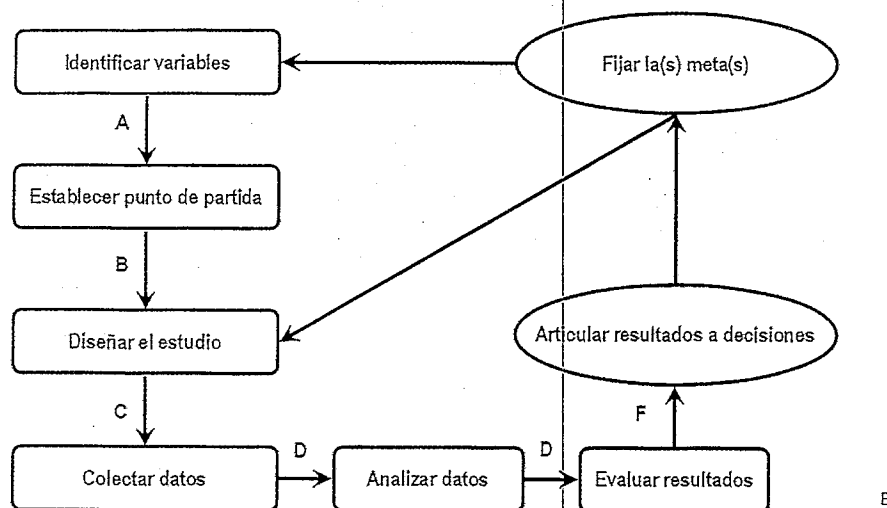


Figura 4.2. Diagrama de flujo de pasos que implica un programa de evaluación y seguimiento. Las letras de A a F muestran los puntos de retroalimentación mediante la evaluación de métodos y resultados parciales (manejo adaptable) (Modificado de Block *et al.*, 2001 en Prado-Castillo *et al.*, 2005).

Lo que se busca con un programa de este tipo es generalmente desarrollar una estimación científicamente defendible del estatus y tendencias de los recursos (Ej. vida silvestre), y determinar si las prácticas de manejo son sostenibles para dichos recursos, o si pueden haber cambios (Gibbs *et al.*, 1999), con la existencia de diversas estrategias para orientar el programa de evaluación y seguimiento.

En este contexto, las estrategias para orientar el programa de evaluación y seguimiento desde la perspectiva de la Sociedad de Ecología de la Restauración (SER, 2004) son: la *comparación directa*, el *análisis de atributos* y el *análisis de trayectoria*. En la *comparación directa*, los parámetros seleccionados se determinan o se miden en los sitios de referencia y de restauración. El acercamiento más satisfactorio se puede hacer al seleccionar una serie coherente de rasgos que describan colectivamente un ecosistema completamente, aún brevemente. En el *análisis de atributos* (lista en [www.ser.org](http://www.ser.org)), los datos cuantitativos y semi-cuantitativos de inventarios de evaluación y seguimiento y otros programas son útiles en la definición del grado que se ha alcanzado en cada meta. Y finalmente, el *análisis de trayectoria* es una estrategia prometedora aún en desarrollo para interpretar grandes sistemas de datos comparativos, donde los datos recogidos periódicamente en el sitio de restauración se trazan para establecer tendencias que conduzcan hacia confirmar que la restauración sigue la trayectoria indicada a la condición de referencia prevista.

Es válido recordar que un programa de evaluación y seguimiento a la restauración no solo establece metas y objetivos desde un contexto ecológico, sino también de orden político, económico, social y cultural; su contenido es fundamental tanto para los tomadores de decisiones como para aquellos generadores de políticas. Es el balance entre el mantenimiento de un afianzamiento social por encima del marco de tiempo ecológicamente relevante con el número y cantidad de servicios del ecosistema que se desean retornar y que Cairns Jr. (2000) condiciona para que sea exitosa la meta de restauración.

A continuación se plantean una serie de pasos propuestos para desarrollar un programa de evaluación y seguimiento de proyectos de restauración ecológica que buscan sintetizar todos aquellos aspectos anteriormente expuestos, sin con ello pretender limitar el desarrollo de propuestas más avanzadas o concretas en este campo, así:

## - DEFINIR METAS Y OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Las metas son los estados y las condiciones ideales que un esfuerzo de restauración ecológica procura alcanzar (Clewel, A. *et al.*, 2005). Complementariamente, los objetivos son aquellas medidas concretas tomadas para lograr estas metas (SER, 2004). Este paso tiene validez en la medida que tanto metas como objetivos sean definidos previa la puesta en práctica del proyecto de restauración y está frecuentemente descrito como el componente más importante de un proyecto, debido a que regulan las expectativas, orientan los planes detallados por acciones, y determinan la clase y extensión de la evaluación y seguimiento post-proyecto (Ehrenfeld, 2000).

En un contexto general, los proyectos de restauración ecológica tienen metas en común que consisten en la recuperación de la integridad del ecosistema, la salud y el potencial para su sostenibilidad a largo plazo (Clewel *et al.*, 2005); sin embargo, dichas metas expresadas de esta forma pueden llevar al fracaso del proyecto al ser imprecisas o al no existir metas específicas (Cairns Jr., 2005). Una meta entonces ayuda a describir o definir la condición futura deseada en el sitio a restaurar, para lo cual será importante tener en cuenta, la escala de la restauración (proceso del ecosistema, hábitat, y/o especies individuales), los procesos de sucesión ecológica, y los conceptos de régimen de disturbio natural y rango natural de variabilidad.

El enfoque de las metas de restauración para humedales puede incluir temas tales como la estabilización de bancos, el manejo de sedimentos, mejoramiento de la calidad y cantidad de agua, el control de flujos, el incremento de los hábitats acuáticos y terrestres, etc., que implican dentro de los objetivos un restablecimiento o modificación de características físicas, químicas o biológicas del ecosistema, las interacciones entre éstas o ambas.

Como ejemplos de metas que pueden ser consideradas imprecisas están: a) "*se restaurará la composición genética del sistema a las condiciones predisturbio*" que aunque teóricamente es realizable, sería muy complejo de evaluar; b) "*restaurar la biodiversidad natural de un sitio*" que puede ser interpretada de diversas formas por varias personas; o c) "*retornar tierras drenadas para cultivo a sus condiciones históricas de humedal*", requieren de tal grado de esfuerzo frente a restablecer por ejemplo la hidrología y topografía originales, que puede sobrepasar cualquier estimación en recursos (humanos, económicos o logísticos) y tiempo requerido para evaluar su impacto y éxito.

Debido a que la restauración ecológica o cualquier actividad relacionada (rehabilitación o recuperación) requieren de una gran cuota de paciencia para ver los resultados en el tiempo, es más práctico generar metas a corto plazo que se logren y midan con relativa facilidad para avanzar gradualmente en el proceso de restauración. Metas más "modestas" que apuntan por ejemplo a controlar el establecimiento de una especie invasora sobre las márgenes hídricas del humedal, incrementar los hábitats para la avifauna mediante una mayor estratificación vertical y horizontal de la vegetación terrestre, mejorar la calidad del agua y de retención de nitrógeno, restablecer unas condiciones de suelo saturado de forma que se logre establecer una vegetación acuática, etc., pueden ser medidas y verificadas con mayor facilidad.

En términos del planeamiento del programa de evaluación y seguimiento, y de acuerdo con Clewel *et al.* (2000), los objetivos son las actividades específicas que se emprenderán para la satisfacción de las metas del proyecto, y deberán ser explícitos, posibles de ser medidos y tener un tiempo definido. Para que dichos objetivos sean realistas y puedan ser medidos, deben incluir los siguientes componentes: a) el que será evaluado; b) el área geográfica donde será evaluado; c) la medida específica del indicador que será medido; d) la respuesta esperada del indicador para manejo (incrementar, decrecer o permanecer estable); e) la magnitud del cambio esperado; y f) el tiempo definido durante el cual se espera se manifieste la respuesta al manejo.

En un proyecto de restauración ecológica se pueden establecer diferentes tipos de objetivos: a) objetivos de manejo; b) objetivos de muestreo; y c) objetivos de "supervisión". El primero, según Elzinga *et al.*, (1998) se puede subdividir en objetivos blancos (Ej. aumentar el tamaño de la población de la especie A en 5.000 individuos; mantener el sitio C libre de las especies invasoras X y Y) y los de cambio o de tendencia (Ej. disminuir la frecuencia de la especie invasora X en un 30% en el sitio C).

Para el caso de los objetivos de muestreo, estos se escriben generalmente como objetivos que acompañan a los de manejo o "supervisión", especifican información tal como niveles blanco de precisión, los errores tipo I y II aceptables y la magnitud de cambio que se espera detectar. Como un ejemplo, se desea tener un 90% de seguridad en detectar un cambio del 40% en la densidad de una especie de ave y estar dispuestos a aceptar una ocasión del 10%, de decir que hubo un cambio si realmente no lo hubo.

Los objetivos de "supervisión" explican "qué hará el protocolo" y le pone a menudo límites de lo que será incluido en la "supervisión" al especificar áreas, especies, o medidas particulares del estudio; por ejemplo, el determinar la extensión de área, distribución y abundancia de las especies de peces introducidos o exóticos seleccionados en un área definida en intervalos de dos años.

#### DESARROLLAR UN MODELO CONCEPTUAL DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA ESCALA ESPACIAL DEFINIDA POR EL PROYECTO

¿Qué entendemos por modelo?. De acuerdo con Jeffers (1991) es una expresión formal de las relaciones entre las entidades definidas en términos matemáticos o físicos, donde el término "formal" indica que la expresión final debe poder hacer predicciones que se puedan experimentar.

En un modelo conceptual para humedales es fundamental identificar los principales factores que controlan el desarrollo y el mantenimiento de su estructura, las características importantes del mismo y las funciones por las cuales se da inicio al proceso de restauración ecológica, lo que hace más fácil definir los parámetros del programa. En resumen, los modelos son una herramienta útil que permite identificar conexiones directas e indirectas entre los componentes físicos, químicos y biológicos del ecosistema, y componentes principales sobre los cuales se enfocan los esfuerzos de restauración y evaluación y seguimiento, que para su planteamiento requieren de un ejercicio muy juicioso de lectura del sistema apoyado en información primaria y secundaria, y que puede expresarse de diversas formas como narraciones, tablas, matrices, diagramas, entre otros (Figura 4.3).

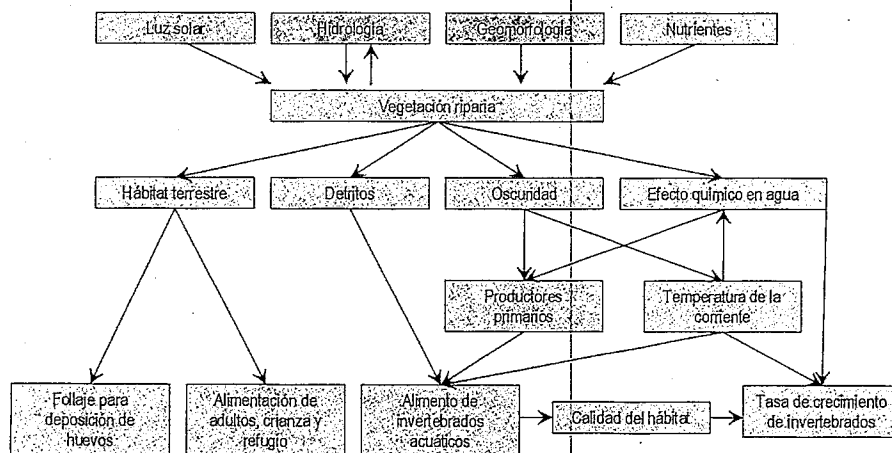


Figura 4.3. Ejemplo de modelo conceptual en un proyecto de restauración de zonas riparias (Modificado de Mitsch y Gosselink, 1993 en Thom y Wellman, 1996).

Para hacer un modelo conceptual se pueden seguir los pasos que a continuación son expuestos a partir de la integración de los principios establecidos por Gross (2003), Thom y Wellman (1996) y Jeffers (1991), así:

- Preliminarmente es importante **lograr dos tipos de información**: a) ejemplos de modelos conceptuales para ayudar a formular su modelo; y b) conducir estudios de línea base para ayudar a su formulación.

- **Definición del problema.** El modelo se desarrolla fundamentalmente para resolver problemas definidos antes de haber considerado el tipo de modelo a utilizar como base de la investigación o proyecto. Debido a que no siempre se atina en el primer intento a definir adecuadamente el problema, los límites iniciales establecidos para el mismo pueden ser modificados. De allí la relevancia del manejo adaptable desde el inicio del proceso.

- **Indicar claramente la(s) meta(s) del modelo conceptual.** Las metas fundamentales para el modelo conceptual incluirán probablemente: a) sintetizar la comprensión de la dinámica del ecosistema; b) proporcionar un marco conceptual firme para la selección de indicadores; c) identificar e ilustrar las relaciones entre los indicadores y los procesos claves del sistema y las variables; d) proporcionar medios claros de ilustrar subsistemas importantes y componentes del sistema e interacciones; e) facilitar la comunicación sobre dinámica del sistema y el programa de evaluación y seguimiento entre las personas de interés.

- **Identificar los límites de sistemas y subsistemas de interés.** Los límites del modelo se definen en función de aspectos espaciales, temporales, y disciplinarios. ¿Cuál es el espacio físico que se deben representar para incluir todos los factores importantes? y ¿cuál la escala de tiempo que debe ser considerada?

- **Identificar los componentes, los subsistemas y las interacciones dominantes del modelo.** Se busca inicialmente descomponer un sistema complejo en un sistema de piezas menos complejas, lo que se facilita si se mira desde la teoría de jerarquías que postula diferentes niveles verticales de organización (Ej. población, comunidad, ecosistema).

- **Identificar tensionantes naturales y antropogénicos.** La SER (2004) señala como tensionantes aquellos procesos dinámicos externos, en origen tales como fuegos, inundaciones, vientos destructivos, tormentas, heladas y sequías, que representan un riesgo o peligro para la biota; actividades mediadas por humanos tales como quemas, pastoreo, uso de pesticidas, cosecha de madera, acidificación de corrientes que se califican, igualmente, como tensionantes. El producto de este ejercicio es un sistema de listas y/o de matrices que tabulan los tensionantes con una narrativa que resume los resultados.

- **Describir las relaciones de tensionantes, factores ecológicos y respuestas.** Este paso busca integrar la comprensión de la dinámica y los tensionantes del sistema en "modelos de tensionantes" que comunican, claramente, acoplamientos entre los conductores, tensionantes, respuestas ecológicas y atributos del ecosistema directamente relevantes al programa de evaluación y seguimiento.

- **Articular preguntas claves o acercamientos alternativos.** Las preguntas y las hipótesis alternativas sobre la función del sistema pueden presentarse durante la construcción de los modelos, y dado que los modelos son una representación o una realidad incompleta, la necesidad del detalle o del enfoque cambiará con el tiempo. Ambas pueden estimular la discusión sobre opciones alternativas de manejo y proporcionar la justificación para la investigación futura. Si estas hipótesis alternativas tienen consecuencias importantes para dirigir las acciones de manejo, pueden identificar las variables dominantes que deben ser parte del programa.

- **Identificar y priorizar los indicadores.** Este paso no es realmente parte del proceso de desarrollar modelos conceptuales, sino que se enumera aquí puesto que es clave para el desarrollo del programa, y dará lugar probablemente a la revisión del modelo conceptual. Después de que se selecciona una lista de indicadores, se necesitará revisar el modelo conceptual y asegurarse de qué tratan adecuadamente todos los indicadores.

Un indicador es una variable o un valor derivado de un conjunto de variables que proveen información sobre un fenómeno que no se mide directamente, y cuya significación va más allá de las propiedades directamente asociadas al valor de la variable.

Para facilitar la selección de indicadores, pueden responderse las siguientes preguntas: a) ¿es relevante para el sitio y el tratamiento?; b) ¿es sensible al cambio de modo que lo pueda detectar dentro del tiempo ajustado en el programa?; c) ¿es mensurable con los métodos disponibles que se pueden utilizar?; d) ¿está sujeto a sesgos individuales u organizacionales?; y e) ¿es capaz de ser medido por los métodos profesionalmente aceptados y comprensibles?

Palmer *et al.*, (2005) aducen que los indicadores varían de acuerdo con la naturaleza de la meta de restauración, y que estos pueden ser seleccionados a partir de dos perspectivas: una intentar moverse lejos de un estado de degradación (Ej. demostrar una mejora en la calidad del agua relativa a una condición previa a la restauración), y otra es buscar acercarse a una cierta condición deseada (Ej. demostrar que la calidad del agua está más cerca a los valores definidos para un sitio de referencia). Plantean, así mismo, entre los criterios establecidos para definir estándares de éxito ecológico que los indicadores deban ser medidos fácilmente, ser sensibles a las tensiones

en el sistema, demostrar una respuesta fiable a la tensión (es decir, a las intervenciones de restauración) y que idealmente se integren.

Para seleccionar una serie de indicadores representativos de las características dominantes del sistema, es importante tener en cuenta como acercamiento conceptual la teoría de la jerarquía ecológica y de los atributos primarios de la biodiversidad, que incluye elementos funcionales, de composición y estructurales, que al estar combinados definen el sistema ecológico (Tabla 4.1). Dale y Beyeler (2001) precisan que todo sistema ecológico tiene elementos de composición y estructura que surgen a través de procesos. Las condiciones características dependerán de las funciones ecológicas dominantes que las sustentan, y que a la vez producen elementos de composición y estructura adicionales. Si la articulación entre procesos, composición y elementos estructurales se rompe la restauración puede ser difícil y compleja.

Tabla 4.1. La jerarquía ecológica (de especie a paisaje) y algunas características claves de la composición, estructura y función en cada una de ellas (derivado de Noss, 1990 y Dale y Beyeler, 2001).

Jerarquía Ecológica	Atributos primarios de la biodiversidad		
	Composición	Función	Estructura
Población / Especie	Presencia; abundancia frecuencia; importancia cobertura; biomasa; densidad.	Demografía; cambio poblacional; fisiología; tasa de crecimiento; historia de vida; fenología.	Heterogeneidad espacial; tamaño de parche; forma y distribución; fragmentación; conectividad.
Comunidad / Ecosistema	Abundancia; frecuencia; riqueza y diversidad de especies y gremios; distribución de formas de vida.	Biomasa; productividad; descomposición; parasitismo; predación; colonización; ciclado de nutrientes; sucesión; disturbio a pequeña escala.	Condiciones de sustrato y suelo; biomasa viva y muerta; claridad del dosel; presencia y distribución de agua y recurso.
Paisaje / Región	Identidad; distribución; riqueza de tipos de parches.	Persistencia de parches; tasa de ciclado de nutrientes y flujo de energía; erosión; procesos geomorfológicos e hidrológicos; disturbio.	Dispersión; rango; estructura de población; variabilidad morfológica.

- La revisión, modificación y refinación del modelo. Por ser el modelo una abstracción incompleta de la realidad —como se indicaba anteriormente— la mayoría necesitan ser revisados para ser adecuados a nuevas observaciones o para resolver metas que cambian. La revisión periódica planeada es la forma más clara, de asegurar que los modelos conceptuales reflejan el conocimiento actual.

## ELEGIR ESTÁNDARES DE CUMPLIMIENTO

De acuerdo con Clewell *et al.*, (2005) un estándar de cumplimiento también llamado criterio de diseño o criterio de éxito, es un estado específico de recuperación del ecosistema, que indica o demuestra que un objetivo ha sido alcanzado. Los criterios se desarrollan, generalmente, a través de un proceso iterativo que implica listar medidas de cumplimiento en relación con las metas y el refinamiento de estas para llegar a un sistema de criterios más eficiente y relevante (Fisrwg, 1998), que forma la arquitectura conceptual de los sistemas bajo investigación.

Para aclarar un poco cómo se definen estándares de cumplimiento, se desarrolla un ejemplo: "Si el objetivo es establecer una cobertura de especies arbustivas terrestres como mecanismo de facilitación para el arribo de especies nativas, a manera de núcleos de recolonización, bajo una composición y abundancia específica y una de las actividades para cumplir este objetivo es plantar individuos a una densidad y mezcla de especies definida, entonces, un posible estándar de cumplimiento será el establecimiento de una cobertura de matorral que contenga una serie de especies en una densidad predefinida (o cercana dentro de un rango propuesto) en un área de plantación y en un tiempo preestablecido".

Un ejemplo más extensamente desarrollado es el que retomamos de Thom y Wellman (1996), que hacen

a partir de un modelo de un humedal ripario (Figura 4.3) donde se establece la meta de "restaurar un sistema ripario de humedal para mejorar la calidad del hábitat de animales acuáticos", y se utiliza el modelo para generar los criterios de cumplimiento. Muchas corrientes y ríos sufren un incremento en la temperatura del agua por la pérdida del bosque ripario, lo cual genera una tensión sobre peces y demás organismos acuáticos por cambios en la temperatura y en la química del agua (Ej. oxígeno, afloramiento de algas nocivas).

La temperatura del agua es un parámetro físico clave de respuesta que indicará el éxito del proyecto de restauración para resolver su meta. Una meta a manera de hipótesis evaluable es entonces "el proyecto de restauración dará lugar a temperaturas del agua intermedias en el período de verano entre X °C y Y °C, rango normal para sistemas naturales semejantes en la región".

Como indican Thom y Wellman (1996), la meta de temperatura del agua se debe desarrollar en la fase del planeamiento del proyecto. Durante esta fase, la viabilidad de probar la meta debe ser considerada; es un parámetro fácilmente evaluable y, por tanto, factible técnica y económicamente. De igual manera, se liga a la meta del proyecto y tiene una base establecida en la literatura científica. Además, es bien sabido que los bosques riparios proporcionan un efecto de cortina, que reduce la temperatura del agua; de esta forma, la medida de la temperatura es una medida indirecta de la calidad y del estado del desarrollo del bosque ripario restaurado.

Así mismo, para desarrollar estándares de cumplimiento a partir del anterior modelo conceptual, un ejemplo sería si la meta del proyecto es "mejorar la calidad del hábitat de la corriente de agua con la restauración de la vegetación riparia", puesto que esta vegetación regula la temperatura de la corriente con el sombreado y proporciona detritus a la red alimenticia, entonces serían dos acciones obvias de cumplimiento: medir la temperatura de la corriente y la concentración de detritus. La última es algo difícil de cuantificar con exactitud, pero los invertebrados de la corriente (indicadores biológicos de calidad del hábitat) son más favorables para la cuantificación. Por lo tanto, los criterios incluirían un rango específico de temperaturas óptimas de la corriente y de las abundancias de invertebrados (Thom y Wellman, 1996).

Sin embargo, medir simplemente estos dos parámetros no proporcionará un cuadro comprensivo del sistema. Sería útil una evidencia suplementaria con respecto la composición de especies, densidad de la vegetación riparia y factores que afectan el desarrollo de la vegetación; información que puede no ser incluida en las declaraciones formales de cumplimiento. Los criterios del cumplimiento para este ejemplo y propuestos por Thom y Wellman (1996) podrían ser:

1. La temperatura media de la corriente en verano estará entre  $\pm 1$  °C respecto al sistema ripario de referencia de la región.
2. La densidad promedio y el número de especies de invertebrados a mitad del verano estarán en el rango de valores (Ej. 18-29) encontrados en el sistema ripario de referencia de la región.
3. La comunidad de invertebrados tendrá las mismas tres especies superiores de acuerdo con la densidad que estos presentan en el sistema ripario de referencia de la región.

## ELEGIR LOS PARÁMETROS Y MÉTODOS DEL PROGRAMA

Los criterios de cumplimiento especifican la estructura, función, y el aspecto del sistema previstos, mientras que los parámetros de evaluación y seguimiento son los aspectos de la estructura y función del sistema que pueden ser medidos (Thom y Wellman 1996). El fin de esta parte del proceso es desarrollar un sistema con bases científicas, que permita facilitar la medición de los parámetros que proporcionen una retroalimentación directa y el cumplimiento de las metas. Para Fisrwg (1998), hay dos pasos críticos para elegir parámetros eficientes para el programa. El primero es identificar los parámetros a evaluar y el segundo es seleccionarlos de forma específica para el sistema.

Con respecto a la definición de métodos, diversos autores resaltan la importancia en relación con que cualquier método que se utilice para hacer un muestreo de un parámetro particular debe tener un protocolo documentado. En general, esto significa que los métodos sean confiables, desarrollados bajo diversas condiciones, y que cuenten con una planificación previa de recopilación de la información, de datos y de su evaluación. El primer paso es la identificación de los indicadores para cada necesidad de información, y luego la selección de los métodos que utilizará para el registro de los datos.

Generalmente, se cuenta con una amplia gama de métodos que pueden utilizarse para recopilar datos y evaluar un indicador definido, algunos de los cuales serán expuestos a continuación; aún así, se recomienda realizar una adecuada consulta a personas con experiencia, en manuales y materiales de campo sobre el tema, etc., que le permitan ampliar su visión al respecto.

Cada método debe establecer frecuencia y momento de registro de la información; en la restauración ecológica es común hacer un registro de datos para el mismo indicador en el tiempo, que permitan la comparación del estado inicial y final del proceso, y medir así el éxito o fracaso en el cumplimiento de las metas. Como se puede imaginar, determinar exactamente qué tan seguido se debe recopilar datos no es una tarea fácil, y para el caso de información de orden ecológico depende del nivel de conocimiento que se tenga del sistema ecológico a seguir y a evaluar. Aspectos como la historia de vida de las especies, ciclos naturales, conocimiento de la dinámica socioeconómica y cultural aledaña al área de estudio toman fuerza aquí.

Hasta aquí, los pasos generales propuestos se orientan hacia la definición de un programa para registrar información pertinente al cumplimiento de objetivos y metas de restauración. Sin embargo, es igualmente relevante mantener el seguimiento del progreso en el logro de las actividades del proyecto, llamado evaluación del proceso o evaluación y seguimiento de establecimiento, acorde con Morrison y Marcot (1995). Se deben seguir las actividades para asegurarse que se llevan a cabo y cumplen con la totalidad de las consideraciones del diseño preestablecido; esto implica, básicamente, realizar una lista donde se registren las actividades propuestas frente a las desarrolladas.

Enseguida se desarrollará un ejemplo con todos los pasos vistos hasta el momento y que se encuentra completamente desarrollado en Prado-Castillo *et al.*, (2005). La meta será recuperar en el corto plazo (tres años) algunos atributos del hábitat de la tigua bogotana (*Rallus semipalmatus*), especie importante para la conservación por su rango restringido y amenazada a escala global. El énfasis de manejo será: a) la eliminación de descarga de aguas contaminantes que llegan al humedal; b) la disminución de al menos un 50% de la cobertura vegetal de buchón (*Eichornia crassipes*), y el mantenimiento de dicha cobertura por debajo del porcentaje propuesto de remoción; y c) el incremento de la cobertura de especies leñosas nativas propias de las zonas de interfase y áreas no inundables en al menos un 30% al término del proyecto. Paso seguido generar un modelo conceptual básico que incorpore tensionantes y componentes básicos del sistema (Figura 4.4).



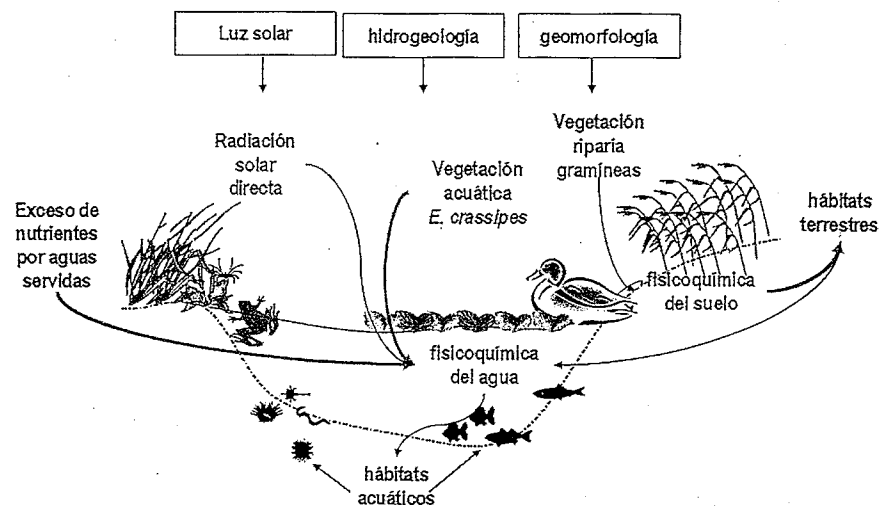


Figura 4.4. Modelo conceptual básico del sistema de humedal a intervenir que incluye la zona de interfase. Las líneas en rojo evidencian los tres caminos de intervención a realizar. Prado-Castillo *et al.*, 2005.

En el caso de los parámetros de evaluación y seguimiento, los aspectos de la estructura, composición y función del sistema que pueden ser medidos son: a) la eliminación de la carga de macronutrientes que llegan a las aguas que alimentan el humedal. Se pueden medir varios aspectos: directamente el nivel de contaminación del agua por características fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno, pH, condiciones de anoxia, turbulencia del agua, etc.) o biológicas (Ej. presencia de bacterias del tipo coliforme de origen fecal); b) la disminución en al menos un 50% de la cobertura vegetal de la especie *Eichornia crassipes* y el mantenimiento de dicha cobertura por debajo del porcentaje propuesto de remoción. Entre los parámetros están la abundancia de la especie sobre el espejo de agua, o el área del espejo recuperado; y c) el incremento de la cobertura de especies leñosas nativas propias de las zonas de interfase y áreas no inundables en al menos un 30% al término del proyecto. Se especifica claramente la cobertura, pero se pueden incluir también parámetros como el nivel de establecimiento de individuos plantados, estado fitosanitario, su efecto sobre la sucesión ecológica, entre otros.

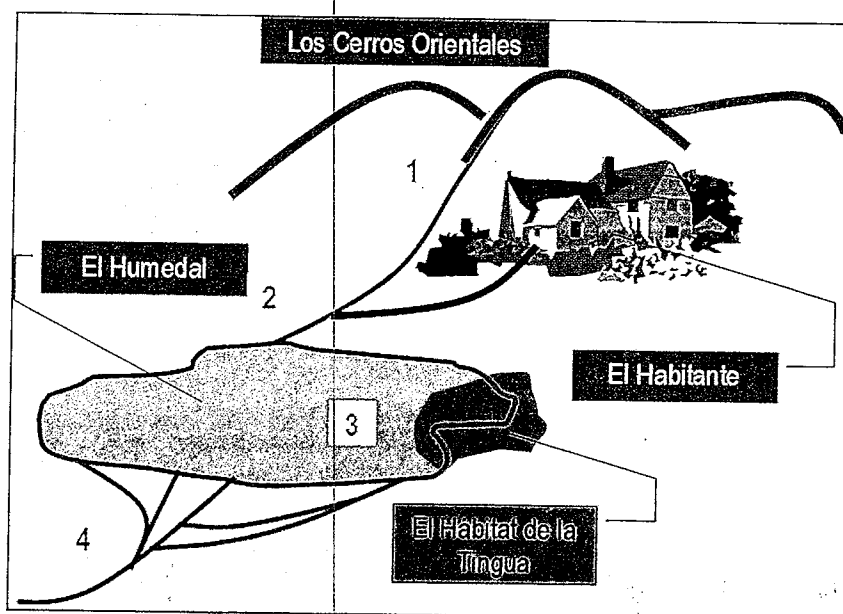
Los métodos de muestreo, manejo y procesamiento para el primer énfasis de manejo, pueden tener en cuenta la distancia del punto de descarga a las zonas de estudio, flujo de aguas, el tiempo de ejecución de infraestructura de desvío de aguas servidas, su eficiencia, etc.

¿Qué buscamos con la medición de la eliminación de las aguas servidas?: a) hacer un seguimiento al recurso, lo cual permite realizar un diagnóstico sobre el estado del mismo y evaluar tendencias temporales y/o espaciales de la calidad del recurso a partir de series históricas; y b) hacer un modelamiento del cuerpo de agua, es decir, conocer las características del mismo, la predicción de la variación de estas características y la verificación de ciertos acontecimientos. El objetivo de modelamiento va estrechamente ligado con el objetivo de seguimiento del recurso, acorde con lo expresado por Ideam (en línea).

En el desarrollo del programa es fundamental establecer el o los sitios exactos de muestreo lo suficientemente adecuados para permitir mantener la historia de registro. La selección de este deberá estar de acuerdo con el objetivo que se persigue a través del programa (Figura 4.5).

En la Figura 4.5, el punto 1 es útil para identificar las condiciones de línea base en el cuerpo de agua; los puntos 2, 3 y 4 son válidos para evaluar la efectividad de la gestión en el manejo de la calidad del agua (eliminación de descargas contaminantes); el punto 3 nos brinda las características actuales en el hábitat evaluado y su cambio deberá redundar en el mejoramiento de las condiciones del mismo.

Figura 4.5. Posible ubicación de sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua. Hay que recordar la importancia de la línea base y el mantenimiento en el registro de información en este punto espacial durante el transcurso del proyecto. Se muestran cuatro puntos posibles de muestreo: 1) el curso alto del río que alimenta el humedal; 2) el punto donde se realiza la descarga doméstica; 3) el humedal; y 4) el flujo a vertiente principal (Modificado de Prado-Castillo *et al.*, 2005).



En el caso del estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba que se usa para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas en general residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Para consultar especificaciones técnicas de muestreo puede consultarse a Ideam (en línea).

Es necesario recordar que en casos como este, se cuenta con valores de referencia para definir el estado de la calidad del agua a partir de los decretos que reglamentan, entre otros, los criterios de calidad para destinación del recurso y las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos, en lo que tiene que ver con las actividades de muestreo, análisis de muestras y programas de evaluación y seguimiento de fuentes hídricas.

## ESTIMAR LOS COSTOS DEL PROGRAMA

El paso siguiente es la estimación de costos del programa. Lo primero es aclarar que un programa de evaluación y seguimiento puede ser tan complejo como los recursos (económicos, institucionales, de personal, etc.) que existan para su desarrollo y la influencia de una serie de factores como la complejidad, duración, obligaciones contractuales de cumplimiento y los imprevistos. Se presentan a continuación algunos de los aspectos a tener en cuenta en un análisis de costos para un programa de este tipo.

El primer costo que se asume es el planeamiento del programa que incluye aspectos como los profesionales, asesores, suministros e instalaciones. El segundo será el aseguramiento de la calidad, consistente en incorporar la revisión independiente y permanente del programa para asegurarse que el mismo se resuelve a través de los objetivos y metas trazados, y los datos a recoger; luego el manejo de los datos, que incluye el personal, equipos e instalaciones. Los costos de muestreo en campo asumen personal, viáticos, equipos y materiales y complementariamente los análisis de laboratorio. Por otro lado, para el análisis e interpretación de datos se requiere personal, software especializado, etc. Finalmente, está la preparación de reportes con la contratación profesional y suministros necesarios para su desarrollo (fotocopias, envíos, talleres y viajes entre otros).

## CATEGORIZAR LOS TIPOS DE DATOS A REGISTRAR

Kondolf (1995) establece que la colección de datos (cualitativos y cuantitativos) es crucial, que debe ser realizada de forma cuidadosa y apropiada, de forma tal que permita proporcionar un fundamento firme para la subsiguiente colección de datos y evaluación y seguimiento. Existen varios tipos de datos a recopilar como parte del programa que son útiles para una adecuada ejecución, y que de acuerdo con Thom y Wellman (1996) pueden estar acordes con las diversas fases de un proyecto. Así, durante la planeación del mismo se registrarán los datos de la línea base; luego de su establecimiento, se evaluarán y seguirán las actividades propias del proyecto, inmediatamente después, se hace la recolección de información de forma estructurada, y al finalizar el proceso, todo aquello que pueda conducir a otros estudios necesarios para complementar la información.

Los responsables de la restauración también deben contar con el levantamiento de información, que aún al no estar directamente asociada con el programa puede ser útil y que a su vez puede ser obtenida a través de diferentes fuentes como: personal de entidades del gobierno, organizaciones no gubernamentales, universidades, y la misma comunidad local.

## DETERMINAR EL NIVEL DE ESFUERZO Y DURACIÓN DEL PROGRAMA

¿Cuánta evaluación y seguimiento se requieren?. La respuesta a esta pregunta depende de las metas y estándares de cumplimiento del proyecto, tanto como del tipo de sistema ecológico a restaurar. Un programa de esta naturaleza no necesita ser complejo y costoso para ser efectivo (Fiswrg, 1998), exige más bien creatividad por parte del proponente. Sin embargo, el tamaño o escala de la restauración pueden afectar la complejidad del mismo al incrementar la heterogeneidad y exigir así un muestreo cada vez más completo para lograr su efectividad.

Estos dos aspectos –esfuerzo y duración– en un proyecto de restauración ecológica en el marco de una investigación científica se incorporan en el diseño experimental y de muestreo, que a la vez están supeditados a la(s) meta(s) de restauración, las características particulares del proyecto, el sistema ecológico a restaurar y los recursos disponibles. Las preguntas claves a responder serán: ¿en dónde se colocarán las unidades de muestreo (transectos, trampas y registros visuales entre otros)?; ¿cuántas réplicas se necesitan?; ¿cuáles son los sitios de control o de testigo? y ¿qué tan a menudo deben de ser evaluados?.

El diseño experimental es la estructura lógica del ejercicio de evaluación y seguimiento dentro de una propuesta piloto de investigación en restauración; los objetivos deben especificar aspectos como: naturaleza de las unidades experimentales, número y clases de tratamientos (incluye los controles), propiedades y respuestas que se medirán, asignación de tratamientos a las unidades experimentales, número de unidades experimentales necesarias, y distribución espacial (Pielou, 1977; Zar, 1984; Hurlbert, 1984; Magurran, 1988; Caughley y Sinclair, 1994; Heath, 1995; Krebs, 1999). Aún así, el tipo de diseño y análisis también pueden sesgar los resultados (Galindo-Leal, 1992).

Respecto a la duración del programa, es una decisión polémica que de acuerdo con Thom y Wellman (1996) puede extenderse lo suficiente como para proporcionar una seguridad razonable de que el sistema ha satisfecho los criterios de cumplimiento o si resolverá o no los criterios. Un sistema restaurado debe autosostenerse después de cierto período de tiempo, pero las fluctuaciones, en algunos parámetros del sistema, se pueden presentar, incluso en los sistemas maduros más estables. Esta es una razón para que el programa se extienda hasta cierto punto, posterior al período de cambio más rápido y dentro del período de estabilización del sistema.

El desarrollo de diseños experimentales es una de las formas de dar validez definitiva al proceso de restauración ecológica, por cuanto está dirigido a responder a las causas de los eventos y a proporcionar el mayor sentido de entendimiento sobre los fenómenos a que puede hacer referencia el proceso de restauración. En el caso de estudiar la biodiversidad, Allison (1999) recuerda que, debido a que la biodiversidad está rodeada de un gran número de factores, y que un diseño solo puede controlar a algunos, ningún diseño simple puede discriminar otros potenciales componentes de ella. Se reflexiona sobre los verdaderos alcances y el manejo de la incertidumbre

de este tipo de estudios en restauración. Al margen de cualquier proceso de investigación, es relevante recordar que todo proceso donde se genera algún tipo de interpretación de fenómenos biológicos requiere tener en cuenta tres aspectos fundamentales (Heath, 1977; Parker, 1981):

- El carácter variable de sus manifestaciones. Uno de los rasgos más extendidos de los fenómenos biológicos consiste en que sus manifestaciones no se repiten exactamente, de modo que al estudiar las mediciones que se obtienen no son completamente iguales.

- Información incompleta. Normalmente es imposible observar todas las posibles manifestaciones del fenómeno estudiado.

- Causas múltiples. Además de las causas que se estudian, los fenómenos biológicos están afectados por otros muchos factores que es necesario considerar a la hora de interpretar los resultados obtenidos. Esta es la principal razón de la variabilidad que existe en el mundo natural.

Aunado a las limitaciones de diseño y recursos se suma nuestro desconocimiento de los procesos ecológicos en los humedales del trópico, en general y particularmente, en nuestros ecosistemas colombianos. Para Wyant *et al.*, (1995) y Parrish *et al.*, (2003) una meta fundamental de la restauración ecológica es rehabilitar ecosistemas a un nivel definido de integridad ecológica, y en ocasiones no se cuenta con el conocimiento suficiente respecto a las condiciones de referencia. El manejo adaptable puede proporcionar una manera de incorporar la información recopilada a las acciones de manejo en acciones futuras, pero aún así autores como Walters y Holling (1990) y Haney y Power (1996) consideran que puede llegar a ser un proceso muy largo.

Cipollini *et al.*, (2005) consideran que la restauración ecológica confía a menudo en la opinión de expertos para tomar decisiones de manejo de cara a la incertidumbre, y que la cuantificación de dicha opinión puede ser difícil, especialmente, al consultar a más de un "experto" sin que estos estén de acuerdo; proponen, entonces, una metodología de análisis de decisión que puede proporcionar un marco para descomponer, de forma sistemática, un problema complejo y suministrar una mayor objetividad para las decisiones que se asumen en la restauración.

La ecología de la restauración es una ciencia muy joven en el mundo, y en Colombia aún está en la etapa de reconocimiento de su relevancia para el manejo y la toma de decisiones de áreas afectadas por diversos disturbios, y todavía no se cuenta con un colectivo consolidado que aborde el tema en el ámbito nacional para avanzar rápidamente. Aún así, en el Distrito Capital existen diversas iniciativas donde se conjugan la autoridad ambiental Secretaría Distrital de Ambiente, las universidades y las comunidades organizadas, que se espera en el mediano plazo, respondan a las expectativas y necesidades del manejo de las áreas naturales y "semi-naturales" de la capital, en este caso, los humedales.

## 4.2. ASPECTOS RELEVANTES EN LIMNOLOGÍA Y VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SEMIACUÁTICA

Sin duda la evaluación y seguimiento es la fase más importante de todo proyecto, como única herramienta eficaz para conocer los resultados, cambios y/o comportamientos de determinada actividad. Lo anterior cobra aún más relevancia cuando se trata de procesos, intervenciones y/o la ejecución de actividades en ecosistemas naturales y en los que no existen estudios detallados sobre la estructura y dinámica de las poblaciones que allí habitan, como es el caso de los humedales de Bogotá.

A lo anterior se suma el hecho de que la restauración ecológica, como ciencia, también es relativamente nueva, por lo que su planteamiento teórico es prácticamente el único soporte del que se parte para la generación de tratamientos de intervención o de recuperación ecológica. En el caso de los ecosistemas de humedal no se tienen datos o estudios detallados sobre el comportamiento de estos ecosistemas en el orden nacional.

El seguimiento a las acciones, la evaluación y la recuperación ecológica del ecosistema tiene cuatro fines principales:

- Evaluar los resultados e impactos de la restauración, rehabilitación o recuperación (¿qué se restaura y a quién afecta?).

- Detectar cambios en las dinámicas de alteración y regeneración.
- Hacer ajustes oportunos a las estrategias, tratamientos y diseños.
- Documentar el proceso para su divulgación y replicación.

Como los procesos de restauración deben ser elásticos y creativos, es importante llevar una bitácora en la cual se consignen los siguientes datos:

- Metas iniciales.
- Registros para los indicadores.
- Ajustes a tratamientos y diseños.
- Ajustes a metas.
- Observaciones de alteración y regeneración.

La planificación de un programa o proyecto de restauración debe incluir los recursos para la evaluación y el seguimiento, en términos de:

- Personal y capacitación.
- Materiales y equipos.
- Logística.
- Sistematización, análisis estadísticos y archivo.
- Tiempo.

La evaluación y seguimiento a procesos de restauración ecológica debe priorizar en los siguientes aspectos:

- Los aspectos hidrológicos (caudales aferentes, amplitud de crecientes, batimetría, variaciones hidráulicas naturales), dado que son el motor del ecosistema.
- La avifauna (diversidad, distribución, migración, movilidad, anidación, cortejo, forrajeo), dado que son la prioridad de la conservación dictada por la norma.
- Control de tensionantes típicos, en especial, aquellos que representan mayor amenaza: alteraciones hidráulicas, contaminación hídrica, sedimentación.
- La sucesión vegetal con acentuada atención al crecimiento de las macrófitas acuáticas y el cambio de las franjas de vegetación, pues son el rasgo más visible de los procesos de colmatación y terrificación.

#### 4.2.1. MUESTREO LIMNOLÓGICO EN LOS HUMEDALES

Un sistema de evaluación y seguimiento limnológico en los humedales consiste en proporcionar el conjunto de datos necesarios para cumplir con dos objetivos: 1) actualizar la línea de base del estado biofísico de los humedales, y 2) suministrar los datos necesarios que sirven de referencia para el seguimiento antes, durante y después del proceso de restauración, para evaluar los efectos del proceso.

En primera instancia se debe plantear una red de muestreo con cubrimiento suficiente de la variación espacio temporal de las condiciones limnológicas de cada humedal.

- Entrada(s) del (los) afluente(s).
- Aguas de las zonas con inundación permanente cubiertas de vegetación emergente enraizada.
- Aguas en sectores con espejo de agua, profundidades mayores a 50 cm; se toman en perfil vertical.
- Agua del (los) efluente(s).
- Agua de los canales perimetrales interceptores.

La localización de los puntos de muestreo debe ser registrada en un sistema de coordenadas para su georreferenciación.

El esquema mínimo recomendado de frecuencias de los muestreos es:

- Limnología físico-química de plancton y perifiton: bimensual
- Macrófitas acuáticas y semiacuáticas: semestral.

Los muestreos de contingencia se deben prever para documentar eventos puntuales como sucesos extraordinarios o vertimientos accidentales. Igualmente, se puede necesitar una intensificación en las frecuencias

en los períodos transicionales; eventos biológicos tales como floraciones planctónicas ocurren en lapsos muy cortos (semanas) y para su registro o seguimiento se puede necesitar muestreos particulares con intervalos diarios.

#### 4.2.2. LIMNOLOGÍA FÍSICOQUÍMICA Y SANITARIA

Variables para mediciones *in situ*

- Caudal afluente, efluente y nivel del humedal: en cada humedal debe instalarse una serie de miras limnimétricas para llevar el registro de las variaciones hidrológicas de acuerdo con los protocolos estandarizados del Ideam; en una situación ideal se debería contar con un pluviómetro para el registro de la precipitación; el planteamiento metodológico de miras múltiples de Konly *et al.*, (2004) puede aplicarse.

- Gases disueltos: oxígeno, dióxido de carbono.
- Variables sintéticas: temperatura del agua, pH, conductividad, alcalinidad, potencial de oxido reducción.
- DQO, DBO, sólidos suspendidos volátiles.
- Sólidos totales, suspendidos, disueltos.

Variables para medición en laboratorio

Las muestras de agua deben ser colectadas y preservadas siguiendo los protocolos indicados en la edición más reciente disponible del manual de APHA u otro debidamente estandarizado. Las mediciones deben realizarse en laboratorios debidamente intercalibrados.

- Cationes y aniones mayores, disueltos en el agua: Ca, Mg, cloruro, carbonato-bicarbonato.
- Macronutrientes: nitrógeno (nitrato, nitrito, amonio, nitrógeno total Kjeldhal); fósforo (P reactivo soluble, P total). En el desarrollo de proyectos específicos de investigación se puede requerir la diferenciación del componente soluble y particulado de estos elementos, para lo cual se deben implementar los protocolos de separación por prefiltración de las muestras.
- Coliformes totales y fecales: indicadores directos de la contaminación de aguas servidas (excretas humanas o de animales domésticos).
- Grasas y aceites, fenoles: estos componentes son importantes para la detección y control de vertimientos provenientes de estaciones de expendio de combustibles, talleres mecánicos, lavaderos de vehículos y actividades conexas.
- El agua presente en los suelos saturados y sedimentos se debe tomar para su análisis.

#### 4.2.3. LIMNOLOGÍA BIOLÓGICA

Se recomienda seguir los planteamientos metodológicos de Roldán (1992), Likens y Wetzel (2000):

**Plancton:** en los sitios que presenten una columna de agua con espejo permanente se toman muestras para la caracterización y cuantificación del plancton (fitoplancton y zooplancton). Estas formas de vida acuática presentan variaciones extremadamente amplias tanto en la composición como en la abundancia debido a sus muy cortos ciclos de vida. De manera que para el seguimiento detallado de su comportamiento se requiere de frecuencias de muestreo al menos semanales, lo cual solo se justificaría en situaciones bien establecidas en estudios de investigación, cuando estos detecten floraciones de especies con riesgo ambiental tales como microalgas tóxicas, etc.

**Perifiton:** en sitios con desarrollo de vegetación enraizada y flotante se toma el material adherido a las raíces para examinar la composición y abundancia de organismos perifíticos, si se cuenta con la información necesaria sobre las funciones de sensibilidad y tolerancia de las diferentes especies, se podrían usar como elementos de bioindicación de las variaciones de calidad del agua a lo largo del proceso de restauración; complementariamente se deben utilizar sustratos artificiales de vidrio o cerámica para colectar de manera controlada los colonizadores.

**Macrofauna asociada a la vegetación acuática:** caracterización cualitativa y semicuantitativa tratando de abarcar el gradiente más amplio posible de situaciones, lo que incluiría humedales de referencia fuera de la jurisdicción del Distrito para poder establecer las funciones de tolerancia necesarias para construir y utilizar un sistema de bioindicación de calidad de las aguas.

**Macrófitas acuáticas:** a partir de un conjunto de transectos perpendiculares a la orilla, se fijan puntos de muestreo en parcelas de 1 o 4 m<sup>2</sup> para vegetación flotante y emergente, respectivamente, donde se registra la presencia, altura y cobertura (porcentaje y área m<sup>2</sup>) de las especies vegetales de acuerdo a los diferentes biotipos.

**Sedimentos:** se colectan núcleos de sedimentos para mediciones básicas: textura, estructura, contenido de materia orgánica, muestras palinológicas; otras características como metales pesados pueden medirse en casos especiales.

Una metodología frecuentemente nombrada en los procedimientos de evaluación y seguimiento es la utilización de bioindicadores para establecer determinadas características del agua, y en el caso de un proceso de restauración, rehabilitación o recuperación ecológica de un humedal para documentar los cambios graduales hacia un mejoramiento.

### 4.3. INVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y BIOINDICADORES

La bioindicación se puede definir como el uso de especies o conjuntos de especies (Figura 4.6) indicadoras para la vigilancia de la calidad ambiental. Esto implica asumir que la presencia de un organismo indicador es el resultado de las condiciones del medio y, por tanto, el reflejo de las mismas. Su presencia en un lugar y un momento determinado asegura que las condiciones mínimas de supervivencia han sido alcanzadas, mientras que la ausencia no necesariamente quiere decir que dichas condiciones mínimas no se cumplan.

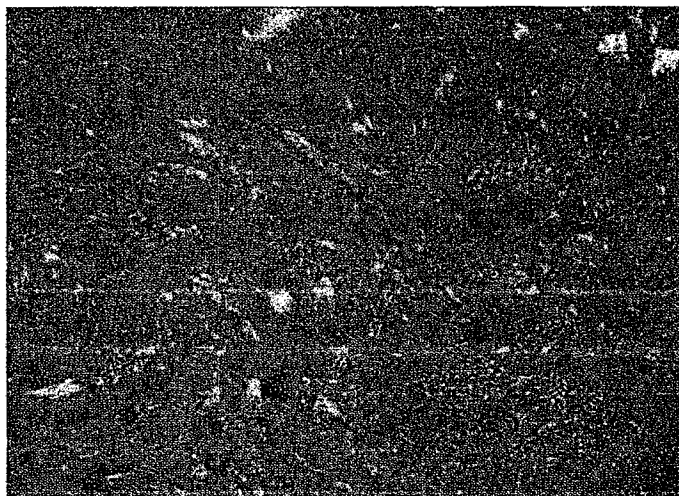


Figura 4.6. Comunidad de macroinvertebrados acuáticos, sobre un sustrato rocoso en la zona litoral del tercio alto del humedal Juan Amarillo. David Rivera.

Los patrones de distribución biogeográfica de los diferentes organismos, así como de los procesos de especiación impiden hacer una extrapolación válida de los sistemas de bioindicadores entre diferentes regiones del mundo, lo cual implica que este sistema debe desarrollarse in situ, basado en el conocimiento exhaustivo de la taxonomía y de la información físico-química de los cuerpos de agua, la cual en nuestro país está desarrollada para corrientes pero no para humedales.

La bioindicación debería preferirse en situaciones donde el factor o conjunto de factores ambientales que se quieren conocer y evaluar, no son directamente medibles u observables y/o las técnicas analíticas son menos fiables que el conocimiento específico de la taxonomía, de la distribución de la abundancia y de la tolerancia de un organismo potencialmente indicador.

Para aplicar los conceptos y procedimientos relativos a la bioindicación es necesario, no solo, conocer la composición de las comunidades del sitio o el ecosistema estudiado, sino también los límites y preferencias de los taxones con respecto a un factor o un conjunto de factores ambientales.

La distribución de la presencia y abundancia de un taxón podría relacionarse con un estado de la calidad de agua si se cumplen dos condiciones: 1) el sistema de bioindicación tiene como base todo el rango de variabilidad del factor usado para determinar la calidad del agua; 2) se conocen de manera específica los límites de tolerancia de los organismos frente a la variabilidad del factor ambiental. Por otro lado, los organismos definidos como bioindicadores mejoran su condición en cuanto mayor concordancia exista entre la distribución de abundancias del indicador y la variabilidad del factor, en un conjunto de escenarios con diferentes condiciones espacio-temporales.

La bioindicación (Figura 4.7) de la calidad de las aguas es una práctica muy extendida, que suele considerarse ventajosa por la capacidad de los organismos de responder con un mayor grado de sensibilidad, a la variabilidad del medio, que incluye no solo las condiciones físico-químicas, sino el resultado de eventos puntuales de disturbio físico, de los diferentes estados de la dinámica poblacional, de interacciones a nivel de las comunidades y de las cadenas tróficas. Para la implementación de un sistema de bioindicación estos factores deben tenerse en cuenta como modificadores de la relación básica de calidad físicoquímica-organismos.

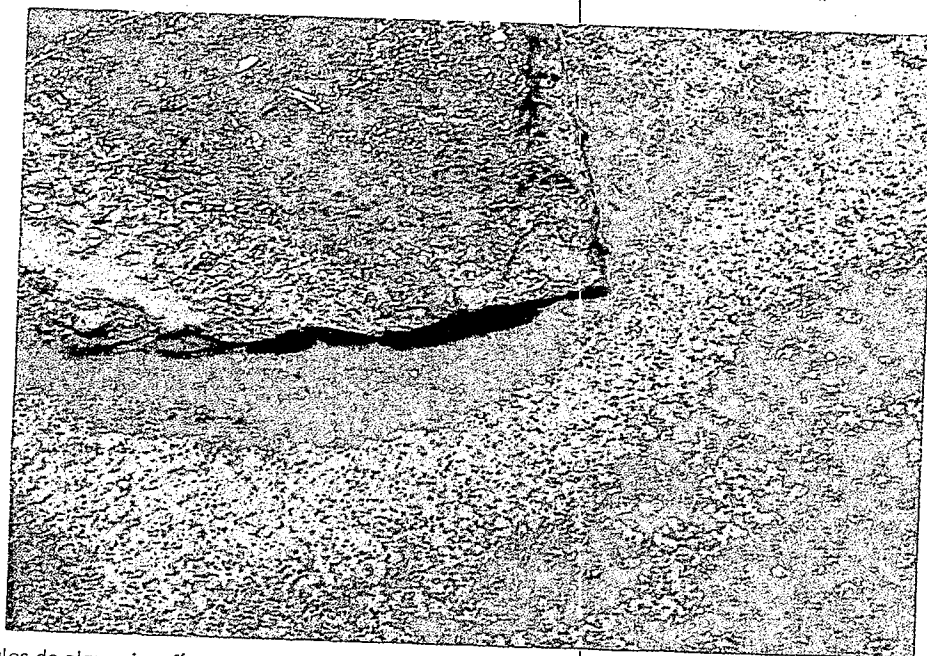


Figura 4.7. Flóculos de algas cianofíceas en época de su máxima proliferación. David Rivera.

La caracterización del agua está dada por la determinación cuantitativa de dos variables: físico-química y microbiológica. La calidad, por su parte, es el resultado de la evaluación de estos valores frente a criterios según el uso del agua para distintas finalidades. Las exigencias para cada criterio de uso pueden ser muy diferentes e incluso contrastantes entre sí, siendo el más restrictivo el uso de consumo directo humano, y probablemente el más permisivo las necesidades para el crecimiento y mantenimiento de la diversidad de micrófitos acuáticos y semiacuáticos, en un humedal que se usa para depurar biológicamente las aguas residuales a escala local.

Para el caso de los humedales se pueden considerar importantes las siguientes variables de caracterización físico-química y microbiológica que se pueden agrupar en tres categorías según los procesos físicos y biológicos que las determinan:

- Variables relacionadas con la mineralización natural de las aguas, influidas por el régimen climático y la naturaleza geológica de las cuencas (cationes y aniones mayores, conductividad, sólidos disueltos y alcalinidad), que en general, guardan proporcionalidades relativamente constantes, a menos que los vertimientos contaminantes aporten elementos alteradores (ácidos o bases fuertes, efluentes salobres, etc.).
- Variables relacionadas con la actividad metabólica de los organismos (gases disueltos como el oxígeno disuelto, el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{SH}_2$  y macronutrientes: formas orgánicas e inorgánicas de nitrógeno y fósforo).



- Variables relacionadas con contaminantes, cuya fuente es siempre el resultado de actividades humanas que generan residuos vertidos a los cuerpos de agua, aguas servidas: DQO, COT, DBO, coliformes fecales, patógenos, tensoactivos.

- Vertimientos de origen industrial: cuya composición de contaminantes es muy variada y está determinada por el proceso industrial y la forma de disposición de los desechos; incluye metales pesados, sustancias orgánicas de síntesis, etc.

- Vertimientos de origen agrícola: con alta probabilidad de presencia de agroquímicos y pesticidas con diferentes grados de persistencia y toxicidad.

Las concentraciones, tasas de acumulación o dilución de los componentes físico-químicos del agua tienen una dinámica afectada directamente por el flujo, la turbulencia, el grado de penetración de la luz, la temperatura y el pH. Así mismo, la presencia y abundancia de los organismos estarán condicionadas por estos mismos factores, actuando en un espacio físico y en intervalos de tiempo determinados, que cada especie puede o no ocupar de acuerdo a adaptaciones y limitaciones de su biotipo e historia de vida.

Los organismos acuáticos se ven afectados de manera diferencial y con mayor o menor intensidad por cada una de las variables y por la interacción entre ellas. Así, por ejemplo, los recursos (insumos directos para el sostenimiento) para las macrófitas, el fitoplancton y las algas del perifiton, estarían representados primariamente en las variables de los grupos 1 y 2. Sin embargo, para organismos heterótrofos los recursos más importantes, estarían representados en la oferta de alimento (organismos autótrofos, detritus orgánico, otros consumidores). Igualmente, los niveles de contaminantes presentes en un momento y sitio dado actuarán diferencialmente sobre cada tipo ecológico, pudiendo ser alguno muy tolerante (como es el caso de las macrófitas presentes en los humedales actuales), a la vez que otros pueden ser muy susceptibles.

#### ORGANISMOS BIOINDICADORES

**Plancton:** este conjunto de organismos es muy heterogéneo en composición taxonómica y en adaptaciones ecológicas, por lo que puede ofrecer posibilidades como bioindicador. Sin embargo, su aplicación en los humedales presenta limitaciones, cuando no hay una suficiente extensión de espejo de agua necesario para su desarrollo. Por otra parte, su modo de vida suspendida en el agua promueve cambios fuertes en composición y abundancia, por efecto del arrastre eólico y corrientes, provocando incluso la aparición de individuos de otras formas de vida como el bentos y perifiton.

Sus ciclos de vida muy cortos (menos de una semana), les permiten adaptarse fisiológica y genéticamente de manera rápida, generando líneas tolerantes y sensibles, cambiando los rangos de tolerancia a un factor ambiental de importancia en la calidad del agua. Si los anteriores factores suceden en tiempos no perceptibles por el investigador, se pueden producir falsas indicaciones.

**Comunidades de macroinvertebrados:** son animales entre 0.2 y 50 mm asociadas con el fondo (bentos) y con otros sustratos como la vegetación acuática (perifiton), han sido muy utilizados con fines de bioindicación, especialmente, en ambientes de aguas corrientes (Roldán 1999; Gutiérrez *et al.*, 2002; Riss *et al.*, 2002), donde los factores ambientales de selección son muy diferentes a los que prevalecen en los espacios estancados de los humedales. Por lo tanto, la implementación de un sistema de bioindicación basado en los macroinvertebrados de los humedales implica un replanteamiento de fondo.

**Macrófitas:** en general, presentan variadas estrategias de ajuste a las condiciones ambientales, que las hacen ver como muy tolerantes a las condiciones de mala calidad del agua: alta carga orgánica, pobre oxigenación, de manera que en su mayor parte no serían indicadoras muy sensibles. En forma específica ciertas formas de vida, como las errantes de raíces cortas pueden asociarse con altos niveles de nutrientes en las columnas de agua y las sumergidas enraizadas con aguas más transparentes; aunque estas condiciones ambientales son verificables sin la necesidad absoluta de bioindicación. En un plano general la reaparición de algunas de estas formas de vida puede asociarse con una mejora en el estado del humedal.

Dentro de la información disponible para los humedales se cuenta con el intento de aplicación de un sistema

de bioindicación de polución orgánica, con datos de macroinvertebrados en siete humedales del área urbana de Bogotá (Ecology y Environment. Inc. e Hidromecánicas Ltda., 1998). En términos generales, los valores promedios del índice de tolerancia para varios macroinvertebrados mostraron una disposición de tolerancias intermedias a elevadas, lo que significa una alta polución orgánica en todos los humedales incluidos en el estudio, lo cual concuerda con la situación global percibida para el conjunto de los 13 humedales.

Desafortunadamente no se incluyen datos de humedales de gran interés como La Conejera, Juan Amarillo, Jaboque, La Vaca y Santa María del Lago, que completarían el rango de polución orgánica necesario, para refinar el sistema de bioindicación, y convertirlo en una herramienta de mayor utilidad. Por otra parte, poseer información de las tolerancias a un nivel taxonómico más detallado que el de familia, generaría una mejor resolución.

En relación con los parámetros limnológicos es preciso que los ejecutores de proyectos en los humedales bogotanos estandaricen la metodologías y parámetros de medición, para lo cual la hoy Secretaría Distrital de Ambiente en convenio con el departamento de biología de la Universidad Nacional elaboró recientemente el protocolo de monitoreo de humedales, con el propósito de ofrecer los lineamientos técnicos que permitan unificar la toma de datos, el procesamiento de la información y su análisis, a fin de hacerlo comparativo y útil en la toma de decisiones de índole ambiental para estos ecosistemas urbanos.

#### 4.4. FAUNA SILVESTRE

La evaluación y seguimiento consiste en el rastreo sistemático de la situación de una especie, grupo de especies o comunidad a lo largo del tiempo, para poder detectar y evaluar cambios (Ralph y Scott, 1981). El diseño de un programa de evaluación y seguimiento así como los datos a tomar dependen de los objetivos del proyecto de restauración, que en este caso es el restablecimiento o aumento de las poblaciones de fauna, especialmente, especies endémicas y amenazadas (Figura 4.8) en los humedales de Bogotá.

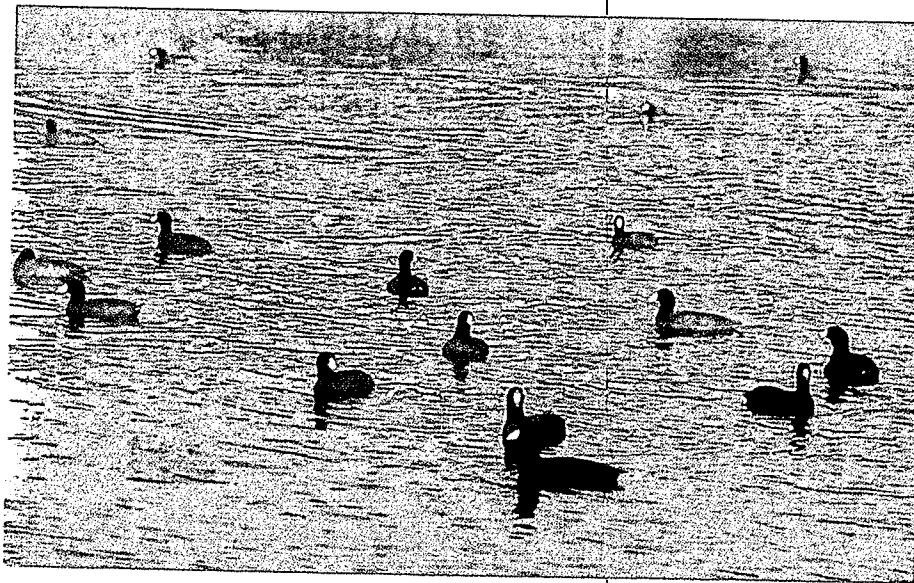


Figura 4.8. Gallareta moteada, *Gallinula melanops bogotensis*, subespecie endémica amenazada, se encuentra en los humedales de Tibanica, Jaboque bajo, Guaymaral y La Conejera. Thomas McNish.

El seguimiento se puede hacer en diferentes niveles, dependiendo del grupo o especie a estudiar (Ralph y Scott, 1981; Ralph *et al.*, 1996):

- Nivel 1: los datos más sencillos de obtener son cualitativos, básicamente del tipo inventario o presencia-ausencia del grupo o especie.
- Nivel 2: es la toma de datos cuantitativos, en la forma de conteos o censos o de los animales directamente o a partir de datos indirectos como medidas de actividad (número de huellas en una cama de huellas con cebo para

mamíferos, número de cantos o intensidad de los mismos para especies de ranas, aves etc., número de individuos capturados por unidad de esfuerzo, etc.).

- Nivel 3: un tercer nivel sería la toma de datos sobre la estructura de las poblaciones de algunas especies (distribución de edades, razón de sexos, etc.).

Por lo general, entre más detallado el tipo de dato deseado, más bajo el número de especies que se puede evaluar y seguir a este nivel (Morrison et al. 1998; Ralph y Scott, 1981). Es factible realizar inventarios en varios grupos con cierta facilidad; el único requisito es que las especies sean detectables en forma confiable por el método escogido (es decir, que al no detectar una especie en un muestreo se puede tener alta confianza de que realmente está ausente).

Para un censo, la especie tiene que ser no solamente detectable sino también contable; para poder usar métodos indirectos debe haber cierta seguridad de que un aumento en el indicador (número de cantos o huellas) corresponde a un aumento de la población y no simplemente a un incremento en la actividad de los individuos. Los estudios demográficos son los más exigentes porque requieren que uno pueda distinguir los sexos, edades, etc. de los individuos observados o atrapados (según la especie). Los datos de inventarios y censos pueden dar información sobre cómo una o varias poblaciones responden a un cambio (por ejemplo del hábitat) pero únicamente los datos demográficos anticipan un cambio en la población y permiten entender mejor las causas (Ralph y Scott, 1981). Por esto, un programa de evaluación y seguimiento para un grupo o comunidad diversa puede contemplar inventarios generales de uno o más grupos, conteos o censos de un número reducido de especies de más interés, y si fuera posible la toma de datos demográficos de una de las pocas especies de alta prioridad para el proyecto.

Finalmente, la escogencia de un grupo para evaluar y seguir debe tomar en cuenta dos parámetros más: las relaciones entre el grupo (o las especies particulares) y su hábitat y, que sean relativamente bien conocidas, de tal modo que los cambios en las poblaciones puedan relacionarse con cambios en el hábitat con cierta confianza; y que sea evaluable la misma población con el mínimo de disturbio. Un programa de evaluación y seguimiento que implique el sacrificio de individuos puede ser dañino, especialmente, para poblaciones pequeñas y amenazadas.

#### 4.4.1. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE DIFERENTES GRUPOS DE FAUNA

Las aves representan un grupo apto para la evaluación y seguimiento porque cumplen todos los requisitos, casi todas las especies son detectables e identificables por medios visuales y/o auditivos, los cuales implican un disturbio mínimo en la mayoría de los casos; los requisitos de hábitats de la mayoría de las especies son conocidos; hay criterios claros para la escogencia de especies prioritarias. Desde hace 15 años, la Asociación Bogotana de Ornitología lleva a cabo conteos navideños de las aves de algunos humedales (en realidad, dado que no se controla por diferencias en detectabilidad de especies, pueden verse más como inventarios). Algunas especies en hábitats abiertos (Ej. ciertas tinguas, patos y garzas) son contables, de tal forma que los conteos se aproximan a verdaderos censos.

Para ciertas especies más difíciles para la observación, el uso de grabaciones de sus cantos puede provocar respuestas que permitan ubicar individuos o parejas en un mapa del humedal (Gibbs y Melón, 1993; Legare, 1996; Ralph *et al.*, 1996; Delany y Scott, 2002), el chirriador y la tigua bogotana son aptos para esta técnica. Para unas pocas, es posible distinguir los sexos y/o edades en el campo (por lo menos, distinguir los adultos de los jóvenes) (Hilty y Brown, 1996; ABO, 2000), de tal forma que se les pueden tomar algunos datos demográficos; estas incluyen algunas especies de alta prioridad por ser amenazadas. Con la tigua pico verde se distingue los adultos de los jóvenes, con las monjitas los sexos son fáciles de distinguir por el plumaje, y el chirriador por sus diferentes cantos (Caycedo, 2001; Fjeldsa y Krabbe, 1990; ABO, 2000). Si hay que escoger un grupo para la evaluación y seguimiento, las aves son el más indicado.

Una evaluación y seguimiento ideales consistiría en inventarios generales de la avifauna, conteos más precisos de algunas especies prioritarias con métodos específicos (como grabaciones y playback para la tigua bogotana y el chirriador) y si fuera posible conteos cuantitativos de adultos, inmaduros y pichones o machos y hembras de algunas especies claves como la tigua pico verde, el pato turrio o la monjita.

Especies de otros grupos de vertebrados pueden ser susceptibles a la evaluación y seguimiento por diferentes métodos. Por ejemplo, el canto nocturno de la rana sabanera podría ser un buen indicador de su presencia y posiblemente el volumen del canto, de su abundancia, si se pueden estandarizar las condiciones de observación (hora, condiciones del tiempo, etc.).

En algunos humedales como La Conejera, los curíes son fácilmente observables, aunque no necesariamente contables, pero donde han sido perseguidos se necesitaría recurrir a métodos indirectos para detectarlos o estimar su abundancia/actividad (camas de huellas, etc.). Existen trampas tipo nasa que, puesto en el barro del fondo, son efectivas para atrapar capitanes.

Para la gran mayoría de invertebrados, el trampeo y colecta es el único método factible de evaluar y seguir. Algunas trampas capturan diferentes grupos o etapas de vida, y hay que escoger los grupos más aptos: el grado de conocimiento taxonómico y de los requisitos ecológicos son factores limitantes en muchos casos. La inclusión de otros grupos en la evaluación y seguimiento dependerá de la disponibilidad de personal y equipos idóneos, y la posibilidad de obtener resultados confiables sin un esfuerzo de muestreo excesivo.

En lo referente al estudio de la artropofauna, grupo que comprende a los insectos, arácnidos, diplópodos (milpiés), quilópodos (ciempiés), crustáceos (cochinillas, cangrejos, camarones, langostas) y otros grupos menores no tan conocidos (Amat-García y Blanco-Vargas, 2003) es poco lo que hoy conocemos sobre la composición de las comunidades en los humedales bogotanos (Andrade y Amat, 2000), y mucho menos sobre su participación en los procesos ecológicos de estos ecosistemas.

Las características particulares de los insectos como, por ejemplo, el ser pequeños, de corta vida y muy susceptibles a la heterogeneidad espacial y temporal del ambiente, han permitido su uso como indicadores en el estudio de los ecosistemas, bien sea conservados o altamente deteriorados (Kennedy y Southwood 1984; Hendrix *et al.*, 1988; Rambo y Faeth 1999, Dourojeani 1990, Brown 1991 en Bustos y Ulloa-Chacón, 1996-1997). Pese a la existencia de diversos estudios asociados a proyectos de restauración (Jansen, 1997; Bisevac y Majer, 1999; Webb *et al.*, 2000), los papeles de la artropofauna son aún pobremente documentados, principalmente, desde una perspectiva de grupos funcionales tanto en los trópicos en general como en nuestro país en particular.

Se han inventado diversas técnicas de muestreo de los insectos en el campo. Éstas incluyen muestreos en hojarasca y suelo con múltiples tipos de extractores, trampas de caída, de intersección, la captura manual, observaciones y diversos cebos. Es posible que cualquier investigador encuentre una técnica de muestreo que le facilite la captura de sus grupos de interés, razón por la cual se deberán establecer varias técnicas complementarias que Kitching *et al.*, (2001) recomiendan al trabajar con diferentes grupos taxonómicos, caso nuestro en la restauración ecológica.

La selección de las técnicas de muestreo se hace posterior a definir los grupos de insectos a trabajar, que a su vez dependerá de la orientación de la investigación, es decir, de las condiciones iniciales en el área a evaluar, de la pregunta de investigación, de estudios previos que evidencien su utilidad en ese campo de estudio, en particular, del nivel de conocimiento que exista sobre dichos grupos de interés, de la duración y extensión del mismo, y de los recursos disponibles.

#### 4.4.2. RECOMENDACIONES

Un parámetro de importancia es la frecuencia de la evaluación y seguimiento. Dada las variaciones estacionales en las lluvias, recomendamos que se realicen un mínimo de dos episodios de evaluación y seguimiento por año y posiblemente más. Para las aves, los factores a considerar son tanto las lluvias como los períodos de presencia de las especies migratorias, tanto boreales como australes. Las aves migratorias boreales llegan entre septiembre y noviembre; las especies que pasan el invierno norteamericano aquí están presentes entre noviembre y marzo y la migración primaveral ocurre entre abril y mayo.

Las aves migratorias australes son menos numerosas y conspicuas, pero por lo general su período de mayor abundancia en la sabana está entre julio y septiembre u octubre. Están establecidos el conteo navideño (período

de transición entre húmedo y seco, presencia de migratorios boreales) y el censo de aves de humedales en febrero (un período seco, también con presencia de migratorios boreales). Sería interesante programar conteos similares en junio o julio y septiembre u octubre para detectar migratorios australes y la llegada de las boreales, aprovechando diferentes condiciones pluviales. Para los censos detallados y la toma de datos sobre razones de sexos y edades de especies prioritarias, un muestreo en diciembre o febrero y otro en junio o julio podría ser lo ideal para poder detectar cambios en sus poblaciones.

Para otros grupos, la estacionalidad de las lluvias es especialmente importante para la evaluación y seguimiento, por ejemplo, de las ranas mediante la frecuencia o intensidad de sus cantos, ya que sus épocas reproductivas probablemente están ligadas a la pluviosidad. Aunque no hay datos específicos para los diferentes grupos de invertebrados, mamíferos, reptiles o peces, sería razonable suponer que las lluvias también los afectan. Por esto, dos episodios de evaluación y seguimiento por año, una en época seca y otro en época lluviosa, serían ideales para llevar un control adecuado sobre el estado de sus poblaciones.

Hay que enfatizar que lo más esencial de un programa de evaluación y seguimiento es estandarizar los métodos, de tal forma que cualquier muestreo —sea inventario, censo o conteo demográfico— sea lo más comparable posible con cualquier otro muestreo del mismo tipo (Ralph y Scott, 1981; Ralph *et al.*, 1996). Esto implica usar los mismos recorridos o puntos de conteo, la misma metodología bajo las mismas condiciones del tiempo y los mismos horarios, asegurar que los observadores estén capacitados en la identificación de las especies y la toma de los datos. La idea es que cualquier cambio observado se debe a cambios reales en las poblaciones y no a diferencias en las técnicas o condiciones del muestreo, en lo posible. Para asegurar esta uniformidad es importante que haya un grupo coordinador de los muestreos que se pueda encargar de la realización de los muestreos y el entrenamiento de los que toman los datos. En este punto, la ayuda de miembros de la comunidad debidamente entrenados puede ser muy importante para asegurar la continuidad de los muestreos.

En términos generales, se recomienda que la evaluación y seguimiento siga a lo largo de un mínimo de cinco años, pero bien puede ser más dependiendo de cómo se desarrolle el proceso de restauración. Dado el grado de vulnerabilidad de las poblaciones de varias especies de aves, en particular, y el pequeño tamaño de las poblaciones potenciales y actuales en muchos humedales, sería importante continuar con al menos uno o dos inventarios y censos anuales por cada uno, indefinidamente.

## 4.5. VEGETACIÓN TERRESTRE



Figura 4.9. Área de plantación de especies nativas y establecimiento de parcelas experimentales en la ronda reconformada del lago del tercio alto del humedal Juan Amarillo. Se observa el tamaño adecuado de las plantas, ahoyado con aporte de materia orgánica y tutorado de cada individuo. Archivo EAAB.

La formulación e implementación de un programa de evaluación y seguimiento a un proyecto de restauración o rehabilitación de coberturas de vegetación terrestre (Figura 4.9) debe perseguir cuatro objetivos principalmente:

- Determinar las principales características fisonómicas y florísticas de los tipos de vegetación terrestre que están presentes en las rondas y las Zonas de Manejo y Preservación Ambiental -ZMPA- de los humedales distritales.
- Documentar los cambios ocurridos en el ecosistema después de la implementación de actividades de recuperación ecológica en relación con la estructura y dinámica de la vegetación terrestre.
- Analizar parámetros variables de espacio y tiempo, que permitan verificar el cumplimiento de las metas del proyecto.
- Replantear las metas en caso de ser necesario.

#### 4.5.1. CONTINUIDAD DE LOS MUESTREOS

La continuidad en los muestreos, muchas veces, responde a la limitación de recursos económicos y humanos que a las necesidades propias de los ecosistemas, lo cual hace indispensable que en la planeación de todo tipo de proyecto se cuantifique la etapa de evaluación y seguimiento, y de esta forma se disminuya el riesgo de abandono del proyecto una vez se finalicen las obras.

Los muestreos necesarios para la documentación de los cambios experimentados por los ecosistemas, a través del tiempo, requieren ser realizados durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, como punto de partida para la vegetación terrestre presente en los humedales de Bogotá, la efectividad de los tratamientos de recuperación implementados, como en la escogencia de las especies, sus características físicas y estado fitosanitario, entre otros, se pueden estimar períodos no menores a cinco años. Durante este tiempo sería necesario efectuar muestreos por lo menos semestrales con el objetivo de referenciar los cambios físicos del ecosistema. Los eventos de carácter fenológico requieren de registros quincenales o mensuales.

#### 4.5.2. SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Aspectos importantes que se deben tener en cuenta:

- Establecer formatos muy claros para que sean consignados los datos que se levanten durante las jornadas de trabajo.
- Estandarización de los formatos de almacenamiento de los datos para facilitar su posterior análisis y/o inclusión de futuros valores.
- Se recomienda la inclusión de los datos dentro de un sistema de información geográfica, propio para este tema, y que interactúe con otros grupos de datos referidos al mismo espacio.

#### 4.5.3. PUBLICACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

Debido a la falta de publicación o por lo menos de socialización de los datos obtenidos a partir de los diferentes contratos o estudios de investigación, que se han llevado a cabo en los humedales distritales, se "pierden" valiosos esfuerzos que deben ser repetidos en busca de la información necesaria para la ejecución de diferentes obras para la recuperación del ecosistema.

Por lo anterior, se debe proponer la elaboración de un sistema de datos donde pueda estar contenida toda la información físico-biótica y socioeconómica disponible sobre el tema. Dicho sistema, debe ser alimentado periódicamente con los datos que se vayan obteniendo a partir de la ejecución de proyectos y con ello generar una verdadera herramienta de análisis en torno a las características propias de estos importantes ecosistemas capitalinos.

## 4.6. ROL DE LA COMUNIDAD EN EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

En todo proyecto de rehabilitación o recuperación ecológica deben diseñarse estrategias orientadas a vincular a la comunidad (Figura 4.10) tanto educativa como de las juntas de acción comunal y demás interesados. Su vinculación debe contemplarse desde la misma formulación hasta el seguimiento y evaluación de largo plazo, dado que de su participación depende la sostenibilidad de los procesos en desarrollo, su socialización y validación.

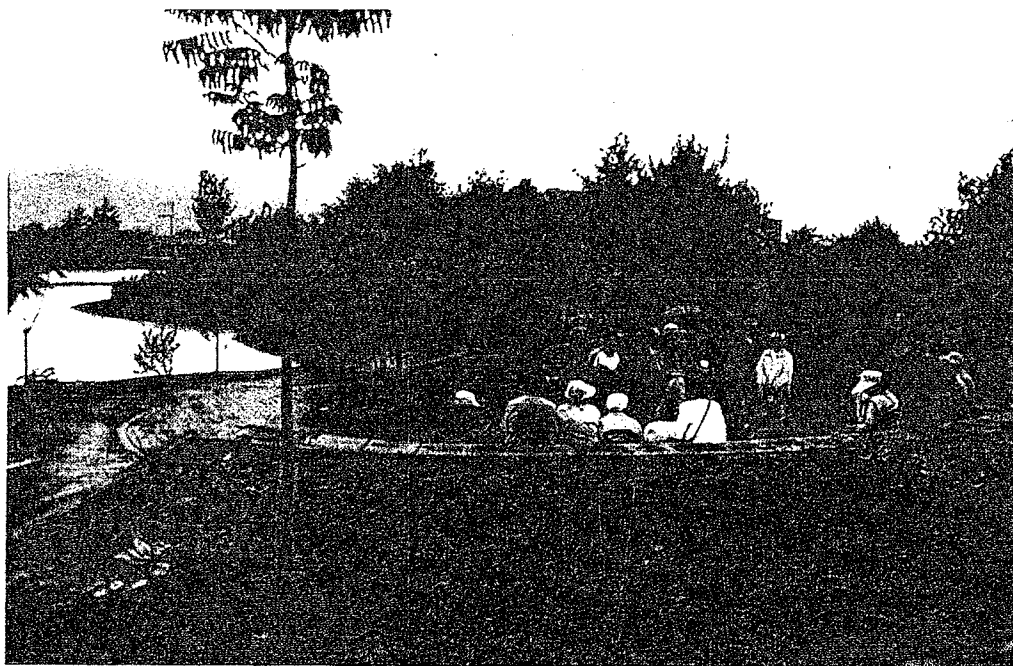


Figura 4.10. Actividades educativas y de socialización en el humedal de Tibanica. Thomas McNish.

En ese orden de ideas, la hoy Secretaría Distrital de Ambiente ofrece a los lectores interesados en el tema, la posibilidad de consultar un reciente trabajo denominado: "Propuesta metodológica para la formulación de proyectos de restauración ecológica con participación de la comunidad", el cual se encuentra disponible en el centro de documentación de la entidad.

El rol de la comunidad debe integrarse de forma transversal a todo el proceso de restauración o rehabilitación de un humedal buscando su compromiso, no solo hacia las obras propias del proyecto sino también hacia la conservación y mantenimiento del ecosistema en general.

En el proceso de rehabilitación o recuperación de humedales, es necesario hacer seguimiento a las iniciativas de gestión ciudadana, a las acciones proyectadas institucionalmente hacia la comunidad, así como al uso sostenible que de estos espacios adelante la población beneficiada dentro de las estrategias de recuperación previstas. La importancia de establecer estos indicadores es poder evaluar los grados de apropiación social, de corresponsabilidad estado-ciudadanía, de co-gestión así como la eficacia y legitimidad alcanzada por las acciones comunitarias e institucionales, todo lo cual apunta a consolidar los factores de sostenibilidad de estos procesos.

La evaluación y seguimiento de estas variables posee un carácter cualitativo, ya que a excepción del número de visitantes (en los espacios habilitados para ello) otras ponderaciones al respecto deben partir de escalas de valoración que den cuenta del cumplimiento o no de condiciones y metas preestablecidas o de la percepción que se acopie de los usuarios, visitantes, vecinos u organizaciones relacionadas con los procesos de recuperación ecológica del humedal. El seguimiento debe adelantarse de manera conjunta tanto por las organizaciones como por las instituciones.



En este orden de ideas, debe darse un apropiado seguimiento (de manera continua y oportuna), a las siguientes variables:

- Grado de responsabilidad social asumida en la recuperación del humedal.
- Características, flujo y percepciones de los visitantes y usuario.
- Alcances de las actividades de investigación y educación ambiental.
- Impactos socioculturales del humedal en proceso de restauración, rehabilitación o recuperación.

## 4.7. PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO EN LIMNOLOGÍA PARA LOS HUMEDALES DEL DISTRITO CAPITAL

En el marco de la formulación de lineamientos técnicos para el manejo de los humedales del Distrito Capital, Secretaría Distrital de Ambiente en convenio con el departamento de biología de la Universidad Nacional, elaboró recientemente un protocolo de seguimiento a variables limnológicas a fin de establecer indicadores de carácter físico-químico que permitan evaluar la calidad de estos ecosistemas a lo largo de amplios períodos de tiempo para que contribuyan en la toma de decisiones.

Las variables propuestas como indicadores en el protocolo se validaron en una primera etapa en los humedales de Guaymaral, Santa María del Lago y Tibanica, cuya selección obedeció a las diferentes condiciones microclimáticas dadas por la ubicación geográfica; también, se tuvieron en cuenta las obras ejecutadas en los mismos. Esta valoración permitió establecer comparaciones y realizar los ajustes pertinentes.

Dentro de los parámetros físico-químicos establecidos para evaluar los tensionantes que alteran la calidad del agua y, por tanto, la composición de la flora y fauna acuática están considerados los siguientes: temperatura, sólidos suspendidos, pH, oxígeno disuelto, fósforo, nitrógeno, DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y coliformes totales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la validación de indicadores de calidad de agua en humedales se estableció que entre las especies de perifiton y macroinvertebrados que se recomienda tener en cuenta se incluyen los siguientes taxones: Hyalella, Chironominae, Ortocladinae, Dixella, Eristalis, Tipula, Enallagma y Oligochaeta.

Este documento también establece la metodología para la toma de muestras en campo y recomienda muestreos trimestrales tendiendo en cuenta los períodos lluviosos y secos. Dicho documento se encuentra a disposición de los interesados en el centro de documentación de la Secretaría Distrital de Ambiente.

## 4.8. FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL DE HUMEDALES

En desarrollo de los procesos de planificación integral que permitan orientar la ejecución de acciones tendientes a la conservación de los humedales distritales, la formulación de los planes de manejo ambiental (PMA) constituye una herramienta de gestión de gran importancia, pues de ella se derivan los programas y proyectos que a corto, mediano y largo plazo pueden garantizar la conservación y el uso sostenible de estos ecosistemas.

La elaboración de los planes de manejo ambiental debe garantizar la participación de todos los actores interesados en el desarrollo de todas las fases que lo componen, entre las cuales cabe mencionar: el diagnóstico, la evaluación ambiental, la zonificación y la formulación del plan de acción.

En el marco de las políticas internacionales y nacionales, específicamente, lo establecido en la resolución 157 del 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Secretaría Distrital de Ambiente se encuentra ejecutando las acciones para la formulación del plan de manejo de ambiental del humedal de Tibanica.



Actualmente, en coordinación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en el marco de un convenio interinstitucional, se están elaborando los Planes de Manejo Ambiental de los humedales de Torca, Guaymaral, Córdoba, Juan Amarillo, Jaboque, Capellanía, El Burro, La Vaca y Techo.

Una vez formulados los planes de manejo y definidos los correspondientes planes de acción, se debe efectuar la gestión interinstitucional que permita establecer compromisos para la ejecución de los programas y proyectos formulados, lo que implica la asignación de recursos y la activa participación de la comunidad.

# CAPÍTULO 5

## EXPERIENCIAS EN EL MANEJO DE HUMEDALES DE BOGOTÁ, D. C.



Humedal de Tibanica. Thomas McNish.



Figura 5.1. El humedal de Santa María del Lago como escenario para la recreación pasiva, el disfrute escénico y mejor calidad de vida. Thomas McNish

En el proceso de gestión coordinada entre la ciudadanía y las instituciones, para emprender acciones de recuperación de humedales, se han registrado notables adelantos en una interacción que apunta a construir modelos de gestión de responsabilidad compartida, para establecer una sólida base social para la preservación y uso sostenible de los ecosistemas.

La comunidad, mediante la conformación de grupos interesados en la recuperación de los humedales, ha emprendido iniciativas y acciones que han contribuido a generar una estrategia de participación ciudadana desde la base canalizada en actividades de investigación, de divulgación y de educación adquiridos por su observación continua de procesos en los humedales.

La Red de humedales de Bogotá considera que el objetivo de la participación debe ser la búsqueda de la sostenibilidad social, técnica y económica de los humedales, que implica la construcción de tejido social y el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias, así como la participación de las ONG vinculadas a las acciones de restauración y conservación de estos ecosistemas.

Las organizaciones de la red han participado en acciones prácticas como jornadas de revegetalización de rondas, limpieza de canales y recolección de residuos sólidos; el arreglo de cercas, el control de pasto kikuyo y el conteo de aves, generalmente, dentro de las jornadas promovidas por la Asociación Bogotana de Ornitología (ABO). Se han elaborado también inventarios y registros fotográficos de especies de fauna y flora, así como talleres de sensibilización, caminatas y charlas dirigidas a la comunidad y a los colegios aledaños a los humedales.

Las organizaciones que conforman la Red han ejecutado proyectos financiados por Entidades Distritales, alcaldías locales y Entidades de cooperación como Ecofondo, Fondo para la Acción Ambiental y RAMSAR. De otra parte, en el proceso de construcción colectiva de la Política de humedales del Distrito Capital adelantado por la Secretaría Distrital de Ambiente, la red de humedales participó activamente en cada una de las fases con representantes de los nodos que conforman esta organización.

En el humedal Santa María del Lago, actualmente, se está llevando a cabo la conformación de los Grupos Ambientales Urbanos, GAUS, con niños y jóvenes de los barrios del área de influencia del humedal, con los cuales se trabaja en talleres de liderazgo ambiental, fortalecimiento en valores e información relacionada con los temas de: recurso hídrico, aire, prevención y minimización del riesgo, biodiversidad y residuos sólidos, procesos que han sido coordinados por la SDA.

## 5.1. EXPERIENCIA COLECTIVA DE ACCIONES DE RECUPERACIÓN EN EL HUMEDAL DE LA CONEJERA<sup>1</sup>

En el humedal La Conejera se inició desde 1993 un proceso de sensibilización y participación comunitaria de la población del barrio Compartir, en la localidad de Suba, entonces habitado por ochocientas de las cuatro mil quinientas familias actuales. El barrio se ubicaba en el fondo de la hacienda Santa Inés, rodeado de potreros, a excepción del costado noroccidental, donde se encuentra el humedal.

Al compartir una problemática en común y la búsqueda de alternativas de solución así como el interés por disfrutar de los atributos ambientales del entorno y observando cómo estos corrían el inminente riesgo de perderse rápidamente y para siempre, algunos habitantes del lugar se vieron motivados a involucrarse en el proceso de freno y cambio de estas tendencias asumiendo el deber ciudadano de contribuir a proteger los bienes públicos conscientes de la gravedad de lo que allí estaba ocurriendo, en términos de pérdida de la biodiversidad y alteración local del sistema hídrico.

En un comienzo, como iniciativa individual por parte de algunos habitantes se solía abordar a los conductores de volquetas y bulldozeros para que explicaran la procedencia de los escombros, se les advertía la ilegalidad de estos hechos, de la disposición de la comunidad a no permitirlos más y con frecuencia se presentaban confrontaciones personales.

A pesar de estas iniciativas de protección, los rellenos realizados por diferentes urbanizadores continuaban deteriorando el humedal que sumado a la invasión de rondas para el pastoreo de ganado, la porcicultura, los cultivos en varios sitios del humedal y el depósito de basuras realizado por personas particulares incrementaba su grado de deterioro.

En virtud de la agudización de la problemática, cada día más vecinos confluían en el interés de contribuir a proteger el humedal, de tal forma que se decidió constituir una instancia organizativa para coordinar las acciones por el humedal, definiendo como objetivo principal su defensa, recuperación y conservación como reserva natural de la ciudad. El 10 de octubre de 1993 se conformó el Comité Ecológico del barrio Compartir, integrado por el grupo base que participaba en todas las actividades, algunos miembros de la junta de acción comunal y personas de la comunidad.

El Comité inició un trabajo intensivo con jornadas de vigilancia, de recuperación y de educación ambiental así como reuniones semanales de programación y seguimiento de los diferentes frentes de trabajo abordados para el logro del objetivo trazado (educación, relaciones con las instituciones, jurídico y de vigilancia).

Mediante esta labor fue posible identificar a los urbanizadores responsables e iniciar un proceso de diálogo y concertación con ellos, con el fin de lograr la suspensión de estas acciones. Como resultado, hacia finales del año 1993 se logró controlar los rellenos del barrio Compartir y se empezó a actuar sobre los ubicados en el sector oriental del humedal, de tal manera que pasado el primer semestre del siguiente año y vinculando la acción de la Policía Nacional se puso fin a estos procesos.

Conjuntamente con estas acciones, se iniciaron los primeros estudios de diagnóstico del humedal. La información obtenida enriqueció los talleres de educación ambiental y fortaleció los argumentos para lograr ganar el interés de las instituciones estatales así como los procesos administrativos y judiciales.

A finales del año 1993, el Comité decidió constituir una organización más formal y así nació la Fundación Humedal La Conejera. En diciembre del mismo año se formuló el proyecto "Defensa, recuperación y conservación del humedal La Conejera como reserva natural", proyecto que se convirtió en el plan de acción de largo plazo que guía el objetivo de la organización y a la vez contribuye a lograr el apoyo financiero de la Corporación Ecofondo y entidades del Estado, año y medio más tarde.

<sup>1</sup> Tomado de: Experiencia colectiva en la recuperación del humedal La Conejera. Germán Galindo Hernández, Director ejecutivo Fundación Humedal La Conejera. Publicado en: Los Humedales de Bogotá y La Sabana. Empresa de Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional - Colombia, 2003.

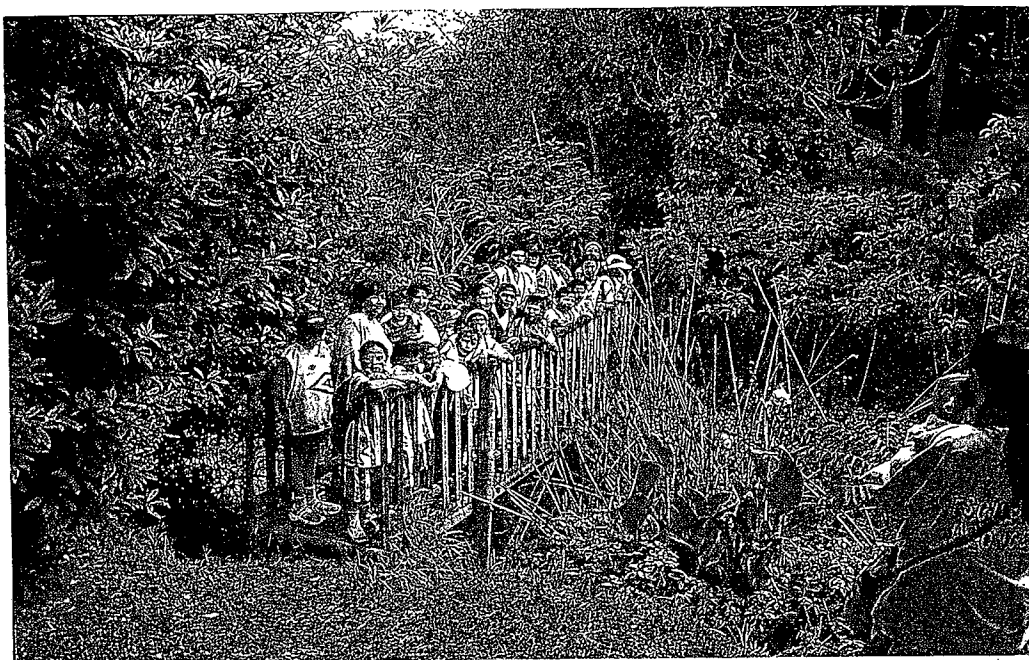


Figura 5.2. Actividades educativas y talleres con niños en el Humedal La Conejera. Thomas McNish.

De este primer proyecto formal y gracias a los alcances y resultados obtenidos se derivaron otros proyectos afines y acciones que han permitido gestionar, enriquecer y dar mayor perspectiva al objetivo inicial, en particular, a uno de sus ejes estratégicos, como es la participación comunitaria y ciudadana, que ha trascendido de ser sólo una mirada local enfocada al entorno inmediato, a una dinámica de integración a otros espacios, poblaciones y procesos de manera coordinada, solidaria y abierta a una permanente retroalimentación. Este trabajo apunta a lograr cambios culturales, expresados en la valoración y reconocimiento del humedal como un espacio pedagógico alternativo de aprendizaje, al fortalecimiento del sentido de pertenencia, por ende, de corresponsabilidad con el entorno con otras formas de vida y con las generaciones futuras.

En relación con el objetivo fundador de defender, recuperar y conservar el humedal, podemos establecer que nos encontramos en un momento de avance significativo frente a las problemáticas identificadas inicialmente. Hemos logrado la suspensión total de los rellenos, el control de los botaderos de basura, la delimitación física del humedal y la restitución del espacio público, entre otros.

Existe una serie de actividades en curso, cuyo logro supone un proceso más lento que depende de otros actores y de mayores recursos económicos, pero que con la labor de gestión se han ido consolidando cada vez más. Buenos ejemplos son: la restauración del bosque protector en el área de ronda, el control de vertimiento de aguas residuales, el inventario de fauna y flora, la restauración del Bosque Maleza de Suba y del corredor biológico entre éste y el humedal.

El aporte de la comunidad científica y universitaria, a la fecha, ha brindado herramientas importantes en avance de criterios de manejo para algunos componentes de estos ecosistemas. Varias universidades e instituciones con el apoyo de entidades distritales han desarrollado los siguientes proyectos de investigación en los humedales de Bogotá:

**Humedal del Jaboque:** conservación Internacional-EAAB realizaron un trabajo de zonificación, para la posterior adecuación hidráulica y paisajística del primer tercio del humedal. Igualmente, el Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional-EAAB adelantaron un trabajo de caracterización del ecosistema, así como trabajos de investigación aplicada para restauración ecológica de este humedal.

**Humedal Juan Amarillo:** conservación Internacional-EAAB efectuaron un trabajo de caracterización con miras a la restauración mediante proyectos de investigación y seguimiento y monitoreo de parámetros biológicos y sociales.

**Humedal Tibanica:** el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional-DAMA, adelanta la formulación participativa del Plan de Manejo Ambiental, en el cual se efectúa la zonificación del humedal y la elaboración del correspondiente al Plan de Acción con los programas y proyectos a desarrollar para la recuperación de este ecosistema.

**Humedales de Torca y Guaymaral:** se han llevado a cabo trabajos puntuales de investigación de parámetros biológicos por estudiantes de la Universidad de La Salle y actualmente la UDCA, con la participación de un grupo de sus docentes, adelanta una investigación tendiente a la sostenibilidad del Borde Norte de la ciudad, donde estos humedales hacen parte de la estructura ecológica.

**Humedal La Conejera:** la Fundación Humedal La Conejera ha adelantado trabajos de investigación con miras a la formulación del Plan de Manejo Ambiental con criterios de restauración ecológica, con las universidades Javeriana, Nacional, Pedagógica, Distrital y Surcolombiana del Huila, entre otras. Así mismo, la identificación de sitios de anidamiento de aves endémicas, identificación de especies nativas arbóreas y arbustivas, seguimiento y monitoreo de parámetros biológicos.

**Meandro del Say:** a través del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, se adelantó la formulación del Plan de Manejo Ambiental, con el objetivo de llevar a cabo la respectiva recuperación ecológica del ecosistema, urgido por la interposición de una acción popular.

**Humedales de Capellanía, Burro, Techo, Vaca y Córdoba:** se han llevado a cabo diagnósticos rápidos mediante listados de especies y caracterización, en general, a través de los trabajos adelantados por la Universidad Distrital, dentro de un proyecto de investigación presentado a la Sociedad Geográfica en 1999.

La presencia de las universidades como apoyo científico y técnico a las instituciones genera espacios de discusión y aportes en criterios de manejo en cada uno de los humedales.

## 5.2. PROPUESTA DE LA RED DE HUMEDALES PARA LA RECUPERACIÓN DE HUMEDALES

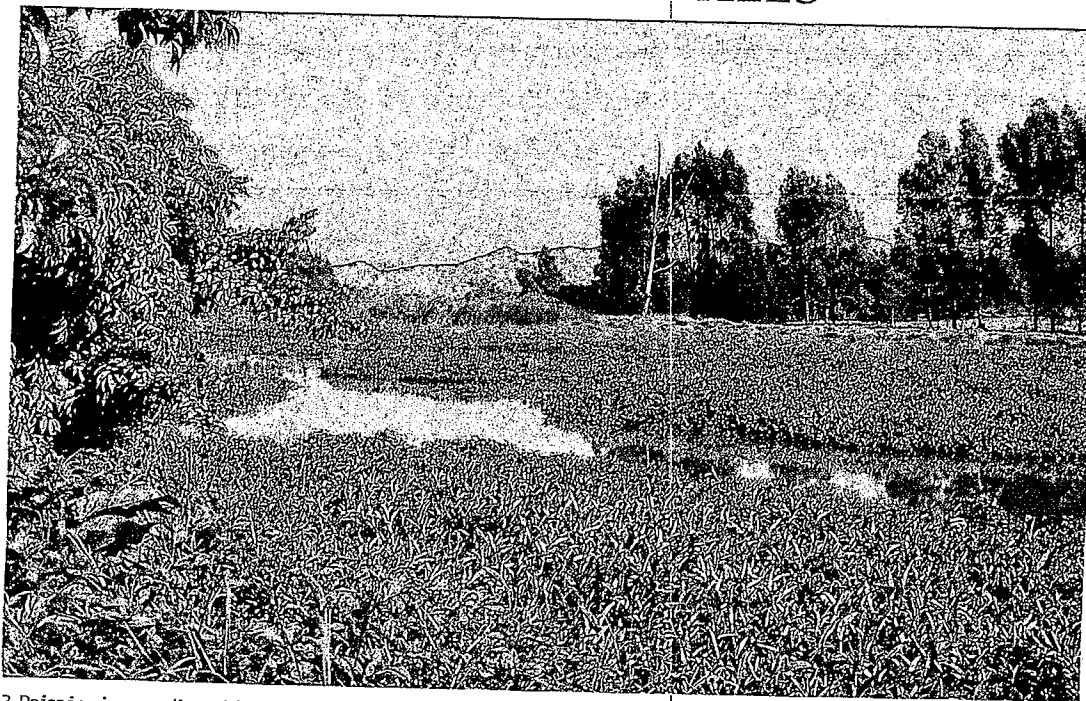


Figura 5.3 Paisaje rico en diversidad y heterogeneidad ambiental en el humedal de La Conejera. Thomas McNish.

De seguir la dinámica de cierto tipo de intervención de los humedales en pocos años pueden desaparecer los últimos relictos de los humedales andinos de la Sabana de Bogotá, pérdida por demás irreparable para la ciudad-región y para los habitantes actuales y futuros.

Se espera que la administración distrital propenda por la concertación y el cumplimiento de las normas para lo cual solicitan tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Básicamente, los humedales necesitan un primer paso inicial: que la autoridad ambiental controle y frene de inmediato todos los factores de deterioro que están a su alcance, como los usos no permitidos, los rellenos sistemáticos, el pastoreo, la verificación de los acotamientos y desarrollar los planes de manejo como Área Protegida para todos los humedales.
- En segundo lugar, descontaminar las aguas de cada uno de ellos pero, en especial, en las quebradas que los alimentan.
- Crear en cada uno de los humedales el bosque protector de la ronda en cumplimiento del decreto 1449 de 1979, de igual forma, recrear la vegetación de borde con especies nativas, cuya función será la de aislar el hábitat acuático de los impactos generados por los visitantes y de la ciudad, en general.
- En donde sea pertinente, colocar malla eslabonada en todo el perímetro, dejando entradas abiertas y controlados a fin de proteger su fauna y flora.
- Zonificar cada humedal a fin de identificar las áreas de protección estricta, conservación y recreación pasiva.
- Desarrollar planes de educación ambiental, con énfasis en las comunidades vecinas ya que es allí en donde se encuentran los dolientes más cercanos y ampliarla al resto de la ciudad progresivamente.
- Ofrecerle a la ciudad una nueva manera de recreación, diferente de la que se ha venido dando como la única, una que invita al contacto directo con lo silvestre, lo natural, lo diferente, en medio de la ciudad.

### 5.3. SÍNTESIS DE ALGUNAS ACCIONES DESARROLLADAS POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE.

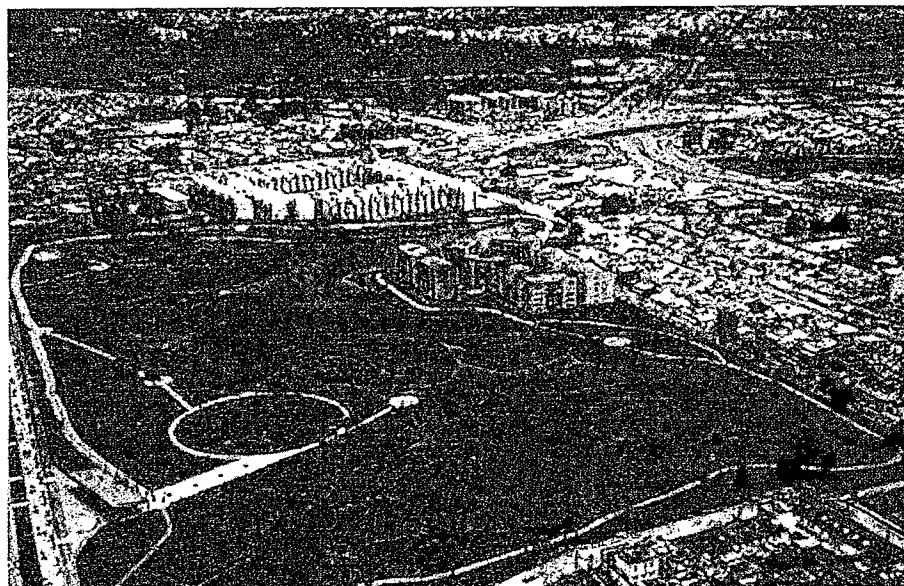


Figura 5.4. Panorámica del humedal de Tibanica donde la Secretaría Distrital de Ambiente lideró el decreto de alerta amarilla y formuló el Plan de Manejo Ambiental. Thomas McNish



## REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DEL HUMEDAL SANTA MARÍA DEL LAGO

La Secretaría Distrital de Ambiente inició la ejecución de acciones de recuperación del humedal Santa María del Lago en el año 1999, con la contratación del Plan Maestro y los diseños detallados para este proyecto. Durante la ejecución del mismo, se contó con la participación de la comunidad de los barrios aledaños.

En desarrollo de este proyecto se realizó la plantación de 2.600 árboles y arbustos nativos de la Sabana de Bogotá, y la extracción de macrófitas en el sector norte del humedal, lo cual permitió generar un espejo de agua que no existía. Así mismo, se llevó a cabo la construcción de la infraestructura requerida para la administración del humedal y la conformación de espacios para adelantar acciones de educación ambiental.

El proceso de recuperación del humedal se terminó en agosto de 2001, cuando fue entregado a la ciudadanía y, desde entonces, la Secretaría Distrital de Ambiente asumió la administración y manejo de este humedal y la implementación del proyecto de educación "Aula ambiental".

Dentro de las actividades de administración que se adelantan por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente se realiza la contratación de la vigilancia permanente y el mantenimiento del cuerpo de agua, labor en la que se realiza la extracción manual de las macrófitas flotantes y sumergidas del sector norte del humedal, con las cuales se lleva a cabo un proceso de compostaje. El material producido se utiliza para la fertilización de los árboles y arbustos del humedal.

Adicionalmente, se trabaja en el manejo de los taludes y bordes del cuerpo de agua, y en la apertura de canales perimetrales y al interior de las masas de Enea (*Typha sp*) para la conformación de espejos de agua que generen espacios para las aves acuáticas.

De otra parte, en el proceso de gestión con la empresa privada, la Secretaría Distrital de Ambiente suscribió un Convenio de Cooperación con Carrefour desde junio de 2002, en el cual esta firma realiza el mantenimiento de las zonas de ronda del humedal y apoya las actividades de educación ambiental y las labores de mantenimiento de la infraestructura existente.

En el marco de las acciones relacionadas con el reconocimiento del humedal, como Aula Ambiental, se han promovido campañas orientadas a la protección de la fauna y la flora silvestre, así como eventos relacionados con los humedales, el medio ambiente y el agua.

Dentro de la oferta pedagógica del humedal, se realizan talleres y recorridos guiados en temas relacionados con la sensibilización ambiental; las cuencas hidrográficas; la estructura, función y problemática de los humedales; el proceso de recuperación del humedal Santa María del Lago y la normatividad ambiental.

Estas actividades se han llevado a cabo con estudiantes de instituciones educativas distritales y privadas de educación básica, secundaria y universitaria, con grupos de funcionarios de diferentes entidades y organizaciones comunitarias de Bogotá y de otras ciudades, municipios y departamentos del país.

En desarrollo del proceso de generación de nuevo conocimiento e información básica para la toma de decisiones relacionadas con el manejo del humedal Santa María del Lago, se ha trabajado con las universidades Nacional, Jorge Tadeo Lozano, El Bosque, Distrital Francisco José de Caldas, Javeriana y Los Andes, la ejecución de prácticas académicas, pasantías y trabajos de grado en temas relacionados con ecología, limnología, fauna y flora, valoración económica y educación ambiental.





Figura 5.5. Actividades educativas con guía especializada en los senderos interpretativos del humedal Santa María del Lago. Thomas McNish.

## PROYECTO AMBIENTAL ESCOLAR - PRAE: ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL EN EL DISTRITO CAPITAL

El Proyecto Ambiental Escolar - PRAE - es una estrategia pedagógica para dinamizar la Educación Ambiental desde la escuela. Este proyecto es propicio para la construcción de procesos interdisciplinarios que deben permear el currículo de la institución y ser coherentes con el Proyecto Educativo Institucional - PEI.

El PRAE permite, desde el aula de clase, vincular a la comunidad educativa en la dinámica ambiental particular de su contexto local y regional, propiciando espacios de reflexión, aprendizaje, participación, concertación, solidaridad, tolerancia y autogestión que en la dinámica social, cultural y natural tengan impacto en el mejoramiento de la calidad de vida de los bogotanos.

Para la Secretaría Distrital de Ambiente el PRAE se considera una estrategia de educación y gestión ambiental, a través del cual las comunidades educativas, adquieren hábitos para una cultura amigable con el ambiente que le permita identificar su papel en la dinámica ambiental y participar en la gestión para la resolución de problemas ambientales de un territorio particular (como lo son los humedales), generando apropiación con las comunidades, en general, para la construcción de tejido social.

**Reseña de la experiencia en educación ambiental formal del DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente:** En el año 2003 la entidad inició el proceso de asesoría para el diseño y formulación de los PRAE en el Distrito. Para la sistematización de estos proyectos se creó la herramienta interactiva: Praes web, la cual se socializó con docentes de seis localidades entre las que se encuentran Bosa, Engativá, Suba y Kennedy, en donde los humedales forman parte esencial de su dinámica ambiental.

Durante los años 2004 y 2005 se diseñó e implementó una metodología en nueve localidades del Distrito Capital entre las que se encuentran Bosa, Kennedy, Engativá y Suba, para brindar asesoría en la formulación de los PRAE y promover la participación de las comunidades educativas en los procesos de gestión ambiental del Distrito Capital (ver figura 5.8). En este período se adelantaron acciones para el fortalecimiento de los PRAE que se han enfocado en el contexto de los humedales.

En el año 2005 se desarrolló un proceso de Educación Ambiental en la localidad de Bosa "Talleres y Recorridos Guiados sobre el Decreto de Alerta Amarilla y el Plan de Manejo Ambiental del Humedal de Tibanica

con la comunidad educativa del Área de Influencia de este Humedal” con doce instituciones educativas entre las que se encuentran: IED Nuevo Chile, IED Llano Oriental, IED Bosanova, IED Pablo de Tarso, IED San Pablo, IED Colegio Claretiano, Colegio los Libertadores y Colegio Antonio Toledo.

En este proyecto se desarrollaron una serie de talleres lúdicos-participativos con los docentes, enfocados en temáticas como: recurso hídrico, problemática de humedales, normatividad, humedal Tibanica y especies de fauna y flora; de igual manera se realizaron dos recorridos de reconocimiento a este ecosistema con estudiantes y docentes. Finalmente, se llevó a cabo un encuentro pedagógico de socialización en el cual se entregó a cada uno de los colegios una guía del humedal y un juego ecológico que abordaban las temáticas trabajadas durante los talleres y recorridos. Para dar continuidad y sostenibilidad a estos procesos, los docentes adquirieron el compromiso de dinamizar y aplicar estas herramientas pedagógicas y vincular el tema del humedal como parte del Proyecto Ambiental Escolar.

En la actualidad, la Secretaría Distrital de Ambiente y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá con las organizaciones contratadas para administrar los humedales Tibanica, Jaboque, La Conejera y Juan Amarillo están trabajando conjuntamente en la construcción de propuestas pedagógicas, específicamente en las estrategias de PRAE y Aula Ambiental, con el objeto de promover la participación de las comunidades aledañas a los humedales en la toma de decisiones para la protección de estos ecosistemas.

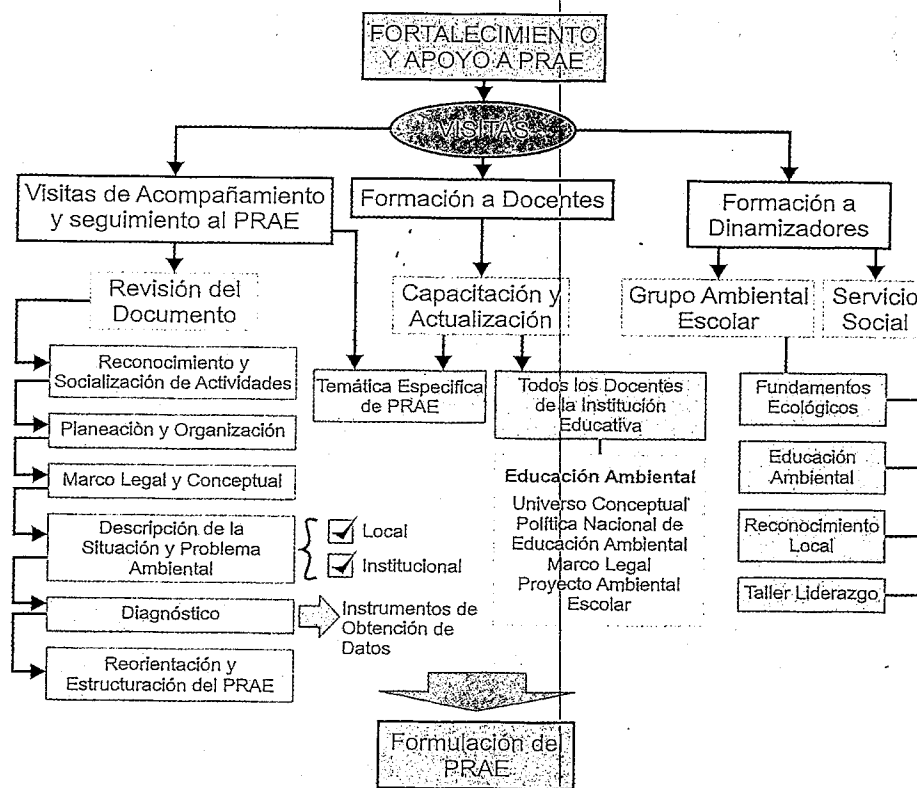


Figura 5.6. Metodología diseñada e implementada por el Grupo de Educación Ambiental Formal de la SDA, para asesorar el diseño y formulación de los PRAE. Año 2006

**Comité Local de Educación Ambiental – CLEA:** en el año 2006, la Secretaría Distrital de Ambiente inició la conformación y fortalecimiento de los Comités Locales de Educación Ambiental – CLEA (ver figura 5.6.), como organismo asesor, gestor y articulador de los procesos de Educación Ambiental que oriente el fortalecimiento de los procesos de Educación Ambiental locales y la construcción de los Planes Educativos Locales – PEL, en donde la temática ambiental debe ser un eje primordial, tomando como referente el contexto ambiental local buscando que las comunidades educativas y diferentes miembros de la sociedad, se conviertan en gestores de su territorio.

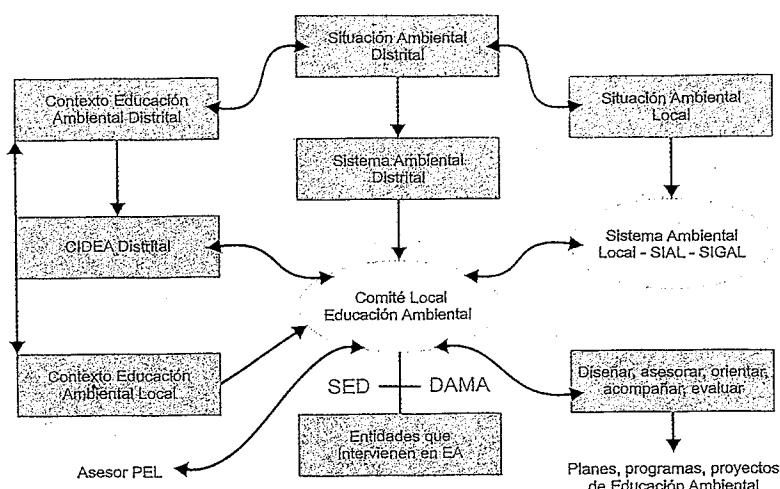


Figura 5.7. Estructura organizacional de los Comités Locales de Educación Ambiental. Fuente: Grupo recurso hídrico - SDA  
 CIDEA: Comité Técnico Interinstitucional de Educación Ambiental Distrital.  
 EPEL: Equipo Pedagógico Local.  
 SIGAL: Sistema de Gestión Ambiental Local.

**Alcances de las actividades de investigación y educación ambiental:** debe ponderarse la continuidad, consolidación, diversificación y profundización de las actividades educativas e investigativas, a fin de generar criterios y ajustes para un sistema constante de mejoramiento de estos programas. Conviene, al respecto, establecer por consenso programas de referencia (PRAES y otros de ONG e instituciones, y líneas de investigación con universidades), para establecer su continuidad, logros en cobertura de población, alcances en cuanto a la producción de conocimiento y en su articulación al conjunto de acciones de recuperación de humedales.

**RECUPERACIÓN DEL HUMEDAL TIBANICA EN EL MARCO DEL DECRETO DE ALERTA AMARILLA - UN EJEMPLO DE GESTIÓN COMPARTIDA:** el Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica, poseedor de un alto potencial ecológico, ubicado en la localidad de Bosa, fue declarado en estado de prevención o “alerta amarilla” mediante el decreto No. 203 del 3 de julio de 2003. Este decreto fue motivado por la problemática ambiental generada por los fenómenos antrópicos que venían afectando el cuerpo de agua, las zonas de ronda hidráulica y la de manejo y preservación ambiental del humedal, así como por el riesgo que dichas situaciones representaban para la existencia de la población de la especie cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinari*), presente únicamente en los humedales Tibanica y La Conejera.

En este decreto se estableció la participación de las Entidades del Distrito Capital de acuerdo con sus competencias, para dar solución a las diferentes problemáticas presentes en el humedal. A partir de la promulgación de este decreto y con la coordinación de la Secretaría Distrital de Ambiente, se conformó un comité interinstitucional integrado por representantes de las siguientes entidades: Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Alcaldía Local de Bosa, Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, Personería de Bogotá, Departamento Administrativo de Seguridad, Instituto Distrital de Recreación y Deporte, Procuraduría General de la Nación - delegada para asuntos ambientales y agrarios.

En desarrollo de este proceso se vinculó a la ONG Fundación Ambiental La Tibanica, como organización ambiental de la localidad, así como a la Mesa Ambiental Local, al Consorcio de Aseo Ciudad Limpia y al Hospital Pablo VI de Bosa.

Teniendo en cuenta que una de las problemáticas que afectaba el ecosistema era el proceso de poblamiento ilegal en el área de la ronda en el sector de los barrios Manzanares, La Esperanza de Tibanica y La Primavera, en el año 2003 la Dirección de Bienes Raíces de la Empresa de Acueducto de Bogotá inició el reasentamiento de los hogares que ocupaban dicha zona. Esta acción conlleva al mejoramiento de la calidad de vida de las familias reubicadas y al avance en la recuperación efectiva del humedal.



Figura 5.8. Participación de diferentes instituciones distritales, investigadores y líderes de la comunidad y ONG en el marco de la alerta amarilla sobre el humedal Tibanica, afectado por múltiples problemas ambientales. David Rivera.

En desarrollo de las labores conjuntas para la recuperación del humedal, fijadas en el marco del decreto, se ha coordinado la ejecución de proyectos de educación ambiental por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente, la Alcaldía Local de Bosa, el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, dirigidos a lograr la sensibilización y apropiación comunitaria del ecosistema.

Así mismo, se adelantaron operativos interinstitucionales de aseo, de recolección de escombros y restitución de espacio público, así como la gestión con diferentes entidades distritales, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR y el municipio de Soacha, para contribuir a la solución de la problemática ambiental identificada en el humedal.

Actualmente, en coordinación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se adelanta la priorización de los proyectos de intervención conjunta en este humedal con base en lo establecido en el plan de manejo ambiental.



Figura 5.9. Jornada de participación comunitaria en actividades de recolección de escombros y basuras en el humedal Tibanica. Thomas McNish.

Adicionalmente, y en cumplimiento a lo establecido en la resolución No. 157 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Secretaría Distrital de Ambiente contrató con el Instituto de Estudios Ambientales - IDEA de la Universidad Nacional de Colombia, la Formulación del Plan de Manejo Ambiental del humedal Tibanica, en un proceso de participación activa tanto de la comunidad como de las entidades distritales y el municipio de Soacha.

**CONSTRUCCIÓN PARTICIPATIVA DE LA POLÍTICA DISTRITAL DE HUMEDALES:** en el marco de la gestión que adelanta la Secretaría Distrital de Ambiente en los humedales del distrito, y teniendo en cuenta lo establecido en la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2002, se inició un proceso de construcción colectiva de la Política de Humedales del Distrito Capital durante el año 2004.

Este proceso se constituyó en una iniciativa pionera en la relación efectiva entre la sociedad civil y el Estado alrededor de la gestión ambiental en estos ecosistemas. La Política de Humedales del Distrito Capital constituye un acuerdo público entre los distintos actores sociales, en torno a la conservación de los humedales como ecosistemas estratégicos.

En desarrollo de este trabajo de construcción colectiva se llevaron a cabo encuentros en los cuales participaron las diferentes entidades distritales, entidades ambientales como el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, las alcaldías locales, los cabildos indígenas, el Concejo de Bogotá, las entidades de control, las universidades, los colegios, las organizaciones no gubernamentales, las fundaciones y organizaciones ambientales, y la comunidad interesada en el tema.

A partir de este trabajo colectivo se elaboró el documento concertado que contiene un marco general, basado en la visión de futuro, los principios y objetivos de la gestión y un componente estratégico orientado a su implementación.

Este ejercicio continúa durante el año 2006 a través de jornadas de socialización y discusión local, comunitaria e institucional, para la definición del Plan de Implementación a corto plazo, y en articulación con la formulación los Planes de Manejo Ambiental de los humedales ubicados en el perímetro urbano del Distrito.

La Política de Humedales del Distrito Capital se constituye entonces en un lineamiento para la gestión de estos ecosistemas, orientada al propósito común de hacer de los humedales una red de áreas protegidas, reconocida como patrimonio natural y cultural, y articulada armónicamente con los procesos de desarrollo humano de la ciudad, el país y la humanidad.

## 5.4. EXPERIENCIAS DE MANEJO E INTERVENCIÓN EN LA GRAVILLERA DEL VALLE DEL RÍO SIECHA<sup>2</sup>

El valle del río Siecha entre los municipios de Guasca y Guatavita discurre sobre uno de los más grandes depósitos de gravilla en la Sabana de Bogotá. Sus aguas alimentan al embalse de Tominé, cuya inundación comenzó en la década de 1960. Contiguas al río existen gravilleras fuera de explotación que con el paso del tiempo se han convertido en humedales artificiales con variados hábitat disponibles, e importante refugio para aves acuáticas. Estas gravilleras y el borde sur del embalse de Tominé albergan peces e invertebrados, que son sostén de concentraciones importantes de aves acuáticas ya escasas en la Sabana, como el pato turrio *Oxyura jamaicensis* y el zambullidor *Podilymbus podiceps*.

En algunos casos sus orillas no presentan vegetación, en otras están rodeadas de pasto kikuyo. Vecinas a las gravilleras del embalse de Tominé hay planicies semiáridas con mosaicos de suelo desnudo y hierbas raras nativas, así como matorrales de retamo espinoso. En las orillas del río Siecha existe un bosque de galería de alisos. En el año 2003, la zona fue designada por el Instituto Alexander von Humboldt como Área

<sup>2</sup> Tomado del documento: Las gravilleras del valle del Río Siecha: humedales artificiales y restauración espontánea. Elaborado por Iván Darío Valencia. Asociación Bogotana de Ornitología, 2005.

Importante para la Conservación de las Aves (AICA), por contar con poblaciones de cinco aves amenazadas en el ámbito global y/o nacional: la alondra cornuda *Eremophila alpestris*, el pato turrio *Oxyura jamaicensis*, la tingua moteada *Gallinula melanops*, el rascón bogotano *Rallus semiplumbeus* y la dormilona piquipinta *Muscisaxicola maculirostris*.

Las gravilleras más antiguas fueron explotadas para proveer de grava el dique del embalse. Hacia el sur, a lo largo de la carretera Guatavita-Guasca hasta la zona de la Capilla de Siecha, se hallan otras que datan de explotaciones en las décadas de 1980 y 1990, y otras que continúan en explotación activa. Al cesar la explotación de gravilla, los hoyos se fueron llenando paulatinamente de aguas lluvias y/o freáticas, y comenzó un proceso natural de sucesión de la vegetación y fauna acuáticas. Hasta 2003 se habían registrado allí 62 especies de aves, cifra superior a la de muchos otros humedales de la Sabana.

El mosaico de hábitat que hoy en día se aprecia entre las diferentes gravilleras y al interior de las mismas es uno de sus valores más importantes, pues a mayor diferenciación de hábitat prospera un mayor número de formas de vida. Muchos humedales en la Sabana han perdido sus espejos de agua, en tanto que otros lagos y embalses tienen muy escasa vegetación acuática, disminuyendo su diversidad.

La existencia de diferentes hábitats está determinada, principalmente, por tres factores: el tiempo transcurrido desde el fin de la explotación, la forma del contorno y la pendiente de las orillas; y la profundidad del agua. Así, las gravilleras más antiguas tienen una mayor y más diversa cobertura de vegetación, en tanto que las más jóvenes tienen espejos de agua mayores y vegetación limitada a algunas plantas flotantes y parches de junco. Las orillas que descienden en suaves pendientes y los contornos irregulares han favorecido el establecimiento de plantas enraizadas como los juncos, creando microhábitat diferenciados. Las zonas profundas, en cambio, han favorecido los espejos de agua libre. Las franjas de fluctuación del nivel de agua, amplias al borde sur del embalse de Tominé, simulan una planicie de inundación ribereña. Los barrancos sin vegetación y los mosaicos de hierba y suelo desnudo que se hallan en la ronda de las gravilleras en el área de Tominé, son lugares en donde hay una notable diversidad de hierbas diferentes al kikuyo.

Este tipo de prados nativos que no han sido invadidos por el kikuyo corresponden a las asociaciones de pastizales xerófilos cortos recientemente descritas por Rivera *et al.* (2004), son representados en esta localidad por las comunidades del *Eragrostietum pastoensis*, *Sporobolium lasiophylli*, *Andropogon hirtiflori*-*Puyetum bicoloris*. Estos prados cortos de hábitat secos, constituye el ambiente de una de las poblaciones más importantes de alondra cornuda en el altiplano, *Eremophila alpestris*.

Los efectos sobre el proceso de restauración por parte de la intervención humana posterior al cese de la explotación son difíciles de estimar, dado que el pastoreo ocasional de ganado, principal actividad, se da en toda el área, no permitiendo la comparación. No obstante, no cabe duda de que la ausencia de vertimientos domésticos y agrícolas en las gravilleras ha impedido la eutrofización de las mismas y la desaparición de los espejos de agua. El escaso ruido y la poca presencia de personas, seguramente ha contribuido a que algunas especies huidizas se establezcan aquí exitosamente, como la garcita dorada *Ixobrychus exilis*.

A pesar de ello, hay factores limitantes y amenazas que ponen en peligro la vida silvestre del sitio y/o limitan el proceso de restauración. La revegetalización natural de las zonas de ronda es muy demorada, dado el clima predominantemente seco y el dominio de especies introducidas como el pasto kikuyo y el retamo espinoso (*Ulex europaeus*). Si bien, buena parte de las aves acuáticas han colonizado la zona, es notoria la ausencia de aves emblemáticas de los humedales bogotanos como la monjita *Agelaius icterocephalus* y el cucarachero de pantano *Cistothorus apolinari*, quizás por la ausencia de grandes parches de junco. La cacería se da en algunas gravilleras y los patos son especialmente vulnerables, en tanto que los perros que habitan en el área fácilmente pueden depredar nidos y especímenes juveniles de diferentes especies.

Finalmente, se vive una creciente presión de uso del suelo debido a que, por ejemplo, en la zona de Tominé se realizó el Jamboree 2001, que dejó como herencia plataformas de cemento; y a comienzos de 2004 un campamento militar se había instalado en el sitio. Es también común la práctica del aeromodelismo y el motocross, lo cual genera ruido y también destrucción de hábitat en la planicie semiárida. La ronda del río Siecha, poblada de alisos, sufrió un incendio en 2003.

En países como Gran Bretaña existen numerosas gravilleras que han sido restauradas como humedales artificiales para la conservación de la vida silvestre. Por medio de revegetalización planificada, creación de infraestructuras para la anidación como plataformas flotantes o islas, introducción de especies de humedales naturales; en pocos años una gran cantera puede convertirse en un humedal rebosante de vida. Así se transforman en lugares idóneos para la observación de aves, educación ambiental e investigación científica, y se puede diseñar una infraestructura limitada para acoger a los visitantes sin perturbar a la flora y la fauna. En el valle del Río Siecha existe la posibilidad de hacer algo similar y catalizar la restauración hasta ahora lograda.

La protección de estos singulares humedales es importante a escala regional pues son pocos los que tienen sus características. Por ello, es urgente que las entidades que tienen incidencia sobre la zona acuerden un programa de acciones conducentes a restaurar y proteger las diferentes gravilleras, apoyados por las ONG y la comunidad científica. En el área tiene jurisdicción la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, Corpoguavio, así como los municipios de Guatavita y Guasca. Hacia la parte norte, los terrenos del AICA son propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá, entidad pública que administra el Embalse de Tominé. Hacia el centro y sur, los terrenos son en su mayoría privados, propiedad de empresas mineras como Agregados de la Sabana S. A., la cual tiene gravilleras activas en la parte central de la zona y fincas campesinas.

Se puede pensar, por qué no, en el establecimiento de reservas privadas en algunas gravilleras, así como de reservas públicas en la zona del Embalse de Tominé, con un adecuado manejo en el cual todos ganen, tanto la biodiversidad por estar protegida, como los municipios por mejorar un atractivo natural, como la gente que desea ir a conocer estos humedales y maravillarse por su vida sin destruirla.

## 5.5. RESPONSABILIDAD SOCIAL EN EL DESARROLLO DE PROCESOS DE REHABILITACIÓN O RECUPERACIÓN ECOLÓGICA DE HUMEDALES

Los procesos de desarrollo de restauración son ejemplo de la participación, apropiación y base social con que cuentan estos procesos y pueden clasificarse en las siguientes categorías:

**Empoderamiento social del proceso de recuperación:** cuando existan en torno del humedal organizaciones sociales permanentes y autónomas, de carácter ambiental, que gestionen acciones continuas orientadas a la recuperación integral del humedal, siendo sus actividades determinantes para la ejecución de los proyectos técnicos y sociales conducentes a la recuperación del mismo, circunstancia que posibilita fortalecer la gestión compartida con entidades del Distrito.

**Liderazgo social de proyectos parciales de recuperación:** presencia de organizaciones sociales adelantando proyectos específicos a favor de la recuperación del humedal, aunque estos sean parciales y de corto plazo, teniendo en cuenta los PMA y los lineamientos de la autoridad ambiental. Brinda condiciones para fortalecer estos grupos y acciones, apuntando a generar acuerdos de mediano y largo plazo con las instituciones.

**Acciones puntuales de recuperación:** cuando se efectúan acuerdos de acción comunitaria para adelantar jornadas, eventos o acciones puntuales orientadas a la recuperación del humedal. Las instituciones se articulan con apoyo a la organización de estas comunidades.

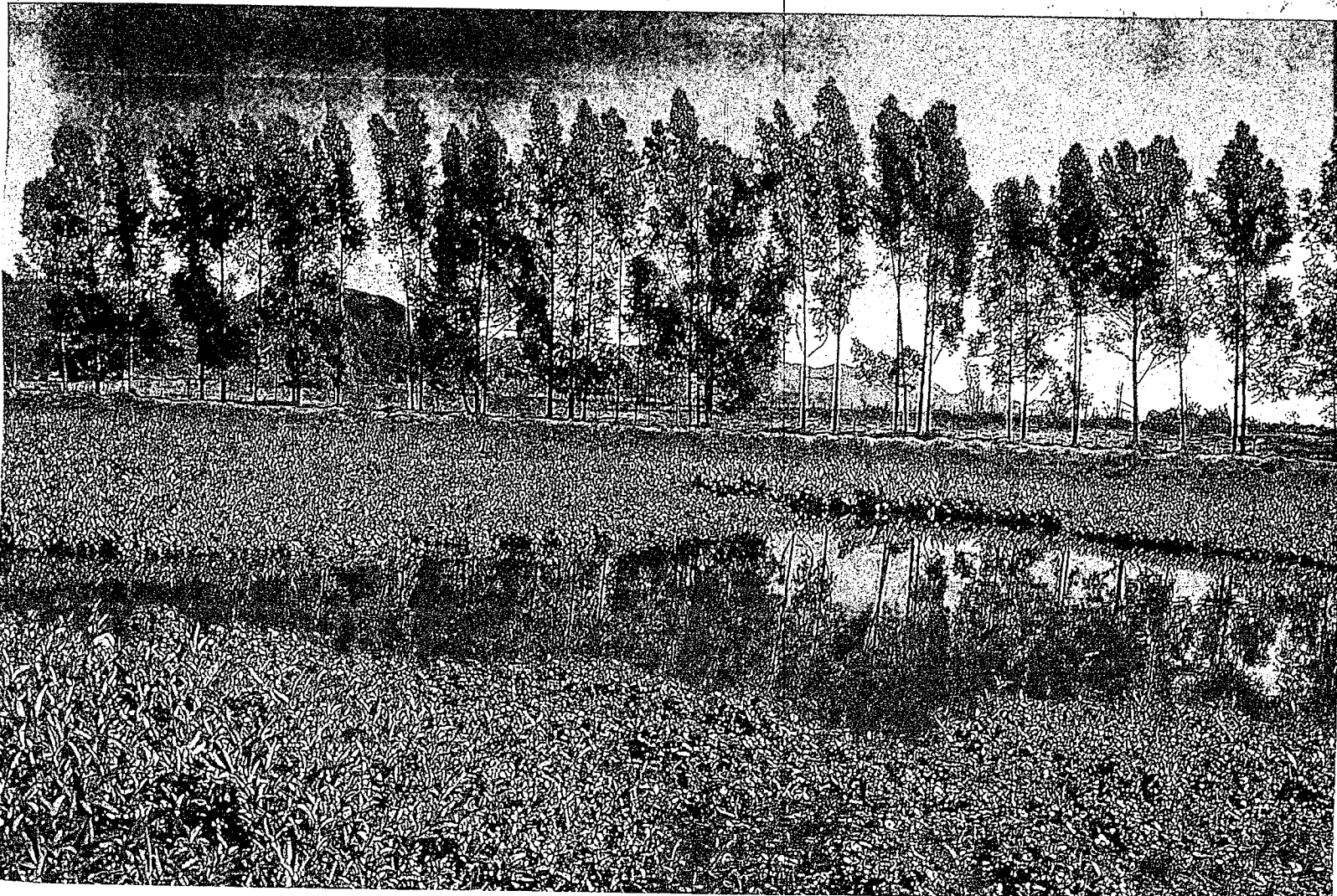
**Regulación de acciones de deterioro sobre el humedal:** signos de reducción espontánea de acciones de deterioro por parte de sectores de la población vecina, como: descarga de residuos o escombros, rellenos o uso indebido de estos espacios. Indican actitudes positivas de autorregulación hacia el humedal, que permiten iniciar una mayor vinculación de la población.

**Manifestaciones de interés activo de la comunidad:** cuando no existen otras acciones físicas de recuperación, pero se empiecen a identificar manifestaciones de líderes o grupos vecinos acerca de la necesidad de llevar a cabo la recuperación del humedal.



# CAPÍTULO 6

## ÁREAS DE INTERÉS PARA LA INVESTIGACIÓN EN HUMEDALES



Humedal de La Conejera. Thomas McNish.



## SÍNTESIS

Este capítulo del protocolo tiene como propósito plantear al lector inquietudes sobre algunas áreas de interés para la investigación en los humedales bogotanos en razón de los grandes vacíos de información existentes, lo que sin duda debe fundamentarse en la formulación e implementación de programas de evaluación y seguimiento a partir de protocolos de procedimiento en campo, que faciliten el desarrollo de análisis comparativos tanto en el ámbito espacial como temporal.

La investigación, como un programa que es contemplado en los Planes de Manejo de los Humedales, debe estar fundamentada en la definición de áreas temáticas de estudio con objetivos y metas precisas, permitiendo así que las entidades de educación media y superior así como la comunidad se vinculen a su desarrollo a través de procesos sostenibles, tanto en el tiempo como en el ámbito financiero y de resultados concretos. También, acorde con las políticas distritales, recientemente estructuradas, en torno a los humedales como áreas de conservación y que quedaron expuestas en el documento que se generó, producto del ejercicio efectuado por el DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente, con los diversos actores sociales e institucionales.

Un aspecto que debe ser abordado en el marco de un programa de investigación es el relacionado con la sostenibilidad de los trabajos desarrollados, a fin de disponer de un tiempo suficiente que permita en el mediano plazo (3 a 6 años) consolidar la información requerida para analizar, con cierto nivel de certeza estadística, el comportamiento de los indicadores seleccionados y proceder a interpretar los procesos ecológicos que responden las preguntas de investigación planteadas inicialmente.

Un programa de investigación en cada humedal bogotano nos permitirá trazar una trayectoria en el mediano y largo plazo así como estimar la efectividad de las propuestas que se orienten a la rehabilitación o recuperación de estos ecosistemas de alto valor ecológico para la ciudad.

La otra alternativa, muy discutible por cierto, es la de seguir ejecutando acciones puntuales a corto plazo que hasta el momento han carecido de procedimientos de evaluación, por lo cual no se puede precisar su incidencia en los procesos ecológicos de estos ecosistemas y, que en cambio, sí demandan la destinación de importantes recursos del Distrito.

Las Tablas 6.1 a 6.7 proponen algunas áreas temáticas, para las cuales se plantean preguntas de investigación e ideas de proyectos a desarrollar. Los criterios de selección deben ser objeto de discusión y enriquecimiento por parte de los investigadores y estudiosos en los temas específicos en cada programa de investigación en el marco de los Planes de Manejo Ambiental de los humedales bogotanos.

## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

### 6.1. LIMNOLOGÍA

El nivel de conocimiento limnológico en los humedales de la zona urbana del Distrito ha avanzado, recientemente, en algunos aspectos de caracterización pero presenta vacíos que deben ser resueltos con

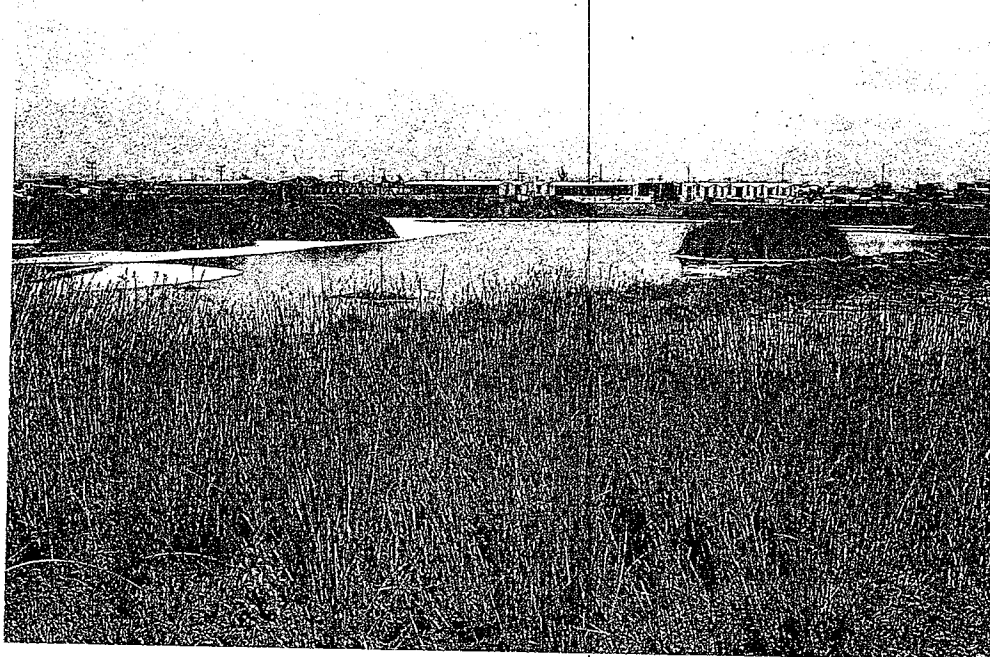


Figura 6.1. Humedal de Tibanica, se destacan las comunidades de junco o totora (*Schoenoplectus californicus*) y comunidades errantes con lenteja de agua. (*Lemna spp.*). David Rivera.

Tabla 6.1. Propuestas de investigación en limnología.

LIMNOLOGÍA	
ALGUNAS PREGUNTAS POR RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la capacidad de los diferentes humedales en cuanto a la retención y depuración de materia orgánica, nutrientes (nitrógeno, fósforo) y contaminantes?</li> <li>• ¿Cuál es el papel de la microbiota (bacterias, microalgas perifíticas, microbentos, entre otros) presente en las aguas y sedimentos de los humedales, en el procesamiento de la materia orgánica y tóxicos que se aportan a los humedales?</li> <li>• ¿Cuál es la tasa de producción primaria de los humedales y cuál es la contribución relativa de la vegetación macrofítica y la microflora?</li> <li>• ¿Cuáles factores abióticos y en qué medida determinan y promueven la oferta de alimento para la fauna, en cuanto a la producción secundaria de macroinvertebrados?</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir los compartimientos ecológicos del humedal de acuerdo a criterios estructurales y funcionales.</li> <li>• Caracterizar los reservorios y flujos de macronutrientes (nitrógeno y fósforo), en los diferentes compartimientos ecológicos del humedal.</li> <li>• Desarrollar un sistema de evaluación del estado de trofismo para los humedales, basado en indicadores como el fósforo y el nitrógeno.</li> <li>• Establecer la dinámica de las tasas de retención y acumulación de elementos contaminantes (metales pesados, hidrocarburos, entre otros), en los diferentes compartimientos ecológicos del humedal.</li> <li>• Establecer el efecto de las tasas de consumo de oxígeno por parte de los sedimentos y de la columna de agua y los factores que las regulan, en el proceso de descomposición.</li> <li>• Establecer la importancia trófica de las tasas de producción de macroinvertebrados, en particular, de las especies de mayor abundancia y frecuencia en los humedales.</li> <li>• Determinar los efectos de la producción de las principales formas de vegetación macrofítica, en cuanto a biomasa y tasas de producción, en el proceso de remoción de carga orgánica.</li> </ul> <p>Dado que los sistemas de bioindicación pueden llegar a ser una herramienta muy útil para el desarrollo de procesos de evaluación y seguimiento a procesos de rehabilitación ecológica de los humedales, cuando se cumplan ciertos requisitos, se hace necesario abordar el tema mediante la validación y enriquecimiento de la propuesta elaborada por la SDA con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia para el área de limnología, de tal forma que se pueda tener acceso a unos lineamientos estandarizados y comparables para el sistema de humedales de Bogotá.</p>

PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<p>Los proyectos que al menos deben desarrollarse para establecer un sistema de bioindicación en humedales corresponden a los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar el inventario sistemático de la biota de macroinvertebrados efectuado con métodos estandarizados para todos los humedales y cubriendo la variación estacional.</li> <li>• Analizar la distribución espacio temporal de factores relacionados directamente con la calidad del agua como: oxígeno disuelto, DQO, DBO para calibrar las curvas de respuesta de los diferentes organismos potencialmente indicadores.</li> <li>• Desarrollar la valoración de tolerancias de los taxa, frente a los factores de polución orgánica y a otras fuentes de contaminación.</li> </ul>
---------------------------------------	--

la implementación de procedimientos de investigación integrales. En ese orden de ideas, hay una serie de interrogantes no resueltos cuya respuesta puede contribuir a un mejor manejo ambiental en particular de los factores más determinantes en el funcionamiento de los humedales y la implementación, tanto de tratamientos como procesos más efectivos y duraderos.

## 6.2. DINÁMICA HÍDRICA

El conocimiento de la hidrología de los humedales de Bogotá ha estado encaminado a la adecuación hidráulica para la separación de las aguas residuales y aguas lluvias del alcantarillado de la ciudad; también, durante muchos años se ha considerado a los humedales como vertederos de aguas residuales lo que ha causado fuertes disturbios sobre la dinámica hídrica de estos ecosistemas.

Tabla 6.2. Propuestas de investigación en dinámica hídrica

DINÁMICA HÍDRICA	
ALGUNAS PREGUNTAS POR RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la información hidrológica y los registros históricos, que permiten evaluar el comportamiento de las dinámicas hídricas en el tiempo con relación a volumen, capacidad de almacenamiento y posibilidad de recarga?</li> <li>• ¿Cómo son las dinámicas hídricas de los ecosistemas de humedales urbanos?</li> <li>• ¿Qué características debe tener la oferta hídrica de un humedal para cubrir la demanda del ecosistema?</li> <li>• ¿Cómo inciden las fluctuaciones de la oferta hídrica de un humedal en las poblaciones de flora y fauna asociada?</li> <li>• ¿Cuál debe ser el caudal que le garantice a las especies de flora y fauna acuáticas su permanencia en el humedal y cuál es su incidencia en otros procesos ecológicos?</li> <li>• ¿Cuál es la influencia del régimen de lluvias locales sobre las dinámicas de las poblaciones de flora y fauna asociada al sistema léntico?</li> <li>• ¿Cuál es la caracterización de los sedimentos aportados a un humedal y su incidencia en el ecosistema?</li> <li>• ¿Cuál es la capacidad de los diferentes humedales en cuanto a la retención y depuración de materia orgánica, nutrientes (nitrógeno, fósforo) y contaminantes?</li> <li>• ¿Cuál es el papel de la microbiota (bacterias, microalgas perifíticas, microbentos, entre otros) presente en las aguas y sedimentos de los humedales, en el procesamiento de la materia orgánica y tóxicos que se aportan a los humedales?</li> <li>• ¿Cuál es la tasa de producción primaria de los humedales y cuál es la contribución relativa de la vegetación macrofítica y la microflora?</li> <li>• ¿Cuáles factores abióticos y en qué medida determinan y promueven la oferta de alimento para la fauna, en cuanto a la producción secundaria de macroinvertebrados?</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorar las tolerancias de los taxa, frente a los factores de polución orgánica y a otras fuentes de contaminación.</li> <li>• Monitorear continuamente las variables climatológicas y de la dinámica hidrológica: El desarrollo de esta propuesta implica necesariamente la instalación de una red de estaciones limnimétricas con aforadores que permita conocer la información oportunamente para garantizar los caudales mínimos que permitan mantener las dinámicas ecológicas del humedal.</li> <li>• Desarrollo de estudios sedimentológicos detallados que permitan conocer aspectos asociados a la historia de formación de un humedal.</li> <li>• Evaluar las fuentes actuales y potenciales de oferta hídrica. Captación de caudales superficiales y subterráneos que garanticen un volumen mínimo de oferta hídrica en el ecosistema de humedales urbanos.</li> <li>• Evaluar alternativas para el restablecimiento del caudal mínimo, en función de la calidad y cantidad, necesario para la reintroducción de especies subacuáticas nativas.</li> </ul>

El desarrollo del entorno urbano cerca de los humedales ha transformado la dinámica hídrica de su microcuenca y afluentes, pues la ciudad les vierte permanentemente parte de sus aguas residuales. Algunos humedales se mantienen casi exclusivamente de estos aportes. Sin embargo, si se quiere modificar esta situación no se cuenta con la información hidrológica adecuada. Se desconoce cuál puede ser el volumen de agua mínimo que se requiere para mantener la preservación de flora y fauna acuática propia de estos ecosistemas. De otra parte, la ausencia de estaciones climatológicas en los humedales ha generado apreciaciones subjetivas del comportamiento hídrico del ecosistema, siendo un parámetro fundamental de conocimiento para determinar líneas de manejo y conservación.

### 6.3. ECOLOGÍA DE LA VEGETACIÓN EN HUMEDALES

Los humedales son reconocidos por su carácter de interfase entre los sistemas terrestres y los acuáticos, de acuerdo con Cowardin et al. (1979); en este ámbito la vegetación existente en estos ecosistemas se expresa en sus características de vida, bien como especies hidrofitas, mesofitas o xerofitas según las condiciones predominantes del medio físico donde se logran establecer.

Las plantas hidrofitas son la vegetación característica en los humedales, que pueden contar con adaptaciones morfológicas o fisiológicas que les permiten colonizar y establecerse en el medio acuático o en los suelos saturados o que se inundan en algún período del año; existen también, especies adaptadas a condiciones intermedias de humedad (mesofitas) y especies que requieren de condiciones de ambientes secos (xerofita) y que se evidencian, básicamente, en el área conocida como zona de manejo y preservación ambiental.

Los estudios en ecología de las plantas de los humedales bogotanos pueden realizarse sobre especies nativas dada la importancia para la conservación y rehabilitación ecológica tanto de la estructura de las comunidades como de su función e, igualmente, sobre las especies introducidas y sus efectos en el ecosistema.

En gran parte de nuestros humedales existen hoy diversas especies no nativas, exóticas o introducidas que son casuales, naturalizadas o de comportamiento invasor y de las cuales desconocemos su grado de interrelación con la fauna y flora nativas, tanto como sus impactos sobre los procesos en estos ecosistemas.

Existe la necesidad de conocer no solo qué especies existen en los humedales sino cómo se relacionan entre ellas, si hay una oferta de recursos para la fauna, cómo se comportan las especies nativas con la presencia de especies invasoras y cómo se relaciona la hidrología del humedal con la vegetación que en conjunto constituye la base estructural y funcional del ecosistema. Otros aspectos como la existencia de nutrientes y las características del suelo apoyan el conocimiento sobre el crecimiento óptimo de las plantas y la identificación de factores que reducen su productividad. Esta información favorece el desarrollo de propuestas de rehabilitación ecológica en la medida que brindan la información de partida.



Figura 6.2. Bosque protector plantado con especies exóticas en la ronda del humedal de Córdoba. Thomas McNish.

Tabla 6.3. Propuestas de investigación en ecología de la vegetación en humedales.

ECOLOGÍA DE LA VEGETACIÓN EN HUMEDALES	
ALGUNAS PREGUNTAS POR RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el estado de conservación de las comunidades vegetales en los humedales?</li> <li>• ¿Cuál es el efecto de los diferentes tipos de disturbio sobre estas comunidades?</li> <li>• ¿Cómo afecta la biodisponibilidad de nutrientes esenciales mayores (N, P, K, Ca y S) y micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Cl) el desarrollo de las poblaciones y comunidades vegetales?</li> <li>• ¿Qué factores de la hidrología de los humedales (caudales, niveles, hidroperíodos) determinan y regulan la dinámica de la vegetación?</li> <li>• ¿Cómo se modifican las características de flujo hídrico y su distribución en el humedal, por los patrones de desarrollo y reemplazo de la vegetación acuática?</li> <li>• ¿Qué factores determinan la distribución y persistencia de bancos de semillas y propágulos vegetativos en diferentes hábitat?</li> <li>• ¿Cuál es el efecto de las plantaciones sobre la composición, estructura y función de los humedales?</li> <li>• ¿Cuál es el efecto de las especies invasoras o introducidas sobre las especies y procesos del ecosistema?</li> <li>• ¿Cuáles son las opciones de manejo frente a un proceso de invasión biológica?</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las coberturas vegetales mediante caracterización de su estructura y composición.</li> <li>• Establecer patrones de distribución espacial de especies nativas y exóticas.</li> <li>• Efectuar estudio de la sucesión vegetal en diferentes condiciones ambientales.</li> <li>• Desarrollar estudios de ecología de poblaciones, grupos funcionales y estrategias de historia de vida.</li> <li>• Desarrollar estudios de factores limitantes y tensionantes en el desarrollo de la vegetación.</li> <li>• Efecto de la plantación de especies exóticas en las dinámicas ecológicas asociadas a la fauna de un humedal.</li> <li>• Valoración de la plantación de coberturas vegetales en los humedales bogotanos y su incidencia en los procesos ecológicos.</li> </ul>

En la realización de estudios básicos en ecología es importante combinar métodos de observación, mediante muestreos comparativos a lo largo del tiempo, con métodos experimentales, que incluyan el manejo controlado de factores bien sea, en condiciones de laboratorio o preferiblemente en áreas de los humedales debidamente delimitadas.

Entre las especies o poblaciones que pueden ser tenidas en cuenta al momento de realizar estudios, se encuentran las dominantes en la estructura de diversos humedales como: *Schoenoplectus californicus* (junco), *Typha latifolia* y *T. domiguensis* (enea), *Bidens laevis* (botoncillo), *Limnobiium laevigatum* (buchón nativo), *Rumex conglomeratus* (romaza); las especies pertenecientes a géneros tales como *Polygonum*, *Juncus*, *Carex*, *Lemna*, entre otras. Constituyen elementos importantes en la riqueza florística la presencia de varias especies y, sus estrategias de historia de vida, explicarán la manera cómo se distribuyen diferencialmente en los

humedales. Las especies más críticas desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, como es el caso de *Senecio carbonelli* por ser endémica y otras como *Gratiola bogotensis*, *Myriophyllum aquaticum*, crean elementos importantes locales de la diversidad florística de algunos humedales.

Otro componente, muy importante, al emprender procesos de restauración en ecosistemas muy degradados consiste en el estudio de los factores tensionantes y limitantes. Aunque la identificación de dichos procesos hace parte de los estudios de diagnóstico, es necesario que su manejo no quede ser relegado sólo a una matriz, elaborada por técnicos, sino que sea construida con la participación activa de la comunidad. Lo anterior, con el objetivo de generar espacios de discusión y concertación en cuanto a las acciones que se deben emprender para su mitigación.



Figura 6.3. Disturbio producido por la ganadería en el humedal Jaboque. Thomas McNish.

## 6.4. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE VEGETACIÓN EN LOS HUMEDALES

Un elemento de gran importancia lo constituye la producción de material vegetal, dado que no existe una cultura de propagación de especies nativas ni en el orden nacional ni distrital y con ello se reducen las opciones a una lista aún muy breve de posibilidades. Por esta razón, urge la necesidad no solo de propagar especies que cumplan con funciones específicas dentro de los procesos de restauración ecológica (Ej. especies facilitadoras, nodrizas, perchas, etc.), sino de aquellas nativas, cuyas poblaciones se encuentran muy suprimidas y cada vez más aisladas en ciertos humedales bogotanos.

Una de las dificultades que se presenta con frecuencia, para la implementación de diseños de restauración ecológica de la cobertura vegetal, en todos los ecosistemas, es la falta de material vegetal, debido a que por ser especies nativas, generalmente, con rangos limitados de distribución y dificultades en su propagación, no se encuentran en viveros comerciales y las que se encuentran son muy costosas.

Tabla 6.4. Propuestas de investigación para la conservación de la vegetación endémica de los humedales.

ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE VEGETACIÓN DE HUMEDALES	
ALGUNAS PREGUNTAS POR RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las características fenológicas y corológicas de las especies nativas de los humedales bogotanos?</li> <li>• ¿Cuáles deben ser las estrategias de conservación de las especies en vía de extinción en los humedales bogotanos?</li> <li>• ¿Cuál debe ser el protocolo de producción in vitro de las especies en vía de extinción en los humedales?</li> <li>• ¿Cuáles deben ser los protocolos para producción en vivero de especies semiacuáticas y terrestres propias de los humedales bogotanos?</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular e implementar un programa de investigación coordinado por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis para la conservación de la flora nativa de los humedales y el rescate de las especies en vía de extinción.</li> <li>• Desarrollar protocolos de producción de material vegetal nativo con destino a los proyectos de rehabilitación ecológica de los humedales de Bogotá</li> <li>• Caracterizar el estado actual de la especie priorizada en su hábitat natural.</li> <li>• Determinar los aspectos biológicos y ecológicos, especialmente, referidos a su reproducción y exigencias de hábitat.</li> <li>• Definir estrategias de manejo y conservación de la especie amenazada en su hábitat natural.</li> <li>• Valorar los requerimientos de hábitat para la reintroducción de poblaciones de vegetación.</li> <li>• Estudiar la Fenología de las especies prioritarias para la recuperación de la cobertura vegetal.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar la ecología de especies prioritarias en la rehabilitación ecológica de las rondas y zonas de manejo y preservación ambiental.</li> <li>• Describir el hábitat y microhábitat de las especies amenazadas.</li> <li>• Elaborar protocolos de manejo y reintroducción de especies vegetales, lo cual requiere que a partir de la caracterización ambiental, se identifiquen las mínimas condiciones de hábitat que garanticen el éxito en el restablecimiento de la población en su medio natural.</li> </ul>

## 6.5. INVESTIGACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE FAUNA



Figura 6.4. El cangrejo sabanero (*Neostrengeria macropa*) especie amenazada de extinción en los humedales de Bogotá. Thomas McNish.



La fauna de los humedales constituye uno de los componentes más sensibles del ecosistema y un indicador del estado de conservación y de los disturbios que los afectan. Los humedales urbanos de Bogotá conservan una fauna endémica y diversa, representada por mamíferos, aves, peces, anfibios, reptiles y artrópodos. Las investigaciones se han orientado, principalmente, al censo y a los inventarios, lo que ha permitido avanzar en el conocimiento, sin embargo, muy pocos trabajos abordan los problemas relacionados con la ecología de poblaciones, su conservación y manejo sostenible. Varias especies están extintas y sigue una larga lista de especies amenazadas de extinción por el deterioro de sus ambientes. El desarrollo de líneas de investigación en este sentido ayudaría a llenar los vacíos de información sobre fauna que pueden limitar el éxito de los planes de recuperación ecológica de los humedales de Bogotá.

Faltan conocimientos sobre las respuestas de varias especies importantes a diferentes tipos de disturbio o alteraciones. En muchos casos de desaparición de especies, no se sabe las causas precisas, ni cómo se hubiera podido evitar su desaparición. Se requiere un monitoreo cercano y detallado del comportamiento de las especies más prioritarias conforme avanza el proceso de recuperación de humedales.

No se conoce en detalle los requisitos de hábitat de la mayoría de las especies de los humedales; solo para algunas especies endémicas y amenazadas existe información más o menos detallada. Faltan estudios minuciosos sobre las especies prioritarias comparando sus situaciones en sitios degradados y no degradados. Especies sugeridas: *Rallus semiplumbeus*, *Cistothorus apolinari*, *Gallinula melanops*, *Ixobrychus exilis*, *Anas discors*, *Oxyura jamaicensis*, *Agelaius icterocephalus*, *Pseudocolaptes acutipennis*, *Hyla labialis*, *Cavia anolaimae*.

Para el restablecimiento de poblaciones de peces autóctonos, es necesario saber qué tan conectados deben estar los humedales entre sí y con fuentes naturales de que cantidad de contaminación de estas fuentes es tolerable para la reproducción de estas especies.

La capacidad de dispersión es un parámetro de importancia en planes de manejo para poder obtener la persistencia de poblaciones pequeñas y más o menos aisladas (el modelo de metapoblaciones).

Los restos óseos de las excavaciones de sitios arqueológicos desde el principio de la ocupación de la Sabana por acción humana no han sido estudiados por un paleontólogo de vertebrados, por lo tanto, no tenemos información detallada sobre la relación de estos pobladores con la fauna.

En los pocos estudios y observaciones es probable que el efecto de ciertas especies exóticas sobre la fauna nativa sea severo. Sin embargo, no existe información cuantitativa sobre la gravedad y magnitud de la afectación. Los peces exóticos introducidos constituyen otro problema, la trucha posiblemente ha sido la causante indirecta de la disminución y hasta extinción de otras especies de vertebrados como peces y aves aunque no existe ningún estudio que lo compruebe. Es una especie que popularmente se introduce en cuerpos acuáticos sin considerar los efectos nocivos que puede tener sobre los procesos ecológicos.

Son tan amplios los vacíos de información en lo relacionado con la fauna de los humedales a excepción de las aves, que en la tabla 6.5 no se incluyó la fila de preguntas por cuanto en este campo está todo por resolver.

Se tiene un conocimiento muy rudimentario de la relación entre muchos grupos de invertebrados y las condiciones del agua y vegetación en los humedales. Faltan estudios que comparen específicamente los invertebrados de humedales de diferentes grados de deterioro, con diferentes tipos de vegetación, tanto del humedal como de la ronda y, de diferentes tipos de vegetación dentro de los humedales. Como estos invertebrados son en muchos casos recursos importantes para la fauna de vertebrados, es importante entender su dinámica y diversidad.

El nivel de conocimiento taxonómico de los invertebrados es aún escaso comparado con otros grupos. Sin poder identificar las especies, no sólo es imposible determinar cuáles son endémicas y/o amenazadas, sino que es imposible acceder a los conocimientos sobre estas especies o sus parientes cercanos en otros países, para aprovechar este conocimiento en el manejo de las especies locales.





Figura 6.5. Depredación de fauna silvestre por perros y otros animales domésticos: Thomas McNish.

Tabla 6.5. Propuestas de investigación para la conservación y manejo de fauna en los humedales.

INVESTIGACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE FAUNA	
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<p><b>ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA DE LA ARTROPOFAUNA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular estrategias de manejo y conservación para especies en peligro de extinción.</li> <li>• Efectuar estudios para conocer la diversidad de invertebrados de diferentes hábitos (voladores, de follaje, acuáticos, edáficos, etc.) y sus hábitat en diferentes humedales a lo largo del año y cómo responden a la degradación de los humedales.</li> <li>• Elaborar inventarios de invertebrados en diferentes humedales.</li> <li>• Desarrollar estudios taxonómicos de cada grupo representativo de invertebrados.</li> <li>• Desarrollar estudios de la ecología y dinámica de poblaciones.</li> </ul> <p><b>CONSERVACIÓN Y MANEJO DE ESPECIES AMENAZADAS DE VERTEBRADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular estrategias de manejo y conservación para especies en peligro de extinción.</li> <li>• Efectuar la evaluación y seguimiento de la respuesta de las diferentes especies de especial atención en cualquier acción de restauración o intervención general que se realice en los humedales.</li> <li>• Desarrollar modelos predictivos de las diferentes variables necesarias para la presencia de especies de interés en los humedales bogotanos, con fines de manejo y conservación.</li> <li>• Efectuar estudio de la dinámica poblacional de especies de peces en humedales con diferentes grados de conectividad entre sí y con fuentes naturales de agua.</li> <li>• Determinar la capacidad de varias especies para trasladarse entre humedales.</li> <li>• Estudiar la recuperación de poblaciones de especies amenazadas de extinción.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar los restos óseos de animales de sitios arqueológicos cercanos a los humedales para determinar si existieron especies grandes de aves y mamíferos que fueron cazadas hasta la extinción y cuál era la composición de la fauna en tiempos prehistóricos.</li> <li>• Estudiar la respuesta de la fauna a acciones de recuperación.</li> <li>• Modelar los requerimientos de hábitat de las especies de vertebrados importantes para conservación (amenazadas, endémicas).</li> <li>• Desarrollar estudios de la biología del capitán (<i>Eremophilus mutisii</i>) y la guapucha (<i>Grundulus bogotensis</i>) con énfasis en reclutamiento bajo diferentes grados de conectividad.</li> <li>• Evaluar la capacidad de dispersión de aves entre diferentes humedales.</li> <li>• Desarrollar estudios arqueológicos de especies de fauna presentes históricamente en los humedales.</li> <li>• Evaluar el efecto sobre la fauna silvestre de la depredación por especies invasoras de animales domésticos.</li> <li>• Estudiar el efecto de la presencia de ganado y las prácticas de sus dueños para aumentar el área de pastoreo sobre la vegetación y hábitat de los humedales.</li> <li>• Evaluar la tasa de depredación de huevo, polluelos y adultos de aves por especies invasoras de animales domésticos, ratas y perros.</li> <li>• Estudiar el comportamiento poblacional de la trucha en el lago Juan Amarillo y sus efectos sobre especies nativas.</li> <li>• Hacer un estimativo de la población de <i>Molothrus bonariensis</i> en los humedales del distrito y evaluar el impacto que están causando sobre especies de interés.</li> <li>• Estudio del efecto de la presencia y pastoreo del ganado sobre los humedales.</li> <li>• Estudiar el efecto de la presencia de ratas y perros sobre la abundancia de aves.</li> <li>• Efectuar el seguimiento a los cambios poblacionales de la trucha introducida en el lago de Juan Amarillo.</li> <li>• Efectuar el seguimiento de cambios poblacionales del chamón <i>Molothrus bonariensis</i> y su parasitismo sobre las aves de los humedales.</li> </ul>

Los suelos de los humedales son bastante heterogéneos y en el paisaje se presentan diferentes condiciones edafoclimáticas y factores de disturbio.

Para un buen diseño de prácticas de recuperación ecológica en los humedales es indispensable comprender el origen y evolución de los suelos, cuáles son sus potencialidades y factores limitantes.

Un primer nivel de aproximación desde la perspectiva del paisaje permitirá una interpretación de los patrones y procesos espaciales y de su transformación en el medio urbano.

Los humedales de Bogotá han sido objeto de ocupación y del manejo de suelos desde tiempos prehispánicos, generando estructuras hidráulicas que modificaron el drenaje natural y la evolución de los suelos de humedal. En tiempos modernos los humedales han quedado inmersos en la matriz urbana con fuertes procesos de transformación del paisaje y de los suelos naturales que es necesario conocer en detalle.

## 6.6. ECOLOGÍA DEL SUELO Y PAISAJE

Los suelos de los humedales de Bogotá presentan diferentes niveles de disturbio y degradación por contaminación de aguas residuales, residuos de origen industrial y doméstico, agricultura, pastoreo, entre otros. Estas actividades tienen un efecto negativo sobre la estructura del suelo y su biota edáfica representada por diversidad de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoos), la microfauna de organismos entre 20 y 200 micras (protozoarios, rotíferos, tardígrados, copépodos crustáceos), la mesofauna con individuos entre 200 micras y 1 cm, de microartrópodos (colémbolos, ácaros, entre otros), larvas de insectos, milípodos e isópodos, arácnidos.

La macrofauna está compuesta por individuos de tamaño mayor de 1 cm, como las lombrices, los grandes insectos y los arácnidos, entre otros, organismos que desempeñan múltiples funciones. Se presentan fuertes limitantes en el escaso nivel de conocimiento taxonómico de algunos grupos funcionales (Meyer, 1994; Allan, 1995), así como también de su función trófica. Algunos de estos organismos pueden actuar como buenos indicadores de los procesos de degradación del suelo, además, de tener un gran potencial biotecnológico de aplicación en bio-remediación de suelos para la recuperación ecológica de humedales.

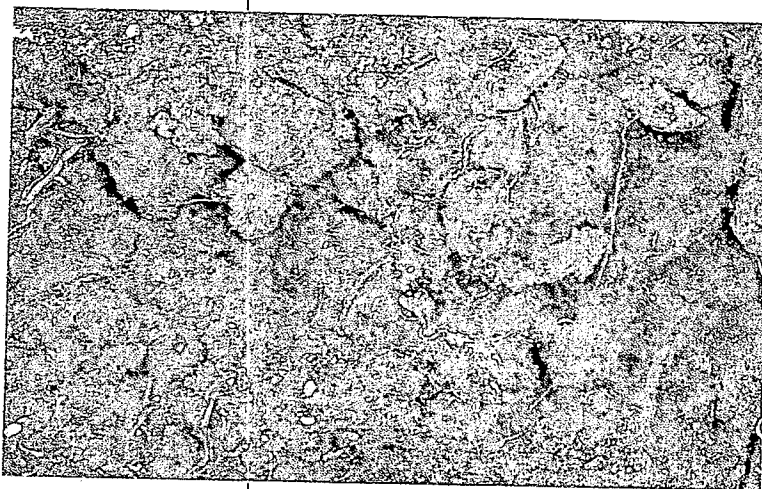


Figura 6.6. Los humedales tienen una biota edáfica diversa y poco conocida. Detalle de galerías de lombrices cubiertas por oxidación del hierro. David Rivera.

Tabla 6.6. Propuestas de investigación en estrategias de conservación de vegetación de humedales.

ECOLOGÍA DEL SUELO Y PAISAJE	
ALGUNAS PREGUNTAS POR RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las características fenológicas y corológicas de las especies nativas de los humedales bogotanos?</li> <li>• ¿Cuáles deben ser las estrategias de conservación de las especies en vía de extinción en los humedales bogotanos?</li> <li>• ¿Cuál debe ser el protocolo de producción in vitro de las especies en vía de extinción en los humedales?</li> <li>• ¿Cuáles son los protocolos para producción en vivero de especies semiacuáticas y terrestres propias de los humedales bogotanos?</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<p>DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE PATRONES DE USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar a una escala detallada los procesos espacio-temporales de ocupación humana y transformación del suelo como componente del paisaje.</li> <li>• Establecer las relaciones suelo-geoforma en los humedales de la planicie aluvial de inundación del río Bogotá a una escala detallada y definir los elementos constituyentes del paisaje.</li> <li>• Determinar la representación geográfica (cartografía de suelos) y la repartición espacial de los suelos de humedal incluyendo la Zona de Ronda y la Zona de Manejo y Preservación Ambiental.</li> <li>• Analizar espacio-temporalmente la historia de ocupación humana y la transformación del suelo en los humedales de Bogotá.</li> <li>• Caracterizar geomorfológicamente las relaciones suelo-geoforma en los humedales de la planicie aluvial de inundación del río Bogotá.</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectuar el levantamiento cartográfico y caracterización de los suelos de humedal y su microcuencia, incluyendo la Zona de Ronda y la Zona de Manejo y Preservación Ambiental.</li> <li>• Identificar las formas de uso actual del suelo y de los factores tensionantes por contaminación, agricultura, ganadería y procesos de urbanización.</li> <li>• Desarrollar modelaciones matemáticas y espaciales (SIG) para el análisis de datos multivariados y multiescalares para el estudio de suelos de humedal.</li> </ul>
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	<p>ECOLOGÍA DE LA BIOTA EDÁFICA Y SALUD DEL SUELO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la diversidad bioedáfica de los humedales (micro, meso y macrofauna).</li> <li>• Identificar e interpretar el ciclo biológico de los principales grupos funcionales de organismos del suelo y su función en el ambiente edáfico y la ecología de los humedales.</li> <li>• Desarrollar ensayos experimentales de biorremediación del suelo y otras alternativas biotecnológicas.</li> <li>• Identificar y caracterizar los principales grupos funcionales de la biota edáfica.</li> <li>• Evaluar indicadores tempranos de estado de salud y degradación del suelo.</li> <li>• Efectuar ensayos experimentales de biorremediación de suelos contaminados por aguas residuales.</li> <li>• Evaluar el ciclo de biogeoelementos en los humedales bogotanos y sus procesos de transferencia al suelo.</li> <li>• Identificar los aspectos de la génesis, evolución, taxonomía de los suelos de humedal.</li> <li>• Estudiar la compactación del suelo de humedal por efecto del pastoreo.</li> <li>• Efectuar los estudios para la evaluación de la contaminación del suelo con aguas residuales y residuos industriales.</li> <li>• Evaluar procesos de salinización o sodificación en los suelos de humedal.</li> </ul>

## 6.7. GESTIÓN SOCIAL Y MANEJO SOSTENIBLE DE HUMEDALES

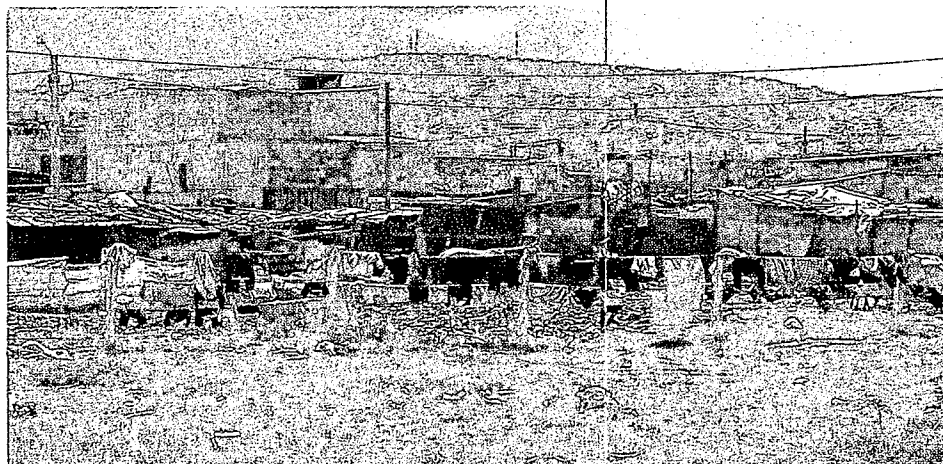


Figura 6.7. Valla de prevención para que la ciudadanía evite ser engañada al comprar terrenos en el humedal del Burro. Thomas McNish.

La incorporación armónica de los humedales al tejido urbano, su apropiación cultural por parte de la población cercana y por toda la ciudadanía de la capital y las experiencias de responsabilidad compartida en la gestión, como vía para construir una nueva relación entre las comunidades y la institucionalidad, mediada por procesos de recuperación de estos ecosistemas, son objetos del mayor interés, que deben abordarse con miras a consolidar una cultura de gestión conjunta que garantice mayor eficacia en las acciones de cada uno de los actores comprometidos. Por ello se considera importante establecer y desarrollar las siguientes líneas de investigación:

Se han documentado algunas de las más destacadas experiencias de iniciativa civil en la recuperación de humedales, pero es conveniente recoger todas estas historias que, en su mayoría y de manera anónima han alcanzado metas notables que deben ser reconocidas por las instituciones y el conjunto de la sociedad.

De igual manera su registro permitirá contar con una base de información sobre mecanismos de vinculación de las comunidades, logros y dificultades en el proceso dentro de circunstancias específicas, dar cuenta de la diversidad de estrategias aplicadas, de los recursos empleados para resolver problemas, de los apoyos encontrados, de los instrumentos metodológicos generados y del tipo de relaciones establecidos entre actores. Estudios amplios y consolidados a este respecto marcarán pautas no sólo para la gestión futura en humedales, sino para las iniciativas ciudadanas en otros campos de conflicto socioambiental.

La gestión social de los Humedales requiere de la formación de una base social cada vez más amplia, que garantice un empoderamiento de los procesos, los espacios y los servicios que los humedales en recuperación ofrecen. Por ello es conveniente estudiar y desarrollar el potencial de participación de actores como los grupos de tercera edad, de recuperadores, las redes de mujeres, los grupos juveniles e infantiles de medio ambiente y la empresa privada, entre otros. Estos análisis podrán brindar una diversificación de gestiones y servicios que integren estos ecosistemas a la vida urbana, respetando su dinámica natural, pero haciendo que el disfrute de sus beneficios sea percibido por población de muy diferentes características, integrándola a su vez a la realización de los planes para su conservación.

Dentro de las riquezas de carácter cultural que los humedales pueden poseer, se deben indagar los vestigios de poblamiento aborigen y eventuales rastros de uso y simbología vinculados a estos ecosistemas, ya que siempre ha sido fundamental la relación del hombre con el agua, marcando de manera determinante su cultura. Los hallazgos que se realicen en esta materia, contribuirán a la conservación de este patrimonio cultural y a ampliar la comprensión de la historia evolutiva de estos escenarios, incorporando este conocimiento en los programas educativos del humedal.

Las labores que en este sentido se vienen adelantando por parte de las autoridades ambientales, organizaciones no gubernamentales e instituciones educativas de niveles básicos y universitarios, requieren de una articulación que, en el marco de la complementariedad en sus posibilidades y roles, conduzca a lograr un mayor impacto en cambios de actitud en la ciudadanía, así como en la construcción de valores y de conocimientos asociados a estos espacios naturales.

Identificar y valorar los programas de educación ambiental en humedales, con sus metodologías exitosas, sus logros y dificultades, los principales objetos de interés escolar (PRAES) y universitario (pasantías y tesis) hasta la fecha, así como experiencias exitosas de trabajo en red en estas materias, debe apuntar a generar la consolidación de estrategias articuladas para el trabajo en educación ambiental e investigación, que logre niveles superiores de coordinación, trabajo en equipo, continuidad, acumulación y socialización de conocimientos y valores en estos programas.

La enseñanza y promoción de estos espacios como sitios de recreación pasiva y disfrute de la naturaleza pueden ser una forma de cambiar la actitud. Es claro que los humedales en que sus vecinos ven un beneficio están en mucho mejor estado y tienen mejores capacidades de recuperarse que en aquellos en que los vecinos sólo ven desventajas o formas no sostenibles de aprovecharlo.

Se propone el desarrollo de tres áreas de investigación en los aspectos sociales relacionadas con: historias de gestión participativa, historia ambiental y cultural de los humedales, educación e investigación para articulación en red. De estos grandes temas se derivan todos aquellos proyectos de construcción colectiva de apropiación de estas áreas protegidas y sobre lo cual falta mucho por documentar.

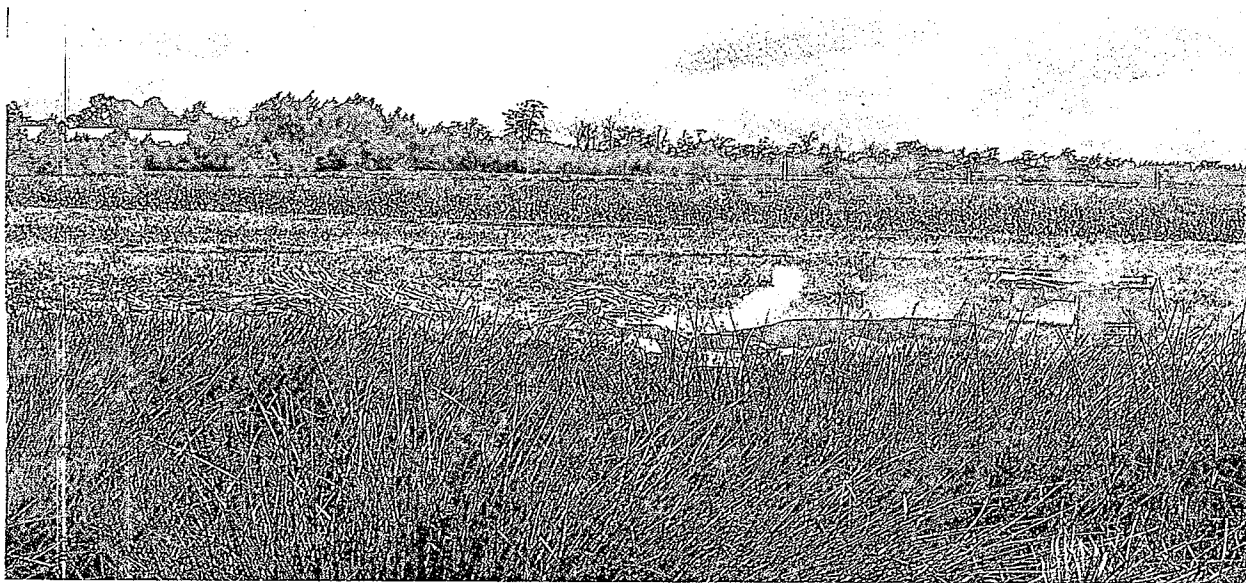


Figura 6.8. Humedal Meandro del Say. Carboneras y agricultura en la ronda. Thomas McNish.

Tabla 6.7. Propuestas de investigación gestión social y manejo sostenible de humedales.

GESTIÓN SOCIAL Y MANEJO SOSTENIBLE DE HUMEDALES	
PROPUESTAS DE PROYECTOS A DESARROLLAR	HISTORIAS DE GESTIÓN PARTICIPATIVA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación de las experiencias de iniciativa civil en la recuperación de humedales.</li> <li>• Estudiar y desarrollar el potencial de participación de nuevos actores sociales.</li> </ul>
	HISTORIA AMBIENTAL Y CULTURAL DE LOS HUMEDALES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer la historia ambiental y cultural de los humedales.</li> </ul>
	EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA ARTICULACIÓN EN RED
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lograr un mayor impacto en cambios de actitud en la ciudadanía, así como en la construcción de valores y de conocimientos asociados a estos espacios naturales.</li> <li>• Identificar y valorar los programas de educación ambiental en humedales.</li> <li>• Capacitar a los vecinos de los humedales para ofrecer servicios de educación y atención a turistas y visitantes a los humedales y de esta manera obtener beneficio para la comunidad y el humedal.</li> </ul>

## GLOSARIO

**Adecuación:** es la modificación de las características o dinámicas de un ecosistema o la dotación con estructuras, que permiten su uso conforme al régimen establecido, optimizan sus servicios ambientales y armonizan su funcionamiento dentro del entorno urbano o rural

**Árbol:** organismo vegetal leñoso de 6 metros o más de altura, que se yergue por sí mismo y se ramifica por encima de la mitad de su altura.

**Arbolito:** organismo vegetal leñoso de menos de 6 metros de altura, que se yergue por sí mismo y se ramifica por encima de la mitad de su altura. Los juveniles o brinzales de los árboles, generalmente, son morfológicamente arbolitos, pero no todos los arbolitos en un rodal son juveniles de árboles, pues algunos son adultos que alcanzan su madurez reproductiva en esa talla y forma.

**Arborización:** acción de plantar árboles. Convencionalmente se distingue de la reforestación en que se plantan árboles aislados o en grupos muy pequeños. La arborización tiene fines de ornato, paisajismo o manejo puntual de contaminación atmosférica.

**Arbusto:** organismo vegetal leñoso de menos de 6 metros de altura, que se yergue por sí mismo y se ramifica por debajo de la mitad de su altura. Si está lignificado hasta las ramitas se denomina frútice y si sólo lignifica en su base se considera subfrútice (sinónimo de subarbusto).

**Arvense:** relacionado con los campos de cultivo. El término se aplica, en general, a la flora no cultivada, característica de las tierras de labor.

**Asociación:** par o grupo de especies correlacionadas entre sí por la frecuencia con que coinciden en el espacio-tiempo. Comunidad vegetal dominada por dos o más poblaciones.

**Autodiseño:** enfoque de la restauración de humedales que se fundamenta en la habilidad del ecosistema para reorganizarse de manera autónoma siguiendo la ley natural de la sucesión ecológica.

**Banco de plántulas:** conjunto de plántulas en estado latente, en el estrato rasante de una comunidad vegetal. Estas plántulas activan su crecimiento a consecuencia de algún estímulo, usualmente el incremento de iluminación resultante de una perturbación de los estratos superiores del rodal.

**Banco de semillas transitorio:** banco de semillas que mantienen viabilidad menos de un año en el suelo o los sedimentos de un humedal.

**Banco de semillas:** acumulación de semillas en el suelo en estado latente (dormancia) que usualmente germinan a partir de una perturbación, dinamizando la regeneración del rodal perturbado.

**Banco donador de semillas:** técnica mediante la cual se transfieren de un humedal a otro las semillas contenidas en porciones de suelo o sedimentos con el fin de reimplantar poblaciones de plantas acuáticas.

**Banco persistente de semillas:** constituido por semillas o propágulos que tienen viabilidad a largo plazo en el suelo o los sedimentos de un humedal.

**Compensación:** actividades de creación o estimulación del desarrollo de humedales nuevos equivalentes a las áreas perdidas por otras causas.

**Comunidad:** sinónimo de biocenosis, conjunto de poblaciones biológicas que coexisten en un área como parte de un ecosistema. Si se trata de poblaciones vegetales, se habla de comunidad vegetal o fitocenosis.

**Conservación:** conjunto de actividades dirigidas al mantenimiento y aprovechamiento sostenible de los procesos ecológicos esenciales y los recursos naturales renovables. Comprende la preservación, la restauración y el uso sostenible.

**Diseño:** enfoque en la restauración o recuperación de humedales que considera las estrategias de historia de vida como el factor más importante para el desarrollo de la vegetación en el humedal. Este enfoque da importancia a la rehabilitación hídrica con acciones de ingeniería y actividades extensivas de reimplantación de especies en un proceso sucesional sin una tendencia a un clímax determinado.

**Dispersión:** proceso de movimiento de propágulos (semillas, vegetativos) desde una planta parental que los produce hasta alejados.

**Disturbio:** eventos discontinuos en el tiempo que rompen la estructura de un ecosistema, comunidad o población, al cambiar los recursos, el sustrato u otro elemento del medio físico. Generalmente está ocasionado por eventos de alta energía como crecientes extremas, o por acciones antrópicas de efecto intensivo como dragados, canalizaciones, rellenados, etc.

**Ecosistema:** unidad ecológica coherente y relativamente autónoma en lo que se refiere a la red trófica y energética está constituido por un medio físico (biotipo, hábitat o ambiente), sus pobladores y las interrelaciones entre ambos, formando una unidad en equilibrio dinámico.

**Ecotono:** zona transicional entre dos comunidades, se caracteriza por un cambio o discontinuidad en la estructura o la función. Es un término muy dependiente de la escala espacial para su aplicación en los humedales que por definición son ambientes transicionales. Franja de transición entre dos ecosistemas o dos compartimientos de un ecosistema estructural y funcionalmente distintos. El ecotono a que con más frecuencia se hace referencia en estos estudios es la linde del bosque, es decir, el ecotono entre el bioma forestal y el herbáceo (Ej.: bosque-potrero).

**Edafoclima:** se conoce como clima interno del suelo. Refleja en gran parte las condiciones del clima general.

**Enriquecimiento:** técnica de manejo de rodales subserales (matorrales, rastrojos, bosques secundarios) consistente en la plantación de poblaciones que se quieren fomentar dentro de la sucesión, con fines de conservación, restauración, paisajismo o producción forestal.

**Escorrentía superficial:** se refiere al agua que circula en los horizontes superiores, causa el empobrecimiento del suelo por arrastre de las partículas más finas.

**Especie (Biológica):** conjunto aislado en forma reproductiva de poblaciones que pueden cruzarse entre sí porque comparten los mismos mecanismos de aislamiento.

**Especie exótica, introducida o foránea:** toda aquella especie que no sea propia de un ecosistema en particular y que haya sido introducida como producto de acciones de tipo antrópico.

**Estabilidad:** en el sentido ecológico se refiere a la habilidad de una comunidad para resistir cambios y retornar a la situación anterior luego de un disturbio.

**Fenología:** series y ciclos de cambios en la ecofisiología y apariencia de una comunidad vegetal, no directamente relacionados con los cambios sucesionales, cuyos hitos más frecuentes son la floración, fructificación, dispersión, defoliación, foliación, muerte de biomasa epigea, etc. La fenología de cada población determina las épocas de oferta de propágulos.

**Fisonomía:** apariencia general de una comunidad vegetal, resultante de la combinación de los morfotipos que la conforman (fisonomía arbórea, arbustiva, pajonal arbustivo, rastrojo, etc.).



**Fragmentación:** división de un ecosistema continuo en parches discontinuos como resultado de un cambio ambiental macro (climático) o de un cambio en el régimen de perturbaciones. Uno de los principales resultados de la deforestación es la fragmentación de las masas boscosas primarias en mosaicos de fragmentos relictuales. La insularización es una consecuencia normal de la fragmentación.

**Grupo funcional:** un conjunto de especies que reaccionan de manera similar frente a un disturbio.

**Heliófilo:** plantas que prefieren las posiciones bien iluminadas. Son heliófilas facultativas si toleran la luz, y heliófilas estrictas si solo pueden desarrollarse bajo la radiación directa del sol.

**Herbáceo:** biotipo no leñoso. Órgano vegetal no lignificado. (Ej. los pastos son un biotipo herbáceo).

**Hídrico:** relacionado con la humedad edáfica o el agua de escorrentía superficial o subterránea.

**Hidroperíodo o régimen hídrico:** fluctuaciones periódicas de largo plazo en los niveles del agua en un humedal.

**Humedal:** tierras transicionales entre los sistemas terrestres y acuáticos donde el nivel del agua en el suelo (tabla de aguas o nivel freático) está cerca a la superficie o por encima de este cubriéndolo con una capa de agua de poca profundidad.

**Morfotipo:** hábito de crecimiento (forma y talla) corriente y típica de una población vegetal. En un sentido amplio es sinónimo de biotipo.

**Oxido-reducción:** es el proceso de intercambio de electrones entre un dador y un aceptor de electrones. Una oxidación es una incorporación de oxígeno (libera electrones). Una reducción es una pérdida de oxígeno (incorporación de electrones).

**Paisaje:** extensión de terreno compuesta por una agregación de componentes que interactúan y que se repiten a través del espacio.

**Parque Ecológico Distrital:** área de alto valor escénico y/o biológico, que por sus condiciones de localización y accesibilidad, se destina a la preservación, restauración y aprovechamiento sostenible de sus elementos biofísicos para educación ambiental y recreación pasiva.

**Pionera:** población que se establece en los primeros momentos de una sucesión primaria, es decir, cuando la sucesión arranca sobre sustrato desnudo. En la sucesión secundaria -cuando arranca sobre los remanentes de vegetación que sobreviven a la perturbación- sólo puede aplicarse este término en un sentido muy amplio, a las primeras de las especies que colonizan el rodal perturbado.

**Plantación en bloque:** patrón espacial usual en la reforestación convencional, compuesto por rectángulos o polígonos amplios, al interior de los cuales se plantan los individuos en un patrón de forma y densidad regulares, generalmente, en cuadro o al tresbolillo. Este patrón es poco eficiente en restauración ecológica pues no saca partido de las ventajas comparativas de ciertas franjas, enclaves y micrositios, ni del material vegetal disponible siempre en cantidades limitadas.

**Plantación en red:** patrón espacial adecuado a fines de revegetalización en trabajos de restauración ecológica, compuesto por polígonos dispersos y conectados por corredores y cadenas de estribones, dispuestos sobre enclaves y franjas favorables al desarrollo de la vegetación (suelo, microclima, dispersión), al interior de los cuales los individuos se plantan dentro de un patrón regular de guía flexible para aprovechar los mejores micrositios.

**Plántula:** individuo de una edad menor de un año, generalmente, con una estructura reducida a un vástago o una yema vegetativa y los primeros pares de hojas en desarrollo incipiente.

**Población:** conjunto de individuos de una misma especie que habitan en un sitio determinado y que pueden reproducirse entre sí.

**Potencial biológico:** desde la perspectiva de la recuperación espontánea o inducida del ecosistema, es el conjunto de factores bióticos, locales o periféricos, que pueden iniciar y promover la sucesión sobre un lugar.

**Precursor leñoso:** dentro del modelo de esquema sucesional básico (Salamanca & Camargo, 1993) se denomina así a la población dinamogenética que se establece típicamente como primer elemento leñoso sobre sustrato desnudo o sobre la etapa herbácea. A través de las fases de colonización, agregación y consolidación pasa de formar parches a constituir la matriz leñosa del ecosistema, organizando los flujos de energía y creando, en algunos casos, condiciones propicias para el establecimiento de otras poblaciones que eventualmente les suceden.

**Preservación:** conjunto de actividades dirigidas a proteger y mantener las características y dinámicas de los ecosistemas y los paisajes.

**Propágulo:** estructura vegetativa o semilla de una planta que cumple la función de la dispersión.

**Reclamación:** la alteración intensiva de un ecosistema que implica la sustitución por otro tipo de sistema manejado para intereses humanos.

**Recreación activa:** conjunto de actividades dirigidas al esparcimiento y el ejercicio de disciplinas lúdicas, artísticas o deportivas que tienen como fin la salud física y mental, para las cuales se requiere infraestructura destinada a alojar concentraciones de público. La recreación activa implica equipamientos tales como: albergues, estadios, coliseos, canchas y la infraestructura requerida para deportes motorizados.

**Recreación pasiva:** conjunto de actividades contemplativas dirigidas al disfrute escénico y la salud física y mental, para las cuales sólo se requieren equipamientos en proporciones mínimas al escenario natural, de mínimo impacto ambiental y paisajístico, tales como senderos para bicicletas, senderos peatonales, miradores, observatorios de aves y mobiliario propio de actividades contemplativas.

**Recuperación (Reclamation):** aborda el desarrollo de trabajos en sitios severamente degradados (p. e. tierras afectadas por minería a cielo abierto, construcción a gran escala, etc.) e implica, la mayoría de las veces, un cambio en el uso original del sitio afectado; la Sociedad de Ecología de la Restauración (SER 2004) incluye entre sus principales objetivos la estabilización de terrenos, la seguridad pública y el mejoramiento estético

**Reforestación:** restablecimiento de la cobertura forestal, independientemente, de las especies, métodos y fines con que se haga.

**Refugio (safe site):** lugar a escala local que presenta condiciones de sobrevivencia previa bajo las cuales una semilla de una especie acuática puede germinar.

**Regeneración natural:** término corrientemente empleado para describir los procesos de sucesión ecológica que naturalmente se dan en un ecosistema. Se asocia al término "restauración pasiva", referido a la cesación de las actividades causantes de la degradación de un ecosistema, dejando que este se recupere de manera autónoma siguiendo patrones sucesionales naturales.

**Rehabilitación ecológica:** concepto aplicado a recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin que necesariamente se intente completar una restauración ecológica a una condición específica previa de un ecosistema predisturbio.

**Reintegración del paisaje:** recuperación de los aspectos funcionales de un ambiente fragmentado.

**Resiliencia:** propiedad de los sistemas abiertos complejos, en general, y de los ecosistemas en particular, que merced a la densidad y complejidad de las interacciones entre sus elementos, les permite retornar a un estado inicial, luego de una perturbación. Los ecosistemas de menor resiliencia son los más frágiles. Es el grado al cual la estructura y función de un ecosistema puede ser alterado y este aún puede recuperarse.

**Restauración activa:** manipulación deliberada y planificada de las características de un sitio para recuperar ciertas condiciones hídricas y de sustrato para revegetalizar, posteriormente, mediante resiembra de las especies acuáticas.

**Restauración ecológica:** procesos que se orientan a la intervención de las dinámicas sucesionales y su aplicación se basa en tomar como referencia un ecosistema predisturbio para reestablecer la estructura, el funcionamiento, la diversidad y las dinámicas de un ecosistema específico y lograr que este sea capaz de autosostenerse. En el sentido estricto del término es la reconstrucción total de las condiciones previas a un disturbio incluyendo las condiciones físicas, químicas y biológicas, se pretende regresar a las condiciones originales naturales de un ecosistema.

**Revegetalización estratégica:** enfoque y tecnología de restauración basada en la inducción sucesional y el manejo de factores bióticos y abióticos determinantes de la regeneración natural de la vegetación nativa.

**Revegetalización:** restablecimiento de la cobertura vegetal en la que se emplean diversos biotipos, desde herbáceos y arbustivos hasta trepadores y árboles.

**Ripario:** propio de las márgenes hídricas. Vegetación característica de las orillas de los cuerpos de agua continentales.

**Riqueza:** en términos biológicos y ecológicos se refiere al número de especies presentes en un sitio determinado.

**Ronda hidráulica:** zona de protección ambiental e hidráulica no edificable de uso público, constituida por una franja paralela o alrededor de los cuerpos de agua, medida a partir de la línea de mareas máximas (máxima inundación), de hasta 30 metros de ancho destinada, principalmente, al manejo hidráulico y la restauración ecológica.

**Serie hidráquica:** dentro de la teoría clásica (clementsiana) de la sucesión ecológica, se refiere al proceso de rellenado de un cuerpo de agua que teóricamente conduce a un ecosistema terrestre.

**Sucesión ecológica:** cambio cuantitativo o cualitativo de la vegetación debida a las interacciones entre las especies y al efecto selectivo de los cambios en el ambiente.

**Sucesión gleasoniana:** en el caso de los humedales se refiere a una dinámica cíclica de cambio en que un humedal siempre retorna a un humedal. Los mecanismos de cambio se dan por las estrategias de vida de cada especie frente a los factores cambiantes del medio físico incluyendo los disturbios.

**Sucesión:** proceso de reemplazamiento de las poblaciones que conforman una comunidad por otras a través del tiempo. Desarrollo del ecosistema tendiente a la mayor captación del flujo de energía disponible, a través del crecimiento y organización gradual de su estructura. La regeneración natural de la cobertura vegetal es un ejemplo de sucesión.

**Terrificación:** proceso de rellenado de un cuerpo de agua somero para convertirse en un terreno húmedo.

**Uso sostenible:** aprovechamiento de bienes y servicios derivados de los ecosistemas, que, por su naturaleza, modo e intensidad, garantizan su conservación. Dentro de la Estructura Ecológica Principal el uso sostenible se ajusta a los tratados y normas vigentes, conforme al régimen de usos y plan de manejo de cada área. El uso sostenible de cada área y zona dentro de un área de la Estructura Ecológica Principal se ajustará al régimen de usos del área y a los tratamientos de preservación, restauración y adecuación que por diseño o zonificación correspondan.

**Zona de manejo y preservación ambiental (ZMPA):** franja de terreno de propiedad pública o privada contigua a la ronda hidráulica, destinada a propiciar la adecuada transición de la ciudad construida a la estructura ecológica, la restauración ecológica y la construcción de la infraestructura para el uso público ligado a la defensa y control del sistema hídrico.

## ANEXOS

Anexo 1. Lista de macroinvertebrados bénticos.

Anexo 2. Especies de fitoplacton.

Anexo 3. Especies de zooplacton.

Anexo 4. Listado de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas.

Anexo 5. Fauna silvestre de los humedales.

Anexo 6. Avifauna de los humedales

Anexo 7. Valores generales de hábitats para las aves.

Anexo 8-9. Evaluación de la oferta ambiental para la fauna.

Anexo 10. Potencial biótico de los humedales del distrito capital, en términos de las especies de aves.

Anexo 11. Clave de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas de los humedales de Bogotá.

Anexo 12. Descripción básica de algunas especies de aves y otra fauna de los humedales de la sabana de Bogotá.

Anexo 1. Listado de macroinvertebrados bénticos registrados (presencia +) en los humedales del Distrito (fuente : Ecology, Hidromecánicas, 1998 )					HUMEDAL							
Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Burro	Capellania	Cordoba	Guaymaral	LaHerrera	Techo	Tibania	Torca
Annelidae	Hirudinea	Glossiphoniidae	Darcnobbellidae	<i>Darcnobbella2</i>	+	+	+		+			
	Oligochaeta	Haplotaxidae	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	+	+	+	+	+	+		
Arthropoda	Crustacea	Amphipoda	Talitridae	<i>Hyalella</i>		+				+	+	+
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Cyloepus</i>		+						
				<i>Macronychus</i>								+
			Hydrophilidae	<i>Hydrobius</i>					+			
			Ptylodatyliidae	<i>Anchytarsus</i>		+					+	
		Diptera	Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i>		+						
			Chironomidae	<i>Chironominae1</i>		+	+		+	+		+
			Culicidae	<i>Aedes</i>					+			
				<i>Culex</i>	+							
			Empididae	<i>Hemerodromyia</i>					+			
			Strytomidae	<i>Odontomyia</i>	+							
			Syrphidae	<i>Eristalis</i>	+			+				
			Tabanidae	<i>Tabanus</i>	+							
			Tipulidae	<i>Melophilus</i>	+					+		
				<i>Tipula</i>				+		+		+
		Odonata	Libellulidae	<i>Dythemis</i>								+
Mollusca	Gastropoda	Bassomatophora	Ancylidae	<i>Ancylidae 3</i>								+
			Physidae	<i>Physa</i>						+	+	+

Anexo 2. Especies de fitoplacton reportadas en algunos humedales del Distrito.

CLASE	Género	SMLago (JTL I-2002)	SMLago (JTL II-2002)	SMLago (JTL 2003)	SMLago (UB 2001)	Jaboque
Bacillariophyta	<i>Stauroneis</i>	0	1	0	0	1
	<i>Achnanthes</i>	0	0	1	0	0
	<i>Amphipleura</i>	0	0	1	1	0
	<i>Asterionella</i>	0	0	0	1	0
	<i>Cymbella</i>	1	0	1	0	0
	<i>Epithemia</i>	0	0	1	0	0
	<i>Eunotia</i>	0	0	0	0	1
	<i>Fragilaria</i>	1	0	1	1	1
	<i>Frustulla</i>	0	0	1	1	1
	<i>Gyrosigma</i>	0	0	0	1	0
	<i>Gomphonema</i>	1	0	1	1	1
	<i>Hantzschia</i>	0	0	0	1	1
	<i>Melosira</i>	0	0	1	1	0
	<i>Navicula</i>	1	1	1	1	1
	<i>Nitzschia</i>	1	0	1	1	1
	<i>Pinnularia</i>	1	0	0	1	1
	<i>Rhizosolenia</i>	0	1	0	0	0
	<i>Surirella</i>	0	0	0	1	0
	<i>Cymbella</i>	0	0	0	1	0
	<i>Synedra</i>	0	0	1	0	0
	<i>Tabellaria</i>	0	0	1	0	0
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i>	0	0	1	1	0
	<i>Chaetophoral</i>	0	0	0	0	1
	<i>Chloridella</i>	0	0	0	1	0
	<i>Closterium</i>	0	0	0	1	1
	<i>Coelastrum</i>	0	1	1	0	0
	<i>Coelosphaerium</i>	0	0	0	1	0

Anexo 2. Especies de fitoplacton reportadas en algunos humedales del Distrito.

CLASE	Género	SMLago (JTL I-2002)	SMLago (JTL II-2002)	SMLago (JTL 2003)	SMLago (UB 2001)	Jaboque
	<i>Coelosphaerium</i>	0	0	0	1	0
	<i>Cosmarium</i>	1	0	1	0	0
	<i>Draparnalda</i>	0	0	1	0	0
	<i>Oedogonium</i>	1	0	0	0	0
	<i>Pediastrum</i>	0	1	1	0	1
	<i>Scenedesmus</i>	0	0	1	0	1
	<i>Spirogyra</i>	1	0	0	0	1
	<i>Staurostrum</i>	0	0	0	0	1
	<i>Tetrastrum</i>	0	0	0	1	0
	<i>Ulothrix</i>	1	0	0	1	0
	<i>Volvox</i>	0	0	0	1	0
	<i>Zygnema</i>	0	0	1	0	0
	<i>Asterococcus</i>	0	0	1	1	0
	<i>Lamprocystis</i>	0	0	0	1	0
	<i>Stauronela</i>	0	0	0	1	0
	<i>Tetradron</i>	0	0	0	1	0
Chrysophyta	<i>Ochromonas</i>	0	0	0	0	1
	<i>Synura</i>	0	1	0	1	0
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i>	0	0	0	0	1
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i>	0	0	1	1	0
	<i>Aphanizomenon</i>	0	0	1	1	0
	<i>Chroococcus</i>	1	0	1	1	0
	<i>Dactylococopsis</i>	0	0	0	0	1
	<i>Lyngbya</i>	0	1	0	0	0
	<i>Merismopedia</i>	0	0	0	0	1
	<i>Microcystis</i>	1	0	0	0	1
	<i>Nodularia</i>	0	0	0	1	0
	<i>Nostoc</i>	0	0	1	1	0
	<i>Oscillatoria</i>	1	1	0	1	1
	<i>Phormidium</i>	0	0	0	1	0
	<i>Spirulina</i>	1	1	1	1	0

Anexo 2. Especies de fitoplacton reportadas en algunos humedales del Distrito.						
CLASE	Género	SMLago (JTL I-2002)	SMLago (JTL II-2002)	SMLago (JTL 2003)	SMLago (UB 2001)	Jaboque
	<i>Chlorohomidium</i>	0	0	1	1	0
	<i>Cilyndrospora</i>	0	0	0	1	0
Euglenophyta	<i>Euglena</i>	1	0	0	0	1
	<i>Lepocinclis</i>	0	0	0	0	1
	<i>Phacus</i>	1	1	0	0	1
	<i>Trachelomonas</i>	1	0	1	0	1



Anexo 3. Especies de zooplacton reportadas en algunos humedales del Distrito.

Género	SMLago (ITL I-2002)	SMLago (ITL II-2002)	SMLago (ITL 2003)	SMLago (UB 2001)	Jaboque	Género	SMLago (ITL I-2002)	SMLago (ITL II-2002)	SMLago (ITL 2003)	SMLago (UB 2001)	Jaboque
<i>Acanthagrion</i>						<i>Lecane</i>					
<i>Acanthocyclops</i>						<i>Lophocharis</i>					
<i>Aesbra</i>						<i>Harpacticoida</i>					
<i>Aesthna marchali</i>						<i>Illicryptus</i>					
<i>Alona</i>						<i>Lumbriculidae</i>					
<i>Bdelloidea</i>						<i>Lymnae</i>					
<i>Bodo</i>						<i>Macrocyclops albidus</i>					
<i>Bosmina</i>						<i>Mesocyclops longisetus</i>					
<i>Brachionus</i>						<i>Metacyclops laticornis</i>					
<i>Branchionus</i>						<i>Microcyclops dubitabilis</i>					
<i>Bucon</i>						<i>Monommata</i>					
<i>Cephalodella</i>						<i>Monostyla sp1</i>					
<i>Ceriodaphnia</i>						<i>Mytilina acanthophora</i>					
<i>Chironomus</i>						<i>Notonecta</i>					
<i>Chydorus</i>						<i>Nauplius</i>					
<i>Colurella</i>						<i>Obliqua</i>					
<i>Copepoditos</i>						<i>Ostracoda</i>					
<i>Cura</i>						<i>Physa</i>					
<i>Cyclops</i>						<i>Polycentropus</i>					
<i>Daphnia</i>						<i>Psauridae</i>					
<i>Dicranophorus</i>						<i>Stylaria</i>					
<i>Dixella</i>						<i>Tanypodinae</i>					
<i>Dumetecia</i>						<i>Tropicorbis</i>					
<i>Ectocyclops</i>						<i>Tubifex</i>					
<i>Enallagma</i>						<i>Paracycl novemurris</i>					
<i>Enteroplea</i>						<i>Platylas</i>					
<i>Ephemeroporus</i>						<i>Pleuroxus</i>					
<i>Epiplanas</i>						<i>Polyarthra</i>					
<i>Euchlanis</i>						<i>Proales</i>					
<i>Eucyclops</i>						<i>Scaridium</i>					
<i>Euplates</i>						<i>Simocephalus</i>					
<i>Frontonia</i>						<i>Testudinella ohlei</i>					
<i>Keratella</i>						<i>Trichocerca</i>					
<i>Kurzia</i>											

Anexo 4. Listado de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas reportadas en los humedales del Distrito												
Clase	Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tipo habitat
Spermatophyta	Asteraceae	<i>Acmella repens</i>	1	1	1	1						
	Musci	<i>Anomobryum sp</i>	1									
Spermatophyta	Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>		2						1	X	
	Poaceae	<i>Arundo donax</i>								1		
Pteridophyta	Salvinaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	AF	1. Jaboque ICN (2003)
	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	1									2. Jaboque CI (2000)
Spermatophyta	Asteraceae	<i>Begonia fischeri</i>	1									3. Torca CI (2000)
	Asteraceae	<i>Bidens laevis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	VE, VH	4. Torca, Romero(2003)
	Callitricaceae	<i>Callitriche deflexa</i>	1									5. SM Lago (2001)
	Brassicaceae	<i>Cardamine bonariensis</i>	1									6. SM Lago (2002-03)
	Cyperaceae	<i>Carex acutata</i>							1	1		7. SM Lago CI (2000)
	Cyperaceae	<i>Carex lanuginosa</i>	1									8. Otros humedales CI (2000)
	Cyperaceae	<i>Carex lanuginosa</i>				1						9. Arvenses oportunistas
	Cyperaceae	<i>Carex luridiformis</i>	1									
	Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>		1					1	1		
	Umbelliferae	<i>Conium maculatum</i>	1								X	
		<i>Conyza floribunda</i>	1									
		<i>Conyza uliginosa var uliginosa</i>	1									
	Asteraceae	<i>Cotula coronopifolia</i>	1	1	1							
	Convolvulaceae	<i>Euscutha indecora</i>	1									
	Cyperaceae	<i>Cyperus acuminatus</i>				1						
	Cyperaceae	<i>Cyperus papyrus</i>				1				1		
	Cyperaceae	<i>Cyperus rufus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	VF	
	Cyperaceae	<i>Eleocharis macrostachya</i>	1	1							PI	
	Cyperaceae	<i>Eleocharis palustris</i>				1					PI	
	Cyperaceae	<i>Eleocharis sp.</i>			1				1	1	PI	
	Cyperaceae	<i>Eleocharis stenocarpa</i>	1								PI	
Pteridophyta		<i>Epilobium denticulatum</i>	1									
	Equisetaceae	<i>Equisetum bogotensis</i>				1						

**Anexo 4. Listado de especies de macrófitas acuáticas y semiacuáticas reportadas en los humedales del Distrito**

Spermatophyta	Erectithes valerianaeifolia	1											1. Jaboque ICN (2003)									
													2. Jaboque CI (2000)									
Rubiaceae	Gallium ascendens		1										VF,AF									
	Gallium sp.		1										VF									
Poaceae	Glyceria fluitans	1											VF									
	Glyceria septentrionalis		1										VF									
Asteraceae	Gnaphalium sp	1											VF									
	Gratiola bogotensis	1	1										VF									
Poaceae	Holcus lanatus	1											VF									
	Hydrocotyle ramunculoides	1	1										VF									
Apiaceae	Hydrocotyle umbellata												VF									
	Hypochoeris radicata	1											VF									
Asteraceae	Hypolepis stuebelii	1											VF									
	Juncus bogotensis		1										VF									
Juncaceae	Juncus densiflorus		1										VF									
	Juncus effusus	1	1										VF									
Juncaceae	Juncus sp.												VF									
	Lemna gibba	1	1										VF									
Lemnaceae	Lemna minuta	1	1										VF									
	Lemna sp.		1										VF									
Juncaginaceae	Lepidopilum scabosetum	1											VF									
	Lilaea scilloides	1											VF									
Hydrocharitaceae	Limnium laevigatum	1	1										VF									
	Ludwigia arcuata		1										VF									
Onagraceae	Ludwigia peploides	1	1										VF									
	Ludwigia peruviana		1										VF									
Onagraceae	Marchantia berteriana	1											VF									
	Marsilea ancylopoda	1											VF									
Marsiliaceae	Myriophyllum aquaticum	1	1										VF									
	Nasturtium officinale	1	1										VF									
Brassicaceae	Paspalum	1											VF									
	Pennisetum clandestinum	1	1										VF									
Poaceae	Phytolacca rugosa	1											VF									
	Plantago major	1											VF									
Asteraceae	Poa sp.	1											VF									
	Polygonum aviculare	1											VF									
Polygonaceae	Polygonum hydropiperoides	1	1										VF									
	Polygonum punctatum	1											VF									
Polygonaceae	Polygonum segetum	1	1										VF									
	Polygonum sp.		1										VF									
Poaceae	Polygona elongatus	1											VF									
	Potamogeton sp.												VF									



Anexo 5. Fauna silvestre de los humedales de Bogotá														
Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	Situación	Habitat(s) preferidos	Dieta	Abundancia en el D.C.	Abundancia en los humedales	Tendencia Actual	Amenaza o factor limitante en humedales	Situación de conservación	Capacidad de Dispersión	Capacidad de recuperación	Comentarios
		PECES												
Pygidiidae	<i>Eremophilus mutisii</i>	Capitán	O	R	Fondos lodosos	I	P	E	D	Acceso a quebradas para desovar	CA	M	M	Común en muchos humedales y lagos rurales
"	<i>Trichomycteris bogotense</i>	Capitanejo	O	E	Quebradas de corriente rápida	I	C	X	d?	Calidad del agua	CA	M	na	Común en quebradas de los cerros
Characidae	<i>Grundulus bogotensis</i>	Guapucha	E	R	Fondos, aguas claras	I	P	E	D?	Acceso a quebradas para desovar	PP	M	M?	Común en muchos humedales y lagos rurales
		ANFIBIOS												
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa adspersa</i>	Salamandra	O	E	Epifitas en los bosques	I	C	O	E?	na	PP	B	na	Principalmente en los Cerros
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus bogotensis</i>	Sapito	O	E	Hojarasca húmeda de bosques	I	C	O	E?	na	PP	B	na	Principalmente en los Cerros
Hylidae	<i>Hyla labialis</i>	Rana sabanera	O	R*	Vegetación acuática	I	A	C	D	Contaminación del agua	PP	B	A?	Abunda en áreas rurales, hasta el páramo
Dendrobatidae	<i>Colostethus subpunctatus</i>	Sapito	O	R*	Vegetación acuática, pasto (etc.)	I	C	P	D?	Contaminación del agua	PP	M-B	A?	" " "
		REPTILES												
Polychrotidae	<i>Phenacosaurus heterodermus</i>	Camaleón	C	P	Arbustos: bosques, matorrales	I	C	O	E?	na	PP	B?	na	Poblaciones densas pero locales
Gymnophthalmidae	<i>Proctoporus striatus</i>	Lagartija	C	R*	Muy variado	I	C	P	E?	na	PP	M?		Más común afuera de los humedales
"	<i>Anadia bogotensis</i>	Charchala	O	E	Epifitas y musgo en bosques	I	C	O	E?	na	PP	B	na	Principalmente en los Cerros Orientales
Tropiduridae	<i>Stenocercus trachycephalus</i>	Lagarto collarito	O	R*	Piedras o troncos	I	C	E	E?	Falta de troncos, etc.	PP	M-B	na	Más común en los Cerros o áreas secas

Colubridae	<i>Atractus werneri</i>	Serpiente tierrera	E	P	Bordes con vegetación	Inv	C	E	E?	na	PP	?	na	Nocturno, se ven poco
"	<i>A. crassicaudatus</i>	Serpiente tierrera	O	P	Bordes con vegetación	Inv	C	P	E?	na	PP	?	na	"
"	<i>Liophis epinephelus binaculatus</i>	Serpiente sabanera	ADo	R	Agua panda con vegetación	C	C	C	D?	Contaminación (sus presas)	PP	M-B	M?	Unico reptil que habita los humedales propriadamente dichos
		MAMÍFEROS												
Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i>	Chucha, fara	AD	P	Bosques, matorrales	O	C	O	E?	na	PP	M	Alta	Visita a veces los humedales para forrajear
Soricidae	<i>Cryptotis thomasi</i>	Musaraña	AD	P	Pastizales y matorrales densos	I	C	P	D?	Urbanización, alteraciones "duras"	PP	B	M-B	De tierra firme en los bordes; más común en los cerros: subpáramos y bordes de bosques
Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	AD	E	Bosques, matorrales	O	E	O	?	na	PP	A	na	Más de tierra caliente; rara vez sobrevuela los bordes de los humedales de la Sabana
"	<i>Sturnira ludovici</i>	Murciélago frutero	AD	P	Bosques aledaños	F	E	E	?	na	PP	A	na	Bosques, parques con mucha vegetación
"	<i>S. bogotensis</i>	Murciélago frutero	AD	P	Bosques aledaños	F	E	E	?	na	PP	A	na	Bosques, parques con mucha vegetación
"	<i>Anoura geoffroyi</i>	Murciélago	AD	P	Bosques aledaños	O	P	E	?	na	PP	A	na	Bosques, parques con mucha vegetación
Verperitilionidae	<i>Histiotis montanus</i>	Murciélago	AD	E	Bosques altoandinos	I	P	O	?	na	PP	A	na	Principalmente en los cerros, no la parte plana
"	<i>Lasius cinereus</i>	Murciélago	AD	P	Bosques aledaños	I	P	E	?	na	PP	A	na	Especie migratoria que no se reproduce aquí
"	<i>Myotis nigricans</i>	Murciélago	AD	P	Bosques y parques aledaños	I	P	P	E?	Drenaje, urbanización	PP	A	A?	Puede forrajear regularmente sobre los humedales
Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago	AD	E	Forrajea a gran altura	I	E	O	?	na	PP	A	na	Vuela alto, depende poco de los humedales propriadamente dichos

[illegible]

Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

Género - Especie	Nombre Común según Álvarez 2001 (en paréntesis, el nombre común en el Distrito Capital usado en el texto)	Distribución	Situación	Hábitat(s) preferido(s)	Dieta	Abundancia Histórica	Abundancia Actual	Tendencia Actual	Situación de conservación ***	Capacidad de Dispersión	Capacidad de Recuperación	Comentarios
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor común	AD	R	AA, AS, VET, F	I	C	P	d	PP	M	M	
<i>Podiceps anatinus</i>	Zambullidor cita	E	R	AS	I	C	X	na	X	na	na	Probablemente desapareció cerca de 1960
<i>Tachyphaps dominicus</i>	Zambullidor chico	AD	R?	AS, VET, F	I	E	B	E	PP	M?	M?	
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelcano común	AD	V	AA?	V	x	nr	na	PP	na	na	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical	AD	V	AA?	V	O	x	(d)	PP	A?	M?	
<i>Anhinga anhinga</i>	Pato aguja	AD	V	AA?	V	x	nr	na	PP	A?	M?	
<i>Casmerodius albus</i>	Garza real	AD	R	AS, OA	V	P	P	E?	PP	M	M	
<i>Ardea herodias</i> *	Garzón migratorio	AD	N	AS, OA, VE?	V	E	O	(d)	PP	A?	M	Muy pocos llegan a la Sabana
<i>Egretta caerulea</i> *	Garza azul	AD	N	AS, OA	V	O	O	E?	PP	A?	M	
<i>E. thula</i>	Garza patiamarilla	AD	V	APOA	V	O	x	(d)	PP	A?	M	
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita del ganado (garza del ganado)	AD	A	JUYE, AR	I	nr	A	E	PP	A	A	
<i>Butorides striatus</i>	Garcita rayada (cuajita)	AD	R	VE, VE	I, V	P	P	E?	PP	A	A	
<i>B. virescens</i> *	Garcita verde	AD	N	VE, VE	I, V	E	O	d	PP	A	M?	Varios individuos a intervalos largos
<i>Agamia agami</i>	Garza colorada	AD	V	?	V	O	nr	na	PP	?	B?	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Guaco común (Cuaca)	AD	R	JU, AR	V	P	E	D	PP	M	M?	Todavía anida localmente
<i>Nyctanassa violacea</i>	Guaco manglero	AD	V	OA?	Inv	x	nr	na	PP	?	?	
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Garza cucharón	AD	V	AR?	V	O	nr	na	PP	?	?	
<i>Tigrisoma lineatum</i>	Yaco colorado	AD	V	JU	V	nr	x	E?	PP	?	?	
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor común	AD	R	AA, AS, VET, F	I	C	P	d	PP	M	M	
<i>Podiceps anatinus</i>	Zambullidor cita	E	R	AS	I	C	X	na	X	na	na	Probablemente desapareció cerca de 1960
<i>Tachyphaps dominicus</i>	Zambullidor chico	AD	R?	AS, VET, F	I	E	E	E	PP	M?	M?	
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelcano común	AD	V	AA?	V	x	nr	na	PP	na	na	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical	AD	V	AA?	V	O	x	(d)	PP	A?	M?	
<i>Anhinga anhinga</i>	Pato aguja	AD	V	AA?	V	x	nr	na	PP	A?	M?	
<i>Casmerodius albus</i>	Garza real	AD	R	AS, OA	V	P	P	E?	PP	M	M	



Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

<i>Ardea herodias</i> *	Carzón migratorio	AD	N	AS,OA,VE?	V	E	O	(d)	pp	A?	M	Muy pocos llegan a la Sabana
<i>Egretta caerulea</i> *	Garza azul	AD	N	ASOA	V	O	O	E?	PP	A?	M	
<i>E. thula</i>	Garza patiamarilla	AD	V	APOA	V	O	x	(d)	PP	A?	M	
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita del ganado (garza del ganado)	AD	A	JUVE,AR	I	nr	A	E	PP	A	A	
<i>Butorides striatus</i>	Garcita rayada (cuauquita)	AD	R	VE,VE	I, V	P	P	E?	PP	A	A	
<i>B. virescens</i> *	Garcita verde	AD	N	VE,VE	I, V	E	O	d	PP	A	M?	Varios individuos a intervalos largos
<i>Agamia agami</i>	Garza colorada	AD	V	?	V	O	nr	na	PP	?	B?	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Guaco común (Cuaca)	AD	R	JU,AR	V	P	E	D	PP	M	M?	Todavía anida localmente
<i>Nyctanassa violacea</i>	Guaco manglero	AD	V	OA?	Inv	x	nr	na	PP	?	?	
<i>Cochlearitis cochlearis</i>	Garza cucharón	AD	V	AR?	V	O	nr	na	PP	?	?	
<i>Tigrisoma lineatum</i>	Vaco colorado	AD	V	JU	V	nr	x	E?	PP	?	?	
<i>Ixobrychus exilis</i>	Avetorillo bicolor (garcita dorada)	ADe	R	JU, M, J, EN, V, F	I, V	C	E	D	PP, cr	B?	B	
<i>Botaurus pinnatus</i>	Avetoro	AD	R	JU? EN?	V	P	X	na	PP	B	B	Probablemente desapareció en los 1970s
<i>Phimosus infuscatus</i>	Coquito	AD	V	OA	Inv	nr	x	(e)	PP	A?	?	
<i>Mycteria americana</i>	Cabeza de hueso	AD	V	AS?	V	x	nr	na	PP	A?	B?	
<i>Dendrocygna bicolor</i>	Iguasa María	AD	V	AS	H, G	O	x	(d)	PP	A?	?	
<i>D. vitiata</i>	Iguasa careta	AD	V	AA?, AS?	H, G	O	nr	na	PP	A?	?	
<i>Neochen jubata</i>	Pato carretero	AD	V	AA?, AS?	H, G	x	nr	na	PP	M?	B?	
<i>Anas flavirostris</i>	Pato paramuno	AD	V	AA, AS	H, G	O	x	(d)	PP	M	?	
<i>A. crecca</i>	Pato alverde	AD	N	AS?	H, G	x	nr	na	PP	A	?	
<i>A. georgica</i>	Pato pico de oro	ADe	R	AA?, AS?	H, G	P	X	na	PP	na	B	Probablemente desapareció antes de 1960
<i>A. acuta</i> *	Pato rabo de gallo	AD	N	AS?, AA?	H, G	P	nr	na	PP	A	B?	
<i>A. discors</i> *	Pato careto (pato canadiense, barraquete)	AD	N	AS, AA, V, H	H, G	C	P	d	PP	A	M	Anida en La Conejera desde ca. 1998
<i>A. cyanoptera</i>	Pato colorado	ADc	R	AS	H, G	P	X	na	PP, x	M	B	
<i>A. platyptera</i> *	Pato cucharo	AD	N	AS, AA	H, G	P	nr	na	PP	A	B?	
<i>A. americana</i> *	Pato americano	AD	N	AA?, AS?	H, G	E	nr	na	PP	A	B?	
<i>Nettion erythrophthalma</i>	Pato negro (pato carranguero)	AD	R	AS	H	C	X	na	X	M?	B	Desapareció a mediados del siglo XX

Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

Avifauna	Pato canadiense	AD	N	AA	H,G	P	nr	na	PP	A	B?
<i>Aythya affinis</i>	Pato canadiense	AD	N	?	H,G	O	nr	na	PP	?	?
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Pato brasileño	AD	V	?	H,G	O	nr	na	PP	?	?
<i>Cairina moschata</i>	Pato real	AD	V	ASVEVF?	H,G	O	nr	na	PP	?	?
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato andino (pato turto)	ADc	R	AA,AS,VF	H,G	C	P	d	CA	M	M?
<i>Oxyura dominica</i>	Pato encapuchado	AD	R	VE,VE	H	P	E	d	PP	M?	M?
<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo común	AD	EA	AE	Ca	A	A	E	PP	A	A
<i>Elanus leucurus</i>	Aguilla blanca	AD	F	AR,AE	V	O	C	A	PP	A?	A?
<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán caminero	AD	P	AR,AE	V	nr	O	a?	PP	A?	A?
<i>B. platypterus*</i>	Aguila migratoria	AD	P	AR,AE	V	P?	P	E?	PP	A	A
<i>Circus cinereus</i>	Lagunero cenizo	AD	R	JUVH,CT,AE	V	P?	X	na	PP,X	M?	B?
<i>C. cyaneus*</i>	Lagunero migratorio	AD	N	JUVH,CT,AE	V	E?	nr	na	PP	A	M
<i>Pandion haliaetus *</i>	Aguila pescadora	AD	N	AA	V	E	E	E	PP	A	M
<i>Falco peregrinus *</i>	Halcón peregrino	AD	N	AR,AE	V	P	E	a?	PP	A	A?
<i>F. columbarius</i>	Esmerejón	AD	N	AR,AE	V	E	E	E?	PP	A	M?
<i>F. sparverius</i>	Cernícalo	AD	P	OA,PE,AE	I	P	E	d?	PP	M	M?
<i>Bubo semilunatus</i>	Rascón andino (tingua bogotana)	E	R	JU,VE,VF,MJ	H,G,I	C	P	D	EP	M	B
<i>Borana carolina *</i>	Polluela migratoria	AD	N	JU	I,G	P	E	d?	PP	A	M?
<i>Neocrex erythrops</i>	Polluela piquitroja	AD	V?	JU,VE?	I,G	O?	O	E?	PP	A?	?
<i>Paridallus maculatus</i>	Rascón overo	AD	V?	JU,VE?	I,G	O?	O?	E?	PP	?	?
<i>Porphyrio martinica</i>	Polla azul (tingua azul)	AD	R?	VE,VE,MJ	I,G,H	C	P	d?	PP	A	M
<i>Porphyrio flavirostris**</i>	Polla llanera	AD	V	V?	I,G,H	x	x	E?	PP	A?	?
<i>Gallinula chloropus</i>	Polla gris (tingua de pico rojo)	AD	R	JU,VE,AS,VF	I,G,H	C	C	d	PP	M	M
<i>Gallinula melanops</i>	Polla sabanera (tingua de pico verde)	ADe	R	VE,AS,TF	I,G,H	A	E	D	EP	M?	B?
<i>Fulica americana</i>	Focha común (polla de agua, tingua pico amarillo)	ADc	R	AA,VE,VE,AS	I,G,H	C	A	a	PP	M?	A
<i>Helicoris fulica</i>	Colimbo selvático	AD	V	?	I,InvG	x	x	E?	PP	A?	?
<i>Jacana jacana</i>	Gallito de ciénaga	AD	V	VF	I,G	O	O	E?	PP	A?	?
<i>Tringa melanoleuca *</i>	Andarrios mayor (patiamarillo mayor)	AD	N	OA	Inv	C?	C	d?	PP	A	M

Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

<i>Tringa flavipes</i> *	Andarrios patiamarillo (patiamarillo menor)	AD	N	OA	Inv	C?	C	E	PP	A	M	Prefiere estar entre la vegetación
<i>Tringa solitaria</i> *	Andarrios solitario	AD	N	OA	I, Inv	C?	C	E	PP	A	A	
<i>Actitis macularia</i> *	Andarrios maculado	AD	N	OA	I, Inv	C	C	E	PP	A	A	
<i>Calidris melanotos</i> *	Correlimos pectoral	AD	N	OA	I, Inv	E	O	d	PP	A	M	Migratorio de paso, poco visto
<i>Bartramia longicauda</i> *	Correlimos sabanero	AD	NP	OA, PP	I	P?	nr	d	PP	A	?	Prob. hacia escalas en orillas peladas
<i>Gallinago gallinago</i>	Caica común	AD	N	OA?	Inv	E	O	d	PP	A	M	
<i>Gallinago nobilis</i>	Caica paramuna (caica)	AD	R	OA, MJ	Inv	C	P	d	PP	M	M	
<i>Vanellus chilensis</i>	Pellar común	AD	P	PP	I, Inv	x	E	a	PP	M?	M?	Recién establecido en la Sabana
<i>Larus atricilla</i> *	Gaviota reidora	AD	V	AA	O	nr?	O	a?	PP	A	?	
<i>Phaethon simplex</i>	Gaviotín picudo	AD	V	AA	V	x	x	E?	PP	A?	?	
<i>Zenaidura macroura</i>	Torcaza nagüiblanca	AD	D	AR	G	C	x	A	PP	A	A	Dormitorios de centenares en árboles
<i>Forpus conspicillatus</i>	Periquito de anteojos	AD	P	AR	G	nr	P	a	PP	M	M	Rondas arborizadas con arboloco
<i>Coccyzus americanus</i> *	Cucillo migratorio	AD	N	AR, CT	I	C?	C	E?	PP	A	A?	Migratorio de paso frecuente
<i>Tyto alba</i>	Lchuza común	AD	P	AE, OA, PP	V	P?	P?	E?	PP	A?	A	Caza ratas sobre las zonas más abiertas
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	Búho rayado	AD	R?	MJ, OA?	V	nr	E	a?	PP	M	?	Ha anidado en H. de Córdoba
<i>Asio flammeus</i>	Búho campestre	AD	RPP	MJ, PP, OA?	V	C	O	D	PP, v	M	B?	Muy pocos registros recientes en toda SB
<i>Chordeiles minor</i> *	Chotacabras migratorio	AD	N	AE	I	C?	P?	d?	PP	A	M	Cazaba insectos sobre los humedales
<i>Caprimulgus longirostris</i>	Guardacaminos andino	AD	P	OA, PP, AE	I	C?	P	d?	PP	M	M	Principalmente <i>Eucalyptus</i>
<i>Colibri coruscans</i>	Chilón común	AD	P	AR	NI	C	C	E	PP	A	A	
<i>Ceryle borquitta</i>	Martín pescador mayor	AD	V	AR, AA	V	O	x	d?	PP	M	B?	
<i>Synallaxis subpudica</i>	Rastrojero rabiblanco	O	P	CT	I	C	C	E	PP	B	M	Abundante en los cerros de la Sabana
<i>Elania flavogaster</i>	Elania copetona	AD	P	CT	LF	nr	E	a	PP	M	A?	
<i>E. frontalis</i>	Elania montañera	AD	P	CT, AR	LF	C?	C	E	PP	M	M?	Rondas con sauces, laurel de cera
<i>Microcerculus leucophrys</i>	Tiranuelo gorgiblanco	AD	P	CT	I	C?	P	d?	PP	M?	?	Prob. era típica de los alisales
<i>Serpophaga cinerea</i>	Tiranuelo saltarroyo	AD	R	OA, AR	I	E?	E	E?	PP	B?	?	Vegetación emergente o que cuega bajo
<i>Polystictus pectoralis</i>	Tachuri barbado	ADe	R	JUV, VE?	I	E?	X	na	AM, x	B?	B?	Sus requisitos nunca fueron registrados
<i>Pseudocolaptes acutipennis</i>	Doradito lagunero	AD	R	JUV, MJ	I	nr?	O	d	AM	B?	B	Muy inconspicuo, vuela muy bajo
<i>Contopus cooperi</i> *	Atrapamoscas boreal	AD	NP	CT	I	P	E	E?	PP	B?	M	

Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

C. (trens) (sordidus)*	Atrapamoscas (Pib)	AD	NP	CT	I	C	C	E?	PP	A	M	Prefiere rondas arborizadas
Exiphanax (trilli)	Atrapamoscas de Traill	AD	N	CT,AR	LF	P	P	E	PP	A	A	Vegetación densa cerca del agua
Pyrcecephalus rubinus	Atrapamoscas pechirrojo	AD	P	AR	I	E?	P	a	PP	M	M?	Arboles sembrados en las rondas
Sayornis nigricans	Atrapamoscas guardapuentes	AD	R	AR,OA	I	O	O	E?	PP	M	?	Más de ríos que humedales
Tyrannus savana **	Siriri tijereta	AD	V	AR,MJ,PP	I	O	O	E?	PP	A	?	A veces bandadas en los bordes
Tyrannus tyrannus *	Siriri migratorio	AD	F	AR,MJ,PP	LF	O	O	E?	PP	A	A?	A veces bandadas en los bordes
Tyrannus melancholicus	Siriri común (Siriri)	AD	F	AR,PP,AE	LF	P	C	A	PP	A?	A	Sigue aumentando en la Sabana
Tyrannus dominicensis	Siriri gris	AD	F	AR,AE	I	x	x	E?	PP	A?	M?	
Erenophila alpestris	Alondra cornuda	ADe	P?	OA,PP	LG	P?	O?	D	PP,ep	A?	B?	Prob. ocupaba orillas abiertas peladas
Progne subis **	Golondrina sabanera	AD	NF	AE,AR	I	P	E	d	PP	A	M	
Notiochelidon murina	Golondrina ahumada	AD	F	AE	I	C	C	E	PP	A	A?	A veces abundante, bandadas itinerantes
Notiochelidon cyaneuca**	Golondrina azul y blanca	AD	V	AE	I	E	O	E?	PP	A	?	
Riparia riparia *	Golondrina riparia	AD	V	AE	I	P?	E	d?	PP	A	?	
Hirundo rustica *	Golondrina tijereta	AD	N	AE	I	P	P	E?	PP	A	A?	Migratorio de paso frecuente
Petrochelidon pyrrhonota *	Golondrina alfarera	AD	V	AE	I	E?	E	E?	PP	A	?	
Cistothorus palustris	Cucarachero de Apolinar (chirriador)	E	R	JU,CT,VE	I	A	E	D	PE,cr	B	B	todavía común en muy pocos sitios
Troglodytes naclon	Cucarachero común (cucarachero)	AD	R	JU,CT,VH,MJ	I	C	C	E	PP	M	A	
Mimus gilvus	Sinsonte común	AD	P	AR,CT,PP	LF	E?	P	a?	PP	M	M	Áreas abiertas de la ronda en sitios secos
Catharus ustulatus*	Zorral de Swainson	AD	NP	AR,CT	LF	C	C	E?	PP	A	M?	Migratorio de paso frecuente
Turdus fuscater	Mirla común	AD	P	AR	O	C	C	E	PP	M	M	
Vireo olivaceus*	Verderón ojirrojo	AD	NP	AR	LF	C?	C	E?	PP	A	M	Migratorio de paso frecuente
Molothrus bonariensis	Chamón pardito (chamón)	AD	ND	JUAE	LG	P?	A	a	PP	A	A	A veces duermen centenares
Quiscalus lugubris	Chango llanero	AD	V?	VH?	LG	nr	O	?	PP	?	?	Un grupo una vez en Tibanca
Agelaius ictercephalus	Turpial cabecanarillo (monilla)	ADe	R	JUVEVEVH	LG	A	C	D	PP,v	M	M	Parasitizado por el chamón
Icterus chrysater	Turpial montañero	AD	P	AR	I	C	P	d	PP	M	M?	Rondas con árboles altos; antes alisales
Icterus nigrogularis	Turpial amarillo	AD	P	AR	I	nr	E	a	PP	M	?	Rondas arborizadas, aumentando
Dendroica petechia *	Reinita amarilla	AD	NP	CT,AR	I	E?	E	E?	PP	A	?	Cierta preferencia hacia los sauces

Anexo 6. Avifauna de los humedales de Bogotá

Seturis nonborensis *	Reinita acuática	AD	N	OA, JU, OA, VE	I	P	F	E?	PP	A	M	Bordes con vegetación y lodo
<i>Protonotaria citrea</i> *	Reinita cabeceadora	AD	NP	CT	I	nr?	O	?	PP	A	?	Arboles y arbustos cerca del agua
<i>Oporornis philadelphia</i> *	Reinita enlutada	AD	NP	CT	I	E?	B	E?	PP	A	M?	Vegetación densa cerca del agua
<i>Diglossa humeralis</i>	Diglossa negra	AD	P	CT	LN	C	C	E	PP	M	M	Presente en la periferia cuando hay flores
<i>Controstrum rufum</i>	Controstru rufo	O	P	AR, CT	IF	P?	P	E?	PP	M	M	Rondas arborizadas, esp. con arboloco
<i>Piranga rubra</i> *	Piranga roja	AD	NP	AR	IF	C?	C	E?	PP	A	M	Arboles altos en la ronda
<i>Piranga olivacea</i> *	Piranga alinegra	AD	NP	AR	IF	P	P	E?	PP	A	M	Arboles altos en la ronda
<i>Phenicticus ludovicianus</i>	Picogordo degollado	AD	NP	AR	G	P	P	E?	PP	A	M?	Rondas arborizadas, esp. con arboloco
<i>Paroaria gularis</i>	Cardenal pantanero	AD	V	AR, CT	EG	O	O	E?	PP	?	?	Posiblemente siempre un escapado
<i>Catamania analis</i>	Semillero coliblanco	AD	P	PP, MJ	IF	P	P	E?	PP	M	M?	A veces común en pastizales periféricos
<i>Sicalis luteola</i>	Sicalis sabanero	AD	R	JU, MJ, PP	G	P	C	d	PP	A	M?	Todavía común en potreros húmedos
<i>Sicalis citrina</i>	Sicalis coliblanco	AD	R?	JU?	G	x?	O?	E?	PP	?	?	Difícil de distinguir de <i>S. luteola</i>
<i>Sicalis florea</i>	Sicalis coronado	AD	P	PP, CT	G	nr	P	a	PP	A	A?	Aumentando en áreas abiertas de la Sabana
<i>Zonotrichia capensis</i>	Copetón común (copetón)	AD	R	JU, MJ, PP, CT, VH	IG	A	A	E	PP	A	A	Frecuentemente jurcales con poco agua
<i>Carduelis palmarum</i>	Jilguero aliblanco	AD	P	PP, MJ, JU	G	C?	C	E	PP	A	A?	A veces común en pastizales periféricos
<i>C. spinescens</i>	Jilguero andino	AD	P	PP, MJ, JU	G	C?	C	E	PP	A	A?	Come semillas de junco y eucaliptos
Abreviaturas y Convenciones (ver texto, Tabla 3.9-3.10) para explicaciones, excepto para los casos anotados):												
SITUACIÓN: R = residente permanente; R? = residente parcial; P = especie periférica; E = especie externa; V = visitante ocasional. Para definiciones detalladas de estos términos, ver el texto.												
DIETAS: I = insectívora; Inv = invertebrados (lombrices, etc.); C = carnívora; F = frugívora; H = herbívora; G = granívora (consume una gama amplia de alimentos)												
ABUNDANCIAS: A = abundante; C = Común; P = poco común; E = escaso; O = ocasional; x = accidental; X = extirpado o extinto; * = abundancia varía según el humedal.												
HABITATS: ver Tabla 2.4. AB = aérea: sobrevuela varios hábitats durante su forrajeo. Los hábitats críticos para una especie se señalan con letra itálica (principalmente para especies residentes o regulares). Para especies no registradas en años recientes se señalan incertidumbre con ?												
TENDENCIA ACTUAL: = aumentando fuertemente; a = aumentando levemente; E = estable (aparentemente); d = disminuyendo levemente; D = disminuyendo fuertemente; ' = desconocida; x = extinta.												
CAPACIDADES DE DISPERSIÓN Y RECUPERACIÓN: A = alta; M = moderada o intermedia; B = baja; ? = insuficiente información para asignar una categoría definitiva.												
* = migratoria boreal												
** = migratoria austral												
*** = Según Renjifo et al. 2001. El estatus de las subespecies endémicas y amenazadas aparece en minúscula al lado de la especie.												
REFERENCIAS: Alvarez-López, H. 2001. Traducción al español de Hilty, S.L. & W.L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. American Bird Conservancy, Colombia, y Asociación Bogotana de Ornithología. 2000. Aves de la Sabana de Bogotá: guía de campo. ABO, CAR, Bogotá.												

Anexo 7. Valores generales de hábitats para las aves de los humedales de Bogotá

HABITATS	Rall. semi. apol.	Ixo. ex.bo.	Game. bo.	Ox.ja. and.	Fuam. co.	Agict. bo.	Total spp./ spp. endémicas	Pod. podi.	But. stri.	Bub. ibis	Cas. alb.	Nyc. nyct.	Ana. disc.	Gall. chl.	Por. mart.	Act. mac.	Tri. solit.	Tri. flav.	Tri. mela.	Cal. mela.	Pse. acut.	Total otras spp. humedal	VALOR TOTAL	
HUMEDAL (según Tabla 4.5.1)																								
JU (juncal)	8,5	9	7	5	4	5	6	44,5	1	6	5	4	4	3	7	7	0	3	1	1	0	8	50	94,5
JS (juncal seco)	4	4	3	2	2	3,5	5	23,5	0	1	2	0,5	0,5	1	1	3	0	1	0	0	0	6	16	39,5
EN (enea)	6	6	5	4,5	2	4,5	5	33,0	0	4	3,5	1	2	0,5	5	6	0	1,5	0	0	0	5	28,5	61,5
MA (macollas)	6	3	3	2	2	1	2,5	19,5	0	2	1	2	0	0,5	3,5	3	0	2	0,5	0	2	17	36,5	
VE (veg. emergente)	4	3	5	6,5	3,5	6	3	31,0	5	2	1	3	0,5	4	8	6	0,5	3	2	0	2	39	70,0	
VH (veg. herbacea borde)	2	0,5	2	3	2	3,5	2	15,0	0	0,5	2,5	0,5	0	0	3,5	4	0	1,5	0,5	0	0,5	14	29,0	
VF (veg. flotante)	5	1	1	3,5	3	4	1	18,5	4	2	0	1	1	2,5	4	4	0,5	1	0	0	0	20	38,5	
TF (tapete flotante)	1	0	0	3	3	2	0	9,0	3	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	8	17,0	
PI (pradera inundable)	2	2	1	0	1	0	0,5	6,5	0,5	1	0	2	0	0	0	2	0,5	2	1	1	0	11	17,5	
OA (orilla abierta)	1	0	0	0	0	0	1	2,0	0	1	1	2	3	0	1	1	6	5	6	6	0	38	40,0	
AS (agua panda - veg. sumerg.)	0	0	0	2	3	3	0	8,0	6	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11	19,0	
AA (agua abierta)	0	0	0	3	3	4	0	10,0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	9	19,0	
RONDA																								
Aliso ( <i>Alnus</i> )	0	2	0	0	0	0	0,5	2,5	0	1	2	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0,5	9,5	12,0	
Sauce ( <i>Salix</i> )	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	6,0	
Bosque nativo mixto	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	1	3	1	0	0	0,5	0	0	0	0	0	5,5	5,5	
Bosque exótico mixto	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	6	6,5	
Arbustos nativos ( <i>Baccharis</i> , <i>Cestrum</i> ) etc.	0	3,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	7,0	0	4	0	2	1	0,5	0,5	1,5	0	0	0	0	4	13,5	20,5	
Moral espinoso ( <i>Rubus</i> etc.)	0,5	0	0	0,5	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	
Pasto kikuyu alto	0,5	1	1	2	1	0	0	5,5	0,5	0,5	2	0	0	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0	5	10,5	
Veg.baja y rala (pastos nativos etc.)	0	0	0	0	0	1	1	2,0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	2	1	2	0	11	13,0	

Ver explicación de cómo se obtuvieron los valores en texto.

Nombres completos de las especies en Anexo 4.5.3, Avifauna

Anexo 8-9 Evaluación de la oferta ambiental de los humedales de Bogotá en función de la fauna																	
Cobertura del tipo de vegetación en cada humedal (para abreviaciones ver texto)																	
Humedales (*)	Techo	Vaca	Burro	Capellanía	Tibánica	J. Am. lago	J. Am. medio	J. Am. bajo (L. Tibabuyes)	Jaboque alto	Jaboque bajo	S.M.del Lago	M. del Say	Córdoba	Torca	Guaymaral	La Conejera	POTENCIAL MAXIMO
Hábitat (Véase Tabla 2.4)																	
Vegetación acuática:																	
Juncal	0	0	1	0.5	2	1	2	2	2.5	2	0.5	2	0.5	0	2	2	2
Juncal "seco"	1	0	(1)	2	0	0?	1+	1	2	0.5	0	1	0	2	0+	0+	0+
Enea	3	0	1	0	2	1	0	0.5	0.5	1	3	0	0	3	2	2	1
Macollas	0.5	0	1	2	1	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0.5	1	1	1	2
Veg. herb. emerg./borde	0.5	3	3	2	2	2	3	2	3	2	3	1	3	1	2	2	2
Pradera anegada	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0
Veg. flotante	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	0.5	3	0.5	1	0.5	3	0.5	0	2	2	2
Tapete flotante	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	2	2	1
Orilla abierta	0.5	0	0.5	1	0.5	0.5	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Agua panda/veg. sumerg.	0	0	0	0	1	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2
Agua abierta	0	0.5	0	0	1	3	0	1	0	0	2	0	0.5	0	0	0.5	0.5
Total hábitats acuáticos	7	4	8	6	9	8	4	9	5	9	7	5	7	5	8	9	10
Diversidad hábs. acuáticos	1	0	4	4	8	4	2	7	1	6	2	2	1	4	7	8	10
Cantidad de juncal	0.5	0	1	1.5	2	1	2	2	2	2	0.5	2	0.5	1	2	2	2
Área efectiva humedal	1	1	2	2	3	4	3	4	3	4	2	2	3	1	3	4	4
OFERTA ACTUAL	9.5	5	15	13.5	22	17	11	22	11	21	11.5	11	11.5	11	20	23	26
Porcentaje del máximo	36.5	19.2	57.7	51.9	84.6	65.4	42.3	84.6	42.3	80.8	44.2	42.3	44.2	42.3	76.9	88.5	100
Vegetación Ronda:																	
Ancho	0.5	0.5	1	1	2.5	2	1	1.5	0.5	2	2.5	1	3	1.5	2	3	3
Fisonomía vegetación	0.5	0.2	1	0.5	1.5	1	0.5	1	0.5	1.5	3	1	4	1.5	1.5	3	4
Cobertura veg. leñosa	2	0	1	0	1	0	0	0.5	0	1	2	0	3	0	0	2.5	3
Composición vegetación	1	0.5	1	0.5	2	1	1	1	0	1	2	0.5	2	1	0.5	2.5	3
Entorno	0.5	0	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1	0.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2	2	2.5	3
OFERTA ACTUAL	4.5	1.2	4.5	3.5	8.5	5.5	3.0	5.0	1.5	7.0	11.0	4.0	14.5	6.0	6.0	13.5	16
Porcentaje del máximo	28.1	7.5	28.1	21.9	53.1	34.4	18.8	31.2	9.4	43.8	68.8	25.0	90.6	37.5	37.5	84.4	100
(*) SEGÚN CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LAS TABLAS 2.5 Y 2.6																	

Anexo 10. Potencial biótico de los humedales de Bogotá, en términos de las especies de aves. Mayores puntajes a las especies endémicas y amenazadas.

Humedales	Techo	Yaca	Burro	Capellanía	Tribanica	J. Am. lago	J. Am. medio	J. Am. bajo	Jaboque alto	Jaboque bajo	S.M. del Lago	M. del Say	Córdoba	Torca	Guaymaral	La Conejera	Total de humedales presente:
Especies de aves:																	
Especies endémicas y amenazadas: 4 puntos por cada una presente																	max.
<i>Rallus semipalmatus</i>					x			?	x	x					x	x	5,1?
<i>Cistothorus apolinari</i>					x					x					x	x	4
Total puntos:	0	0	0	0	8	0	0	4	0	8	0	0	0	0	8	8	
Subespecies endémicas y amenazadas: 3 puntos para cada una presente																	
<i>Gallinula melanops bogotensis</i>					x			?		x					x	x	4,1?
<i>Ixobrychus exilis bogotensis</i>										?						x	1,1?
<i>Oxyura jamaicensis andina</i>					x	x											2
Total puntos:	0	0	0	0	6	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	6	9
Otras subespecies endémicas: 2 puntos para cada una presente																	
<i>Fulica americana columbiana</i>			?		x	x		x		x	x		x		x	x	8,1?
<i>Agelaius icterocephalus bogotensis</i>	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Total puntos:	2	0	2	2	4	2	2	4	2	4	4	2	4	2	4	4	4
Otras especies amenazadas: 2 puntos para cada una presente																	
<i>Pseudocolaptes acutipennis</i>										x						x	2
Total puntos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
Otras especies de aves acuáticas: 1 punto para cada una presente																	
<i>Podilymbus podiceps</i>					x	x		?			x					?	3,2?
<i>Bubulcus ibis</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
<i>Casmerodius albus</i>			x		x	x		x		x	x				x	x	8
<i>Butorides striatus</i>					x			x		x	x		?		x	x	6,1?
<i>Egretta caerulea</i> *					x	x		?		?					?	x	2,3?



Anexo 10. Potencial biótico de los humedales de Bogotá, en términos de las especies de aves. Mayores puntajes a las especies endémicas y amenazadas.

Humedales	Techo	Vaca	Burro	Capellanía	Tibanica	J. Am. lago	J. Am. medio	J. Am. bajo	Jaboque alto	Jaboque bajo	S.M. del Lago	M. del Say	Córdoba	Torca	Guaymaral	La Conejera	Total de humedales presente
<i>Nycticorax nycticorax</i>					?					x						x	2,2?
<i>Anas discors</i> *					x	x		x							x	x	5
<i>Porzana carolina</i> *					?			?								x	1,2?
<i>Gallinula chloropus</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
<i>Porphyrio martinica</i>	x		x	x	x	x		x	?	x	x	?	x	x	x	x	12,2?
<i>Actitis macularia</i> *						x	x	x			?					x	3,1?
<i>Tringa solitaria</i> *	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	14
<i>Tringa flavipes</i> *					x	x		x		x			x			x	6
<i>Tringa melanoleuca</i> *					x	x	x			x			x			x	6
<i>Gallinago nobilis</i>					?			x		x					?	x	3,2?
<i>Gallinago gallinago</i> *				x													1
<i>Serpophaga cinerea</i>										x					x	x	3
Total puntos:	4	1	5	5	11	9	5	9	3	11	6	3	6	4	8	15	17
PUNTAJE TOTAL:	6	1	7	7	29	14	7	17	5	28	10	5	10	6	23	35	40
Porcentaje del máximo posible	15%	3%	18%	18%	73%	35%	18%	43%	13%	70%	25%	13%	25%	15%	58%	88%	100%

Anexo 11

Clave artificial para identificación de familias, géneros y especies de plantas acuáticas y semiacuáticas de la vegetación de los humedales del Distrito capital. (extractada de la clave desarrollada por SCHMIDT - MUMM, 1998)

1. PTERIDOPHYTA

- 1a Tallos huecos con hojas verticiladas en los nudos y soldados entre si .....EQUISETACEAE  
 1b Tallos no huecos, hojas diferentemente dispuestas, no soldadas .....2  
 2a Plantas no flotantes, enraizadas en lugares pantanosos; lámina con cuatro foliolos apicales; esporocarpos resistentes .....MARSILEACEAE  
 2b Plantas flotantes; hojas bilobuladas cubiertas de papilas; esporocarpos delicados .....SALVINIACEAE

REFERENCIAS GENERALES: Cook *et al.*, 1974; Correll & correll, 1975; Murillo, 1966; Murillo & Harker, 1990; Tryon & Tryon, 1982.

2. SPERMATOPHYTA

- 1a Partes florales generalmente en número de 3; hojas generalmente paralelinervadas; cotiledón comúnmente 1; tallo generalmente con haces vasculares y cuando leñosos, no formando anillos anuales .....MONOCOTYLEDONEAE  
 1b Partes florales generalmente 4 - 5; hojas comúnmente retículo-nervadas; cotiledones comúnmente 2; tallo generalmente con haces vasculares en anillo y, si leñosos, con anillos anuales .....DICOTYLEDONEAE

2.1 Monocotyledoneae

- 1a Perianto ausente o rudimentario, consistentes de escamas, brácteas o cerdas .....2  
 2a Las flores (estambres y pistilos) nacen en las axilas de escamas o glumas; hojas usualmente largas y lineares; plantas graminoides .....3  
 3a Vaina floral usualmente abierta; tallos redondeados, unidos y usualmente huecos .....POACEAE  
 3b Vaina foliar usualmente cerrada; tallos muchas veces triangulares, no unidos y usualmente sólidos .....CYPERACEAE  
 2b Las flores nacen de diferentes maneras pero no como la anterior; hojas variables o ausentes .....4  
 4a Perianto formado por cerdas, o por 3 ó 6 sépalos membranáceos y con forma de escama; flores unisexuales, muy pequeñas y en espigas cilíndricas densas .....TYPHACEAE  
 4b Perianto cuando presente, formado por brácteas carnosas o herbáceas .....5  
 5a Fruto con forma de baya, con más de 1 semilla; las flores nacen sobre espigas carnosas; plantas semiacuáticas o muy pequeñas y errantes .....6  
 6a Plantas erectas, terrestres o semiacuáticas; las flores nacen sobre un espádice .....ARACEAE  
 6b Plantas diminutas; errantes sumergidas o flotantes; flores rara vez presentes .....LEMNACEAE  
 5b Fruto un aquenio o drupáceo; plantas enraizadas sumergidas o con hojas flotantes .....7  
 7a Flores unisexuales, estambres 1 .....NAJADACEAE  
 7b Flores perfectas, estambres 4 .....POTAMOGETONACEAE  
 1b Perianto usualmente presente o por lo menos el verticilo interior más o menos petaloide .....8  
 8a Flores muy irregulares; un pétalo modificado usualmente a manera de labio; estambres y estilos unidos a manera de columna; semillas diminutas .....ORCHIDACEAE  
 8b Flores diferentes a la anterior descripción .....9  
 9a Pistilos simples .....10  
 10a Ovario superior .....11  
 11a Segmentos del perianto presentes, separados en sépalos y pétalos; inflorescencia verticilada; fruto un aquenio .....ALISMATACEAE  
 11b Segmentos del perianto ausentes, o de segmentos iguales cuando presentes; inflorescencia delgada; racimo sin brácteas; fruto una núcula aplanada o triangular .....JUNCAGINACEAE  
 10b Ovario inferior .....HYDROCHARITACEAE  
 9b Pistilos compuestos .....12  
 12a Estambres petaloides, 1 fértil .....CANNACEAE  
 12b Estambres no petaloides. 3 ó 6; todos fértiles .....13  
 13a Perianto corolino, con 6 segmentos imbricados; plantas herbáceas, errante flotantes o palustres .....PONTEDERIACEAE  
 13b Perianto bracteode, 6 tépalos dispuestos en 2 verticilos; plantas juncoides o graminoides, palustres o terrestres .....JUNCACEAE

REFERENCIAS GENERALES: Badillo *et al.*, 1985; Cook *et al.*, 1974; Correll & correll, 1975; Gómez, 1984; Godfrey & Wooten, 1979; Kahn *et al.*, 1993; Lasser, 1954; Velásquez, 1994.

CYPERACEAE

- 1a Flores unisexuales; flores femeninas encerradas en un "utrículo" que envuelve solamente al ovario o al fruto, aquenio recubierto por una envoltura .....Carex  
 1b Flores hermafroditas; flores femeninas no encerradas, aquenio libre .....2  
 2a Espiguillas con tres o más glumas estériles .....Rhynchospora  
 2b Espiguillas sin glumas inferiores estériles .....3  
 3a Tallos rollizos, sin hojas; inflorescencias en espigas terminales simples .....Eleocharis  
 4a Glumas dispuestas en dos hileras sobre el eje de la espiguilla .....Cyperus  
 4b Glumas dispuestas en espiral .....5  
 5a Flores con glumas perigonales más o menos anchas .....Fuirena  
 5b Flores sin glumas perigonales .....6  
 6a Estilo con la base dilatada; flores sin cerdas perigonales .....Fimbristylis  
 6b Estilo sin la base dilatada; flores con cerdas perigonales .....Scirpus

*Eleocharis* R. Br., Prod. Fl. Nov. Holl. 224. 1810.

- 1a Estilo bifido; aquenio maduro verde oliva ..... *E. sellowiana* ..... 2  
 1b Estilo trifido ..... 2  
     2a Superficie del aquenio áspera, manifestamente reticulada-porosa o formando hileras de travéculas rectangulares ..... 3  
         3a Culmos de menos de 5.0 cm de longitud; setas perigonales 2, más cortas que el aquenio, a veces ausentes; base del estilo corta ..... *E. exigua* ..... 3  
         3b Culmos mayores de 5.0 cm de longitud; setas perigonales 3, más largas que el aquenio; base del estilo alargada ..... *E. stenocarpa* ..... 4  
     2b Superficie del aquenio lisa, no manifestamente reticulada-porosa ..... 4  
         4a Base del estilo ovado-mucronada ..... *E. dombeyana* ..... 4  
         4b Base del estilo cónico-angosta o lanceolada, atenuada proximalmente ..... *E. Macrostachya* ..... 4

REFERENCIAS: Chamorro, 1981; Koyama, 1978; Mora-Osejo, 1966; Standley & Steyermark, 1958; Svenson, 1943; Thomas, 1992; Tucker, 1983.

#### HYDROCHARITACEAE

- 1a Plantas flotantes, hojas en rosetas basales ..... *Limnobium* .....  
 1b Plantas sumergidas; hojas en verticilos a lo largo de un tallo alargado ..... *Egeria* .....

REFERENCIAS: Cook & Urmi-König, 1983, 1984; Haynes & Holm-Nielsen, 1986; Schmidt-Mumm, 1996.

#### JUNCACEAE

REFERENCIAS: Balslev, 1978, 1996; Mora-Osejo, 1966.

*Juncus* L., Sp. Pl. 325. 1753.

- 1a Flores abrazadas por dos bracteolas, insertadas sobre el pedicelo inmediatamente por debajo de los tépalos conjuntamente a las brácteas que soportan el pedicelo; inflorescencias compuestas, cimosas, con inflorescencias parciales frecuentemente como cimas 1- ó 2- paras cuyas ramitas caen todos en un mismo plano (drepanio) ..... 2  
     2a Hojas con lámina bien desarrollada, lineares, planas o canaliculadas; inflorescencias terminales sobre el culmo, bráctea inferior de la inflorescencia similar a las hojas caulinares (Subgen *Poiphylli*) ..... 3  
         3a Plantas anuales sin rizomas, la inflorescencia ocupa  $\geq \frac{1}{2}$  del total de la planta; vainas foliares sin aurículas ..... *J. bufonius* .....  
         3b Plantas perennes con rizomas; la inflorescencia ocupa  $\leq \frac{1}{4}$  del total de la planta, vainas foliares auriculadas (rizomas densamente ramificados, no horizontalmente reptante, culmos en manojos, (*J. Tenuis*) ..... 4  
             4a Lámina plana o canaliculada con un grosor igual en todos los cortes transversales, superficie adaxial con una banda de células hialinas ocupando al menos  $\frac{3}{4}$  del ancho de la lámina; aurículas escariosas en la unión de la vaina con la lámina, muchas veces alargadas y más largas que anchas; con segmentos de ramas alargadas entre las mismas ..... *J. tenuis* var. *tenuis* .....  
             4b Lámina cilíndrica (terete), angulada o canaliculada en cortes transversales, cuando canaliculada más gruesa en la parte central del corte, superficie adaxial con una banda de células hialinas que ocupan menos de  $\frac{1}{3}$  del ancho de la lámina o ausentes; aurículas fiemes y cartilaginosas, redondeadas y más cortas que anchas; inflorescencia congestionada y más o menos capitulada ..... *J. tenuis* var. *Platycaulos* .....  
     2b Lámina ausente, hojas presentes únicamente como catáfilos basales envainadores; inflorescencias pseudolaterales, bráctea inferior de la inflorescencia aparentando una continuación del culmo (Subgen *Juncus*) ..... 5  
         5a Médula del culmo parenquimatosa; culmos duros y sólidos ..... *J. ramboi* subsp. *Colombianus* .....  
         5b Médula del culmo aerenquimatosa; culmos con un exterior duro y centro suave (culmos 2 a 6 mm de diámetro; tépalos estramíneos o castaño, si castaño más de 3.5 mm de largo ..... *J. effusus* .....  
 1b Flores sin las dos bracteolas pero con una bráctea floral en la base del pedicelo; inflorescencias con las flores agrupadas en cabezuelas, de tipo tirsoide en donde las ramitas laterales superan la longitud del eje (antela) (lámina de las hojas cilíndricas, ahuecadas, septadas, Subgen. *Septalia*) ..... 6  
     6a Plantas no densamente cespitosas, rizomas rastreros con internudos cortos; catáfilos presentes y usualmente conspicuos cabezuela de las flores estramíneas; plantas 65 a 135 cm de altas) ..... *J. densiflorus* .....  
     6b Plantas cespitosas, rizoma densamente ramificado y no rastrero; catáfilos inconspicuos o ausentes (cápsula  $\leq$  que los tépalos, redondeada; plantas > 10 cm altas; cabezuelas multifloras; inflorescencia madura sobresaliendo del follaje, abiertamente ramificada y con varias cabezuelas; semillas  $\leq$  0.5 mm; cápsula < 3.5 mm del larga; último pedúnculo < 0.4 mm de diámetro; estambres 6 ..... *J. microcephalus* .....

#### LEMNACEAE

- 1a Plantas con 1 a 21 raíces; frondas con 1 a 16 (21) nervios, las frondas filiales y flores se originan en dos bolsas laterales localizadas en la base de la fronda materna; flores rodeadas por una espata membranacea; con dos estambres 4-loculares; idioblastos presentes, semillas longitudinalmente acostilladas ..... 2  
     2a Frondas con 2 a 21 raíces, rara vez 1; con 5 a 16 (21) nervios, rara vez con 3, frondas con un perfil cubriendo la base de las raíces; frondas con células de pigmentos; con rafidios y drusas ..... *Spirodela* .....  
     2b Frondas con 1 raíz, 1 a 5 nervios, rara vez 7; sin perfil en la parte inferior, sin células de pigmento, pero muchas veces teñidas de rojo; únicamente rafidios ..... *Lemna* .....  
 1b Sin raíces; frondas sin nervios, las frondas filiales se originan en una sola bolsa terminal o en una cavidad en la base de la fronda; flores sin espata, originadas en una cavidad en la superficie dorsal de la fronda; con un estambre 2-locular; idioblastos ausentes; semilla casi lisa ..... 3  
     3a Frondas aplanadas, con espacios aeríferos; las frondas filiales surgen de una bolsa aplanada terminal en un extremo de la fronda materna; las flores se originan en una cavidad al lado de la línea media de la superficie superior ..... *Wolffiella* .....

3b Frondas engrosadas (con forma globular, elipsoide, cilíndrica, cónica, nuculosa o de brote); las frondas filiales surgen de una bolsa terminal cónica en la base de la fronda materna; las flores se originan en una cavidad sobre o cerca de la línea media de la superficie superior ..... *Wolffia*

*Lemna* L., Sp. Pl. 1753.

- 1a Frondas con 3 a 5 (rara vez 7) nervios (vainas de la raíz sin ala; espacios aeríferos normalmente más de 0.3 mm de diámetro, plantas muchas veces aparentemente infladas) ..... *L. gibba*  
 1b Frondas con 1 nervio ..... 2  
 2a Nervio más largo que el área de espacios aeríferos en la fronda, alcanzado por lo menos ¾ partes de la distancia entre nudo y ápice, la mayoría de las veces prominente; con una capa de espacios aeríferos; fruto 1-1.35 mm de largo ..... *L. valdiviana*  
 2b Nervio rara vez más largo que el área de espacios aeríferos en la fronda, alcanza no más que 2/3 de la distancia entre el nudo y el ápice, algunas veces distinto; con 1-2 capas de espacios aeríferos; fruto 0.6-1.0 mm de largo ..... *L. minuta*

*Wolffia* Horkel ex Schleid

- 1a Plantas globulares a ovoides o con forma de bote, 1-3 veces más largas que anchas, células de pigmento ausentes ..... *W. columbiana*  
 2a Plantas nuculiformes (forma de nuez); ½-1 veces más largas que anchas; con células de pigmento en el tejido vegetativo ..... *W. brasiliensis*

*Wolffiella* (Hegelm.) Hegelm.

- 1a Parte inferior de la bolsa con una hilera de células elongadas a lo largo de la línea media ..... *W. Welwitschii*  
 1b Parte inferior de la bolsa con una hilera de células elongadas entre la línea media y el borde, a lo largo del mismo ..... 2  
 2a Ángulo de la bolsa 70-120°, con una hilera de células alargadas entre la línea media y el borde de la pared inferior de la bolsa; el área de espacios aeríferos dentro de la fronda rara vez más largo que ancho ..... *W. lingulata*  
 2b Ángulo de la bolsa 45-90°, con una hilera de células alargadas a lo largo o próximo al borde en la pared inferior de la bolsa, el área de espacios aeríferos la mayor parte de las veces más largo que ancho ..... *W. oblonga*

REFERENCIAS: Landolt, 1986; Schmidt-Mumm, 1992.

#### POACEAE

- 1a Culmo robusto, algo leñoso, hasta 6 m de alto; panículas plumiformes; lema o raquillas con pelos sedosos largos ..... *Arundo*  
 1b Culmo herbáceo, más o menos bajos, rara vez de 2 m de alto; panículas no plumiformes; lema o raquillas sin pelos sedosos largos ..... 2  
 2a Ambas glumas ausentes ..... *Leersia*  
 2b Al menos una gluma presente ..... 3  
 3a Espículas con dos a varias flores ..... *Glyceria*  
 3b Espículas 1-floras con una flor bisexual ..... 4  
 4a Espículas marcadamente comprimidas lateralmente; glumas marcadamente aquilladas, con un nervio prominente en cada lado, más largos y ocultando la flor, lema gruesa y dura, pubescente y con pelos blancos largos, encerrando por completo la palea y la semilla durante la madurez ..... *Phalaris*  
 4b Espículas sin la anterior combinación de caracteres ..... 5  
 5a Desarticulación por debajo de las glumas, las espiguillas caen enteras; inflorescencia densa y compacta, paniculada ..... *Alopecurus*  
 5b Desarticulación por encima de las glumas, las espiguillas permanecen sobre el eje hasta la madurez; inflorescencias difusas ..... 6  
 6a Lema con una arista que surge de la parte dorsal, abrazando sueltamente el grano ..... *Calamagrostis*  
 6b Lema apicalmente mucronada o aristada (uncinada), ceñida al grano ..... *Muhlebergia*

REFERENCIAS: Pinto-Escobar, 1966; Pohl, 1980.

#### PONTEDERIACEAE

- 1a Estambres 3; inflorescencia una espiga o flores solitarias, hojas pecioladas delgadas u hojas sésiles, lámina linear ..... *Heteranthera*  
 1b Estambres 6; inflorescencia una panícula o una espiga, hojas pecioladas gruesas, peciolo generalmente inflado; lámina redondeada ..... *Eichornia*

REFERENCIAS: Gopal, 1987; Horn, 1987a, 1987b.

#### POTAMOGETONACEAE

*Potamogeton* L. Sp. Pl. 126. 1753.

- 1a Hojas flotantes ausentes; fruto sin quilla dorsal o crestas laterales, 2.2 mm o menos de longitud ..... *P. pusillus*  
 1b Hojas flotantes usualmente presentes; fruto con una quilla dorsal y crestas laterales, más de 2.5 mm de longitud ..... 2  
 2a Hojas flotantes sésiles, menos de 4.5 mm de anchas, hojas flotantes con 5-9 venas ..... *P. paramoanus*  
 2b Hojas sumergidas pecioladas, más de 5 mm de anchas, rara vez menos; hojas flotantes con 13 o más venas ..... *P. illinoensis*

REFERENCIAS: Haynes & Holm-Nielsen, 1986; Schmidt-Mumm, 1994.

## TYPHACEAE

*Typha* L., Sp. Pl. 971. 1753.1a Hojas usualmente planas en el envés; porción estaminada y pistilada de la inflorescencia usualmente contiguas; estigmas lanceolados; flores pistiladas ebracteoladas ..... *T. latifolia*

1b Hojas convexas en el envés; porción estaminada y pistilada de la inflorescencia usualmente separada por una pequeña sección de raquis desnudo, estigmas lineares a filiformes; flores pistiladas bracteoladas .....

2a Planta hasta 1.5 m de altura, hojas generalmente menos de 0.8 cm de ancho; margen superior de las vainas foliares usualmente auriculadas; espigas pistiladas pardo oscuro a pardo rojizo ..... *T. angustifolia*2b Planta hasta 3 m o más de altura, hojas generalmente más de 0.8 cm de ancho; margen superior de las vainas foliares usualmente continuadas en las láminas; espigas pistiladas pardo acanelado o pardo claro ..... *T. domingensis*

REFERENCIA: Crespo &amp; Pérez-Moreau, 1976.

## 2.2 Dicotyledoneae

- 1a Perianto ausente ..... 2
- 2a Plantas adheridas al substrato mediante estructuras especializadas (hapterios), en aguas de corrientes intensas ..... PODOSTEMACEAE
- 2b Plantas enraizadas en el sedimento, sin estructuras especializadas; en aguas tranquilas o de poca corriente ..... CALLITRICHACEAE
- 1b Perianto presente ..... 3
- 3a Cáliz presente, corola ausente ..... 4
- 4a Pistilos más de 1 ..... RANUNCULACEAE
- 4b Pistilo 1 ..... 5
- 5a Ovario súpero ..... POLYGONACEAE
- 5b Ovario ínfero ..... HALORAGACEAE
- 3b Cáliz y corola presente ..... 6
- 6a Pétalos separados ..... 7
- 7a Flores irregulares (asimétricas) ..... 8
- 8a Hojas asimétricas ..... BEGONIACEAE
- 8b Hojas de diferentes formas, pero no asimétricas ..... 9
- 9a Pistilo 1 ..... APIACEAE
- 9b Pistilos más de 1 ..... RANUNCULACEAE
- 7b Flores regulares ..... 10
- 10a Pistilo 1 ..... 11
- 11a Ovario súpero ..... 12
- 12a Pétalos 4, estambres 6; flores en racimos; savia acuosa, usualmente acre ..... BRASSICACEAE
- 12b Sin las anteriores características ..... 13
- 13a Plantas acuáticas; tallo un corno sumergido; hojas flotantes ..... NYMPHAEACEAE
- 13b Plantas anfibias, tallo flexible, procumbente o flotante; hojas usualmente emergidas, algunas veces flotantes ..... RANUNCULACEAE
- 11b Ovario ínfero ..... 14
- 14a Flores en umbelas ..... APIACEAE
- 14b Flores no en umbelas ..... 15
- 15a Fruto indehiscente; hojas sumergidas disectas ..... HALORAGACEAE
- 15b Fruto una cápsula; hojas sumergidas, cuando presentes, no disectas ..... ONAGRACEAE
- 10b Pistilos más de 1 ..... 16
- 16a Carpelos unidos; estigma radiado ..... NYMPHACEAE
- 16b Carpelos libres; estigma no radiado ..... 17
- 17a Hojas peltadas ..... CABOMBACEAE
- 17b Hojas no peltadas ..... RANUNCULACEAE
- 6b Pétalos unidos ..... 18
- 18a Flores en cabezuelas involucrales ..... ASTERACEAE
- 18b Flores no en cabezuelas involucrales ..... 19
- 19a Flores irregulares ..... 20
- 20a Cápsula unilocular ..... LENTIBULARIACEAE
- 20b Cápsula bilocular o falsamente 4-locular ..... SCROPHULARIACEAE
- 19b Flores regulares ..... RUBIACEAE

REFERENCIAS GENERALES: Badillo *et al.*, 1985; Cook *et al.*, 1974; Correll & Correll, 1975; Godfrey & Wooten, 1981; Kahn *et al.*, 1993; Lasser, 1954; Velásquez, 1994.

## APIACEAE (UMBELLIFERAE)

- 1a Hojas con una lámina plana y no septada bien desarrollada ..... *Hydrocotyle*
- 1b Hojas sin lámina, cilíndricas y transversalmente septadas ..... *Lilaeopsis*

*Hydrocotyle* L., Sp. Pl. 234. 1753.

- 1a Hojas decurrentes a lo largo del pecíolo, no peltadas; pecíolo adherido al margen de la hoja, o si peltadas el limbo profundamente tripartito; umbelas con 3-8 flores ..... *H. ranunculoides*  
 1b Hojas peltadas, pecíolo no adherido al margen de la hoja; umbelas con 10-60 flores ..... *H. umbellata*  
 REFERENCIAS: Affolter, 1985; Mathias & Constance, 1976.

## ASTERACEAE (COMPOSITAE)

- 1a Papo de cerdas suaves y capilares; involucre herbáceo, ligeramente a no imbricado, filarios de igual tamaño; receptáculo desnudo; hojas caulinares cuando presentes usualmente alternas; (Tribu *Senecioneae*), flores del radio presentes ..... *Senecio*  
 1b Papo ausente o de escamas y/o aristas y/o cerdas (cuando son cerdas éstas no son muy finas y suaves); involucre diverso; receptáculo desnudo o no, hojas caulinares inferiores muchas veces opuestas ..... 2  
 2a Filarios usualmente escariosos o cartáceo; papo ausente; puntas de las ramas del estilo truncadas; hojas alternas (Tribu *Anthemideae*) ..... 3  
 3a Flores externas o marginales (femeninas) con la corola bilabiada ..... *Plagiocheilus*  
 3b Flores externas o marginales (femeninas) sin la corola ..... *Cotula*  
 2b Filarios o al menos algunos de ellos usualmente herbáceos o membranáceos (ocasionalmente con una zona marginal hialina); receptáculo paláceo (meramente de aristas) cerdas en algunos géneros (Tribu *Heliantheae*) ..... 4  
 4a Aquenio marcadamente aplanados dorsiventralmente, no picudo; papo de aristas o dientes antorsa o retorsamente barbados ..... *Bidens*  
 4b Aquenio (al menos los del disco) lateralmente aplanados o no del todo aplanados; receptáculo cónico, subulado o columnar ..... *Spilanthes*  
 REFERENCIAS: Aristeguieta, 1964; Caro, 1961; Dillon, 1981; Sherff, 1937.

## BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)

- 1a Tallo usualmente rastrero o flotante, con numerosas raíces en los nudos; silicua cilíndrica (terete) o casi cilíndrica ..... *Nasturium*  
 1b Tallo no rastrero o flotante; sin numerosas raíces en los nudos cuando rastrera; silicua fuertemente aplanada ..... *Cardamine*  
 REFERENCIAS: Green, 1962; MacBride, 1938; Standley & Steyermark, 1946; Stuechey, 1972.

## CALLITRICHACEAE

*Callitriche* L., Sp. Pl. 969. 1753.

- 1a Hierbas acuáticas o anfibias; flores con o sin bracteolas; frutos de cara lateral isodiamétrica o con ligero predominio del largo o del ancho; cápsula del mesocarpo sin cristales (frutos sésiles, de cara lateral obcordiforme, de [0.6-] 0.7-0.8 mm de largo y ancho, sin ala o solo presente en el polo superior) ..... *C. heterophylla*  
 1b Hierbas terrestres o lugares muy húmedos, pigmeas; flores ebracteoladas, frutos de cara lateral más ancha que larga; células del mesocarpo con sendos cristales (frutos subsésiles, de cara lateral [0.16-] 0.18-0.24 [-0.30] mm más ancha que larga; ala de células con engrosamientos periféricos en forma de "O", sin o con contadas ramificaciones) ..... *C. terrestris* subsp. *Subsessilis*  
 REFERENCIAS: Bacigalupo, 1979; Fassett, 1951.

## HALORAGACEAE

*Myriophyllum* L., Sp. Pl. 992. 1753.

- 1a Hojas de los tallos floríferos pinnatipartidas; flores unisexuales, dioicas; plantas frecuentemente estériles. En nuestro medio parte terminal del tallo usualmente emergente, plantas robustas; frecuente aguas estancadas ..... *M. aquaticum*  
 1b Hojas de los tallos floríferas aserradas o finamente aserradas, dentadas o de bordes enteros; flores generalmente hermafroditas. En nuestro medio parte terminal del tallo usualmente sumergida, plantas delicadas, frecuente aguas corrientes ..... *M. quitense*  
 REFERENCIAS: Mora-Osejo, 1984; Orchard, 1981.

## ONAGRACEAE

*Ludwigia* L., Sp. Pl. 118. 1753.

- 1a Plantas postradas, rastreras o flotantes ..... 2  
 2a Sépalos 4; pétalos ausentes; hojas opuestas ..... *L. palustris*  
 2b Sépalos 5; pétalos 5, conspicuos; hojas alternas ..... *L. peploides*  
 1b Plantas erectas o decumbentes ..... 3  
 3a Segmentos del cáliz 6 ..... *L. hexapétala*  
 3b Segmentos del cáliz 4, rara vez 5 ..... *L. peruviana*  
 REFERENCIAS: Muñiz, 1942, 1974; Ramamoorthy & Zardini, 1987; Raven, 1963.

## POLYGONACEAE

- 1a Segmentos del perianto 6, los 3 externos engrosados y ocasionalmente con dientes marginales en la infrutescencia; estigma peltado-fimbriado ..... *Rumex*  
 1b Segmentos del perianto usualmente 5; los 3 externos ni engrosados ni dentados en la infrutescencia; estigma generalmente capitado ..... *Polygonum*  
 REFERENCIAS: Brandbyge, 1989; Cialdella, 1989; Fassett, 1946; Huertas & Camargo, 1976.

## SCROPHULARIACEAE

- 1a Labio superior formando una capilla o gorrito que envuelve las anteras y el estilo durante la antésis; labio inferior con forma de bolsa o marcadamente inflada ..... *Calceolaria*  
 1b Labio superior más o menos plana o redondeada, sin un gorrito ni encerrando los estambres; labio inferior no inflado ..... 2  
 2a Cáliz 4-lobado o hendido ..... *Verónica*

2b Cáliz 5-lobado o hendido .....	3
3a Segmentos del cáliz unidos inferiormente para formar un tubo bien desarrollado .....	<i>Mimulus</i>
3b Segmentos del cáliz divididos hasta o cerca de la base, sin formar un tubo bien desarrollado .....	<i>Gratiola</i>

REFERENCIAS: Holmgren & Molau, 1984; D'Arcy, 1979.

FUENTE: SCHMIDT - MUMM, U. 1998 Vegetación Acuática y Palustre de la Sabana de Bogotá y Plano del Río Ubaté. Tesis Maestría en Biología Departamento de Biología Universidad Nacional .181 pp.

## Anexo 12

## DESCRIPCIÓN BÁSICA DE ALGUNAS ESPECIES DE AVES Y OTRA FAUNA DE LOS HUMEDALES DE LA SABANA DE BOGOTÁ

En esta sección se presentan descripciones breves de las aves más características de los humedales del Distrito Capital, cuyas poblaciones serían aptas para monitorear y observar. En algunos casos, se hacen comparaciones con otras especies que no son de los humedales pero que generalmente son más familiares para los bogotanos. Si bien es obvio que las especies amenazadas y endémicas representan la más alta prioridad para monitoreo, el hecho de que en muchos humedales no existan poblaciones de estas especies no precluye la importancia de monitorear las especies que sí hay. Por esto, se presenta también una variedad de otras especies que podrían ser apropiadas: la escogencia de las especies dependería del humedal. Estas especies han sido escogidas porque son en mayor o menor grado representativas de distintos hábitats dentro de los humedales y pueden ser indicadoras de la disponibilidad y salud de éstos. No hemos incluido especies periféricas (de las rondas) aquí porque ninguna depende de los humedales propiamente dichos, ni está en peligro debido a la degradación de éstos. Para más información sobre cualquiera de las especies, se puede consultar las siguientes citas: 2,9,38,44 o consultar el anexo 4.5.3 (Avifauna) y la sección 4.5 (Síntesis de Fauna) en este protocolo; citas específicas a una o un grupo particular de especies se dan en los recuentos correspondientes. Las especies migratorias que no anidan en la Sabana se señalan con un asterisco (\*). Las especies y subespecies endémicas del altiplano cundiboyacense son señaladas con #.

**Zambullidor piquipinto** (patito zambullidor), *Podilymbus podiceps*: Identificación: 33 cm. Ave nadadora y buceadora más pequeña que un pato con el pico puntiagudo, no aplanado. Color general café: los adultos tienen la garganta negra y el pico blanco con un anillo negro a la mitad, los inmaturos son más uniformes con el pico amarillento; los juveniles tienen la cabeza listada con blanco y negro y trazas de este patrón persisten durante el primer año. Ecología: Prefieren agua abierta con vegetación poco densa; rara vez vuelan.

**Garceta real** (garza real), *Casmerodius albus*: Identificación: 100 cm. La garza blanca más grande de la Sabana, con el pico amarillo y las patas negras, el cuello muy largo y delgado; los inmaturos son similares a los adultos. Ecología: Individuos separados se ven en los bordes de lagunas y estanques; el aleteo es más lento que el de las garzas pequeñas pero como ellas, vuela con el cuello encogido.

**Garceta azulada** (garza negra), *Egretta caerulea*\*: Identificación: 60 cm. Los adultos son las únicas garzas de color gris oscuro uniforme; la base del pico es gris, la punta negra y las patas son verdosas. Los inmaturos son blancos pero con picos y patas como los de los adultos y las puntas de las alas negruzcas (evidente en el vuelo). Los individuos en proceso de muda al plumaje de adulto ("garza pinta") portan mezclas de plumas grises y blancas. Ecología: Se ven individuos solitarios en los bordes de lagunas y estanques. Otras especies similares: Otra garza blanca de tamaño similar pero aún más escasa es la **garceta nivosa** (*E. thula*)\*, que se distingue de los inmaturos de la garceta azulada por las piernas negras con pies amarillos y el pico completamente negro (28,56,76).

**Garcilla bueyera** (garza del ganado), *Bubulcus ibis*: Identificación: 50 cm. Plumaje blanco, pico amarillo, patas negruzcas (más verdosas en los inmaturos); más compacto con cuello más corto que el inmaturo de la garceta azulada. Los adultos en plumaje de cría tienen plumas color ante en la espalda y el pecho con el pico más rojo. Ecología: Forrajea en los potreros y prados, con frecuencia se asocia con el ganado; anida y duerme en los juncuales de los humedales. Muy común.

**Garcilla cuelligrís** (cuaquita), *Butorides striatus*: Identificación: 40 cm. Los adultos tienen la espalda verdosa, el cuello gris, la coronilla y copete negros, el vientre café con patas amarillas que son llamativas cuando vuela. Los inmaturos son cafés, con listas blanquecinas en el cuello y vientre. Ecología: Generalmente se observan individuos separados esperando presas en los bordes de lagunas y estanques o sobre vegetación flotante.

**Martinete coroninegro** (cuaca), *Nycticorax nycticorax*: Identificación: 63 cm. Más robusta y cabezona que las garzas anteriores. Los adultos tienen la coronilla y espalda negras, las alas grises claras y el cuello y



las partes inferiores blancos; los inmaturos son cafés con pintas y listas blanquecinas. Ecología: Activa de noche y se ve con frecuencia volando al amanecer y anochecer; de día descansa en los juncuales de los humedales (donde también anida) y los árboles adyacentes.

**Avetorillo pantanero** (garcita dorada), *Ixobrychus exilis bogotensis*#. Identificación: 27 cm. Muy pequeña; el macho es negro por encima con dos líneas blancas en el dorso; la cara y el cuello son castaños y las partes inferiores son de color ante encendido. Las hembras son similares pero café oscuro por encima con líneas blanquecinas en el dorso y listados con café por debajo; ambos sexos tienen un área de anteado grande en el ala, muy llamativo en vuelo. Ecología: Muy asociado con los juncuales, visto en los bordes o en vegetación flotante adyacente, esperando inmóvil a sus presas. En peligro de extinción en los humedales del Distrito.

**Cerceta aliazul** (pato canadiense, barraquete), *Anas discors*\*. Identificación: 38 cm. Un pato pequeño y delgado, residente invernal (octubre a abril) en los humedales, aunque en los últimos años ha anidado en el humedal de La Conejera. El color general es café claro moteado y manchado con negro; los machos en plumaje de cría tienen la cabeza gris oscura con una marca blanca contrastante de "media luna" delante del ojo; ambos sexos tienen un área grande azul clara en el ala, muy llamativa en vuelo. Ecología: Prefiere agua abierta cerca de los juncuales o enea con vegetación flotante o emergente, en sitios tranquilos con poco disturbio.

**Pato andino** (pato turrio), *Oxyura jamaicensis andina*#. Identificación: 43 cm. Más rechoncho que el anterior con cuello corto, cola larga y a menudo levantada. El macho es rojizo con el cuello y la cabeza negros, con cantidades variables de blanco en la cara; en plumaje de cría tiene el pico azul muy llamativo. Las hembras son café oscuro por encima y en la coronilla, con la cara café claro, cruzada por una lista indistinta de café oscura. Ecología: Prefiere agua abierta con vegetación sumergida; bucea para comer; con frecuencia se esconde entre la vegetación flotante.

**Rascón bogotano** (tingua bogotana), *Rallus semiplumbeus*#. Identificación: 25 cm. Pico, cuello y patas largas, cuerpo compacto. Por encima café con listas negras, cuello gris por debajo; hombros café rojizos; por debajo de la cola blanco. Pico rojo, llamativo; patas rojizas. Los inmaturos son color café más uniforme con el pico rojo solo en la base. Los polluelos nacen cubiertos con plumón negro y pico corto, blanco y negro. Ecología: Anida y se refugia en los juncuales, forrajea en vegetación emergente o flotante cerca de ellos. En peligro de extinción.

**Gallareta morada** (tingua azul), *Porphyryla martinica*. Identificación: 33 cm. Cuello y patas largas, pico corto, cuerpo flaco. Adulto: cabeza, cuello y partes inferiores azul violeta profundo; dorso verdoso, el hombro más azulado; debajo de la cola blanco; pico rojo con la punta blanca y un escudete en la frente azul celeste; patas amarillas. Inmaduro: café por encima más pálido por debajo; las alas verde oliva con tintes azules; pico y escudete verdosos. Ecología: Camina, generalmente no nada por los juncuales y vegetación emergente y flotante. Posiblemente un migratorio local en la Sabana: picos de abundancia diciembre-marzo y en menor grado, julio-agosto.

**Gallareta piquirroja** (tingua de pico rojo), *Gallinula chloropus*. Identificación: 35 cm. Más compacta que la gallareta morada. Los adultos tienen el cuerpo gris oscuro, la cabeza y cuello negruzcos, blanco por debajo de la cola; pico y escudete rojos, la punta del pico amarilla; patas amarillas. Los inmaturos tienen plumaje más pálido y cafecino, a menudo moteado con blanco en la cabeza y cuello; pico amarillento o fusco. Tanto adultos como inmaturos tienen una lista blanca a lo largo del costado que facilita su identificación. Los polluelos recién nacidos tienen plumón negro, el pico y frente rojos. Ecología: La tingua más común de la Sabana, vista a menudo nadando en grupos cerca de los juncuales o en vegetación emergente o flotante y en agua abierta cercana.

**Gallareta moteada** (tingua de pico verde, tingua moteada), *Gallinula melanops bogotensis*#. Identificación: 28 cm. Más pequeña y delgada que la gallareta piquirroja. Los adultos tienen la cabeza, cuello y partes inferiores grises, los flancos moteados con blanco; el dorso es de color café castaño; el ojo es rojo, el pico verde claro muy llamativo. Los inmaturos son más cafecinos con poco contraste, la garganta y pecho más

pálidos y el pico oscuro; los polluelos recién eclosionados tienen plumón negro con picos negro y blanco. Ecología: Casi siempre se ve nadando en agua abierta en los bordes de los humedales, canales, estanques y lagunas, especialmente donde hay vegetación flotante o emergente cercana; forrajea especialmente en las alfombras flotantes de lenteja de agua y helechito de agua. En peligro de extinción en el Distrito.

Focha americana (polla de agua, tingua de pico amarillo), *Fulica americana columbiana*#. Identificación: 36 cm. La más grande, robusta y agresiva de las tinguas. Plumaje del adulto gris oscuro, el cuello y la cabeza negros, debajo de la cola blanco; el pico es amarillo o blanco con una marca oscura cerca de la punta y un escudete morado oscuro en la frente. Los inmaturos son gris cafecino en la espalda, gris pálido por debajo con la cabeza, el cuello y el pecho moteados con blanco, el pico fusco; los polluelos tienen plumón negro y café, con el pico y la frente rojos. Ecología: La única tigua que nada con frecuencia en agua abierta lejos de la orilla en lagunas y estanques grandes, aunque también se ve en la vegetación emergente y flotante de los humedales y a veces sale del agua para comer pasto en los prados cerca del agua.

Andarriños solitario (chorlito), *Tringa solitaria*\*. Identificación: 22 cm. Pico, cuello y patas largos y delgados, cuerpo esbelto; por encima café, por debajo blanco, el cuello y la cara moteados con café y un anillo ocular blanco; cola blanca con barras negras, llamativa en vuelo; alas largas y puntiagudas. Ecología: Residente en el Distrito entre octubre y abril aproximadamente; prefiere bordes de lagunas, estanques, ríos y humedales donde hay fangos expuestos con vegetación cercana para refugiarse; se ven individuos solos o pequeños grupos.

Patiamarillo menor (chorlo pata amarilla), *Tringa flavipes*\*. Identificación: 30 cm. Más grande con patas relativamente más largas que la especie anterior, de color amarillo encendido; cuello largo, pico fino. Plumaje por encima café moteado con blanco, por debajo blanco; la rabadilla blanca, llamativa en vuelo. Ecología: Prefiere fangos más extensos que la especie anterior y a menudo se encuentra en grupos de diferentes tamaños; a veces camina en agua casi hasta la panza. Al lanzarse al vuelo, emite un reclamo agudo de dos notas. Otras especies similares: El patiamarillo mayor (chorlo pata amarilla), *Tringa melanoleuca*\* es similar pero más grande (36 cm.) con el pico más largo y grueso, un poquito curvo hacia arriba. Hábitos como los de la especie anterior; a veces las dos se encuentran juntas. Esta especie se lanza al vuelo con un reclamo más fuerte de tres o cuatro notas.

Andarriños maculado (chorlito), *Actitis macularia*\*. Identificación: 19 cm. Más pequeño que el andarriños solitario con el cuello y las patas más cortos, el pico menos fino. Plumaje café opaco por encima, blanco por debajo; patas amarillentas; en vuelo muestra una lista alar blanca. El vuelo es distintivo: varios aleteos rápidos y poco profundos seguido por un planeo en alas rígidas, sostenidas por debajo del horizontal. Cuando está en el suelo mueve la cola constantemente hacia arriba y hacia abajo. Ecología: Prefiere bordes de lagunas y estanques; generalmente se ven individuos solitarios.

Becacina noble (caica), *Gallinago nobilis*. Identificación: 30 cm. Cuerpo más rechoncho, pico mucho más largo que los de las especies anteriores; cuello y patas cortas. Plumaje por encima café oscuro listado y manchado con anteado en patrón de camuflaje; cabeza anteada, la coronilla con listas negras gruesas; pecho y cuello anteados moteados con negro, abdomen blanco. Ecología: Forrajea sobre los fangos que bordean los humedales, generalmente escondida entre la vegetación y difícil de ver. Al amanecer y anoecer los machos hacen despliegues en vuelo, dando vueltas sobre el humedal a alturas de 20 m o más, a menudo produciendo una serie de unas 10-15 notas fuertes "kwah-kwah-kwah..." con la cola y las alas.

Doradito oliváceo (?), *Pseudocolopteryx acutipennis*. Identificación: 10.5 cm. Ave muy pequeña, más delgada que una chisga (*Carduelis*) con pico más fino: verde oliva por encima sin marcas contrastantes en el ala y cola, amarillo vivo por debajo. Ecología: Captura insectos en el aire cerca de la superficie del agua con salidas rápidas de perchas bajas, especialmente juncos; es difícil de detectar y a menudo se pierde entre los juncos porque generalmente no regresa a la misma percha. Anida en juncos o arbustos bajos cerca del agua. Se ven individuos solitarios o parejas que no forrajean muy juntas. En peligro de extinción en los humedales del Distrito.

Soterrey (cucarachero) de Apolinar (chirriador, cucarachero de pantano), *Cistothorus apolinari*#. Identificación: 13 cm. Un ave pequeña y activa, más grande y con patrón más contrastante que el cucarachero

común (*Troglodytes aedon*), que también se encuentra en muchos humedales. El color general es café claro encendido, más anteoado por debajo; las alas y cola son barreteadas con negro; la coronilla y lista ocular son café grisáceas, con una ceja indistinta de gris claro. En los adultos la espalda es café encendido muy oscuro listado con blanco; los inmaturos tienen la espalda más clara y las listas más cafecinas presentando mucho menos contraste. **Ecología:** Vive principalmente en juncuales bien desarrollados, visitando arbustos y vegetación emergente adyacente para forrajear. Su canto ondulante y carrasposo es a menudo el mejor indicio de su presencia. Vive en parejas o grupos familiares de hasta cinco individuos. En peligro crítico de extinción en los humedales del Distrito.

**Tordo capuchidorado (monjita), *Agelaius icterocephalus bogotensis* #.** **Identificación:** 17 cm. El macho es de las aves más llamativas de los humedales: negro con una capucha amarilla encendida, con el pico puntiagudo y un área pequeña delante del ojo también negros; la hembra es café negruzco con la garganta amarillo opaco, el pecho amarillento con listas negruzcas. **Ecología:** Anida y duerme en los juncuales, pero forrajea con frecuencia afuera de ellos en vegetación emergente o flotante, a menudo en grupos de 10 o más. Presente en casi todos los humedales, pero ha disminuido notablemente en los últimos años.

**Vaquero lustroso (chamón), *Molothrus bonariensis*.** **Identificación:** 20 cm. Más delgado que la monjita, con la cabeza más pequeña, el pico más gordo. El macho es negro lustroso con visos azulosos en el cuerpo, verdosos en las alas y un pequeño "moño" de plumas eréctiles en la nuca; la hembra es café grisácea, más pálida por debajo. **Ecología:** Es una especie parásita que deposita sus huevos en los nidos de otras aves; con frecuencia el pichón del chamón acapara la comida traída por sus padres adoptivos, cuyos propios pichones mueren. Es importante monitorearlo porque ha sido registrado parasitando nidos de la monjita y el chirriador y puede afectar sus poblaciones. Los machos son fáciles de detectar porque se posan sobre perchas altas y expuestas; las hembras son más furtivas. A veces se encuentran dormitorios de hasta cien o más en algunos humedales.

#### FICHAS TECNICAS DE OTRA FAUNA IMPORTANTE DE LOS HUMEDALES DE LA SABANA DE BOGOTÁ.

**Capitán, *Eremophilus mutisii*.** **Identificación:** Hasta 30-50 cm. Cuerpo cilíndrico, sin aletas pélvicas, con tres pares de barbicelos alrededor de la boca. Coloración variable oscura con manchas verdes alargadas. **Ecología:** Carnívoro, se alimenta de gasterópodos, crustáceos, insectos y anélidos. Habita fondos fangosos. Aguanta bajas concentraciones de oxígeno. Endémico al altiplano cundiboyacense.

**Guapucha, *Grundulus bogotensis*.** **Identificación:** Hasta 8-10 cm. Cuerpo en forma de huso, cubierto por escamas de tejido calcificado. Machos con región ventral coloreada, hembras color plata metálico. **Ecología:** Se alimenta de copépodos, anfípodos, cladóceros, larvas de Chironomidae, pupas de Diptera y moluscos bivalvos. Vive en los niveles superiores de los cuerpos de agua. Tiene cuidado parental y construye nidos cerca de la vegetación. Es depredada por la trucha y se ha visto disminuida por la contaminación de los humedales de la Sabana de Bogotá. Endémica al altiplano cundiboyacense.

**Rana sabanera, *Hyla labialis*.** **Identificación:** 3.5-7 cm. Coloración variable, desde verde hasta totalmente café con individuos verdes con manchas cafés y cafés con manchas verdes. Parte posterior del muslo azul. Sin membranas entre los dedos de las manos. **Ecología:** Puede encontrarse en una gran diversidad de hábitats, incluyendo la ciudad, siempre y cuando haya disponibilidad de charcos o pantanos con buena calidad de agua para su reproducción. De actividad principalmente nocturna. Su canto es fácil de reconocer por lo que puede ser una especie interesante como objeto de monitoreo e indicador de calidad de agua. Es endémica a la Cordillera Oriental.

**Serpiente sabanera, *Liophis epinephelus bimaculatus*.** **Identificación:** 70 cm. Color café verdoso con manchas negruzcas por los costados; en la mitad posterior del cuerpo y la cola, presenta una línea lateral negruzca; el vientre es amarillento. El cuello es más delgado que la cabeza, los ojos son grandes con pupila redonda. **Ecología:** Es activa, huye rápidamente de cualquier peligro y nada con facilidad. De actividad diurna, se alimenta de ranas; las hembras ponen sus huevos debajo de troncos caídos. La especie vive ampliamente en los Andes; la subespecie es endémica al altiplano cundiboyacense.

Curí, *Cavia anolaimae*. Identificación: 28 cm. Cola muy corta, cuerpo grueso, con tres dedos en las patas de atrás y cuatro en las de adelante, hocico corto con aspecto porcino. Pelo áspero color café grisáceo, algunos individuos amarillo claro. Ecología: Se alimentan de vegetación, especialmente de brotes tiernos de junco. Construyen nidos para reproducción y descanso. Habitan los bordes de los humedales. Son más activos de noche y son fuertemente perseguidos para consumo humano. Endémico al altiplano cundiboyacense.

ACUEDUCTO DE BOGOTÁ - EAAB - & CONSERVACIÓN INTERNACIONAL -COLOMBIA - CI. (2003). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*. Bogotá: Panamérica. (2 Vols.).

ACUEDUCTO DE BOGOTÁ Y CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA. 2000. Protocolo general para el desarrollo de actividades de revegetalización en los humedales bogotanos. En: Recuperación de los humedales de la Sabana de Bogotá Alternativa hacia su Viabilidad Ecológica y Social.

AGUIRRE-C, J. & LINARES, E.. (2000). *Guía de líquenes, hepáticas y musgos de Bogotá y sus alrededores*. Bogotá: DAMA.

ALBERICO, M., CADENA, A., HERNÁNDEZ-C., J. & Y. MUÑOZ. (2000). "Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia". *Biota Colombiana* 1:43-75.

ALLAN, J.D. (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall.

ALLEN, T. F. H., AND T. W HOEKSTRA. (1994). "Toward a definition of sustainability". In Sustainable ecological systems: Implementing an ecological approach to land management. W. W. Covington and L. F. DeBano, tech. Coord. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Range and Forest Experiment Station General Technical Report 247, 363.

ALLISON, G.W. (1999). "The Implications of Experimental Design for Biodiversity Manipulations". *The American Naturalist* Vol. 153, No. 1. (26-45).

ALVAREZ-L., H. (2001). *Una guía a las aves de Colombia*. Traducción al español de: Hilty, S. L. & W. L. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton, NJ.: Princeton Univ. Press.

AMAT-G., G. Y E. BLANCO-V. (2003). "Artropofauna de los humedales de la Sabana". En: Conservación Internacional-Colombia (eds.). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*, Vol. 1 (91-108). Bogotá: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional-Colombia.

AMAT-G., G. & G. QUITIÁQUEZ-V. (1998). "Un estudio de la entomofauna de humedales: el humedal de Juan Amarillo". En: Guerrero, E. (Ed.). *Una aproximación a los humedales en Colombia*. Bogotá: Fondo FEN Colombia, 107-125.

ANDRADE, G. I. (1984). "La Laguna de la Herrera, último gran humedal de la Sabana de Bogotá". *Trianea* 5: 65-84.

\_\_\_\_\_. (1998). "Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: ecosistemas en peligro de desaparecer". En: Guerrero, E. (Ed.). *Una aproximación a los humedales de Colombia*. Fondo FEN Colombia. Comité Colombiano de la de la UICN/ UICN-Oficina Regional para América del Sur, 1998, 59-72.

\_\_\_\_\_. (1994). La Laguna de La Herrera, último gran humedal de la Sabana de Bogotá. Estado actual y perspectivas de conservación de la diversidad biológica. *Trianea* (Acta Científica Tecnológica del INDERENA) 5: 65-84.

\_\_\_\_\_. (2002). *Los humedales del altiplano en Bogotá: bases técnicas para su conservación, restauración y manejo*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA. Informe no publicado.

\_\_\_\_\_. (2003). "Lagos y humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: de la biología a la cultura de la conservación". En: Conservación Internacional-Colombia (Eds.), vol.2, op. cit., 11-24.

ANDRADE, M. G. y AMAT-G., G. (2000). *Guía preliminar de insectos de Santa Fe de Bogotá y sus alrededores*. Bogotá: DAMA.

ANDRADE, M. (2003). AICA Humedales de la Sábana de Bogotá. Formulario de Designación. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

ANDREWS, J. & D. KINSMAN. (1990). Gravel pit restoration for Wildlife. A practical manual. The Royal Society for the Protection of Birds, Sandy.

ARISTEGUIETA, L. (1964). "Compositae *Cotula*". *Flora de Venezuela* Vol X. Parte 1ª Edición Especial del Instituto Botánico.

ARONSON, J., FLORET, C., LE FLOCK, E., OVALLE, C Y R. PONTAINER. (1993). "Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi – arid lands. I. A view from the South. Restoration Ecology". *Society for Ecological Restoration* 8 - 17.

ATKINSON, A. J., TRENHAM, P. C., FISHER, R. N., HATHAWAY, S. A., JOHNSON, B. S., TORRES, S. G. and Y. C. MOORE. (2004). Designing monitoring programs in an adaptive management context for regional multiple species conservation plans. U.S. Geological Survey Technical Report. Sacramento, CA.: Western Ecological Research Center, 69.

ASOCIACIÓN BOGOTANA DE ORNITOLOGÍA –ABO-. 2000. *Aves de la Sabana de Bogotá: guía de campo*. Bogotá: AUDICON América Latina, CAR. Bogotá D.C., Colombia.

BACIGALUPO, N. M. (1979). "El género *Callitriche* en la flora Argentina". *Darwiniana* 22 (1-3): 377-396.

BARRERA, J. I. (2001). *Curso Ecología de la Restauración. Memorias*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias- Departamento de Biología.

BARRERA, J. I. y F. RÍOS. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Investigadores Subdirección Científica. 33-45.

BASH, J.S. and C. M. RYAN. (2002). "Stream Restoration and Enhancement Projects: Is Anyone Monitoring?". *Environmental Management* Vol. 29, No. 6 (877–885).

BEEBY, A. 1993. Applying Ecology. Establishing ecosystems. Department of biotechnology South Bank. University UK: 243-285.

BEEBY, A. (1995). *Applying Ecology*. Chapman & Hall. First edition, 1- 425.

BENÍTEZ, H. (2001). *Observaciones del comportamiento reproductivo y alimenticio del zambullidor pico grueso Podilymbus podiceps (Aves: Podicepedidae) en los humedales Santa María del Lago y La Florida*. Bogotá: Universidad Distrital. Tesis de grado.

BERGER, J. J. (1995). *Ecological restoration comes of age*. Forum for applied Research and Public Policy, 10, 90-99.

BERNAL, J. C. & CALVACHI-Z., B. (2005). Aproximación a la composición y uso de hábitat de la avifauna acuática en tres humedales urbanos rehabilitados de Bogotá. Memorias Primer Congreso Internacional de Ornitología.

BIRD LIFE INTERNATIONAL. (2000). "Threatened birds of the world". Barcelona & Cambridge, UK: Lynx Editions and Birdlife International.

BISEVAC, L. & J. D. MAJER. (1999). "Comparative study of ant communities of rehabilitated mineral sand mine and heathland". Western Australia: *Restoration Ecology* 7(2): 117-126.

BLOCK, W.M., FRANKLIN, A.B., WARD Jr., J.P., GANEY, J.L. and G.C. WHITE. (2001). "Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife". *Restoration Ecology* 9: 292-303.

- BORRERO, J. I. (1944). "Tres patos ocasionales en la Sabana de Bogotá y la Laguna de Fúquene". *Caldasia* 3: 229-231.
- \_\_\_\_\_. (1952). "Algunas aves raras en la Sabana de Bogotá". *Lozania* 1:7-12.
- \_\_\_\_\_. (1953). "Status actual de *Zenaida auriculata* y *Leptotila plumbeiceps* en Caldas, y *Cistothorus apolinari* en Bogotá". *Lozania* 6:1-6.
- \_\_\_\_\_. (1972). "Historia natural de la garza del ganado, *Bubulcus ibis*, en Colombia". *Cespedesia* 1: 387-479.
- BRADSHAW, A.D. (1987). The reclamation of derelict land and ecology of ecosystems. En: W.R. Jordan III, E. Gilpin & J.D. Aber. (Eds.). *Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research*. Great Britain: Cambridge University Press, 53-74.
- BRADSHAW, A.D. (1993). "Restoration ecology as a science". *Restoratin Ecology*, junio de 1993.
- BROWN, J. H. (1995). *Macroecology*. Chicago, IL.: Univ. Chicago Press.
- BROWN, M. & DINSMORE, J. J. (1986). "Implications of marsh size and isolation for marsh bird management". *J. Wildlife Mgmt.* 50: 392-397.
- BUOL, S.W., HOLE, F.D. & R.J. McCRACKEN. (1990). *Génesis y clasificación de suelos*. México: Editorial Trillas.
- BURBANO, G., CAMPO, C., COGOLLOS, L. F., PRIETO A. M. & C. A. RENDON. (2001). *Análisis comparativo de las características limnológicas en los sectores recuperados del humedal Santa María del Lago*. Universidad El Bosque Facultad de Ingeniería Ambiental, Ecología II. Oficina administrativa del Humedal Santa María del Lago.
- BURGER, J. (1985). "Habitat selection in temperate zone marsh-nesting birds". En: Cody, M. L. (Ed.). *Habitat Selection in Birds*. Londres: Academic Press Inc., UK., 253-282.
- BUSTOS, J. & P. ULLOA-CHACÓN. (1996-1997). "Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla neotropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia)". *Revista Biol. Trop.* 44 (3) / 45 (1): 259-266.
- CAIRNS Jr, J. (2000). "Setting ecological restoration goals for technical feasibility and scientific validity". *Ecological Engineering* 15: (171-180).
- \_\_\_\_\_. (2005). "Ecological Overshoot and Ecological Restoration". *Asian J. Exp. Sci.* Vol. 19, No. 2: (1-12).
- CALVACHI-Z., B. (2003). "La fauna e los humedales de Bogotá y la Sabana". En: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional-Colombia (Eds). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*. (Vol. 1). Bogotá: Panamérica, 2003, 109-140.
- \_\_\_\_\_. (2003). "Una aproximación al conocimiento actual de los humedales, lagos y estanques de Bogotá y la Sabana". En: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional-Colombia (Eds). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*. (Vol. 2). Bogotá: Panamerica, 2003, 183-200.
- CARPENTER, S.R & COTTINGHAM K.L. (1998). Resilience and restoration of lakes. *Conservation Ecology*, 1 (1). 2.
- CASAGRANDE, D. (1997). "The Human Component of Urban Wetland Restoration". In: David G. Casagrande (Editor) *Restoration of an Urban Salt Marsh: An Interdisciplinary Approach*. Yale School of Forestry & Environmental Studies Bulletin Number 100, 270. En línea: [www.yale.edu/environment/publications](http://www.yale.edu/environment/publications)

CASTAÑEDA, J. (1998). "Ecosistemas acuáticos". En: *Introducción de recursos naturales y medio ambiente*, DAMA, 99-110. Cap. XVIII.

CAUGHLEY, G., and SINCLAIR, A.R.E. (1994). *Wildlife ecology and management*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 334.

CAVELIER, J. (1998). *Restauración ecológica de elementos de biodiversidad*. Instituto Alexander von Humboldt. Tomo III: 72-75.

CAYCEDO, P. (2001). *Estudio comparativo de canto entre poblaciones del Soterrey de Apolinar (Cistothorus apolinari, Troglodytidae) en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado.

CHAPMAN, F. M. (1917). "The distribution of bird-life in Colombia". *Bull. Amer. Mus. Natl. Hist.*, Vol. 36.

CHÁVES-CH., M. (1981). *Revisión preliminar del género Eleochaeris en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología. Trabajo de grado.

CHISACÁ, L. (2002). *Estructura y dinámica de la vegetación en el Humedal de La Conejera, Bogotá – Cundinamarca*. Bogotá: Tesis de grado Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología.

CIPOLLINI, K.A., MARUYAMA, A. L. and CH. L. ZIMMERMAN. (2005). "Planning for Restoration: A Decision Analysis Approach to Prioritization". *Restoration Ecology* Vol. 13, No. 3, (460-470).

CLEWEL, A. (1993). "Ecology, restoration ecology and ecological restoration". *Restoration Ecology*, Sept. 2 (1): 14.

CLEWELL, A. and RIEGER, J.P. (1997). "What practitioners need from restoration ecologists". *Restoration Ecology* 5: 350-354.

CLEWELL, A, RIEGER, J. and J. MUNRO. (2000). "Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects". *A Society for Ecological Restoration Publication*, 11.

\_\_\_\_\_. (2005). "Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects". 2 Edition. December (2005). En línea: [www.ser.org](http://www.ser.org) Tucson: Society for Ecological Restoration International.

CODY, M. L. (Ed.). (1985). *Habitat selection in birds*. Londres, UK.: Academic Press Inc.

COLLAR, N. J., GONZAGA, L. P., KRABBE, N., MADROÑO-NIETO, A., NARANJO, L. G., PARKER, T. A. III & D. C. WEGE. (1992). *Threatened birds of the Americas: the IUCN red data book*. Cambridge, UK.: ICBP.

COLLINS, B. W. (Ed.). (2003). *Interim Restoration Effectiveness and Validation Monitoring Protocols*, California Coastal Salmonid Restoration Monitoring and Evaluation Program. March (2003), 320. California Department of Fish and Game, Fortuna, California.

COLLINS, S. L., GLENN, S. M & GIBSON, D. J. (1995). Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: Decoupling cause and effect. *Kansas. U.S.A.* 76(2): 486 – 492.

CONIF, MINAMBIENTE Y BIRF. (1999). *Manual de métodos y procedimientos: Sistema de monitoreo de áreas forestales del pacifico colombiano*. Bogotá.

CONNELL J. H. & SLATYER. R. O. (1977). "Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization". *The American Naturalist* 982: 1119-1144.



- CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA. (2001). Estrategia general para la restauración Ecológica de los humedales bogotanos. Bogotá: Gerencia Técnica, Dirección Unidad Ambiental, EAAB.
- \_\_\_\_\_. (2001). *Protocolo general para el desarrollo de actividades de Revegetalización en los humedales bogotanos*. Bogotá: Gerencia Técnica, Dirección Unidad Ambiental, EAAB.
- \_\_\_\_\_. (2001). *Síntesis del estado actual de los humedales bogotanos*. Bogotá: EAAB.
- COOKE, G.D., WELCH, E.B. PETERSON, S. A. & P. R. NEWROTH. (1993). *Restoration and management of lakes and reservoirs*. New York: Lewis Publishers, 2nd Edit.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR. (1999). "Cuenca alta del río Bogotá. Mapa de distribución genética de suelos". En: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional-Colombia (Eds). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*. (Vol. 1). Bogotá: Panamérica, 2003.
- CORPORACIÓN MISIÓN SIGLO XXI. 1996. Perfil ambiental de Santa Fe de Bogotá. El futuro de la capital. Primera edición. Bogotá, Colombia.
- CORREA, M. N. (1970). *Flora Patagónica*. Buenos Aires: Colección Científica del INTA. Parte IV.
- \_\_\_\_\_. (1971). *Flora Patagónica*. Buenos Aires: Compositae. Colección Científica de INTA. Parte VII.
- CORTÉS A. & C. CHAMORRO. 2007. Recuperación de suelos. Anexo Especificaciones Técnicas. En: INGETEC, 2007. Diseño para la reconfiguración física y rehabilitación ecológica de la ZR y ZMPA del Humedal La Vaca. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- CORTÉS, L. A. (1982). *Geografía de los suelos de Colombia*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- CORTÉS, S., (1998). *Caracterización florística de la cuenca alta del río Bogotá*. Bogotá.
- CORTÉS, S.P. & J.O. RANGEL-CH. 2000. Los relictos de vegetación de la Sabana de Bogotá. En: J. Aguirre-C. (ed.). *Memorias del Primer Congreso Colombiano de Botánica*. CD-Rom. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional-Bogotá.
- CORTÉS, S. P, VAN DER HAMMEN, T & O. RANGEL. (1999). "Comunidades vegetales y patrones de regeneración y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía- Cundinamarca". *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (89): 529-554.
- CRESPO, S. & PÉREZ-MOREAU, R. L. (1967). "Revisión del género *Typha* en la Argentina". *Darwiniana* 14 (2-3): 413-429.
- CRONK, Q.C.B. y FULLER, J.L. (1995). *Plant invaders*. London: Chapman & Hall, 241.
- CRONQUIST, A. 1981. Introducción a la Botánica. Segunda edición. Compañía Editorial Continental. S. A. México.
- CUATRECASAS, J. (1969). "Prima Flora Colombiana 3". Compositae - Asteraceae. *Webbia* Vol 24. No 1.
- DALE, V.H. and BEYELER, S. C. (2001). "Challenges in the development and use of ecological indicators". *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- DALE, V. H., BROWN, S., HAEUBER, R. A., HOBBS, N.T., HUNTLY, N., NAIMAN, R.J., RIEBSAME, W. E. TURNER, M. G. and T.J. VALONE. (2000). "Ecological principles and guidelines for managing the use of land". *Ecological Applications* 10 (3): 639-670.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE - DAMA. (1997). *Cerros, Humedales y Áreas rurales de Santa Fe de Bogotá*.

\_\_\_\_\_. (2000). *Historia de los humedales de Bogotá, con énfasis en cinco de ellos*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA,

\_\_\_\_\_. (2001). *Enfoque Ecosistémico en el manejo de los humedales bogotanos. Documento base para la orientación conceptual de la gestión de los humedales del Distrito Capital*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA. Informe Técnico.

\_\_\_\_\_. (2002). "Ecosistemas estratégicos y biodiversidad". En: *Plan de Gestión Ambiental 2001 - 2009*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA.

DAMA - CAMARGO, G.. (2003). "Enfoque ecosistémico en el manejo de los humedales bogotanos". En: *Conservación Internacional-Colombia* (Eds.), Vol.1, op. cit. 167-184.

DAMA - JARRO F, E. C. (2004). *Guía técnica para la restauración de áreas de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA.

DAMA - MANRIQUE, O. H. (2004). *Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA.

DAMA - RIVERA, D.. (2005). *Protocolo de recuperación ecológica de humedales urbanos de Bogotá. Componente suelos*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA. Informe Final.

DAMA - SALAMANCA, B. & G. CAMARGO. (2002). *Protocolo distrital de restauración ecológica*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA y Fundación Bachaqueros, Segunda Edición.

DAMA - VAN DER HAMMEN, T. (2003). *Protocolo distrital de recuperación de humedales degradados por urbanización. Componente Historia ambiental y Paleoecología*. Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA. Informe Final.

DAPHNIA LTDA. (1995). *Estudio ecológico y diseño del plan de manejo del Humedal Juan Amarillo*. Bogotá: EAAB. Vol. 1.

DAUBS, E. H. (1965). A Monograph of Lemnaceae. I Illinois Biological Monographs 34. The University of Illinois Press, Urbana. United States of America.

DAVIS, M.A., GRIME, J.P. and K. THOMSON. (2000). "Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility". *Journal of Ecology* 88: 528-534.

DEEB ASOCIADOS. (1991). *Control de la contaminación en el Humedal La Conejera*. Bogotá: Informe principal. Vol. 3.

DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. & J. SARGATAL (Eds.). (1992). *Handbook of birds of the world*. Barcelona: Ostriches to Ducks. Lynx Edicions. Vol. I.

\_\_\_\_\_. (Eds.). (1994). *Handbook of birds of the world*. Barcelona: New World Vultures to Guinea fowl. Lynx Edicions. Vol. II.

\_\_\_\_\_. (Eds.). 1996. *Handbook of birds of the world*. Barcelona: Hoatzins to Auks. Lynx Edicions. Vol. II.

DELANY, S. & SCOTT, D. (2002). *Waterbird population estimates*. Wetlands International. Wageningen, The Netherlands. (3<sup>rd</sup> edition).

- DEMPSTER, L. T. (1981). The genus *Galium* (Rubiaceae) in South America I. *Allertonia* 2 (8): 393-426.
- DIAMOND, A. W. & FILION, F. (Eds.). "The value of birds". *Publicación técnica* No. 6, ICBP, Cambridge, UK.
- DOBSON, A.P., BRADSHAW, A.P. & J. M. BAKER. (1997). "Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology". *Science* 277: 515-522.
- DUCHAUFOR, P. (1987). *Manual de edafología*. Barcelona: Fondo Editorial Masson.
- DUGAN, P. J. (Eds.). (1992). *Conservación de Humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Gland, Suiza: Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).
- EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, EAAB - CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA, CIC. (2000). *Protocolo general para el desarrollo de actividades de revegetalización en los Humedales bogotanos*. Bogotá: Dirección Técnica. EAAB.,
- \_\_\_\_\_. (1999). *Síntesis del estado actual de los humedales bogotanos. Recuperación de los humedales de la Sabana de Bogotá: Alternativa hacia su viabilidad ecológica y social*. Santafé de Bogotá: Informe principal y anexos.
- \_\_\_\_\_. (2000). *Recuperación de los humedales de la Sabana de Bogotá, alternativa hacia su viabilidad ecológica y social*. Bogotá. Dirección Técnica. EAAB,
- \_\_\_\_\_. (2003). *Los humedales de Bogotá y la Sabana*. Bogotá: Panamérica. 2 Vols.
- \_\_\_\_\_. (2005). *Investigación Aplicada para la restauración ecológica del humedal Juan Amarillo*. Bogotá: Convenio Marco EAAB-CI. Gerencia Ambiental. Informe Final.
- EAAB - E. ROMERO. (2002). *Elaboración de diseños detallados para la adecuación hidráulica y restauración ecológica del Humedal Torca*. Bogotá: Dirección Unidad Ambiental. EAAB, Bogotá. Gerencia Técnica. Vol. IV.
- \_\_\_\_\_. - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2005). *Investigación Aplicada para la restauración ecológica del humedal Jaboque*. Bogotá: Convenio Marco EAAB-Universidad Nacional. Instituto de Ciencias Naturales. Informe Final. Gerencia Ambiental.
- ECOLOGY & ENVIRONMENT. INC. E HIDROMECÁNICAS LTDA. (1998). *Evaluación ecológica y ambiental de los humedales. Plan de Manejo Ambiental*. EAAB. Gerencia Técnica. Dirección Unidad Ambiental.
- EDDLEMAN, W. R., KNOPE, F. L., MEANLEY, B. REID, F. A. & R. ZEMBAL. (1988). "Conservation of North American rallids". *Wilson Bull* 100: 458-475.
- EGAN, D. & HOWELL, E.A. (2001). *Historical Ecology Handbook. A Restorationist's Guide to Reference Ecosystems*. Washington, D. C.: Island Press.
- EHRENFELD, J. G. (2000). "Defining the Limits of Restoration: The Need for Realistic Goals". *Restoration Ecology* 8 (1): 2-9.
- EHRENFELD, J. G y TOTH, L. A. (1997). "Restoration ecology and ecosystem perspective". *Restoration Ecology* 5(4): 307-317.
- EISENBERG, J. (1989). *Mammals of the neotropics*. Chicago, IL: Univ. of Chicago Press. Vol. 1: The northern neotropics.
- ELZINGA, CARYL L., SALZER, D. W. and J. W. WILLOUGHBY. (1998). *Measuring and monitoring plant populations*. BLM Tech. Reference 1730-1. BLM/RS/ST-98/005+1730. En línea: science.nature.nps.gov

EPLING, C. (1938). "Las labiadas de la Argentina, Paraguay y Uruguay". *Revista del Museo de la Plata Sección Botánica* 2: 89-178. Buenos Aires: Imprenta Casa Editora Coni.

EPLING, C. (1939). "El género *Scutella* de la América Tropical y Subtropical". *Lilloa, Revista de Botánica del Instituto "Miguel Lillo"* 4: 229-275. Buenos Aires: Imprenta casa Editora Coni.

ESTUDIOS & ASESORÍAS LTDA. (1998). *Estudio de compatibilización del Salitre y el plan de manejo ambiental del Humedal Juan Amarillo*. Bogotá: Informe Final. EAAB. Gerencia Técnica. Dirección Unidad Ambiental.

EVENS, J. G., PAGE, G. W., LYMAN S. A. & R. W. STALLCUP (1991). "Distribution, relative abundance and status of the Californian black rail in North America". *Condor* 93: 952-966.

FARINHA, J.C., L.T. COSTA, G. ZALIDIS, A. MATZAVELAS, E. FITOKA, N. HEKER & P. T. VIVES. 1996. Mediterranean wetland inventory: hábitat description system. Lisboa. MedWet. ICN, Wetlands International, Greek biotope, EKBY Publication.

FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP (FISRWG). (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group. GPO Item No. 0120-A.

FERNÁNDEZ, J. L. & M. HERNÁNDEZ. 2007. Catálogo de la flora vascular de la Cuenca alta del río Subachoque (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 29 (1):73-104.

FUNDACIÓN HUMEDAL LA CONEJERA, FHLC (2005). *Plan de manejo ambiental Humedal La Conejera*. Bogotá, D. C.: Documento técnico. Convenio EAAB-FHLC.

FINEGAN, B. (1996). "Pattern and process in neotropical secondary rain forest – the first 100 years of succession". *Tree* 11: 119-124.

FISRWG, (1998). "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)". GPO Item No. 0120-A. En línea: [www.nrcs.usda.gov](http://www.nrcs.usda.gov)

FJELDSA, J. & KRABBE, N. (1990). *Birds of the high Andes*. Copenhagen, Dinamarca: Zool. Mus. Univ. Copenhagen, Apollo Books.

FJELDSA, J. (1983). "Systematic and biological notes on the Colombian coot *Fulica americana columbiana*". *Steenstrupia* 8: 209-219.

\_\_\_\_\_. (1984). "Three endangered South American grebes *Podiceps*: case histories and ethics of saving species by human intervention". *Ann. Zool. Fennici* 21: 411-416.

\_\_\_\_\_. (1985). "Origin, evolution and status of the avifauna of Andean wetlands". En: Buckley, P. A., Foster, M. S., Morton, E. S., Ridgely, R. S. & F. G. Buckley (Eds.). *Neotropical Ornithology, Ornithol. Monogr.* 36, AOU., 85-112.

\_\_\_\_\_. (1993). "The decline and probable extinction of the Colombian grebe, *Podiceps andina*". *Bird Conserv. Intl.*, 3: 221-234.

FORERO-U., J. E. & GARZÓN, M. R. (1974). *Ciclo biológico de la guapucha *Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821) (Pisces: Characidae) en la Sabana de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado.

FORERO, E. 1965. Estudio fitosociológico de un bosque subclimácico en el altiplano de Bogotá, Colombia. Tesis de grado para obtener el título de Botánico. Universidad Nacional de Colombia.

- FORMAN, R.T.T. (1998). *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge: University Press.
- FORMAN, R.T.T. and GORDÓN, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York: John Wiley.
- FUNDACIÓN AVP - ECOFONDO. (1995). *Una propuesta de ecodesarrollo urbano para la recuperación de la laguna de Tibabuyes*. Bogotá: EAAB.
- FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO. (2002). *Análisis y valoración del Humedal Santa María del Lago*. Facultad de Biología Marina. Informe Técnico. Oficina administrativa del Humedal Santa María del Lago.
- \_\_\_\_\_. (2003). *Informe de las salidas de campo realizadas durante el primer semestre al Humedal Santa María del Lago*. Bogotá.
- GALINDO-LEAL, C. (1992). "Overestimation of deer densities in Michilia Biosphere Reserve". *Southwest. Nat.* 37: 209-212.
- GARBISCH, E.W., Jr. (1986). Highways and wetlands-Compensating wetland losses: McLean, Va., Federal Highway Administration, Office of Implementation, Contract Report DOT-FH-11-9442, 60.
- GARCÍA K., M. (s. f.). "Rubiaceae". *Catálogo Ilustrado de las Plantas de Cundinamarca* 8: 1-128.
- GERSIB, R. (2001). The need for process-driven, watershed-based wetland restoration in Washington State. Proceedings of the Puget Sound Research Conference.
- GIBBS, J. P. & MELIN, S. M. (1993). "Call-response surveys for monitoring breeding waterbirds". *J. Wildlife Mgmt.* 57: 27-34.
- GIBBS, J. P., SNELL, H. L. and C. E. CAUSTON. (1999). "Effective monitoring for adaptive wildlife management: lessons from the Galapagos Islands". *Journal of Wildlife Management* 63 (4): 1055-1065.
- GIRARDET, H. (1992). *The Gaia Atlas of cities. New directions for sustainable urban living*. London: Gaia Books.
- GLEASON, H. (1927). "A further views of the succession- concept". *Ecology* Vol VIII. No. 3.
- GLENN-LEWIN, D. PEET, R. K. & T. VEBLEN. (1992). *Plant succession: theory and prediction*. Chapman & Hall.
- GÓMEZ CAJIAO & ASOCIADOS CÍA. LTDA. (1995). *Plan de manejo ambiental y control de la contaminación en el Humedal del Jaboque*. Bogotá: DAMA. Vols. I, II, III y XII.
- GONZÁLEZ, M. & D. GARCÍA. 1995. Restauración de Ríos y Riberas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad politécnica de Madrid. Fundación conde del Valle Salazar. Madrid-España.
- GONZÁLEZ-V., L. A. & VEGA-S., D. M. (1981). *Contribución al conocimiento de los aspectos morfológicos, taxonómicos y ecológicos de las plantas acuáticas*. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología. Trabajo de grado.
- GOUN (2001). "Protejamos las aves amenazadas del Embalse de Tominé". Grupo de Ornitología Universidad Nacional de Colombia. En línea: [http://www.geocities.com/alondra\\_goun.index.htm](http://www.geocities.com/alondra_goun.index.htm)
- GRIME, J. P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester: Wiley, 222.
- GRIMMETT, R. F. & JONES, T. A. (1989). "Important bird areas in Europe". Cambridge UK.: ICBP, Technical Publication No. 9. International Council for Bird Preservation.

GROSS, J. E. (2003). Developing Conceptual Models for Monitoring Programs. NPS Inventory and Monitoring Program, Oak Ridge Drive, Ft Collins, CO, (970) 267-2111. En línea: science.nature.nps.gov

GUARIGUATA, M. R. (2000). "Bases ecológicas generales para el seguimiento de proyectos de restauración de bosques". En: Ponce de León, E. (Ed.). *Memorias del seminario de restauración ecológica y reforestación*. Bogotá: Fundación A. Angel Escobar, FESCOL, GTZ. Prisma Editores, 83-95.

GUHL, E. 1981 La Sabana de Bogotá sus alrededores y su vegetación. Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá.

HANEY, A., and POWER, R. L. (1996). "Adaptive management for sound ecosystem management". *Environmental Management* 20: 879-886.

HARLING, G. & ANDERSON, L. (1989). "Polygonaceae". *Flora de Ecuador* No. 38. Sweden.

HARPER, J.L., BEGON, M. & C.R. TOWSEND. (1996). "Ecology". *Blackwell Science* Cap.17 (679-710), (3rd Ed.).

HARRIS, G. P. (1994). "Pattern, process and prediction in aquatic ecology. A limnological view of some general ecological problems". *Freshwater Biol.* 32: 143-160.

HAYNES, R. R. & HOLM-NIELSEN, L. B. (1986). "Juncaceae". En: Harling, G. & Anderson, L. (Eds.). *Flora de Ecuador*. No. 26: 45-50.

HEATH, O. V. S. (1977). *La estadística en la investigación experimental*. Cuadernos de Biología. Barcelona: Omega,

HEATH, D. (1995). *An Introduction to Experimental Design and Statistics for Biology*. London: University College London, 372.

HENDRIX, S. D., BROWN, V. K. & H. DINGLE. (1988). "Arthropod guild structure during early old field succession in a New and Old World site". *Journal of Animal Ecology* 57: 1053-1065.

HERNÁNDEZ-C., J. I., HURTADO, A., ORTIZ, R. & T. WALSCHBURGER. (1992). Centros de endemismo en Colombia. En: Halffter, G. (Eds.). *La diversidad biológica de Iberoamérica*. México. Acta Zool. Mexicana. Vol. Especial, Vol. I., 175-190.

HERNÁNDEZ-C., J. I. & T. VAN DER HAMMEN. 1960. Inventarios florísticos no cuantitativos realizados en el Bosque de las Mercedes y en un sitio húmedo e inundado de la parte plana de la Sabana de Bogotá al norte de la población de Funza.

HILTY, S. L. & BROWN, W. L. (1986). A guide to the birds of Colombia. Princeton, NJ.: Princeton Univ. Press.

HILTY, S. L. (1985). Distributional changes in the Colombian avifauna: a preliminary blue list. En: Buckley, F. G. et al. (Eds.). *Op. cit.*, 1000-1012.

HOBBS, R.J. & NORTON, D. A. (1996). "Towards a conceptual framework for restoration ecology". *Restoration Ecology* 4 (2): 93110.

HOLL, K.D., CRONE, E.E. y C.B. SCHULTZ. (2003). "Landscape restoration: moving from generalities to methodologies". *Bioscience* 53, 491-502.

HOLMGREN, N. H. & U. MOLAU. 1984. Scrophulariaceae. En: G. Harling. & B. Sparre (Eds.) *Flora of Ecuador* 21: 3 -188.

- HORN, C. N. (1987). "Pontederiaceae". En: Harling, G. & Anderson, L. (Eds.). *Flora of Ecuador* 21: 3-188. En línea: [www.ornitologiacolombiana.org/MemoriasICOC/posters/bernalcalvachi.htm](http://www.ornitologiacolombiana.org/MemoriasICOC/posters/bernalcalvachi.htm). (11.04.2005).
- HUERTAS-G., G. & CAMARGO, L. A. (1976). *Catálogo Ilustrado de las plantas de Cundinamarca*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Vol. IV.
- HURLBERT, S.H. (1984). "Pseudoreplication and the design of ecological field experiments". *Ecol. Monog.* 54 No. 2: 187-211.
- INGETEC. 2007. Diseño para la reconfiguración física y rehabilitación ecológica de la ZR y ZMPA del Humedal La Vaca. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Informe de avance.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH (2004). Áreas importantes para la conservación de las aves - AICAS. En línea: <http://www.humboldt.org.co/conservacion/aicas>.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR BIRD PRESERVATION, ICBP. (1992). *Putting Biodiversity on the Map: Priority areas for global conservation*. Cambridge: ICBP.
- IEH-GRUCON. (1999). *Complementación de los sistemas de drenaje pluvial y sanitario. Estudio de impacto ambiental, Jaboque II*. Bogotá: EAAB - Gerencia Técnica - Dirección Unidad Ambiental Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. (1989). *Mapa del Neógeno-Cuaternario de la Sabana de Bogotá-Cuenca alta del río Bogotá*. Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. (1995). *Suelos de Colombia*. Santafe de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras*. Tres tomos. Bogotá.
- \_\_\_\_\_. & OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER, ORSTOM. (1984). *Estudio regional integrado del altiplano Cundiboyacense. Estudio general de suelos*. Bogotá.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA, HIDROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. *Guía para el evaluación y seguimiento de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas*. En línea: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co) (Consultado en octubre de 2005).
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. (1994). *Guía de Restauración de Graveras*. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE). (2000). *Ley General de Vida Silvestre*. México: SEMARNAP.
- JACKSON, L.E., KURTZ, J. C. and W.S. FISHER (Eds). (2000). *Evaluation Guidelines for Ecological Indicators*. EPA/620/R-99/005. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 107.
- JANSEN, A. (1997). "Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project". *Restoration Ecology* 5 (2): 115-124.
- JEFFERS, J. N. R. (1991). *Modelos en ecología*. Traductor: Javier Retana. Vilassar de Mar, Barcelona: Oikos-Tau, 96.
- JIMÉNEZ-P., I. (1996). "Limitaciones de la reintroducción y cría en cautiverio como herramienta de conservación". *Vida Silvestre Neotropical* 5: 89-100.

JORDAN, W., GILPIN, M y ABER, J. (1987). "Restoration ecology. Ecological restoration as a technique for basic research". In: *Applying Ecology*. Alan Beeby. Cambridge University, 3-21.

KANH, F., LEON, B. & K. R. YOUNG. (1993). *Las plantas vasculares en las aguas continentales del Perú*. Lima: IFEA.

KEDDY, P. A. (1999). Wetland restoration: The potential for assembly rules in the service of conservation. - *Wetlands* 19 (4): 716-732.

KENNEDY, C. E. J. and SOUTHWOOD, T. R. E. (1984). "The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis". *Journal of Animal Ecology* 53 (2): 455-478.

KITCHING, R. L., DAIQIN, L. & STORK, N. E. (2001). "Assessing biodiversity "sampling packages": how similar are arthropod assemblages in different tropical rainforest?". *Biodiversity and Conservation* 10: 793-813

KONDOLF, G. M. (1995). "Five elements for effective evaluation of stream restoration". *Restoration Ecology* 3 (2): 133-136.

KONLY, F. M., MINZHEN, SU, VAN DER KAMP, G. & J. B. MILLAR. (2004). "A practical approach to monitoring water levels in prairie wetlands". *Wetlands* 24 (1): 219-226.

KREBS, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. Menlo Park, CA.: Addison Wesley. (2nd Edition).

LAMB, D., y GILMOUR, D. (2003). *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland. x +110.

LANDIN, M. C. (1995). "The role of technology and engineering in wetland restoration and creation". In: Proceedings of the National Wetland Engineering Workshop, August 1993, Ed. J.C. Fischerich et al. Technical Report WRP-RE-8. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

LEGARE, M. L. (1996). *The effectiveness of tape playbacks in estimating population densities of breeding black rails in Florida*. Kingston, RI.: Universidad de Rhode Island. Tesis de doctorado no publicada.

LIKENS, G. and WETZEL (2000). *Limnological Analysis*. Ed. Wiley.

LINDIG-CISNEROS, R. y ZEDLER, J. B. (2005). "La restauración de humedales". Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdez, M. y D. Azuara (Editores). *Temas sobre restauración ecológica*. México: Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat), 201-213. En línea: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

LOEB, S. L., and SPACIE, A. (1994). *Biological monitoring of aquatic systems. Papers presented at a symposium held Nov. 29- Dec. 1, 1990, at Purdue University*. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.

LOREAU, M., NAEEM, S., INCHAUSTI, P., BENGTTSSON, J., GRIME, J. P., HECTOR, A., HOOPER, D. U., HUSTON, M. A., RAFFAELLI, D., SCHMID, B., TILMAN, D. and D. A. WARDLE. (2001). "Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges". *Science* Vol. 294: 804-808.

LOZANO, I. E. (1993). Observaciones sobre la ecología y el comportamiento de *Rallus semiplumbeus* en el humedal de La Florida, Sabana de Bogotá. Bogotá: ACS-BirdLife International. Informe no publicado.

+++LUBCHENCO, J. (1978). Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *American Naturalist* 112:23-39

LUKEN, J. O. 1990. Directing ecological succession. Chapman & Hall. First edition.

LUTEYN, J. L. (1999). Páramos. A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. The New York Botanical Garden Press. U. S. A.



LYNCH, J. D. & J. M. Rengifo. (2001). Guía de reptiles y anfibios de Bogotá y sus alrededores. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA, Bogotá.

MACHMER, M AND CH. STEEGER. (2002). Effectiveness Monitoring Guidelines For Ecosystem Restoration. Final Report. Submitted to: Habitat Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection. Victoria, B.C. 22 p.

MACHMER, M.M., H. PAGE AND C. STEEGER. (2002). An effectiveness monitoring plan for NDT4 ecosystem restoration in the Rocky Mountain Trench. Report prepared for Habitat Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria. 56 p. En: [www.for.gov.bc.ca](http://www.for.gov.bc.ca)

MAGURRAN, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

MANLEY, P. N., W. J. ZIELINSKI, C. M. STUART, J. J. KEANE, A. J. LIND, C. BROWN, B. L. PLYMALE, AND C. O. NAPPER. (2000). Monitoring ecosystems in the Sierra Nevada: The conceptual model foundations. Environmental Monitoring and Assessment 64:139-152.

MARBLE, A.D. 1990. A guide to wetland functional design: McLean, Va., Federal Highway Administration Report Number FHWA-IP-90-010, 222 p.

MARCOT, B. G., W. E. MCCONNAHA, P. H. WHITNEY, T. A. O'NEIL, P. J. PAQUET, L. E. MOBRAND, G. R. BLAIR, L. C. LESTELLE, K. M. MALONE, AND K. I. JENKINS. (2002). A multi-species framework approach for the Columbia River Basin: integrating fish, wildlife, and ecological functions. On CD-ROM. Northwest Power and Conservation Council (previously: Northwest Power Planning Council), Portland, Oregon.

MARGALEF, R. (1995). Ecología. Ediciones Omega. Octava reimpression. Barcelona

MÁRQUEZ, G. (2003). Bienes y servicios ecológicos de los humedales, pp. 11-27, en: Conservación Internacional-Colombia (Eds.), vol.2, *op. cit.*

MÁRQUEZ-HUITZIL, R. (2005). Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración 159-168 pp. R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (editores) Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat), México. En: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

MONTES, L. & P. EGUILUZ. 1996. El Cerro, frontera abierta. Recorrido ecológico por el cerro de Usaqué. Embajada de España, Fondo FEN. Editorial Santillana.

MORRISON, M.L. Y B.G. MARCOT. (1995). An evaluation of resource inventory and monitoring program used in national forest planning. Environmental Management 19: 147-156.

MATHIAS, E. & L. CONSTANCE. 1976. Umbelliferaceae. Flora de Ecuador. No. 5. Ed. Berlingska Boktryckerrer, Lund.

MAYNORD, S.T., LANDIN, M.C., MCCORMICK, J.W., DAVIS, J.E., EVANS, R.A., AND HAYES, D.F. (1992). Design of habitat restoration using dredged material at Bodkin Island, Chesapeake Bay, Maryland: Vicksburg, Miss., U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Wetlands Research Program Technical Report WRP-RE-3, 33 p. + tables and figures.

MEYER, O. (1994). Functional groups of microorganisms, pp. 68-96, en: Schulze, E.-D. & H.A. Mooney (Eds.). Biodiversity and ecosystem function. Springer-Verlag. Germany.

MAYR, E. (1991). One Long Argument. Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.

MEFFE, G. K. Y C. R. CARROLL. (eds.). (1994). Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

MIDDLETON, B. (1999). Wetland restoration, flood pulsing, and disturbance dynamics. Ed. John Wiley & Sons. Inc. New York.

MINISTRY OF WATER, LAND AND AIR PROTECTION (MWLAP). Ecological Restoration Guidelines For British Columbia. En: [www.gov.bc.ca](http://www.gov.bc.ca) Consultado en octubre de (2005).

MITSCH, W. & J. GOSSELINK. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold Intrnl. Publ.

MITSCH, W. J. AND R. F. WILSON. 1996. Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. Ecological Applications. 6: 77-83.

MITSCH, W. J., WU, X. Y., NAIRN, R. W., WEIHE, P. E., WANG, N. M., DEAL, R. & BOUCHER, C. E. (1998). Creating and restoring wetlands – A whole-ecosystem experiment in self-design. - Bioscience 48 (12): 1019-1030.

MOJICA, J. I., C. CASTELLANOS, J. S. USMA & R. ALVAREZ (Eds.). (2002). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.

MOLINA, J. F., J. OSORIO & E. URIBE. (1997). Cerros, humedales y áreas rurales, Santafé de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA, Bogotá.

MOONEY, H.A. AND HOBBS, R.J. (2000). Invasive species in a changing world. Island Press, Washington, DC; Covelo, California.

MOORE, P. (2001). Wetlands. Facts On File, Inc.

MORALES R., A. (2001). Uso y requerimientos de hábitat del cucarachero de pantano *Cistothorus apolinari*. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

MORA-OSEJO L. E. (1994). Haloragaceae. In Pinto, P. & P. Ruiz (Eds.) Flora de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Colciencias

MORA-OSEJO, L.E. 1966. Juncaceae. Catálogo Ilustrado de las Plantas de Cundinamarca, 1 : 85-95.

MORRISON, M.L., B.G. MARCOT & R. WILLIAM MANNAN. (1998). Wildlife-habitat relationships: concepts and applications (segunda edición). Univ. Wisconsin Press, Madison, WI.

MUÑOZ, J. M. 2006. Estudio de sedimentos hídricos de cinco humedales de Bogotá y el sector de Campo Verde en la localidad de Bosa. Informe final. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

MUNSHOWER, F. (1994). Disturbed land revegetation. Lewis Publishers.

MURILLO M. T. & J. MURILLO. 2001. Guía de pteridófitos de Bogotá y sus alrededores. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

NARANJO, G. ANDRADE, G. & PONCE DE LEÓN, E. (1999). Humedales interiores de Colombia: Bases técnicas para su conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt". Ministerio de Medio Ambiente: Dirección General de Ecosistemas.

NARANJO, L.G. (1995). Patrones de reproducción en dos poblaciones aisladas de *Agelaius icterocephalus* (Aves: Icteridae). Caldasia, 18: 89-100.

NARANJO, L.G. (1998). Avifauna acuática residente y migratoria en Colombia, pp. 47-58, en: E. Guerrero (Ed.), *op. cit.*

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). (2004). Adaptive Monitoring And Assessment For The Comprehensive Everglades Restoration Plan. The National Academies Press. 122 pp.

NATIONAL PARK SERVICE (NPS). En línea ((2005)). Guidance for Designing an Integrated Monitoring Program. En: [science.nature.nps.gov](http://science.nature.nps.gov)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2001). Committee on Mitigating Wetland Losses. Compensating for wetland losses under the Clean Water Act. Washington, D.C.: National Academy Press. 348 pp.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2004). Adaptive Management for Water Resources Project Planning. Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship, Committee to Assess the U.S. Army Corps of Engineers Methods of Analysis and Peer Review for Water Resources Project Planning, 138 p.

NIEMI, G.J. AND M. E. MCDONALD. (2004). Application of ecological indicator. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* (2004). 35:89-111

NOOS, R. 1990. Indicators for monitoring Biodiversity: A Hieratical Approach. *Conserv. Biol.* 4(4): 355-364.

NOSS, R. F., AND A. Y. COOPERRIDER. (1994). Saving Nature's Legacy: Protecting and Restoring Biodiversity. Island Press, Washington, D.C. 416 pages.

NYGAARD, B. (2004): Community assembly in restored wetlands. PhD thesis. National Environmental Research Institute, Kalø, Denmark. 40 pp. <http://afhandlinger.dmu.dk>

ODUM, E. P. 1972. Ecología. Interamericana, Tercera Edición.

OLIVARES, A. 1969. Aves de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

OLIVARES, A. 1973. Las Ciconiformes colombianas. Proyer Editores, Bogotá.

OLYMPIC NATURAL RESOURCES CENTER (ONRC). (2000). The scientific basis for validation monitoring of salmon for conservation and restoration plans. Report of the validation Monitoring Panel to the Olympic Natural Resources Center, College of Forest Resources, University of Washington, Seattle. En: [www.onrc.washington.edu](http://www.onrc.washington.edu)

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). (1994). Environmental Indicators: Environment Monographs No. 83. Paris.

PALMER, R. S. (Eds.). 1962. Handbook of North American birds, vol. I. Yale Univ. Press, New Haven, CT.

PALMER, M. A., AMBROSE, R. F Y POFF, N. L. (1997). Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology*. 5 (4): 291 - 300.

PALMER, M.A., E.S. BERNHARDT, J. D. ALLAN, P.S. LAKE, G. ALEXANDER, S. BROOKS, J. CARR, S. CLAYTON, C. N. DAHM, J. FOLLSTAD SHAH, D. L. GALAT, S. G. LOSS, P. GOODWIN, D.D. HART, B. HASSETT, R. JENKINSON, G.M. KONDOLE, R. LAVE, J.L. MEYER, T.K. O'DONNELL, L. PAGANO AND E. SUDDUTH. (2005). Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*: 42, 208-217.

PARKER, R.E. 1981. Estadística para biólogos. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona.

- PARKER, V. T. (1997). The scale of successional models and restoration objectives. *Restoration Ecology*, 5(4): 301-306.
- PARRA-O., C. & J. L. FERNÁNDEZ A. (2002) Adiciones a la flora de Colombia: Novedades Taxonómicas, cronológicas y sinopsis de la Tribu Arabidae (Brassicaceae). *Caldasia*, 20 (2): 323-341.
- PEART, D. R. (1989). Species interactions in a successional grassland. III. Effects of canopy gaps, gopher mounds and grazing on colonization. *The Journal of Ecology*. 77(1): 267 – 289.
- PÉREZ A, E. 1996. Plantas Útiles de Colombia. Edición de Centenario. DAMA, Fondo FEN, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Santander de Quilichao, Cauca.
- PÉREZ-PRECIADO, A. 2000. La estructura ecológica principal de la Sabana de Bogotá. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas. [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co)
- PARRISH, J. D., D. P. BRAUN, AND R. S. UNNASCH. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience* 53:851–860.
- PERROW, M.R. Y A.J. DAVY. (2002). Eds.: Handbook of ecological restoration. Volume 1: Principles of restoration. Cambridge University Press.
- PHILLIP A. M. 1974. Onagraceae. Flora de Ecuador. C. W. K. Gleerup (Ed.). Opera Botánica Serie B No. 3. 141. Lund. Sweden.
- PICKET, S. T. A & WHITE, P.S. (1985). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo and Toronto : 3 - 124.
- PICKETT, S.T.A., KOLASA, J., ARMESTO, J.J., AND COLLINS, S.L. (1989). The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, 54: 129–136.
- PIELOU, E. C. 1977. Mathematical Ecology. Wiley, New York.
- PINTO, P. 1966. Gramineae. Catalogo Ilustrado de las Plantas de Cundinamarca, 1: 13-82.
- POIANI, K., Y B. RITCHER. (2000). Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación no. 1. The Nature Conservancy. 12 pp.
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. (2003). Diagnóstico de los lagos ubicados en los parques de Tunal, Timiza, Los Novios, La Florida y Simón Bolívar. Informe final al IDRD, Bogotá.
- PRABHU, R; COLFER, CJP; DUDLEY, RG. (1999)a. Guidelines for Developing, Testing and Selecting Criteria and Indicators for Sustainable Forest Managing. Bogor, Indonesia, CIFOR. 186 p. (Criteria and Indicators Toolbox Series 1).
- PRADO-CASTILLO, L.F, J.I. BARRERA Y S.P. MONTOYA. (2005). Programa de Evaluación y Seguimiento a proyectos de restauración ecológica del Distrito Capital. Convenio interadministrativo no.-017 entre la Pontificia Universidad Javeriana y Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia.
- RALPH, C. J. & J. M. SCOTT (Eds.). 1981. Estimating numbers of terrestrial birds. *Stud. Avian Biol.* No. 6, Publ. Soc. Ornitol. Cooper.
- RALPH, C. J., G. R. GEUPEL, P. PYKE, T. E. MARTIN, D. F. DESANTE & B. MILÁ. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Technical Report PSW-OTR-159, Pacific Southwest Research Station, Albano, CA, Servicio Forestal, U.S. Depto. de Agricultura.

RAMBO, J. L. & S. H. FAETH. (1999). Effect of vertebrate grazing on plant and insect community structure. *Conservation Biology* 13(5): 1047-1054.

RANGEL CH., J. O., P. D. LOWLY & M. AGUILAR. 1993. Colombia diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia - IDEAM. Santa fé de Bogotá.

RANGEL, O. (2003). El antiguo lago de la Sabana de Bogotá: su vegetación y su flora en el tiempo, pp. 53-70, en: EAAB-Conservación Internacional-Colombia (Eds.), vol.1, *op. cit.*

RANGEL, O. 2003. El antiguo lago de la Sabana de Bogotá, su vegetación y su flora en el tiempo. En: Los Humedales de Bogotá y La Sabana. Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional Colombia. Editores Guarnizo, A. y B. Calvachi.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). En línea. Diccionario en línea. En: [www.rae.es](http://www.rae.es); consultado en junio de 2006.

REDDY, K.R. 1993. Wetland soils—Opportunities and challenges. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1145–1146.

RENJIFO, L. M. (1992). Los humedales de la Sabana de Bogotá. *Ambiente Capital*, 1: 3-8.

RENJIFO, L. M. (1998). Especies de aves amenazadas y casi amenazadas de extinción en Colombia, pp. 416-426, en: M. E. Chaves & N. Arango (Eds.). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Colombia (1997). Tomo I. Diversidad biológica. Instituto Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.

RENJIFO, L. M., A. M. FRANCO-M., J. D. AMAYA-E., G. H. KATTAN & B. LÓPEZ-LANÚS (Eds.). (2002). Libro rojo de aves de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.

RICKLEFS, R.E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science*, New series, Vol. 235, No. 4785: 167-171 pp.

RISS W., OSPINA R. & J. D. GUTIERREZ. (2002). Una metodología para el cálculo de valores primarios de bioindicación. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2): 29-35.

RISS W., R. OSPINA & J. D. GUTIERREZ. (2002). Bioindicación de la calidad de agua con lógica difusa Sugeno y macroinvertebrados acuáticos en la Sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2): 37-51.

RISSER, P.G. (1995). Biodiversity and Ecosystem function. *Conservation Biology*. Vol. 9 No. 4: 742-746 pp.

RIVERA, C. C. 1983. El avetorito *Ixobrychus exilis bogotensis*. *Rupícola*, 3:4.

RIVERA, O. D. (2001). Páramos de Colombia. Banco de Occidente, IM Editores, Cali.

RIVERA, O. D. (2004). Altiplanos de Colombia. Banco de Occidente, IM Editores, Cali.

RIVERA, O.D., J.O. RANGEL & I. SORIANO. (2004). Pastizales xerófilos del municipio de Ubaque y norte del altiplano de Bogotá, pp. 156-191, en: Rangel-Ch., J.O., J. Aguirre-C., M.G. Andrade-C & D. Giraldo-Cañas (Eds.). Memorias Octavo Congreso Latinoamericano de Botánica y Segundo Colombiano de Botánica, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

RODGERS, J. A. JR. & H. T. SMITH. (1997). Buffer zone distance to protect foraging and loafing waterbirds from human disturbance. *Wildl. Soc. Bull.* 25:139-145.

RODRIGUEZ, P. L. (1999). Estructura y dinámica de la vegetación secundaria en la microcuenca de la quebrada "La Quigua" (Garagoa- Boyacá ). Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología.

RODRÍGUEZ-M., J. V. (Eds.) (2000). Recuperación de los humedales de la Sabana de Bogotá: alternativa hacia su viabilidad ecológica y social. Parte 1. Síntesis del estado actual de los humedales de Bogotá; Parte 2. Estrategia para la recuperación de los humedales bogotanos. Parte 3. Protocolo general para el desarrollo de revegetalización en los humedales bogotanos. Informe final, Conservation Internacional Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Bogotá.

ROLDÁN G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. 13(88): 375-387.

ROLDAN, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Ed. Univ de Antioquia.

ROMERO, V. E. (2002). Elaboración de los diseños detallados para la adecuación hidráulica y restauración ecológica del Humedal de Torca. EAAB. Gerencia Técnica. Dirección Unidad Ambiental.

RONI, P., T.J. BEECHIE, R.E. BILBY, F.E. LEONETTI, M.M. POLLOCK, AND G.R. PESS. (2002). A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest watersheds. North American Journal of Fisheries Management 22. 1-20 pp.

ROSE, P.M. & D.A. SCOTT. (1997). Waterfowl population estimates. Second Edition. Wetlands International Publ. 44. Wageningen The Netherlands. [www.wetlands.org/IWC/wpe2/WPE2-toc.htm](http://www.wetlands.org/IWC/wpe2/WPE2-toc.htm)

ROSSELLI, L. & S. DE LA ZERDA. (1999). Avifauna colombiana y líneas de transmisión: fase III. Informe no publicado, Interconexion Eléctrica S. A. ISA y Asociación Bogotana de Ornitología.

RUEDA-A., J. V., J. D. LYNCH & A. AMÉZQUITA (Eds.). (2004). Libro rojo de los anfibios de Colombia. Conservation Internacional Colombia e Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

SABINE, E., G. SCHREIBER, A. R. BEARLIN, S. J. NICOLYCH, R. TODD. (2004). Adaptive management: a synthesis of current understanding and effective application. Ecological Management and Restoration Vol. 5, No. 3. December. 177 – 182 pp.

SALAMANCA, B. & CAMARGO, G. 1993. Sucesión vegetal y revegetalización estratégica en la conservación y restauración de los ecosistemas altoandinos del corredor de corredor del Teusacá. Tesis de grado, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana.

SAMPER, C. (2000). Ecosistemas naturales, restauración ecológica e investigación, pp. 27-37, en: E. Ponce de León (Ed.). Memorias del seminario de restauración ecológica y reforestación. Fundación A. Angel Escobar, FESCOL, GTZ. Prisma Editores, Bogotá.

SÁNCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

SAVAL, S. (1998). La reparación del daño. Aspectos técnicos: Remediación y restauración. En: [www.bibliojuridica.org](http://www.bibliojuridica.org)

SCHMIDT-MUMM, U. (1992). Primer registro de *Wolffia oblonga* (phil.) Hegel y sinopsis de las Lemnaceae en Colombia. Caldasia 17(1): 11-20.

SCHMIDT-MUMM, U. (1998). Vegetación Acuática y Palustre de la Sabana de Bogotá y Plano del Río Ubaté. Tesis de Maestría, Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá.

SEABLOOM, E.W. & VAN DER VALK, A.G. (2003). The development of vegetative zonation patterns in restored prairie pothole wetlands. *Journal of applied Ecology* 40: 92-100.

SHERFF, E. E. 1937. The genus *Bidens*. Part I. Field Museum of Natural History. U.S.A.

SMITH, L. B. & B.G. SCHUBERT, 1946. The Begoniaceae of Colombia. *Caldasia* 4(16): 3-38; 4(17): 77-107; 4(18): 179-209.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE Y POLICY WORKING GROUP (SER). (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOTO, D. & A. LARA. (2001). Servicios ecosistémicos de los bosques nativos, pp. 295-310, en: R. Primack, R. Roíz, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (Eds.). *Fundamentos de conservación biológica, perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

SOULÉ, M. E. (Eds.). 1986. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecological Systems*. Annual Reviews Inc. 15: 353 – 391.

STATTERSFIELD, A.J., M.J. CROSBY, A.J. LONG, & D.C. WEGE. (1998). *Endemic bird areas of the world. Priorities for biodiversity conservation*. BirdLife International. Cambridge.

STILES, F. G. & A. F. SKUTCH. (1989). *A guide to the birds of Costa Rica*. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.

STILES, F. G. & P. CAYCEDO. (2002). A new subspecies of Apolinar's Wren (*Cistothorus apolinari*, Aves: Troglodytidae), an endangered Colombian endemic. *Caldasia*, 24: 191-199.

STILES, F. G. (1998). Las aves endémicas de Colombia, pp. 378-385 y 428-432, en: Chaves, M. E. & N. Arango (Eds.). *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Colombia (1997)*. Tomo I. Diversidad biológica. Instituto Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.

STILES, F. G. (2002). Lista preliminar de aves de especial interés genético de Colombia. En: IAvH-Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2002). *Áreas Importantes para la Conservación de las Aves – AICAS*. <http://www.humboldt.org.co/conservacion/aicas>.

STOLZE, R. G. 1983. Ferns and fern allies in Guatemala. Part III, Marsileaceae, Salviniaceae, and the fern allies. *Fieldiana, Bot.*, New ser. 12:1-91.

STOTZ, F.S., J.W. FITZPATRICK, T.A. PARKER, & D.K. MOSKOVITS. (1997). *Neotropical Birds, Ecology and Conservation*. Univ. of Chicago Press. Chicago Ill.

STREEVER, W. (1999). *An international perspective on wetland rehabilitation*. Kluwier Academic Publishers, Dordrecht, Holanda.

SUGDEN, A. 1986. *Diccionario lustrado de la Botánica*. Círculo de Lectores, Editorial Printer Ltda. Bogotá, Colombia.

SUTHERLAND, W. (2000). *The Conservation Handbook. Research, Management and Policy*. Blackwell Science, Oxford.

TABILO-V., E., M. MCCOY-C. & J. FALLAS-G. (1999). Comparación de técnicas para el inventario de humedales en Costa Rica. *Vida Silvestre*, 7:35-39.

THOM, R.M., AND K.F. WELLMAN. 1996. *Planning Aquatic Ecosystem Restoration Monitoring Programs*. U.S. Army Corps of Engineers IWR Report 96-R-23. 128 p.

THOMPSON, A. L. & C. S. LUTHIN. (2004). Wetland restoration handbook for Wisconsin landowners, segunda edición. Bureau of Integrated Science Services, Wisconsin dept. of Natural Resources, Madison, WI.

TILMAN, D. 1996. Biodiversity: Population versus ecosystem stability. *Ecology*, Vol. 77 No. 2: 350-363 pp.

TILMAN, D. (1999). The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, Vol. 80 No. 5: 1455-1474 pp.

TYRON, R. M. & A. F. TYRON. 1982. Ferns and allied plants. With special reference to tropical America. Springer Verlag. N. Y.

UICN. (2001). Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1 Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. [www.iucn.org/themes/ssc/redlists/redlistcatspanish.pdf](http://www.iucn.org/themes/ssc/redlists/redlistcatspanish.pdf).

UNESCO-UNEP. 1996. Water quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring, Second edition, Editor Deborah Chapman, Ed. E&FN SPON Chapman & Hall.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES. (2003). Caracterización de la vegetación del humedal Jaboque. Informe técnico. Alcaldía Local de Engativá.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES. (2003). Catálogo florístico del Humedal de Jaboque. Informe técnico, Alcaldía Local de Engativá.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES. (2003). Caracterización limnológica del humedal de Jaboque. Informe técnico, Alcaldía Local de Engativá.

URIBE, L. 1972. Begoniaceae. *Catálogo Ilustrado de las Plantas de Cundinamarca*, 5: 279-295.

USDA. (2004). Multiparty Monitoring Handbook 4 – Monitoring Ecological Effects (PDF). Forest Service's Inventory and Monitoring Institute. published by the Ecological Restoration Institute at NAU. 76 p. En: [www.fs.fed.us/institute](http://www.fs.fed.us/institute)

VALENCIA, I.D. (2001). Recuentos de algunas salidas y actividades de los últimos meses – Jamboree. *El Clarinero*, 27: 3. Asociación Bogotana de Ornitología, Bogotá.

VALENCIA, I.D. (2002). Modelo de hábitat y distribución geográfica de la alondra *Eremophila alpestris peregrina* en el Altiplano Cundiboyacense, Colombia. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. & E. GONZALES. 1969. Historia de Clima y Vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico Volumen XI, Número 1-3*. Informe 1322. Servicio Geológico Nacional.

VAN DER HAMMEN, T. 1986. La Sabana de Bogotá y su Lago en el Pleniglacial Medio. *Caldasia*, 15: 71-75.

VAN DER HAMMEN, T. (1992). Historia, ecología y vegetación. COA (Corporación Colombiana para la Amazonia, "Araracuara")-Fondo FEN Colombia-Fondo de Promoción de la Cultura Banco Popular. Santafé de Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. 1992. Historia, ecología y vegetación. Fondo FEN. Corporación Araracuara. Fondo de Promoción de la Cultura. Santa Fe de Bogotá D. C.



- VAN DER HAMMEN, T. (1998). Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. CAR, Santafé de Bogotá, D.C.
- VANDERHAMMEN, T. 1998. Plan Ambiental de la cuenca alta del Río Bogotá. Análisis y orientaciones para el Ordenamiento Territorial. Corp. Autónoma Regional de Cundinamarca, Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T. 2003. Los humedales de La Sabana, origen, evolución, degradación y restauración. En: Los Humedales de Bogotá y La Sabana. Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional Colombia. Editores Guarnizo, A. y B. Calvachi.
- VARTY, N., J. ADAMS, P. ESPIN & C. I. HAMBLER (Eds.). 1986. An ornithological survey of Lake Tota, Colombia 1982. Study Report No. 12, ICBP, Cambridge, UK.
- VELÁZQUEZ-T., J., A. GUTIÉRREZ & E. CARRILLO. (2000). Primer registro de parasitismo reproductivo en el cucarachero de pantano *Cistothorus apolinari* por el chamón maicero *Molothrus bonariensis*. Cotinga, 14:102.
- VELÁZQUEZ, J. (1994). Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Caracas.
- VELLIDIS, G., M. C. SMITH, S. G. LEIBOWITZ, W. B. AINSLIE, B. A. PRUITT. (2003). Prioritizing Wetland Restoration for Sediment Yield Reduction: A Conceptual Model. Environmental Management Vol. 31, No. 2, pp. 301-312
- VICKERY, P., J.R. HERKERT, F.L. KNOFF, J. RUTH & C. KELLER. (sf.). Grassland Birds: An overview of threats and recommended management strategies. <http://birds.cornell.edu/pifcapemay/vickery.htm> (18-07-(2002))
- VIVES, P. 1996. Monitoring mediterranean wetlands, a methodological guide. MedWet. Wetlands International.
- VUJNOVIC, K., WEIN, R W AND DALE, M. R. T. (2002). Predicting plant species diversity in response to disturbance magnitude in grassland remnants of Central Alberta. Canadian Journal of Botany. Canada. 80(5): 504 – 511.
- WALTERS, C. J., AND C. S. HOLLING. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. Ecology 71(6):2060-2068.
- WEBB, C. E., I. OLIVER & A. J. PIK. (2000). Does coastal foredune stabilisation with *Ammophila arenaria* restore plant and arthropod communities in Southeastern Australia. Restoration Ecology 8(3): 283-288.
- WEGE, D. (1997). The BirdLife International. Important bird areas program. Program Briefing Book. Manuscrito. Cambridge, UK.
- WEGE, D.C. & A.J. LONG. (1995). Key areas for threatened birds in the Neotropics. Cambridge, UK: BirdLife International (BirdLife Conservation Series 5).
- WILLIAMSON, M. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall. London. 244 p.
- WIJNINGA, V. M, RANGEL O. & A. M. CLEEF. 1989. Botanical, Ecology and Conservation of The Laguna de la Herrera (Sabana de Bogotá, Colombia), Caldasia 16(76) :23-40.
- WYANT, J. G., R. A. MEGANCK, AND S. H. HAM. (1995). A planning and decision making framework for ecological restoration. Environmental Management 19:789-796.

ZAR, J.H. 1984. Biostatistical analysis, 2nd edition. Prentice-Hall, New Jersey.

ZEDLER, J.B. AND S. KERCHER. (2004). Causes and Consequences of Invasive Plants in Wetlands: Opportunities, Opportunists, and Outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(5):431-452.

ZEDLER, J. B. Y J. C. CALLAWAY. (1999). Tracking wetland restoration: do mitigation sites follow desired trajectories? *Restoration Ecology* 7(1): 69-73.

ZONNEVELD, I. (1995). Land Ecology. An introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

ZUNINO M.A. Y A. ZULLINI. (2003). Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. México. 359 p.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
SECRETARÍA DE AMBIENTE



BOGOTÁ  
POSITIVA  
GOBIERNO DE LA CIUDAD