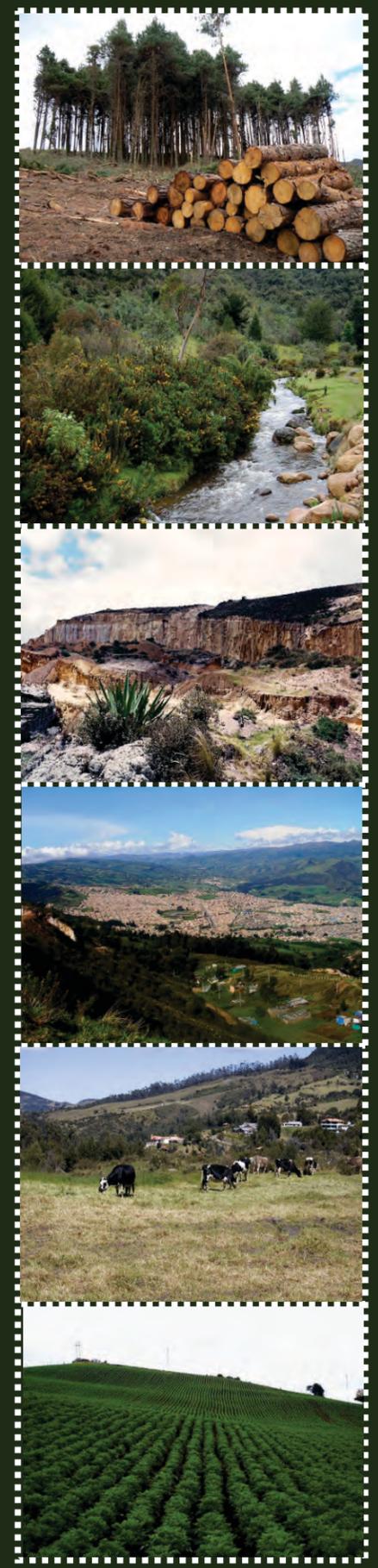




MANUAL PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
DE LOS ECOSISTEMAS DISTURBADOS DEL DISTRITO CAPITAL



MANUAL PARA LA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE
LOS ECOSISTEMAS DISTURBADOS
DEL DISTRITO CAPITAL



MANUAL PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS DISTURBADOS DEL DISTRITO CAPITAL

AUTORES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - ESCUELA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

José Ignacio Barrera Cataño

Sandra Milena Contreras Rodríguez

Natasha Valentina Garzón Yepes

Ana Carolina Moreno Cárdenas

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE (SDA)

Sandra Patricia Montoya Villarreal

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS Y RURALIDAD

GRUPO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

UNIDAD DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA (UNESIS)

ESCUELA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (ERE)

BOGOTÁ, D. C., 2010

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ

Samuel Moreno Rojas

Alcalde Mayor

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE –SDA

Juan Antonio Nieto Escalante

Secretario Distrital de Ambiente

Edgar Fernando Erazo Camacho

Dirección Gestión Ambiental

Bernardo Prada Ospina

Subdirector de Ecosistemas y Ruralidad

Sandra Patricia Montoya Villarreal

Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad

Coordinadora Grupo de Restauración Ecológica

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA -PUJ

Joaquín Emilio Sánchez García, S. J.

Rector

Pontificia Universidad Javeriana

Ingrid Schuler

Decana Académica Facultad de Ciencias

Fabio Roldán

Director Departamento de Biología

José Ignacio Barrera Cataño

Director Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS)

Director Escuela de Restauración Ecológica (ERE)

EQUIPO TÉCNICO

ESCUELA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (ERE)

José Ignacio Barrera Cataño

Director General

Sandra Milena Contreras Rodríguez

Bióloga - Coordinadora Administrativa y Técnica

Natasha Valentina Garzón Yepes

Ecóloga

Ana Carolina Moreno Cárdenas

Bióloga

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE (SDA)

Sandra Patricia Montoya Villarreal

Bióloga – Coordinadora Técnica Institucional

Grupo de Restauración Ecológica

COLABORADORES ESPECIALES

Cesar Valdés López

Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS)

Colaboración especial capítulo 2

Mario Mora

Biólogo

Colaboración especial capítulo 8

Adriana Álvarez

Bióloga (ERE)

Colaboración especial capítulos 3 y 6

Mauricio Aguilar Garavito

Ecólogo (ERE)

Colaboración especial capítulo 6 y 7

Carlos Eduardo Rodríguez

Efrén Castañeda

Corporación Suna Hisca

Colaboración especial capítulo 7

Nelson Yesid Hernández Vanegas

Fotógrafo

Mireya Astrid Bogotá Bogotá

Filóloga y comunicadora social

Correctora de estilo

Ingrid Mendoza Palomá

Bernardo Umaña Munévar

Diagramadores

APORTES FOTOGRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Mario Mora, UAE Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Germán Jiménez, Saúl Prada, Andrés Rymel, Efrén Castañeda, Gustavo Pérez, Rafael Contreras Rodríguez, Fernando Rodríguez, Ana Carolina Moreno, Sandra Contreras, Natasha Valentina Garzón, José Ignacio Barrera, Sandra Montoya, Mauricio Aguilar, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas de Producción Agropecuaria - CIPAV, Escuela de Restauración Ecológica y Secretaría Distrital de Ambiente.

© Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
ISBN Obra Independiente: 978-958-716-382-7
Primera edición
Octubre 2010
Subdirección Imprenta Distrital - DDDI
Bogotá D. C., Colombia

Cítese como: Barrera-Cataño, J.I., S.M. Contreras-Rodríguez, N.V. Garzón-Yepes, A.C. Moreno-Cárdenas y S.P. Montoya-Villarreal. 2010. Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá, Colombia. 402 pp.

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN.....13

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS PARA ABORDAR LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA19

1.1	QUÉ SE ENTIENDE POR ECOLOGÍA, EL CONCEPTO DE ESCALA Y LOS NIVELES JERÁRQUICOS PARA SU ABORDAJE.....	21
1.2	ATRIBUTOS DE LOS ECOSISTEMAS.....	23
1.3	LA SUCESIÓN COMO PROCESO DE DESARROLLO DE LOS ECOSISTEMAS Y EL AGRUPAMIENTO DE ESPECIES	25
1.4	TEORÍA DE DISTURBIO	29
1.5	LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	32
1.6	LOS MODELOS CONCEPTUALES COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	35
1.7	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	39
1.8	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	41

CAPÍTULO 2

BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL Y SUS ECOSISTEMAS43

2.1.	CONTEXTO GEOGRÁFICO GENERAL DEL DISTRITO CAPITAL.....	45
2.2	FACTORES DETERMINANTES DE LOS ECOSISTEMAS PRESENTES EN EL DISTRITO CAPITAL.....	46
2.3	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	65

CAPÍTULO 3

EL PAPEL DEL ESTADO Y LA SOCIEDAD CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ÁREAS DEGRADADAS DEL DISTRITO CAPITAL67

3.1	ANTECEDENTES DEL MARCO LEGAL AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL	69
3.1.1	DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL GLOBAL	71
3.1.2	EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA AMBIENTAL COLOMBIANA.....	74
3.1.3	MARCO NORMATIVO AMBIENTAL EN EL DISTRITO CAPITAL	77
3.2	LA GESTIÓN DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES.....	83

3.2.1	EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL -MAVDT.....	83
3.2.2	LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA -CAR.....	84
3.2.3	SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE -SDA.....	84
3.2.4	EL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ “JOSÉ CELESTINO MUTIS” –JBB.....	95
3.3	EL PAPEL DE LA SOCIEDAD CIVIL.....	97
3.4	LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATÉGIA DE GESTIÓN AMBIENTAL... 99	
3.5	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	105

CAPÍTULO 4

FASES PARA DESARROLLAR UN PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....107

4.1	PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN.....	110
4.2	PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.....	110
4.3	RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A RESTAURAR.....	111
4.4	DIAGNÓSTICO.....	113
4.4.1	RECOPILACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	114
4.4.2	ZONIFICACIÓN: DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE PAISAJE.....	114
4.4.3	DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y LOS COMPONENTES A MUESTREAR.....	116
4.4.4	CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA.....	117
4.4.5	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES LIMITANTES, TENSIONANTES Y POTENCIADORES.....	135
4.5	VALORACIÓN Y PRIORIZACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN.....	137
4.6	DEFINICIÓN DE METAS Y OBJETIVOS DE RESTAURACIÓN.....	139
4.7	SOCIALIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y LA PROYECCIÓN FUTURA DEL ÁREA... 140	
4.8	DEFINICIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL SISTEMA A RESTAURAR.....	141
4.9	FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	149
4.10	FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO.....	151
4.11	SOCIALIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN Y CAPACITACIÓN COMUNITARIA.....	157
4.12	EJECUCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y DEL PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO.....	158
4.13	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	158

CAPÍTULO 5

LA INVESTIGACIÓN COMO SOPORTE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....159

5.1	LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN NO ES RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	161
5.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA.....	166
5.3	PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL DE SORATAMA.....	168
5.4	PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA.....	168

5.5	DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL EXPERIMENTO EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA.....	168
5.6	DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA	169
5.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN EN EL EXPERIMENTO DEL AULA AMBIENTAL SORATAMA... ..	176
5.8	OTRAS INVESTIGACIONES.....	180
5.8.1	DISEÑO EXPERIMENTAL CON DIFERENTES PROPORCIONES DE BIOSÓLIDOS EN LA ARENERA JUAN REY	180
5.8.2	DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA MICROCUENCA SANTA HELENA, SUESCA, CUNDINAMARCA.....	181
5.9	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	185

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS DISTURBADAS EN EL DISTRITO CAPITAL.....187

6.1	FACTORES LIMITANTES Y TENSIONANTES PRESENTES EN LAS DIFERENTES ÁREAS DISTURBADAS	189
6.1.1	ÁREAS DISTURBADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO	189
6.1.2	ÁREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES.....	190
6.1.3	ÁREAS DISTURBADAS POR TALA RASA.....	192
6.1.4	ÁREAS DISTURBADAS POR USO AGRÍCOLA	193
6.1.5	ÁREAS DISTURBADAS POR USO PECUARIO	194
6.1.6	ÁREAS DISTURBADAS POR ESPECIES INVASORAS	195
6.1.7	ÁREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS	197
6.1.8	SUELOS Y CUERPOS DE AGUA DISTURBADOS POR DESCARGA DE CONTAMINANTES.....	198
6.2	ESTRATEGIAS PARA RESTAURAR LAS ÁREAS DEGRADADAS DE ACUERDO AL COMPARTIMENTO.....	200
6.2.1	COMPARTIMENTO DEL SUELO	200
6.2.2	COMPARTIMENTO DE LA VEGETACIÓN.....	210
6.2.3	COMPONENTE FAUNA	229
6.2.4.	COMPONENTE AGUA.....	235
6.3	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	241

CAPÍTULO 7

ALGUNAS EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL DISTRITO CAPITAL ..243

7.1	ÁREAS DISTURBADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO	245
7.2	ÁREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES Y POR ESPECIES INVASORAS	256
7.3	ÁREAS DISTURBADAS POR USO AGROPECUARIO	262
7.4	ÁREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS	272
7.5	SUELOS Y CUERPOS DE AGUA DISTURBADAS POR DESCARGAS DE CONTAMINANTES.....	278
7.6	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	280

CAPÍTULO 8	
PLANTAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	283
GLOSARIO	359
BIBLIOGRAFÍA.....	367
ANEXOS	393
ANEXO 1. Zonas climáticas distribuidas a lo largo de Bogotá D.C.....	393
ANEXO 2. Formaciones geológicas presentes en Bogotá.....	394
ANEXO 3. Características de los suelos del Distrito Capital.....	397
ANEXO 4. Índice de desarrollo humano para Bogotá y sus localidades.....	398
ANEXO 5. Coberturas vegetales para el Distrito Capital	399
ANEXO 6. Tabla para la organización y análisis de los datos de campo en las parcelas de vegetación.....	401

PRESENTACIÓN

La gestión pública tendiente a la conservación de los ecosistemas de Bogotá abordada desde la perspectiva de la preservación y la restauración de áreas degradadas, en beneficio de la biodiversidad urbana y rural, la mejor calidad de vida para los actuales y futuros ciudadanos, es una labor ardua que demanda recursos financieros, dedicación, personal técnico capacitado, compromiso de todos y sustentabilidad en los procesos, asunto que hoy lidera la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

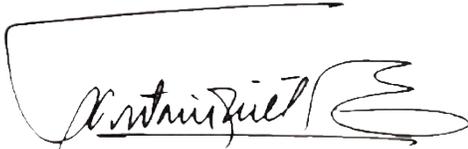
Actualmente en el área del Distrito Capital, existen cerca de 45 000 hectáreas en estado de degradación por causa de disturbios naturales o antrópicos, tales como: incendios forestales, presencia de especies invasoras, contaminación de cuencas hídricas y humedales, contaminación de suelos, deforestación de cuencas abastecedoras de agua para las comunidades rurales, presencia de plantaciones forestales de especies exóticas, agricultura y ganadería manejadas inadecuadamente, entre otros. Ahora, el Distrito cuenta con Manuales como el que hoy se presenta, protocolos, guías técnicas e instructivos que permiten orientar la planeación e intervención de esas áreas, así como efectuar la evaluación y seguimiento a los procesos de restauración. El reto que sigue, es el diseño e implementación de un sistema de alerta y control para detener el deterioro de los ecosistemas que año tras año afectan la enorme riqueza con que la naturaleza nos ha dotado, no sólo a Bogotá sino a todo el país.

Las entidades del sector ambiente del Distrito, vienen desarrollando desde el año 2000, esfuerzos conjuntos e individuales destinados a la validación de técnicas y a la investigación aplicada con entidades de educación superior de reconocida trayectoria como la Universidad Nacional de Colombia, la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre otras, para la restauración, rehabilitación o recuperación de ecosistemas; de la mano, por supuesto, de las comunidades organizadas y del compromiso de entidades del Sistema Ambiental del Distrito Capital (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte, IDIPRON) así como del Sistema Ambiental Nacional (CAR, MAVDT); todo lo cual nos ha permitido posicionarnos como pioneros el tema a nivel local, regional y nacional, y adicionalmente el reconocimiento internacional.

A la Secretaría Distrital de Ambiente le ha correspondido asumir esta realidad y lo ha hecho con la entereza y responsabilidad que demanda esta labor, mediante el desarrollo de un programa de restauración que muestra una trayectoria de gestión. La actual Administración ha seguido la tendencia de las precedentes, asignando recursos económicos crecientes destinados a la ejecución de estos programas e iniciativas, pero se requiere garantizar la consolidación de estos esfuerzos para su sostenibilidad a largo plazo, pues siempre es más veloz la tasa de degradación que la de recuperación y es más económico preservar que restaurar.

Luego de la segunda edición del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica en el año 2002, la Secretaría Distrital de Ambiental en asocio con la Pontificia Universidad Javeriana se dio a la tarea de elaborar el presente Manual de Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital, buscando aportar elementos técnicos para la actualización, el aprendizaje, la reflexión y el análisis de las prácticas desarrolladas para la restauración de áreas de interés ecológico y ambiental tanto en la zona rural como urbana.

Esperamos que este Manual sea de gran utilidad para quienes tienen responsabilidades en estas estratégicas acciones para el logro de un desarrollo sustentable del Distrito Capital, la región y el país.



Juan Antonio Nieto Escalante
Secretario Distrital de Ambiente.

PRÓLOGO

En la restauración ecológica la cooperación entre instituciones, investigadores, técnicos y la comunidad es muy importante, para poder asegurar el éxito de los proyectos. El presente manual es un producto concreto de la apuesta que han realizado la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y la Pontificia Universidad Javeriana, a través de la Escuela de Restauración Ecológica, en ofrecer herramientas para la ejecución de proyectos de restauración de las áreas y sistemas disturbados del Distrito Capital.

La naturaleza a lo largo del tiempo ha creado unos sistemas que funcionan eficientemente en términos del ciclaje de nutrientes y del flujo de energía, en la regulación del clima, de la erosión y del ciclo hidrológico. ¿Cuánto valen estos componentes y estos sistemas que la naturaleza ha creado desde hace miles de millones de años?; ¿cuánto valen en relación con aquellos otros recursos a los cuales el hombre les pone precio en el contexto de la economía de mercado (oferta y demanda)?; ¿cuánto cuestan en relación con un metro cúbico de grava, de arena, un gramo de oro, un metro cúbico de carbón, un barril de petróleo, o una tonelada de carne, de arroz, de azúcar?. ¿Cuánto vale un metro cúbico de oxígeno y de carbohidratos producidos, un metro cúbico de agua pura y un metro cúbico de suelo en buen estado?. El llamado es a reflexionar si se justifica o no realizar el daño de los ecosistemas, cualesquiera que sea, para extraer un recurso o usarlo para producir alimento, ya que restablecerlo para que vuelva a cumplir las funciones que tenía antes del daño, podría ser muy complicado y costoso.

Restablecer un sistema no es plantar arbolitos o colocar un sustrato y reintroducir algo de fauna, como lo piensan muchos, esos son los detonantes de lo que podría ser un proceso de restauración ecológica. Ojalá algún día se pueda contar con un modelo de desarrollo que permita el mejoramiento de la calidad de vida de nuestra gente sin que se ponga en riesgo la existencia de los ecosistemas naturales que aún quedan en nuestro país, un modelo que considere cuándo puede ameritar su destrucción por causa de un cambio de uso. En últimas, para hacer restauración ecológica se debe tener presente la cultura de la vida y del respeto, una cultura de la planeación y no de la improvisación.

Bogotá, nuestra querida capital, sigue creciendo en tamaño, y también económicamente, lo que hace que se incrementen los problemas y también la demanda de recursos sobre los ecosistemas vecinos y del país en general. ¿Hasta dónde debe crecer sin que colapse dicho sistema?; ¿cómo orientar su crecimiento hacia un rumbo de sostenibilidad y de una verdadera calidad de vida de sus ciudadanos?; ¿cuáles deberían ser sus límites?; ¿cómo deberían ser los ecosistemas periurbanos y rurales que la rodean?; ¿qué servicios deben continuar prestando los ecosistemas rurales a la comunidad bogotana?; ¿cómo debe ser el uso de dichos ecosistemas para frenar y revertir su degradación?; ¿qué estrategias desde el punto de vista social y técnico, se deben implementar para restaurar los ecosistemas degradados existentes?. Hoy, ya existe en los alrededores de la ciudad ecosistemas en estados avanzados de degradación, como pasturas y cultivos con baja o ninguna productividad, minas a cielo abierto abandonadas que no tuvieron un plan de

manejo, potreros y cultivos abandonados que han sido invadidos por el retamo espinoso o el helecho marranero; áreas con plantaciones forestales de especies exóticas con altas probabilidades de incendios en las épocas secas. La demanda de materias primas para la construcción, por ejemplo, ha llevado a que los frentes de explotación se incrementen y se localicen en lugares que ponen en riesgo la vida de los relictos de ecosistemas nativos que aún hoy persisten.

¿Cuál es la ciudad que nos merecemos los bogotanos?, la que existe hoy, llena de contaminación, ruido, congestionada, deshumanizada y con grandes desigualdades sociales o aquella que permite tener calidad de vida para todos sus ciudadanos, es decir, aquella que ofrece empleo, salud, educación, recreación, aquella que ofrece una vivienda digna a sus ciudadanos, buenos sistemas de transporte masivo, buenas vías y buenas áreas para la recreación pasiva. ¿Hacia dónde estamos apuntando con la planeación?. La ciudad es responsabilidad de todos y el bienestar que nos genere dependerá de cuanto aportemos para lograrlo. Pero la ciudad no está aislada y su bienestar depende y dependerá de los ecosistemas vecinos, ecosistemas que como ya se dijo antes también se encuentran de una manera u otra degradados. Que importante sería no tener que restaurar los ecosistemas como consecuencia del buen uso del suelo y poder invertir mejor dichos recursos económicos en programas sociales y de mejoramiento de la infraestructura.

El presente manual busca presentar a los lectores elementos útiles en el campo de la gestión, la planeación y ejecución de los proyectos de restauración ecológica, así como brindar herramientas en el componente de la legislación e investigación. Esperamos, pues, que sea de enorme ayuda para aquellos que tienen la responsabilidad o el compromiso de restaurar los sistemas disturbados del Distrito Capital.

José Ignacio Barrera Cataño
Escuela de Restauración Ecológica
Pontificia Universidad Javeriana.

INTRODUCCIÓN

EL FUNDAMENTO FILOSÓFICO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Ante la degradación natural como antrópica de los ecosistemas, la restauración ecológica pareciera ser la última opción para la sobrevivencia de nuestra especie y de la vida en general en el planeta. Para poderla llevar a cabo el hombre debería cambiar de actitud, darle el verdadero valor a la vida y entender que cada vez son menos las opciones para las generaciones futuras. De alguna manera, se debería desacelerar la tasa de degradación de los ecosistemas, aunque para lograrlo se deba replantear el modelo económico del consumismo, pareciera algo imposible, pero a los sistemas no se les puede pedir más de lo que pueden dar naturalmente, ya que de poco sirve hacer restauración ecológica si sigue avanzando su deterioro.

Desde que apareció el concepto de restauración ecológica a finales de la década de los 80 del siglo pasado (Jordan *et al.* 1987) son varios los cambios que se han sugerido por parte de otros investigadores, hasta tener una versión lo más completa posible. La restauración ecológica ha sido definida como el proceso de asistir el restablecimiento de los ecosistemas cuando han sido dañados, degradados o destruidos por causa de los diferentes disturbios naturales y antrópicos (SER, 2004). La restauración ecológica tiene como propósito lograr la sostenibilidad de los ecosistemas, para ello se debe restablecer su salud e integridad. El análisis de cuando un sistema ha sido dañado, degradado o destruido y cuando podría realizarse su restauración fueron realizadas por Brown y Lugo (1994) y es presentado a ustedes con el ánimo de que se reflexione sobre dicho aspecto.

Pero ¿cuándo se ha dañado un ecosistema natural?. Cuando ha perdido, por lo menos, alguno de sus elementos fundamentales que no le permite funcionar de manera eficiente. El término dañado es muy utilizado cuando se hace referencia a los ecosistemas naturales que han sido talados o quemados, los ecosistemas dañados pueden recuperarse de manera espontánea, pero dependiendo de su condición y su localización dicho proceso puede ser más o menos lento.

¿Cuándo se ha degradado un ecosistema?. Cuando ha perdido elementos fundamentales, por causa de los disturbios, que le impiden recuperarse de manera espontánea hasta su estado anterior. Por lo general, los sistemas degradados tienden a tomar trayectorias diferentes en la sucesión al sistema parental. El sistema degradado puede incluso seguirse degradando. El término de sistema degradado se utiliza bastante en los terrenos que son utilizados en agricultura y ganadería, sobre todo cuando han sido mal gestionados (Eswaran *et al.* 2001).

¿Cuando un ecosistema se ha destruido?. Cuando ha perdido todos sus elementos, el suelo, la fauna y la vegetación y han cambiado las condiciones microclimáticas. Cuando un sistema ha sido destruido y luego abandonado es muy posible que nunca vuelva a tener unas características similares a las del ecosistema predisturbio, no obstante, después de mucho tiempo (cientos de años) podría parecerse a dicho sistema. Lo probable es que se genere un sistema diferente e igualmente complejo.

Las causas antrópicas de los daños y destrucciones de los ecosistemas comenzaron, hace unos 15 000 años, con el cambio de hábito del hombre de nómada a sedentario, en ese momento los ecosistemas naturales empezaron a ser transformados en sistemas agrícolas, pecuarios o urbanos. Los daños, degradaciones o destrucciones causadas a los ecosistemas llevaron a que muchos pueblos antiguos asentados principalmente en los valles fértiles de los ríos hayan tenido que migrar o implementar estrategias de manejo o recuperación para poderse mantener en dichos territorios. Lo cierto es que después de todos estos años de cambio de hábito las coberturas de los ecosistemas naturales del planeta han sido transformadas y muchos ecosistemas originales ya se han perdido y nada se puede hacer porque vuelvan a existir en el planeta (Bradshaw, 2006). En Colombia, por ejemplo, al año 2000 se tenía un 40% de sus ecosistemas originales transformados en pasturas (Márquez, 2003), al año 2008 se había planteado que un total de 291 296 Km² equivalentes al 25,6% del territorio colombiano se encontraba en estado de degradación producto de la mala gestión del territorio (Bai *et al.* 2008).

ACERCAMIENTO AL DESARROLLO DEL TEMA DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Con base en el estado avanzado de degradación en que se encuentran muchos ecosistemas del planeta y los riesgos que existen hoy para la vida, muchos investigadores de diversas ciencias y disciplinas como la ecología, la biología, la geología, la edafología, agronomía, sociología, ingeniería civil, ingeniería ambiental, ingeniería agrícola e ingeniería forestal, entre otras, han realizado un viraje hacia la ecología de la restauración y la restauración ecológica con el ánimo de contribuir en la reparación de los ecosistemas disturbados (Figura 0.1). El desarrollo de ellas surgió a finales de los años 80 del siglo pasado y han sido bastantes los pioneros que han aportado para lograr su desarrollo en tampoco tiempo, tales como: A. Bradshaw, J. Cairns Jr, J. Ehrenfeld, W. Niering, G. Woodwell, y R. Hobbs, entre otros. Con el nacimiento de estas nuevas disciplinas, también surgieron las confusiones, ya que desde un comienzo no se delimitó bien cuando se realizaba restauración ecológica y cuando ecología de la restauración. Conceptos que fueron después claramente explicados por la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER, 2004) y que son presentados en detalle más adelante en el presente manual.

Con base en estos investigadores se presentan algunas consideraciones que se deberían tener en cuenta para tener éxito en un proyecto de restauración. Primero que todo se debe tener **conocimiento**, ya que no se trata solamente de sembrar o plantar una o varias especies, de colocar un abono, de construir un trincho o hacer un riego, sino de cómo y cuándo colocar los elementos del sistema a restaurar y de conocer cómo son las interacciones que ellos pueden tener con los elementos del propio sistema y de los sistemas externos. Otros temas importantes que también requieren de conocimiento son la **definición** de la escala y el nivel de actuación, la **definición** de las metas y objetivos, la **definición** de la posible trayectoria a seguir del sistema en restauración con base en las actividades iniciales realizadas y que son detonadoras de dicho proceso, y finalmente el estado de degradación y la localización del sistema degradado. Otros aspectos, también, importantes son: **1)** el nivel de compromiso del que daña, degrada o destruye los ecosistemas para restaurarlos, **2)** el compromiso de las autoridades ambientales para acompañar y vigilar el cumplimiento de dichos procesos, **3)** la existencia y claridad de las normas para hacer restaurar a quien degrada un ecosistema, **4)** los niveles y compromisos de las comunidades

a corto, mediano y largo plazo, y **5)** asegurar los recursos para el proyecto tanto en las actividades de implementación, como de seguimiento y evaluación.

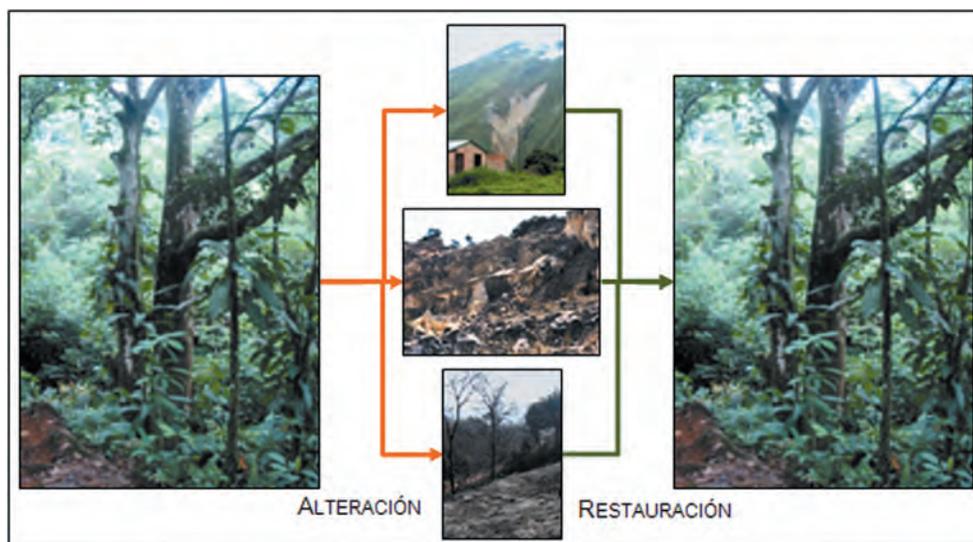


Figura 0.1 Representación esquemática de posibles trayectorias de alteración de un ecosistema y trayectoria de restauración (espontánea o asistida).

En el caso de Colombia, son varias las instituciones y técnicos que en los últimos 20 años han realizado acciones y esfuerzos para la recuperación, rehabilitación o restauración de áreas degradadas, algunas con más éxito que otras. De igual manera, han sido varias las publicaciones desarrolladas y que han servido como orientadoras de tales procesos: la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) en asocio con la Fundación Bachaqueros publicó en el año 2002 el “Protocolo Distrital de Restauración Ecológica”, posteriormente en el año 2005 publicó la “Guía técnica para la restauración ecológica de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital” y la “Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital”. Por su parte, el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBBJCM) publicó varios artículos sobre el tema desde el año 2002 en su revista Pérez Arbelaez y luego en el año 2005 publicaron la “Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por la expansión agropecuaria en el Distrito Capital” y la “Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital”. El Ministerio de Ambiente publicó en el año 2002 el programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana. El grupo de restauración ecológica de la Universidad Nacional (GREUNAL) ha realizado varias publicaciones sobre los experimentos desarrollados en el embalse de Chisacá y el municipio de Cogua; entre ellos cabe destacar los libros “Restauración ecológica del bosque altoandino” y “Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas”. La Escuela de Restauración Ecológica (ERE) de la Pontificia Universidad Javeriana publicó en el año 2007 un número especial sobre la restauración de canteras mediante el uso de biosólidos en la Revista Universitas Scientiarum, en el 2008 publicó el libro “Experiencias de restauración ecológica en Colombia” y en el 2009 el libro “Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto en Colombia”.

La Fundación CIPAV publicó en el año 2006 el libro “Uso social de la bioingeniería para el control de la erosión severa”. Seguramente son muchas más las publicaciones realizadas en el país, lo cual es bueno en el sentido de socializar los resultados alcanzados y que quienes comiencen ahora a trabajar puedan avanzar sobre el camino construido. Otra iniciativa importante, que nació en el país en el año 2005, fue la creación de la “Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE)” llevada a cabo por la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana y que ha servido como un espacio para la socialización del tema. De igual manera, en el año 2007 se oficializó la creación de la “Red Iberoamericana de Restauración Ecológica (RIACRE)”, idea planteada por Jesús Matos del Grupo Cubano de Restauración Ecológica y José Ignacio Barrera de la Escuela de Restauración Ecológica en el año 2004. Lo cierto es que nada de lo que se ha realizado hasta el momento servirá si no se continúa con un trabajo serio y disciplinado, para la ello, es fundamental el compromiso que puedan adquirir los interesados en el tema.

BOGOTÁ COMO MODELO DE RESTAURACIÓN DE SUS ÁREAS DEGRADADAS

La ciudad y su población dependen de las diferentes opciones de abastecimiento que le brindan los ecosistemas adyacentes y distantes; del agua que se produce en los páramos vecinos; de las materias primas para la construcción; de los productos agrícolas, de la energía, entre otros (Figura 0.2). Si la ciudad continúa creciendo en tamaño y con ello la demanda de recursos, ¿qué podría pasar si, por el otro lado, los ecosistemas que prestan dichos servicios continúan degradándose?

Debido a que muchos de los ecosistemas bogotanos ya se encuentran en estados avanzados de degradación, que pueden poner en riesgo la vida de los habitantes tanto de la ciudad como del medio rural, y se ha venido perdiendo la calidad de los bienes y servicios que prestan dichos ecosistemas, se debe pensar de manera urgente y responsable en un plan que permita lograr su restauración ecológica. Bogotá a través de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), como entidad coordinadora, podría convertirse en modelo de referencia a nivel nacional e internacional de como una institución del orden estatal enfrenta y aborda la restauración ecológica de sus ecosistemas degradados para lograr en el mediano y largo plazo una ciudad sostenible. Es decir, como se asocia con las instituciones académicas para realizar investigación, con las ONG, con otras instituciones estatales y con las comunidades para optimizar los recursos y garantizar el éxito de los proyectos.

Para evitar conflictos de uso y lograr la armonía entre todos los actores se presentan a continuación lo que hoy se llaman las metas de la restauración ecológica. De acuerdo con la meta final y el uso futuro del territorio degradado la restauración ecológica considera tres categorías o niveles: **1)** recuperación ecológica: en el cual se efectúan acciones para que el sistema degradado una vez recuperado pueda seguir siendo usado de manera sostenible, **2)** rehabilitación ecológica: el sistema rehabilitado es autosostenible pero puede ser usado para prestar algunos servicios tales como la producción de madera, productos medicinales y alimento, entre otros, y **3)** restauración ecológica propiamente dicha: en esta categoría el estado final es el de un sistema autosostenible cuyo único fin es el de la preservación; se aprovechan servicios como la producción de oxígeno, regulación hídrica, fijación de carbono, regulación de la erosión y hábitat para la fauna.

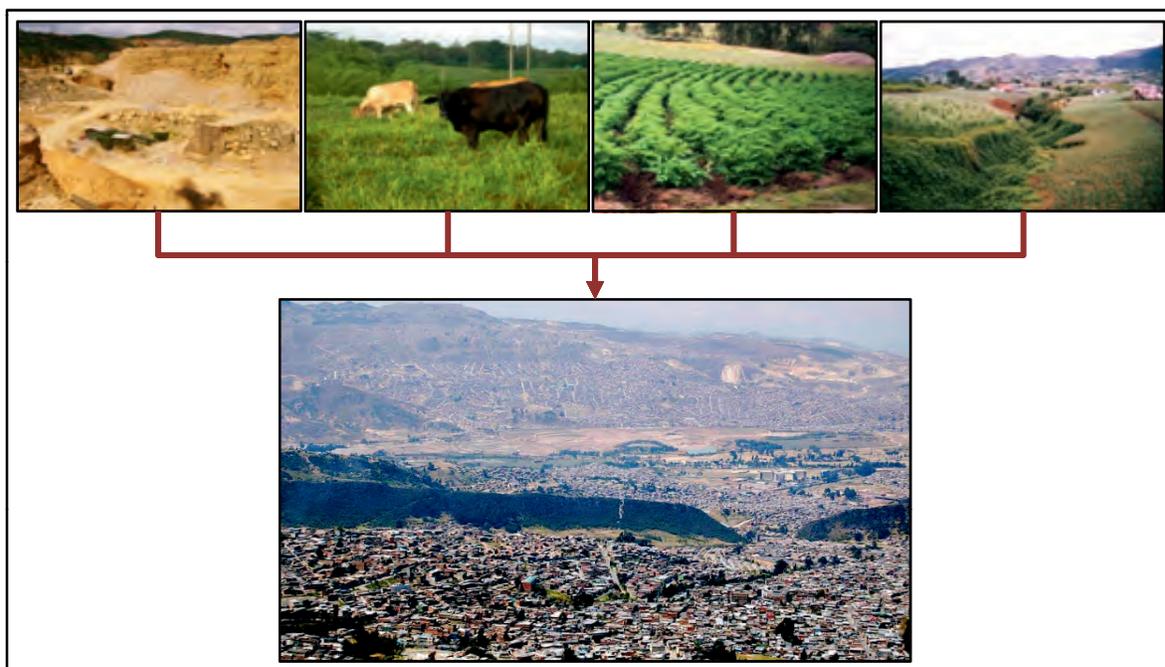


Figura 0.2 Esquema que muestra los tipos de productos que desde los sistemas rurales llegan a la ciudad.

A continuación se hace un recuento de manera resumida del presente manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital.

En el capítulo I se desarrolla la parte conceptual que sustenta el manual, los conceptos de escala y niveles jerárquicos, los atributos de los ecosistemas no disturbados, el concepto de sucesión ecológica y algo sobre la teoría de agrupamiento de especies, el concepto de disturbio, los conceptos de ecología de la restauración y restauración ecológica (entre la teoría y la práctica); se presenta, igualmente, un desarrollo sobre la importancia de los modelos conceptuales y los modelos de trayectoria en los proyectos de restauración ecológica y finalmente se expone de manera resumida el papel de la restauración como estrategia de adaptación al cambio climático.

En el capítulo II se presenta de manera resumida lo que es el Distrito Capital en términos de sus ecosistemas. Se realiza una contextualización de su geografía, de los factores determinantes de los ecosistemas presentes a nivel físico, biótico, socioeconómico y cultural, y por último se habla de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas bogotanos.

El capítulo III hace un acercamiento al papel del estado y la sociedad civil en la gestión ambiental del territorio y la restauración ecológica de las áreas degradadas del Distrito Capital. Inicialmente, se presentan los antecedentes del marco legal ambiental de Bogotá, luego se habla del desarrollo histórico de la gestión ambiental global, la evolución de la política ambiental colombiana y de un marco normativo ambiental del Distrito. Luego, se habla del papel de las autoridades ambientales y de la sociedad civil en la restauración ecológica. Finalmente, se plantea el papel de la restauración ecológica como estrategia de gestión ambiental.

En el capítulo IV, con base en la revisión de información secundaria y en nuestra propia experiencia, se presentan las fases para desarrollar un proyecto de restauración ecológica, como son: reconocimiento del área, diagnóstico, zonificación, valoración y priorización de las áreas degradadas para la restauración ecológica, definición de metas y objetivos de la restauración, elaboración de modelos teóricos o de trayectorias de la sucesión del proyecto, definición de estrategias y técnicas de restauración, planteamiento del programa de evaluación y seguimiento, y por último la ejecución en terreno del proyecto. Cabe resaltar que muchas instituciones de carácter estatal consideran, posterior al reconocimiento del área, una fase que se llama de gestión y que tiene que ver con la definición de recursos.

El capítulo V, presenta los pasos a seguir para realizar un proyecto de investigación en el cual el problema ha sido generado por un disturbio o por las acciones implementadas para acelerar la sucesión o el desarrollo del ecosistema, es decir, los pasos para un proyecto en ecología de la restauración. Estos pasos se presentan tomando como ejemplo el proyecto realizado en la cantera Soratama, en el cual se plantearon diferentes tratamientos con biosólidos (enmienda orgánica), como detonante y condicionador de la sucesión. Posteriormente, se presenta de manera resumida los resultados de otros dos experimentos en los cuales los tratamientos fueron: 1) diferentes proporciones de biosólidos, y 2) diferentes arreglos de plantación con especies nativas.

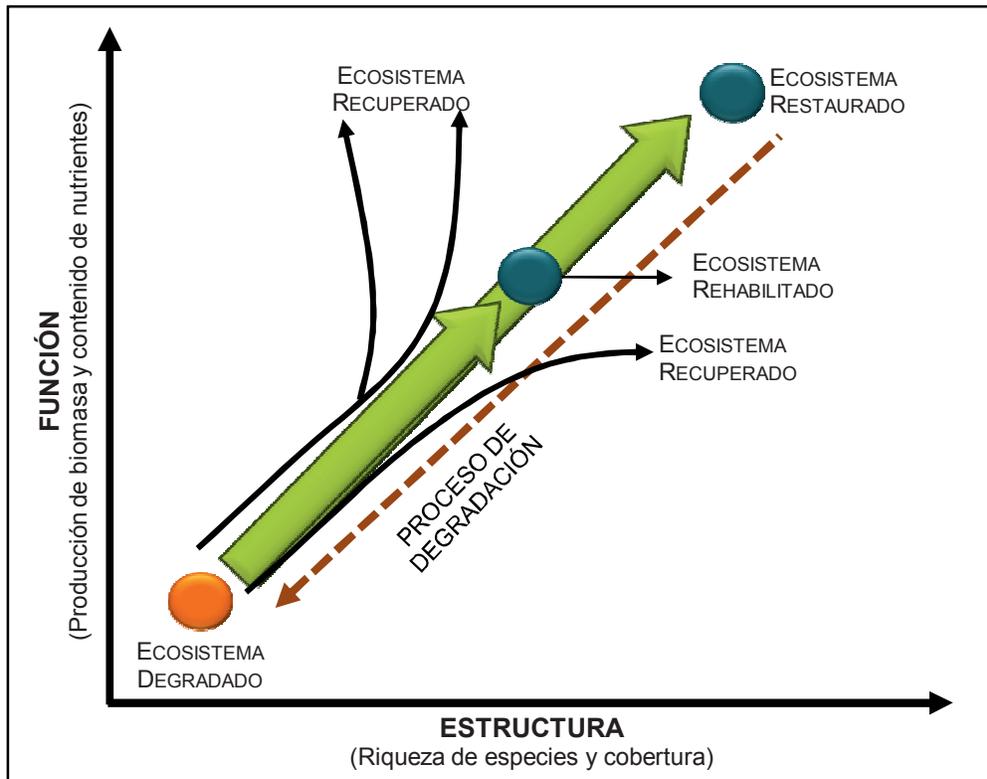
El capítulo VI presenta algunas estrategias de restauración ecológica que pueden ser consideradas para neutralizar los efectos de los factores tensionantes y limitantes en las áreas o sistemas a ser restaurados, e igualmente, para acelerar los procesos de la sucesión en los diferentes tipos de áreas disturbadas, como son: áreas afectadas por minería a cielo abierto, incendios forestales, uso agrícola y pecuario, especies invasoras, plantaciones forestales exóticas, descargas orgánicas e inorgánicas. También, se presentan estrategias de acuerdo al tipo de compartimento: vegetación, fauna, suelo y agua.

El capítulo VII muestra algunos ejemplos de proyectos de restauración ecológica, desarrollados en su mayor parte por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Dichas experiencias tuvieron sus actividades de inicio, como fue manipulación del sustrato y plantaciones de especies nativas, trabajo con las comunidades locales y de gestión con otras instituciones. Dichos proyectos se encuentran en la actualidad en fase de seguimiento y con posibilidades de que se realice algún tipo de manejo adaptable.

Finalmente, siguiendo la tradición del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica editado por la Secretaría Distrital de Ambiente en el año 2000, se presentan 37 fichas de algunas especies de plantas características del bosque altoandino y del páramo que podrían ser utilizadas en los proyectos de restauración ecológica de acuerdo a las poblaciones y comunidades fundadoras que se quieran establecer, así como en el objetivo final de restauración.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS PARA ABORDAR LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



Modificado de Bradshaw (1987)

1.1 QUÉ SE ENTIENDE POR ECOLOGÍA, EL CONCEPTO DE ESCALA Y LOS NIVELES JERÁRQUICOS PARA SU ABORDAJE

Para hacer proyectos de restauración ecológica es fundamental que los técnicos, cualesquiera que sean: biólogos, ecólogos, agrónomos, ingenieros ambientales, ingenieros forestales, entre otros, tengan algún conocimiento de lo que es un ecosistema; de cuáles son sus componentes; cómo interactúan entre ellos; cómo responden a las tensiones generadas por los diferentes factores tensionantes, a los disturbios y a las limitaciones generadas por los diferentes factores limitantes. Lo anterior lleva a considerar que es necesario, también, conocer cómo se restablecen los sistemas degradados, de manera espontánea, después de que son disturbados.

También, es fundamental que los técnicos tengan claridad sobre lo que es la escala de trabajo cuando se va a estudiar o restaurar un sistema en términos espaciales y temporales. Dependiendo del objeto de estudio o trabajo (población, comunidad, ecosistema, paisaje) se debe dimensionar o considerar el tiempo y el espacio de trabajo de acuerdo con los objetivos planteados.

Otros aspectos claves que deben ser considerados por los técnicos de la restauración ecológica, a la hora de ejecutar un proyecto son: el funcionamiento de las especies nativas, su forma de propagación, su tasa de crecimiento, mecanismos que regulan sus tamaños poblacionales; tipos de asociaciones entre especies, periodos de asociación de las especies; así como los requerimientos de nutrientes y de agua. En el caso concreto de las especies de plantas nativas muy pocas son propagadas en los viveros de las diferentes regiones del país, por lo que corresponde a los propios restauradores implementar viveros para suplir las necesidades de los proyectos.

La ecología es una ciencia fascinante, integradora, dinámica e importante ya que permite describir, interpretar y predecir los fenómenos que ocurren en los ecosistemas, además, que aporta los conocimientos fundamentales para hacer restauración ecológica. Como ciencia estudia los ecosistemas, que son entendidos como espacios o áreas en el que interactúan los componentes bióticos entre sí (vegetación, fauna y hongos), y los bióticos - abióticos (Figura 1.1 a y b). Visto de otra manera, los ecosistemas, funcionalmente están compuestos de organismos productores (plantas), consumidores (fauna) y descomponedores (fauna, hongos, bacterias), a través de dichos organismos fluye y se almacena la energía, y también, circula, se transforma y se almacena la materia. Los sitios del ecosistema donde se almacena la energía y la materia son llamados compartimentos (Stiling, 1996; Begon *et al.* 1999).

De manera general, se puede decir que un ecosistema tiene o presenta tres grandes compartimentos: **1)** vegetación (productores), **2)** fauna (consumidores) y **3)** suelo (consumidores y descomponedores) (Tabla 1.1).



Figura 1.1 Representación de un ecosistema: a) interacciones bióticas y abióticas en el tiempo y el espacio, b) parcela en los primeros estados sucesionales, como ejemplo de un ecosistema, en el diseño experimental de la arenera de Juan Rey, localidad de San Cristóbal.

Tabla 1.1 Funciones de los compartimentos del ecosistema

FUNCIONES DE LA VEGETACIÓN	FUNCIONES DE LA FAUNA	FUNCIONES DEL SUELO
1. Fotosíntesis: producción de carbohidratos por fijación de CO ₂ , producción de O ₂ , transformación de energía lumínica en química.	1. Respiración: producción de CO ₂ , consumo de oxígeno.	1. Soporte para la vegetación y la fauna terrestre.
2. Respiración: producción de CO ₂	2. Regulación del ciclo de elementos: C, N ₂ , P, K, O ₂ , Na, Fe, entre otros.	2. Hábitat para la fauna edáfica y organismos del suelo.
3. Regulación climática: disminuye la fuerza del viento, regula la temperatura, la entrada de luz al suelo y la humedad.	3. Transformación de materia orgánica e inorgánica.	3. Medio para descomposición de la materia orgánica.
4. Regulación hídrica: regula la velocidad de caída del agua al suelo, regula el proceso de infiltración, entre otras	4. Dispersión de semillas.	4. Contribuye en la regulación del ciclo hidrológico.
5. Hábitat de las especies de fauna: invertebrados, anfibios, réptiles, aves, mamíferos.	5. Polinización.	5. Sirve como sitio de almacenamiento de la materia orgánica.
6. Regulación del ciclo de diferentes elementos: C, P, K, N ₂ y O ₂ , entre otros.	6. Descomposición de materia orgánica.	6. Sirve como sitio de redistribución de la materia.
	7. Depredación	
	8. Fabricantes de suelo: fragmentan y mezclan la materia orgánica.	

La vegetación, en su conjunto, cumple funciones muy importantes para el buen funcionamiento de los ecosistemas y de la vida en general, tales como: **1)** la transformación de la energía lumínica en energía química, la transformación del Dióxido de Carbono (CO_2) en carbohidratos, y la producción de Oxígeno (O_2) a través del proceso de la fotosíntesis; **2)** sirve de hábitat y alimento para la fauna herbívora; **3)** contribuye en la regulación del ciclo hidrológico mediante el proceso de evapotranspiración y amortiguamiento de la velocidad de caída de la lluvia al suelo; **4)** contribuye en el control de erosión; **5)** contribuye en la regulación del clima debido a que amortigua la velocidad del viento, amortigua la entrada de luz al suelo; **6)** contribuye en la regulación del ciclo de la materia debido al almacenamiento en pie de muchos elementos (C, O, P, K, N, Fe, Mg, Mn, Ca, y Na, entre otros), y **7)** contribuye en la formación del suelo a través del aporte de materia orgánica.

La fauna en el proceso de respiración produce CO_2 que emite a la atmósfera, contribuye en la regulación del ciclo de la materia y flujo de energía ya que almacena o retiene temporalmente elementos y energía. Por otra parte, de acuerdo a su localización en la cadena o red trófica actúa como consumidor primario (herbívoro), secundario (carnívoro), terciario (carnívoro), cuaternario (carnívoro) y como descomponedor. Existe fauna que puede moverse tranquilamente por todos los niveles tróficos del ecosistema al alimentarse de todo tipo de alimento, son los llamados generalistas (omnívoros). Otras funciones importantes tienen que ver con su actuación como polinizadores de muchas especies de plantas con flores, y como dispersores de semillas, además, aportan materia orgánica al suelo. Específicamente, la fauna del suelo contribuye en la formación del suelo al actuar como fragmentadora y descomponedora de la materia orgánica que cae sobre su superficie, como mezcladora de la materia orgánica con la inorgánica, e indirectamente en la regulación hídrica al incrementar la porosidad del suelo mediante la construcción de galerías.

Por su parte, el suelo funciona como: soporte de la vegetación y de la fauna, hábitat de la fauna y otros organismos edáficos, como lugar de almacenamiento de la materia orgánica, como lugar de transformación de la materia orgánica e inorgánica. También, posibilita la redistribución de nutrientes entre las plantas, de acuerdo a las características de porosidad contribuye en la regulación del ciclo hidrológico. Por otra parte, de acuerdo a su ubicación en el territorio, su contenido de nutrientes, su granulometría y tipo de organismos, puede ser un importante bien ecológico y prestar como tal un buen servicio al hombre a nivel de la producción de alimentos (Ricklefs & Miller, 1999).

1.2 ATRIBUTOS DE LOS ECOSISTEMAS

La definición de los límites físicos de un ecosistema puede resultar complicado, ya que ellos pueden variar de acuerdo con el estado de su desarrollo. No obstante, es posible apreciar que ellos tienen un origen, un crecimiento y un final. De igual manera, en la medida en que avanza la sucesión van ganando en complejidad, sus especies y comunidades van siendo reemplazadas por otras hasta que se alcanza el estado de autorregulación (Figura 1.2). Hoy se conoce que con el tiempo el ecosistema va almacenando más materia y energía, y se va haciendo menos vulnerable a las tensiones y los disturbios, es decir, va ganando en estabilidad (Margalef, 1963, 1968; Odum, 1969; Holling, 1973).

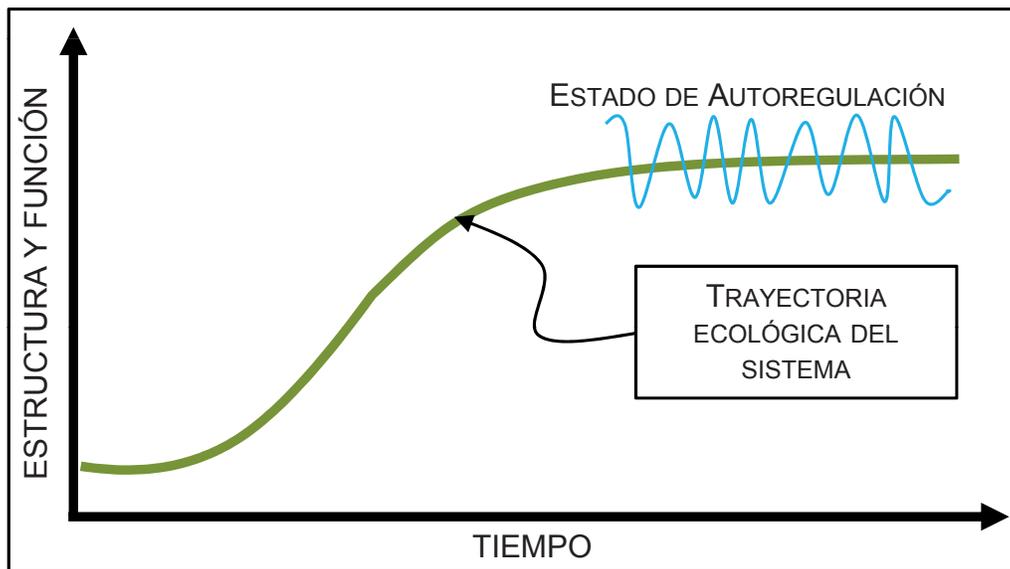


Figura 1.2 Esquema que representa de manera simple (dos dimensiones) el desarrollo de un ecosistema (sucesión vegetal).

También, en la medida en que el ecosistema gana en complejidad disminuyen las exportaciones de materia y de energía hacia los ecosistemas vecinos, se generan mejores condiciones microclimáticas, se mejora la regulación hídrica y se disminuyen los procesos erosivos. Entre los principales atributos que pueden presentarse en los sistemas ecológicos se destacan:

1) El nivel resistencia a los disturbios. Los sistemas son más resistentes a los disturbios cuando se encuentran mejor desarrollados, es decir, pueden autorregularse. Por lo general, los sistemas que presentan estados avanzados de autorregulación sólo son alterados por disturbios de gran magnitud, por el contrario cuando los sistemas presentan estados incipientes de autorregulación, es decir, se encuentran en los primeros estados sucesionales y aún intermedios de la sucesión, pueden ser alterados por disturbios cuya magnitud sea baja (Beeby, 1993; White & Jentsch, 2001).

2) El nivel de resiliencia. Este concepto debe entenderse, en este documento, como la capacidad que tiene el sistema de restablecerse después de un disturbio. Es decir, que aquellos sistemas que mejor responden, después de un disturbio, en la restauración espontánea son los que presentan una mayor resiliencia.

Por lo general, se acepta que los sistemas (población, comunidad, ecosistema y paisaje) con niveles altos de resiliencia y de resistencia, presentan una estabilidad alta (Beeby, 1993). Las variables indicadoras de la estabilidad de los sistemas pueden variar de acuerdo con el nivel de abordaje, por ejemplo, a nivel de población se podrían considerar los tamaños poblacionales, el estado de las mismas en cuanto número de juveniles y adultos, hembras y machos. Por su parte, para la comunidad podrían ser importantes la riqueza específica, la diversidad de Shannon y la riqueza de grupos funcionales, entre otros.

1.3 LA SUCESIÓN COMO PROCESO DE DESARROLLO DE LOS ECOSISTEMAS Y EL AGRUPAMIENTO DE ESPECIES

La sucesión es entendida como el proceso a través del cual se reemplazan las especies y las comunidades a través del tiempo y en el espacio (Figura 1.2); en dicho proceso el sistema gana en complejidad hasta llegar al estado de máxima autorregulación, lo que algunos autores llaman estado de climax (Clements, 1916; Luken, 1990; Glenn-Lewin *et al.* 1992, Begon *et al.* 1999).

Para que se genere un proceso sucesional deben presentarse varias etapas: 1) que suceda o ocurra un disturbio para que se genere un claro, parche o espacio libre de cobertura vegetal en pie; 2) que haya oferta de nutrientes, agua y luz adecuadas a las necesidades de las especies (sus atributos vitales) en las diferentes etapas serales; 3) que haya oferta variada de propágulos (semillas y partes de tallos y raíces); 4) que las especies tengan o presenten comportamientos diferenciales; 5) que haya interacciones de tipo intraespecífico e interespecífico (facilitación, inhibición, tolerancia). Dependiendo de las condiciones de afectación en que se encuentren los sitios o áreas disturbadas, así como las áreas adyacentes, se puede presentar una trayectoria u otra en el proceso de la sucesión (Figura 1.3).

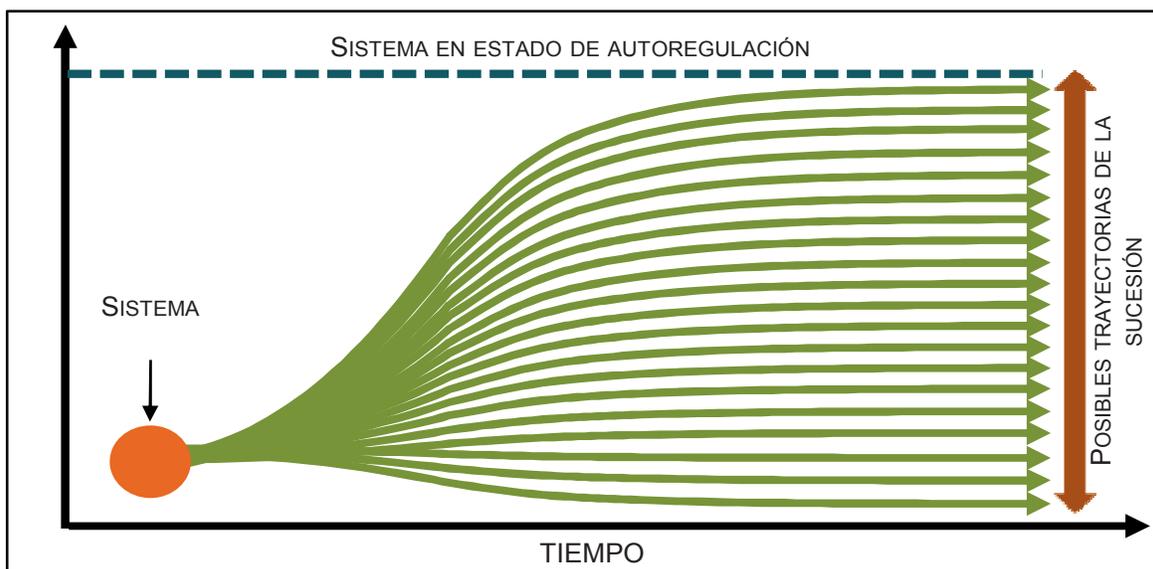


Figura 1.3 Algunas de las trayectorias que puede seguir un proceso sucesional de las n posibles.

Son varios los investigadores que le han aportado conceptualmente al tema desde finales del siglo XIX, sin embargo, entre los más renombrados está Clements (1916), quien definió la sucesión vegetal como un proceso determinístico, que ocurre secuencialmente en varios pasos: **1)** nudación, **2)** migración, **3)** ecesis, **4)** competición, **5)** reacción y **6)** estabilización. Un crítico fuerte de esta propuesta fue Gleason (1926), quien planteó la sucesión como un proceso más de tipo azaroso (estocástico) en el que las especies tienen un gran papel debido a su funcionamiento individual (interacciones con las demás especies); de igual manera, visualizó a las comunidades como el resultado del superlapiamiento fortuito de la distribución de las especies que presentan una similar tolerancia ambiental. Por su

parte Tansley (1935), argumentó que los factores locales, tales como el tipo de sustrato y la posición topográfica podrían causar o generar tipos de vegetación climax que difieren del climax asociado al clima regional. Whittaker (1953), fusionó los puntos de vista de Gleason y Tansley planteando que la vegetación climax varía de manera continuada con las variaciones que presenta el paisaje.

En los años 60 del siglo XX, tanto Ramón Margalef como Eugene Odum, propusieron teorías unificadoras sobre el concepto de sucesión, conceptos que a la larga fueron muy similares y bastante parecidos a la propuesta realizada a principios del siglo XX por Clements. Margalef (1968) planteó la sucesión como un proceso en el que ocurre acumulación de información, dicho proceso va desde un sistema simple a un sistema complejo, y se puede evidenciar con el paso del tiempo. Mientras que Odum (1969) expuso que dentro de los límites puestos por el ambiente físico la sucesión necesariamente conduce hasta un ecosistema de máxima biomasa y biodiversidad, es decir, un sistema de máxima homeostasis. Drury y Nisbet (1973) visualizaron la sucesión como un proceso en el que las plantas son distribuidas a lo largo de un gradiente de recursos; estos autores plantean además, que cada especie presenta o tiene un óptimo de crecimiento o de reproducción y que la disponibilidad de los recursos puede cambiar o cambia con el tiempo, lo que incide sobre el reemplazamiento de especies. Connell y Slatyer (1977) plantearon que en la sucesión pueden presentarse tres tipos básicos de interacción: facilitación, inhibición y tolerancia y que son ellas las que inciden en las trayectorias de la sucesión. Por su parte, Noble & Slatyer (1980) propusieron que los atributos vitales, tales como: los métodos de arribo y persistencia después del disturbio, la habilidad para entrar en una comunidad existente y su crecimiento hasta la madurez, pueden incidir en el desarrollo de la sucesión. Pickett *et al.* (1987) fueron más allá que Noble y Slatyer y propusieron que en la sucesión es posible evidenciar una jerarquía para el desarrollo de la sucesión, de la siguiente manera: a) deben existir unas causas, b) procesos contribuyentes, y c) factores que controlan la disponibilidad y funcionamiento de las especies. De igual manera, Pickett *et al.* (1987) sin hablar de restauración ecológica propiamente dicha, plantearon que la sucesión puede ser modificada si se realizan intervenciones a nivel del disturbio (diseño del disturbio), de la colonización de las especies (manipulación de la disponibilidad) y de su funcionamiento (selección de las especies colonizadoras). Tilman (1988) planteó una hipótesis de la sucesión basada en la proporción de recursos, en ella, él sostiene que la dominancia de las especies en cualquier etapa de la sucesión se ve afectada por la disponibilidad de dos recursos: la luz solar y el suelo como recurso limitante.

La sucesión ecológica de acuerdo a las características iniciales del sitio puede ser definida como primaria o secundaria. En la sucesión primaria no se cuenta con un legado genético previo, es decir, no existe un banco de semillas, por lo que el éxito de la sucesión dependerá de la oferta de propágulos que puedan arribar desde las áreas adyacentes, así como de las condiciones microclimáticas y características del sustrato. Las minas a cielo abierto después de su abandono son un buen ejemplo de este tipo de sucesión debido entre otras cosas, a las drásticas condiciones microclimáticas, la ausencia de nutrientes, el lavado de semillas por el agua de escorrentía superficial y la baja oferta de propágulos desde las áreas adyacentes. En la sucesión primaria, el proceso puede verse interrumpido una y otra vez hasta que se presente un desarrollo definitivo (Figura 1.4).

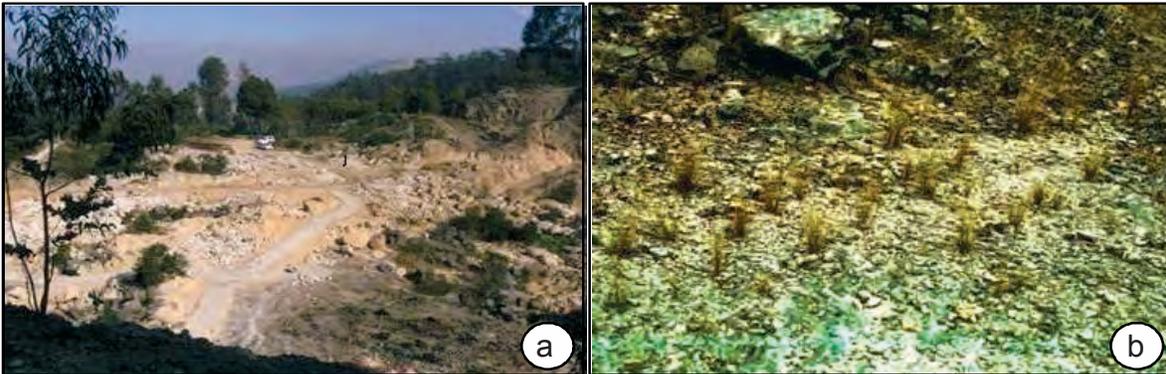


Figura 1.4 Cantera Soratama. a) Panorámica en la que se evidencian algunos sitios con procesos de sucesión primaria. b) Detalle de uno de los sitios donde se evidencia el proceso de colonización de las especies pioneras en una primera fase de sucesión.

En la sucesión secundaria los sitios degradados y abandonados se caracterizan por presentar un banco de semillas (legado genético), que unido a los nutrientes del suelo y a los propágulos que arriban desde las áreas adyacentes permiten un restablecimiento o una regeneración mucho más rápida (Figura 1.5).



Figura 1.5 Cerros Orientales de Bogotá: a) panorámica de área afectada por incendios forestales, y b) detalle del área afectada por un incendio forestal.

Se debe considerar que la sucesión no sólo es entendida como el reemplazamiento de especies a través del tiempo, sino de comunidades. En el contexto de la restauración ecológica un tema que, aunque no es nuevo, se está trabajando de manera fuerte, es el de la teoría de los agrupamientos (assembly) de especies para conformar comunidades y sobre todo cuáles son las normas que rigen o gobiernan estos agrupamientos. Las normas de agrupamientos fueron definidas por Wilson (1999), como “las restricciones ecológicas que ocurren sobre los patrones observados de presencia o abundancia de especies que se basan en la presencia o la abundancia de una o más especies o grupos de especies (es decir no sólo como la respuesta de las especies al medio ambiente)”. Hoy se habla de tres grandes modelos de agrupamiento: **a)** el determinístico, **b)** el estocástico y **c)** estados alternativos estables. En el modelo determinístico (Clements, 1916), la comunidad es vista como la consecuencia inevitable de los factores bióticos y físicos. En el modelo estocástico (Gleason, 1917, 1926; Van der Maarel & Sykes, 1993), se plantea que la composición de

la comunidad y la estructura es un proceso azaroso que depende de la disponibilidad de nichos vacantes y del orden de arribo de los organismos. Por su parte, el modelo de estados alternativos estables (Sutherland, 1974), que es intermedio entre las dos anteriores, plantea que las comunidades son estructuradas y restringidas en cierta medida, pero ellas pueden convertirse en numerosos estados estables debido a un elemento de aleatoriedad que es inherente a todos los ecosistemas.

Uno de los principales conceptos propuestos en teoría de agrupamiento de especies en comunidades fue el de los filtros ecológicos (Keddy, 1992; Kelt *et al.*, 1995; Zobel, 1997; Díaz *et al.*, 1998, en: Temperton *et al.*, 2004). Los filtros son considerados como las condiciones bióticas y abióticas que permiten el establecimiento o no, de una especie en una comunidad. Los filtros pueden variar en importancia en gradientes que pueden ser claramente definidos tanto en el contexto espacial como temporal (Figura 1.6). Algunos de los filtros que son considerados o tenidos en cuenta en proyectos de restauración ecológica son:

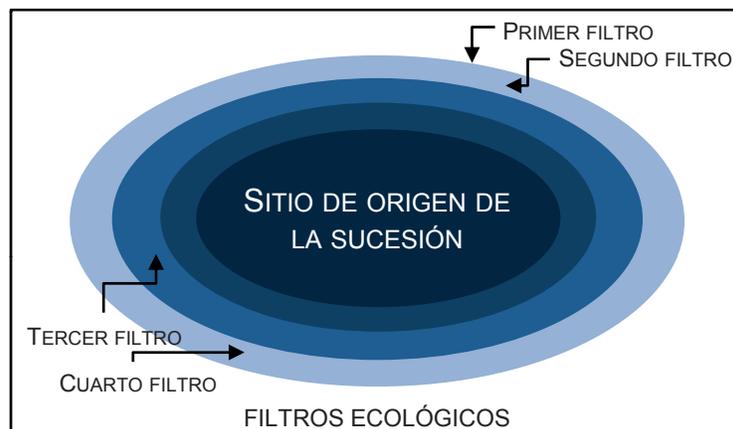


Figura 1.6 Algunos filtros que pueden operar para que ocurra o no la dispersión de semillas y por lo tanto pueda desarrollarse la sucesión sin contratiempos. Las flechas representan las diferentes formas de dispersión y cada elipse los filtros.

Filtros abióticos:

- Clima: gradientes de lluvia, luz, viento y de temperatura
- Sustrato: localización (mayor o menor pendiente, forma de la pendiente), fertilidad, disponibilidad de agua en el suelo, toxicidad
- Estructura del paisaje: posición del paisaje, uso previo de la tierra, tamaño del parche, y nivel de aislamiento

Filtros bióticos (tipos de interacción)

- Interacciones (facilitación, inhibición, tolerancia). Competencia por alimento y por espacio. Interacciones tróficas (predador - presa). Mutualismo
- Disponibilidad de propágulos
- Disturbio. Presencia de regímenes preexistentes y nuevos
- Orden de arribo de las especies y modelo sucesional
- Composición y estructura de especies actual y pasada (legado biológico)

Filtros socioeconómicos:

- Lo que quiere la comunidad
- Lo que la comunidad quiere restaurar, pero no puede pagar
- Lo que quieren las autoridades ambientales locales, regionales y nacionales
- Lo que quieren los gobernantes locales, regionales y nacionales

1.4 TEORÍA DE DISTURBIO

Los ecosistemas en cualquier fase de su desarrollo o proceso sucesional, hasta llegar a su estado de autorregulación pueden ser afectados por factores limitantes (Grime, 1979) y tensionantes (Brown & Lugo, 1994) que pueden dificultar su restablecimiento. Los factores limitantes que son definidos como condiciones propias del sistema que impiden o dificultan su desarrollo, pueden generar limitaciones en las diferentes especies que colonizan un lugar. En el caso concreto de las plantas dichas limitaciones pueden ser dadas, entre otras cosas, por: **1)** ausencia o escasez de nutrientes en el sustrato, lo que se puede manifestar en la frondosidad, coloración, tamaño de las hojas y en el número de flores y frutos; **2)** la falta de agua en el suelo o sustrato, que puede llevar a las plantas a presentar marchitez hasta su muerte; **3)** acidez o alcalinidad del suelo, que puede incidir sobre la disponibilidad o no de nutrientes para las plantas; **4)** valores altos de salinidad, que pueden inhibir la germinación de las semillas o afectar la absorción de nutrientes por las raíces; **5)** presencia de plagas a nivel de fauna y vegetación, que puede afectar el desarrollo de otras especies de plantas. Ejemplos de factores limitantes podrían ser la falta de nutrientes para el desarrollo de las plantas en las primeras fases del proceso sucesional en una mina a cielo abierto después de que ha sido abandonada, así como la longitud y la forma de la pendiente (Figura 1.7a y b).

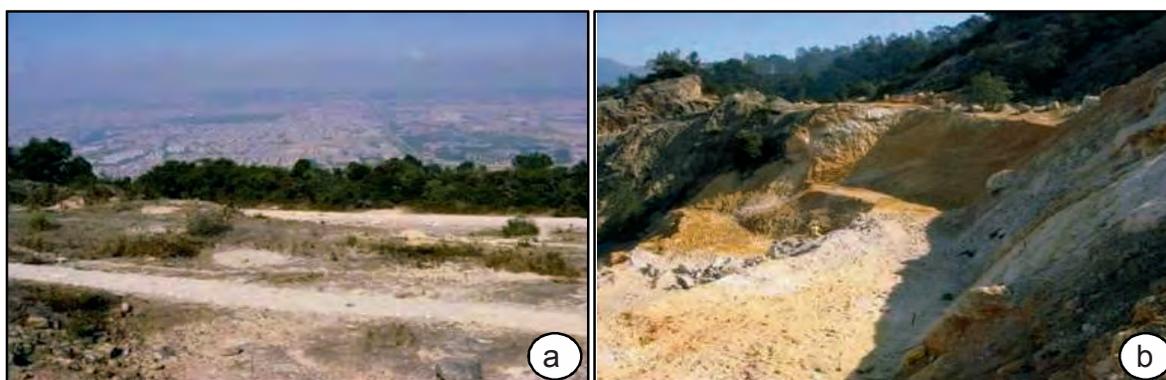


Figura 1.7 Panorámicas de una mina a cielo abierto: a) crecimiento incipiente de las plantas como consecuencia de la falta de nutrientes y b) vista de la forma y longitud de la pendiente (factor litante) en una mina a cielo abierto.

Los factores tensionantes son definidos como estímulos externos que pueden deflexionar (dañar) o no el desarrollo o estado de un sistema. Los factores tensionantes generan tensiones de diferente intensidad sobre los sistemas que pueden o no afectarlos negativamente. Si el estado de desarrollo del sistema es incipiente las tensiones de intensidad

pequeña pueden llegar a afectarlo; por el contrario, cuando el sistema presenta un estado de desarrollo avanzado (estado de autorregulación), las tensiones pequeñas ejercen efectos casi que imperceptibles sobre ellos. Cuando las tensiones son de intensidad fuerte, como las que genera un huracán, puede dañar o generarle disturbio a cualquier sistema.

Ejemplos de ello se encuentran en Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, las costas de México, las costas de la Florida, Missouri, las costas de Indonesia, India, China, Japón, Corea, Vietnam, entre otras. Cuando las tensiones deflexionan o dañan el sistema originan los disturbios (Figura 1.8). Los disturbios fueron definidos como eventos relativamente discretos en el tiempo que rompen la estructura y la función de un sistema (población, comunidad, ecosistema, paisaje). Como consecuencia de su ocurrencia cambian la disponibilidad de recursos, así como las condiciones microclimáticas (Pickett & White, 1985; White & Jentsch, 2001).

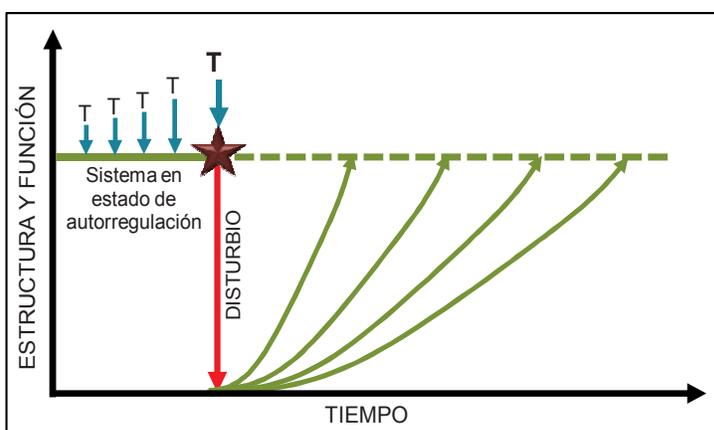


Figura 1.8 Esquema en dos dimensiones que representa el efecto de las tensiones sobre el funcionamiento de un ecosistema. T: tensión, D: disturbio.

De acuerdo al origen los disturbios pueden clasificarse en naturales y antrópicos. Entre los disturbios naturales se consideran: **a)** las inundaciones que afectan tanto a las plantas como a la fauna edáfica; **b)** los incendios que dañan la vegetación, la fauna que no alcanza a huir hacia los sistemas vecinos y la capa superficial del suelo (hojarasca); **c)** las erupciones volcánicas que mediante la lava y las cenizas afectan a las especies de plantas, fauna y suelo y **d)** los huracanes que arrancan y tumban árboles y arbustos, generan inundaciones.

Entre los disturbios antrópicos se destacan: **a)** la tala que puede ser rasa y selectiva; **b)** los incendios con la intención de transformar el bosque en potreros y campos agrícolas; **c)** las descargas orgánicas e inorgánicas en los cuerpos de agua y en el suelo; **d)** el uso pecuario (pastoreo) en el cual es posible evidenciar varios disturbios como la compactación del suelo que genera el pisoteo del ganado; el pastoreo y ramoneo mismo que realiza el ganado sobre los pastos, hierbas y arbustos (Figura 1.9); la eliminación de malezas que hace el ganadero, así como la fertilización de los pastos; e) el uso agrícola, de igual manera, desencadena una serie de disturbios que ocurren más o menos de la siguiente manera: la tala y quema del bosque que afecta a las plantas, fauna y suelo; la eliminación de los restos vegetales del bosque quemado en pie; la siembra de pastos o cultivos; la aplicación de abonos, plaguicidas y herbicidas, en general f) la minería a cielo abierto es un tipo de disturbio que afecta totalmente todos los compartimentos (vegetación, fauna y suelo) de un ecosistema, e igualmente, pueda afectar los acuíferos quitándoles presión e impidiendo su recarga.

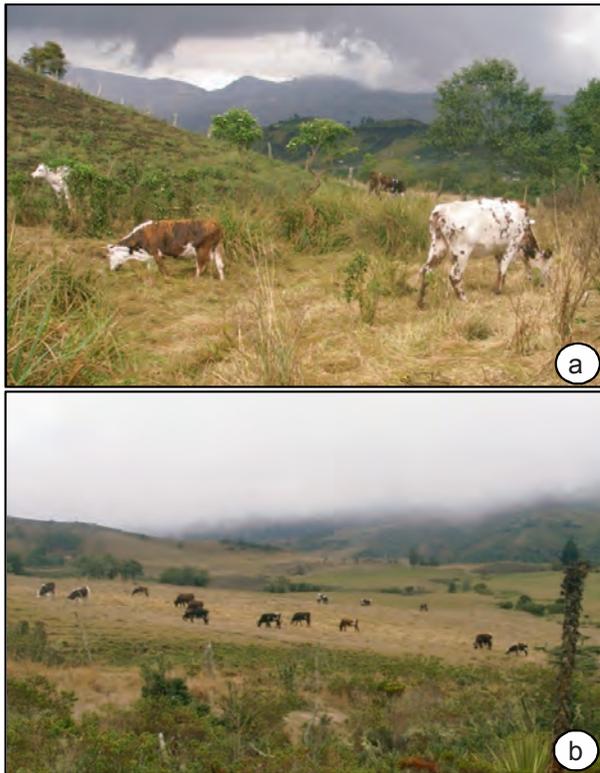


Figura 1.9 Pastoreo y sobrepastoreo en el Distrito Capital: a) en la quebrada Porquera, vereda Mochuelo Alto, localidad Ciudad Bolívar, y b) en la quebrada Hoya Onda y La Leona, localidad de Usme.

Cuando se desea restaurar un sistema degradado, es importante considerar el régimen de disturbio que ha ocasionado su degradación, con el ánimo de tomar las mejores decisiones al momento de implementar estrategias de restauración. El régimen de disturbio no es otra cosa que el producto de la historia y la distribución espacial de los disturbios. La historia tiene que ver con todos los disturbios que han ocurrido sobre un sistema y que han afectado su dinámica. Reconstruir la historia reciente de disturbio de un sistema que ha sido disturbado puede resultar muchas veces complicado, si las comunidades humanas asentadas en las respectivas zonas no han tenido presente como ha sido el proceso de alteración, pero es un proceso indispensable para orientar el proceso de restauración adecuadamente.

Al total de disturbios que afectan un sistema o área se les denomina su régimen de disturbio (White & Jentsch, 2001). En el régimen de disturbio se consideran algunos elementos o descriptores claves, tales como: **a)** la clase o tipo de disturbio, que se refiere a si el disturbio es natural o antrópico; **b)** características espaciales que consideran la localización del disturbio en términos de la pendiente, la altitud, la latitud, los tipos de sistemas adyacentes; **c)** características temporales que consideran la duración del disturbio, la frecuencia (Figura 1.10) y el intervalo de retorno, entre otros; **d)** la magnitud que considera por un lado la intensidad o fuerza física, es decir, qué tanta área o sistema se afectó por el disturbio, y la severidad que tiene que ver con el total de elementos del sistema que fueron afectados por el disturbio; y **e)** el sinergismo que considera las interacciones entre disturbios; hay disturbios que siempre se presentan asociados.

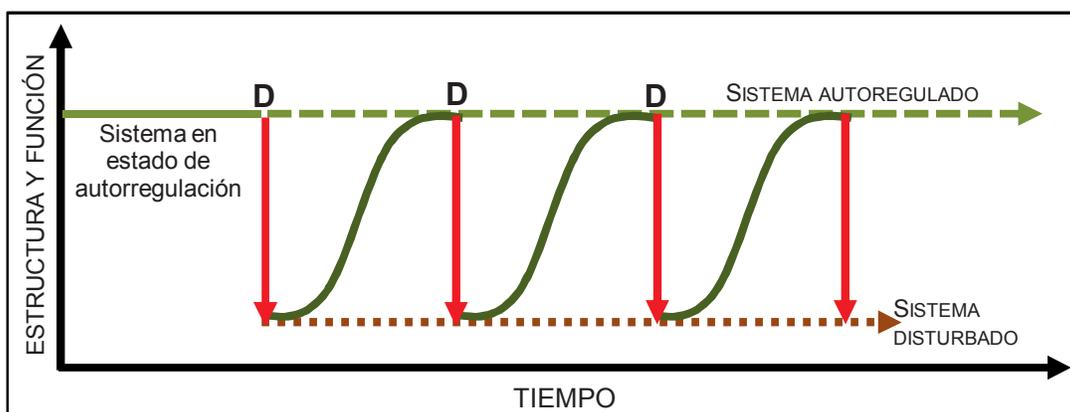


Figura 1.10 Sistema donde los disturbios se presentan de manera periódica y dañan parcialmente su función y su estructura. D: disturbio.

1.5 LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Dado que existe confusión entre los conceptos de ecología de la restauración y restauración ecológica, es importante dejarlos claros con el propósito que se conozca cuándo se trabaja o se realizan acciones que estén enmarcadas en uno u otro concepto. **La ecología de la restauración** es la ciencia que brinda las bases conceptuales, los modelos (conceptuales, empíricos, matemáticos), los métodos para las mediciones y las herramientas (matemáticas y estadísticas) para que los técnicos puedan realizar restauración ecológica (SER, 2004). En otras palabras los ecólogos de la restauración investigan los problemas generados por los diferentes tipos de disturbio sobre los ecosistemas y sobre cómo funcionan las acciones o tratamientos que se llevan a cabo para restablecer un área degradada; dicha investigación se realiza mediante el diseño de experimentos y el diseño de los muestreos. Por su parte, **la restauración ecológica** toma todos los elementos brindados por la ecología de la restauración para realizar las acciones que permitan mejorar la salud, la integridad y la sostenibilidad de las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes (SER, 2004; Van Andel & Aronson, 2006). Con las acciones desarrolladas se puede iniciar o acelerar el proceso de restablecimiento o mejora de sus atributos (Figura 1.11).

Cuando se hace restauración ecológica se debe considerar cómo se hará su abordaje, ya sea por tipo de disturbio, por niveles ecológicos (población, comunidad, ecosistema y paisaje) o por compartimentos (fauna, vegetación, suelo). De igual manera, se debe tener en cuenta la escala a nivel espacial y a nivel temporal. Las acciones de restauración a nivel espacial las define, entre otras cosas, el tamaño del área degradada, su estado de degradación, su localización, los recursos disponibles, la disponibilidad de especies, sus atributos vitales, sus ciclos de vida. Las acciones a realizar en la escala temporal deben considerar los ciclos de vida de las especies, sus requerimientos en términos de hábitat, y los recursos disponibles para la implementación del proyecto y para los programas de evaluación y seguimiento.

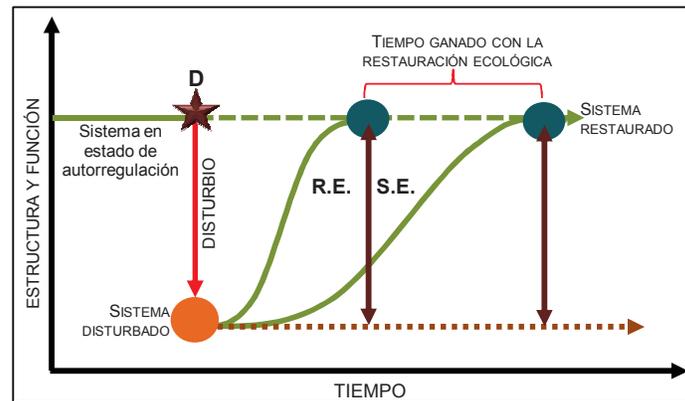


Figura 1.11 Esquema que representa un proceso sucesional (SE) y un proceso de restauración ecológica (RE) después de un disturbio.

Las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes son sistemas dinámicos que están expuestos a tensiones y a sufrir disturbios, es decir, pueden perder parcial o totalmente los elementos de su estructura y por lo tanto afectarse o perderse su función. De acuerdo con la intensidad del disturbio es posible que el sistema pueda restablecerse solo (alto valor de resiliencia) o que por el contrario se degrade mucho más como consecuencia de la ocurrencia de otros disturbios posteriores. Si el sistema continúa su proceso de degradación, o su proceso de restablecimiento es muy lento, se debe pensar en realizar la restauración ecológica. Existen algunas razones de peso que deben ser tenidas en cuenta para definir si un sistema degradado debe ser o no restaurado: **a)** los daños que pueden ser generados a los sistemas vecinos; **b)** la ausencia de representatividad ecológica de los ecosistemas originales; **c)** la importancia del sitio en términos paisajísticos (valor escénico); y **d)** la importancia en términos de generación de bienes y servicios ambientales.

La ciudad de Bogotá es un ecosistema urbano que se sigue expandiendo peligrosamente sobre el territorio, es decir, sigue creciendo en tamaño, hacia el sur, norte y occidente e incluso en algunos sectores de los cerros orientales, colocando en riesgo los pocos ecosistemas nativos, así como los diferentes agroecosistemas rurales. De igual manera, con el crecimiento de la ciudad también ha crecido y crece la demanda de bienes y servicios ecosistémicos ofrecidos por los ecosistemas rurales (agua, alimento, materiales de construcción, madera, energía, entre otros). Lo paradójico es que muchos de dichos ecosistemas se encuentran en estados avanzados de degradación, principalmente, como consecuencia del uso antrópico (uso agropecuario, minero, entre otros).

¿Qué papel puede y podría jugar la restauración ecológica ante la amenaza de la expansión de la ciudad y ante el proceso acelerado de degradación de los ecosistemas rurales?, ¿será que con la restauración ecológica se puede mitigar en algo lo que el hombre está degradando?. Lo cierto es que sí, con la restauración ecológica se le puede poner freno a la expansión urbana y a la degradación de los sistemas agropecuarios. Para ello habría que vencer varios obstáculos que pueden o podrían impedir la realización de los proyectos, o que estos no funcionen bien una vez han sido ejecutados, entre ellos vale la pena destacar: **1)** la tenencia de la tierra; **2)** el desconocimiento de los ecosistemas nativos (para muchos son simples rastrojos o montes); **3)** las necesidades económicas de los residentes; **4)** la falta de compromiso social y ambiental; **5)** la fragilidad de la legislación ambiental; **6)** la falta de continuidad de los programas; y **7)** la falta de un programa de seguimiento y evaluación a los mismos.

Lo cierto es que para la mayor parte de los ciudadanos los ecosistemas y la vida misma sólo son importantes cuando los problemas ambientales generados por causas antrópicas les afecta de manera directa. La restauración ecológica, requiere, antes que cualquier otra cosa, una restauración del espíritu, un cambio de actitud frente a lo que es la vida, frente a lo que son los ecosistemas, de parte de la población humana, para no dañar o no permitir dañar lo que no se debe, para hacer un buen manejo de lo que es susceptible de ser afectado, o para restablecer lo que se ha degradado. Restablecer o restaurar los sistemas que han sido afectados implica tener disponibilidad del terreno a largo plazo, recursos, y sobre todo, querer hacerlo por parte de todos los actores (comunidad, entidad ambiental, personas particulares, instituciones no gubernamentales y gubernamentales).

En las metas de restauración ecológica se han identificado, esencialmente, tres niveles (Brown & Lugo, 1994; SER, 2004; Van Andel & Grootjans, 2006): **1) La restauración ecológica propiamente dicha** (ecological restoration): en esta meta se busca llevar el ecosistema degradado a una condición semejante o parecida a la de predisturbio. Es decir, el sistema final debe ser autosostenible y debe tener como objetivo la preservación de las especies y del sistema en general, la regulación hídrica, la regulación de la erosión y el almacenamiento de la materia orgánica. **2) La rehabilitación ecológica** (rehabilitation), en donde se busca llevar el sistema degradado a un sistema que puede ser similar o no al predisturbio. Igual que en el caso anterior el sistema debe ser autosostenible, pero puede prestar otros servicios diferentes al de la preservación de las especies y del sistema en general, tales como: la oferta de maderas y otras materias primas, recreación pasiva, regulación hídrica, regulación de la erosión y almacenamiento de la materia orgánica (captura de carbono), entre otros. **3) La recuperación ecológica** (reclamation), cuyo propósito es restablecer las áreas degradadas y dañadas ecológicamente para que presten servicios diferentes al de la conservación (aunque no necesariamente), tales como: recreación activa y pasiva, uso agrícola y pecuario, y oferta de materias primas, entre otros. Por lo general, el sistema final recuperado no es autosostenible y es diferente al predisturbio (Figura 1.12).

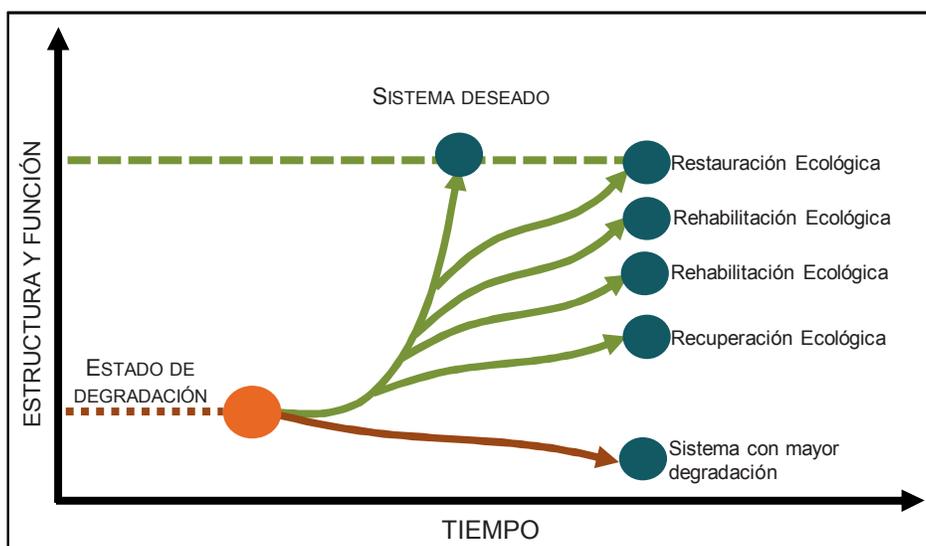


Figura 1.12 Trayectorias o rutas que podrían darse hasta obtenerse los estados ideales de cada una de las metas de restauración: restauración ecológica propiamente dicha, la rehabilitación y la recuperación (Fuente: modificado de: Hobbs & Norton, 1996).

La meta es entendida como la condición o estado ideal que se pretende alcanzar al final de un proyecto. Es decir, se puede obtener al final un bosque semejante al predisturbio con fines de preservación, un bosque autosostenible pero con servicios diferentes al de la preservación o un sistema totalmente diferente al predisturbio con servicios como la producción de alimentos, de materias primas o la recreación, entre otros. Por su parte, los objetivos de la restauración ecológica se enfocan en la implementación de los tratamientos necesarios para cumplir con cada una de las metas planteadas anteriormente. Los detalles de cómo se realiza ecología de la restauración y restauración ecológica se describirán en capítulos posteriores.

1.6 LOS MODELOS CONCEPTUALES COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Cuando se quiere restaurar un sistema degradado (áreas afectadas por minería a cielo abierto, pastoreo, especies invasoras, incendios forestales, tala, cuerpos de agua y suelos contaminados por diferentes tipos de descargas) el restaurador o técnico de la restauración debe, con base en el conocimiento que tiene del sistema degradado, del sistema de referencia y de otros sistemas con características similares, plantear el modelo de la trayectoria más probable que podría seguir el sistema desde su estado degradado hasta el estado deseado o meta. El modelo de trayectoria, igualmente, debe considerar los tratamientos que se realizan inicialmente para poder lograr dicha meta. El modelo es una herramienta útil para los planes de evaluación y seguimiento, ya que si el sistema restaurado lleva una trayectoria muy diferente a la planteada en el modelo previamente se pueden realizar medidas o manejos adaptables (los correctivos necesarios) para volver a reconducir el sistema. Bradshaw (1987a) fue uno de los primeros en plantear un modelo que considerará la restauración ecológica de un ecosistema degradado hasta una condición similar o cercana a la de pre-disturbio. En su modelo de dos dimensiones, él representó en las ordenadas la función y en las abscisas la estructura (Figura 1.13). El tiempo, que es una variable supremamente importante en el proceso sucesional, pareciera que no fue considerada en el modelo.

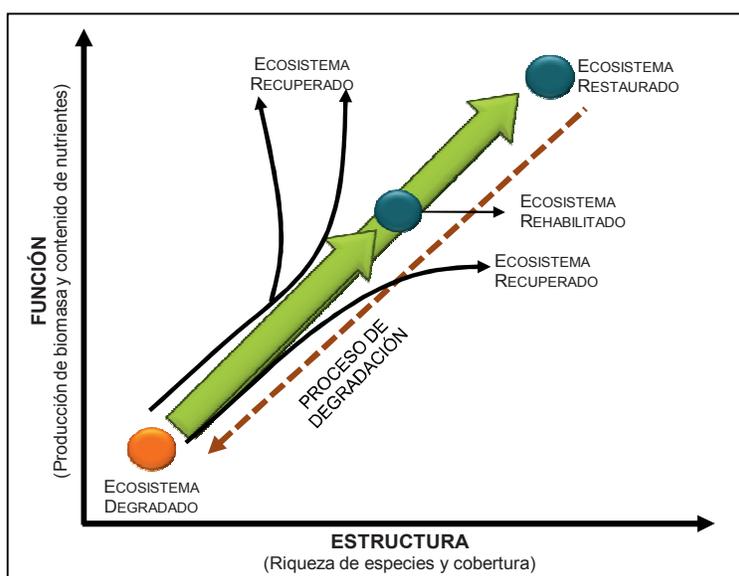


Figura 1.13 Modelo que representa los posibles estados de restablecimiento o mejora de un ecosistema degradado (Fuente: modificado de: Bradshaw, 1987).

Brown y Lugo (1994) plantearon un modelo que consideró tanto el proceso de alteración del sistema desde el sistema no disturbado (bosque primario) hasta el sistema degradado, como el proceso de restauración ecológica desde el sistema degradado hasta el sistema restaurado. La recuperación ecológica y la rehabilitación fueron consideradas por estos autores, como niveles intermedios.

Hobbs y Norton (1996) presentaron un modelo de posibles trayectorias del proceso sucesional o de restablecimiento de un ecosistema, desde su estado degradado hasta su estado de autorregulación deseado; en dicho modelo consideraron la función y la estructura en el eje de las ordenadas y el tiempo en el eje de las abscisas (Figura 1.12). De igual manera, consideraron que el sistema final podría ser un estado alternativo estable diferente al sistema original o deseado, o que el sistema final podría presentar una mayor degradación que el sistema degradado.

Barrera y Valdés (2007) presentaron un modelo que recrea el efecto del disturbio sobre el sistema y cómo este se puede restablecer con el transcurso del tiempo, si las tensiones y los disturbios mismos no afectan el nuevo proceso sucesional (Figura 1.14). En este modelo se plantea en el eje de las ordenadas la función y la estructura, y en el eje de las abscisas el tiempo.

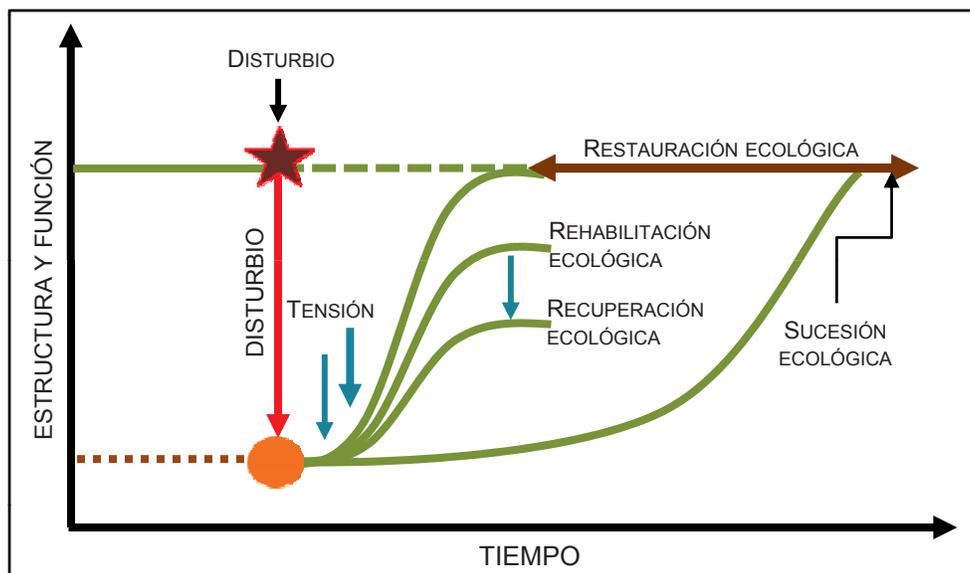


Figura 1.14 Modelo en dos dimensiones que representa el efecto del disturbio sobre el sistema y los posibles procesos de restablecimiento (recuperación, rehabilitación, restauración ecológica) y sucesión (Fuente: modificado de: Barrera & Valdés, 2007).

Hacer modelos simplificados de lo que puede ser el proceso de restauración ecológica en lo que tiene que ver con la restauración propiamente dicha (sistema final autosostenible y con fines de preservación) y la rehabilitación (sistema final autosostenible con un uso regulado) puede resultar de mucha utilidad para los técnicos, ya que les permitiría corregir fallas futuras cuando el proceso se haya desviado por algún motivo. Pero, ¿qué

variable o variables podrían ser colocadas en el eje de las ordenadas que pudieran reflejar todo el proceso de restauración hasta el estado final deseado?. En algunos trabajos, se han utilizado variables como la riqueza específica y la cobertura vegetal como buenas indicadores del estado sucesional del sistema en sus primeras etapas (Ochoa & Barrera 2007, Barrera *et al.* 2008).

En el caso concreto de la riqueza específica se deben considerar dos condiciones del sistema cuando se inicia el proceso de restauración, específicamente en lo que tiene que ver con las especies que son dispersadas desde los ecosistemas vecinos. El primer caso, tiene que ver cuando las áreas adyacentes se encuentran también alteradas. Inicialmente, se puede apreciar un incremento de especies exóticas y nativas generalistas con una disminución posterior por el dominio de una o dos especies exóticas. Si alguna de las especies exóticas colonizadoras impide el establecimiento de las nativas, se deben implementar estrategias de control (manejo adaptable). La colonización y establecimiento de las hierbas y arbustos exóticos se presenta con bastante frecuencia en zonas con una amplia historia de disturbios; ejemplo de ello se suele encontrar en los Cerros Orientales de Bogotá, donde *Ulex europaeus*, *Senecio madagascariensis*, *Anthoxantum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Alonsoa meridionalis* y *Digitalis purpurea* son especies importantes (Ríos, 2001; Barrera *et al.*, 2002; Barrera, 2009). La especie *Ulex europaeus* (retamo espinoso) presenta un comportamiento invasor desplazando a las otras especies nativas y exóticas en el proceso de la sucesión, por lo que es fundamental implementar tanto estrategias de manejo como de control (Ríos, 2001; Barrera *et al.*, 2002; Ríos, 2005; Barrera, 2009), después de que se hace la eliminación del matorral de retamo en pie, este vuelve a recuperarse como respuesta de su banco de semillas. Inicialmente, ocurre un incremento de la riqueza específica, con una disminución posterior generada por el dominio del retamo (Barrera, 2009). Teniendo en cuenta el ciclo de vida del retamo esta comunidad puede mantenerse entre 20 y 30 años si no se produce antes un incendio forestal potenciado por el mismo retamo (Figuras 1.15 y 1.16).

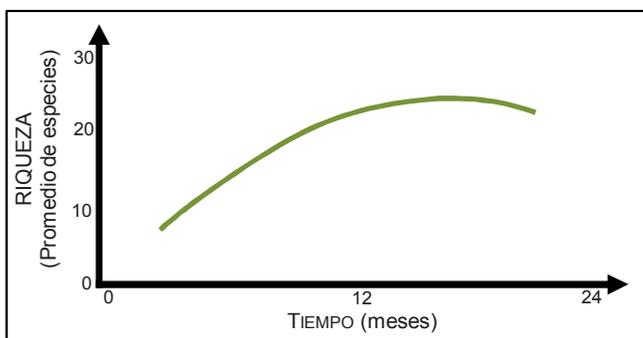


Figura 1.15 Modelo del Comportamiento de la riqueza (promedio) de especies en un área invadida por retamo espinoso en un tiempo de 18 meses.

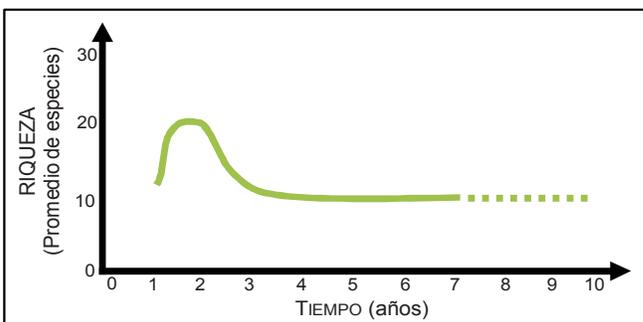


Figura 1.16 Modelo de trayectoria del proceso sucesional (riqueza específica) de un área afectada por retamo espinoso. En sistemas sin esta especie la riqueza específica es mayor.

Cuando un área degradada y abandonada se encuentra afectada por factores tensionantes (viento y lluvias fuertes) y factores limitantes (ausencia de nutrientes), como es el caso de un área afectada por minería a cielo abierto, el proceso de la sucesión puede iniciarse muchas veces pero verse frenado o detenerse totalmente. Este estado de inicio de la sucesión puede durar mucho tiempo en áreas afectadas por minería a cielo abierto, lo que trae como consecuencia que el sistema se degrade mucho más o que finalmente la sucesión pueda iniciarse.

En un proyecto desarrollado por la Escuela de Restauración Ecológica (ERE) de la Pontificia Universidad Javeriana y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), se pudo evidenciar una sucesión detenida por ausencia de nutrientes, 6 años después de iniciado el proceso de restauración (Figura 1.17). En esta misma investigación se evidenció cómo ocurre el establecimiento de especies y cómo se reemplazan con el transcurso del tiempo, cuando se neutraliza el efecto del limitante. Con la aplicación de enmiendas orgánicas 6 años después de iniciado el proceso, la especie dominante es *Baccharis latifolia* (Figura 1.18).

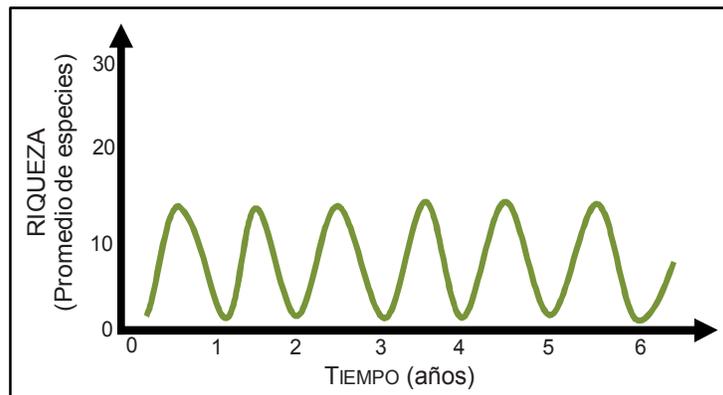


Figura 1.17 Sucesión en una mina abandonada con ausencia de nutrientes. La sucesión intenta arrancar en cada temporada de lluvias pero se detiene en la época seca.



Figura 1.18 Área experimental del Aula Ambiental Soratama. *Baccharis latifolia* es la especie dominante 6 años después de iniciado el experimento.

El segundo caso se presenta cuando las zonas adyacentes al área disturbada son poco o nada alteradas. En este caso, las especies colonizadoras son en su mayoría o totalmente nativas, con características generalistas. Si la oferta de semillas desde las áreas adyacentes es buena, variada y las condiciones físico-químicas no son las peores, el área disturbada puede integrarse más fácilmente a la matriz dominante. En este sentido la riqueza de especies tendrá un incremento con el transcurso del tiempo que sólo se verá afectada negativamente por el dominio de alguna especie en particular, para las diferentes comunidades alternativas estables.

1.7 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Hoy por hoy, existe un consenso general de los efectos que puede ocasionar el cambio climático drástico sobre los ecosistemas y las especies por efecto de la emanación de gases invernadero a la atmósfera (Harris *et al.* 2006). Algunos investigadores plantean que el próximo siglo estará caracterizado por cambios en los patrones del clima global y los regímenes climáticos según las predicciones basadas en el clima actual, es decir, se predice que habrá incrementos en la temperatura media, en los patrones de precipitación y habrá cada vez una mayor incidencia de los eventos climáticos extremos (Watson *et al.* 2001; McCarthy *et al.* 2001, Munasinghe & Swart, 2005). Cada vez, son más crecientes las pruebas de que los impactos generados por el cambio climático sobre las especies de plantas y fauna, y sobre los ecosistemas mismos pueden ya ser detectados (Parmesan & Yohe, 2003; Root *et al.* 2003).

Los escenarios de cambio climático predichos debido a las emanaciones de gases de efecto invernadero actual, van a estar sujetos a disturbios catastróficos frecuentes y van a estar más tensionados debido a los cambios en la temperatura media y las precipitaciones. En este sentido, ¿cómo deben ser los sistemas restaurados finales, en términos de la restauración propiamente dicha, sabiéndose que muchas de las especies de los sistemas predisturbio no podrán resistir las nuevas condiciones climáticas? La pregunta que debemos hacernos los restauradores y los investigadores de la restauración es si tiene sentido establecer sistemas similares a los predisturbio en los que muchas especies no van a resistir estos nuevos escenarios o debemos pensar en unos nuevos sistemas (neosistemas) que puedan autorregularse, con especies que sean más resistentes a las futuras condiciones. Lo cierto es que las especies de distribución restringida o limitada a ciertas condiciones microclimáticas van a estar más tensionadas en los nuevos escenarios de cambio climático, condición que las puede llevar a la extinción cuando deban responder a nuevos disturbios.

Además, de pensar en cómo deben ser los estados finales de autorregulación de los sistemas restaurados en los nuevos escenarios de cambio climático, los restauradores debemos pensar en el restablecimiento de los bienes y servicios ecológicos que se han perdido, en este caso se debe incrementar la fijación de Carbono, la producción de oxígeno, el control de erosión, la regulación del ciclo hidrológico, la recarga de acuíferos, entre otros.

Pero ¿cómo pueden los investigadores de la ecología de la restauración y los técnicos en restauración ecológica contribuir en la mitigación del cambio climático? Aunque algunos

de los objetivos finales de la restauración ecológica es obtener bosques para la preservación y bosques con fines madereros y otros requerimientos, ¿qué aspectos exactamente se deben considerar para incrementar la fijación de carbono?; ¿generamos estados transitorios de poblaciones y comunidades donde las especies puedan tener su más alta tasa de crecimiento y por lo tanto de mayor fijación de carbono o se le apunta a las comunidades en el máximo estado de autorregulación?

Bogotá D.C. presenta muy pocos ecosistemas no disturbados, por no decir que ninguno, todos presentan en alguna medida un mayor o menor grado de alteración. Los menos alterados todavía pueden servir de hábitat para las especies nativas y realizar algunas funciones importantes; algunos de los que han sido transformados (cambio de uso) a áreas con pastoreo y cultivos se encuentran en estado avanzado de erosión (localidad de Usme, principalmente). Algunas de las áreas que han sido cultivadas, pastoreadas y luego abandonadas se encuentran invadidas por el retamo espinoso (localidades de San Cristobal y Usme). De igual manera, algunas áreas que han sido plantadas con pino y eucalipto y afectadas por incendios han sido invadidas, también, por el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y en algunos casos el helecho marranero (*Pteridium aquilinum*). Otros dos tipos de uso con graves consecuencias para la sostenibilidad de los ecosistemas bogotanos son el de las áreas con extracción de materiales para la construcción y las áreas que presentan expansión urbana. Mientras la construcción siga en aumento siempre habrá la necesidad de destruir los ecosistemas y estos no son infinitos. Bogotá D.C. a través de la Secretaría Distrital de Ambiente debe definir en su plan de restauración de sistemas degradados, cuáles deben ser los objetivos de la restauración ecológica. ¿Cómo realizar un manejo sostenible de los terrenos con uso ganadero y agrícola que todavía mantiene una buena productividad?; ¿se reconvierten las áreas degradadas por uso agropecuario en matorrales y bosques nativos o se recuperan para que sigan prestando los mismos servicios?; ¿qué acciones se deben realizar para que los terrenos degradados, que son de carácter privado, puedan verdaderamente tener un objetivo de restauración ecológica, y lo más importante que una vez restaurados puedan mantenerse en el tiempo?. Si se decide que se quiere mitigar, en algo, los efectos de cambio climático como consecuencia de la liberación de gases a la atmósfera con efecto invernadero, transformando los terrenos degradados en bosques para la fijación de Carbono, se debe trabajar bastante con las comunidades campesinas propietarias de dichos terrenos para que accedan a dicho proceso; pero también se deben buscar alternativas económicas que les permitan mejorar o al menos mantener su calidad actual de vida.

Entre los muchos aspectos que los investigadores de la ecología de la restauración deben enfocarse es el de estudiar las especies nativas y su potencial para fijar Carbono, con el objetivo de poder brindar recomendaciones a las organizaciones privadas y del Estado sobre cuáles especies podrían ser usadas en la implementación de las poblaciones y comunidades fundadoras de un proyecto de restauración. Esta es una tarea urgente que se debe trabajar en los departamentos de biología y de ingeniería forestal de las universidades de Bogotá y del país. Otra tarea a estudiar de manera urgente es la respuesta de las especies cuando son colocadas en áreas con diferente condición de degradación y son puestas en diferentes combinaciones y a diferentes densidades.

En Colombia ya se empiezan a realizar algunas investigaciones sobre el tema, por lo que se espera que en un futuro se puedan presentar ya algunos resultados concretos sobre los efectos directos que pueden generar los proyectos de restauración en la mitigación del cambio climático.

1.8 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Brown, S. & A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to Sustaining development. *Restoration Ecology* 2(2):97-111.

Stiling, P.D. 1996. *Ecology: Theories and applications*. second edition. Prentice Hall. New Jersey - USA, 539 pp.

Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones, comunidades*, Omega, Barcelona, 1148 pp.

Falk, D.A., M.A. Palmer & J.B. Zedler. 2006. *Foundations of Restoration Ecology*. Island Press, 364 pp.

Van Andel J. & J. Aronson (Eds.). 2006. *Restoration Ecology: The New Frontier*. Blacwell publishing, Oxford - UK. 319 pp.

White, P.S. & A. Jentsch. 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany* 62: 399

CAPÍTULO 2

BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL Y SUS ECOSISTEMAS



Panorámica del norte de Bogotá desde los Cerros Orientales

De acuerdo con la Secretaría Distrital de Planeación (2010), Bogotá Distrito Capital cuenta con una población cercana a los 7 363 782 habitantes, quienes dependen, entre otros, de los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques andinos, altoandinos, páramos y humedales presentes en la ciudad y aledaños a esta. La sustentabilidad de sus pobladores y territorio, dependerá en gran medida, del óptimo manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y la restauración ecológica de los bienes y servicios ecosistémicos perdidos y/o deteriorados. Por tal motivo, el presente capítulo es un acercamiento a las características de los ecosistemas de la ciudad, los aspectos socioeconómicos y culturales de la población que la habita y la oferta de bienes y servicios ecosistémicos que sustentan.

2.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO GENERAL DEL DISTRITO CAPITAL

A partir del artículo 32 de la Constitución Política de Colombia, Bogotá se convierte en el Distrito Capital del país. Situada a los 4°35'56" de latitud Norte y 74°04'51" de latitud Oeste, dentro de la zona ecuatorial (Figura 2.1). Su paisaje se caracteriza por un sistema montañoso que descansa sobre una porción central ensanchada del brazo oriental de la cordillera de los Andes, dentro de la cual se configura una planicie sedimentaria con gran variedad de condiciones físicas, las cuales dan origen a la heterogeneidad de sus ecosistemas (SDA, 2007).



Figura 2.1 Ubicación geográfica de Bogotá Distrito Capital.

El Distrito se localiza alrededor de 2 600 msnm, sobre 163 659 hectáreas, dentro de las cuales se diferencian dos ambientes: el primero se caracteriza por ser un ambiente montañoso, con predominio de uso rural y una amplia heterogeneidad ecosistémica, extendida sobre 127 654 hectáreas que equivalen al 78% del total del territorio, y el ambiente de altiplanicie en donde se establece el casco urbano de la ciudad y ocupa el 22% del total del territorio, es decir, 36 005 hectáreas (SDA, 2007 & SDP, 2010).

2.2 FACTORES DETERMINANTES DE LOS ECOSISTEMAS PRESENTES EN EL DISTRITO CAPITAL

La configuración de cada uno de los sistemas ecológicos presentes en una determinada área, depende de la combinación de las condiciones físicas, biológicas y socioculturales existente. Así mismo, la riqueza y diversidad biológica es producto de las condiciones o factores que posibilitan o restringen el establecimiento de los organismos, sus relaciones y sus formas de organización. En ese sentido, a continuación se expone una síntesis de los factores físicos y bióticos que constituyen los ecosistemas del Distrito Capital, ya que su conocimiento es fundamental para el diseño de las estrategias de manejo, conservación y recuperación, que garanticen el mantenimiento de los recursos naturales y su aprovechamiento sostenible.

2.2.1 FACTORES FÍSICOS DETERMINANTES DE LOS ECOSISTEMAS DEL DISTRITO

A. CLIMA

Las condiciones climáticas de Bogotá están fuertemente influenciadas por la latitud, la radiación solar y la ubicación geográfica que permite el encuentro de los vientos alisos provenientes del sureste y noreste denominado Zona de Convergencia Intertropical –ZCIT, lo que determina la presencia de un contraste climático anual de estaciones secas y lluviosas (Narvaez & León, 2001; IDEAM, 2001) (Anexo 1). Las estaciones secas se desarrollan entre los meses de enero – febrero y junio – septiembre, y las estaciones de lluvia se presentan entre los meses de marzo – mayo y septiembre – noviembre.

Las características contrastantes, como colinas, lomas y montañas, definen variaciones en la dinámica y distribución de la radiación solar y en la circulación de masas de aire, es decir, determinan la dinámica de ascenso y enfriamiento del aire, así como la consecuente precipitación (Narvaez & León, 2001). Por su parte, el relieve plano recibe una fuerte radiación solar, por lo que se generan mayores procesos de evaporación. De esta forma, la dinámica de las precipitaciones es de origen convectivo, producto del calentamiento y ascenso de las masas de aire por acción de la radiación solar y enfriamiento, condensación y precipitación del agua contenida (IDEAM, 2001).

El promedio anual de las precipitaciones es de 1 000 mm; sin embargo, su distribución no es homogénea pues existen diferentes regímenes de lluvias que caen en los extremos surorientales y suroccidentales, donde suelen presentarse valores menores a los 800 mm/año, mientras que en el sector nororiental de la capital, la precipitación puede superar los 1 000 mm/año (IDEAM, 2008; SDA, 2007)

La temperatura media presenta un comportamiento isotérmico, es decir, con pocas variaciones durante el año que van desde los 12 y 15°C para el área urbana, y valores medios de 6°C en la cuenca alta del río Tunjuelo. No obstante, las variaciones en la temperatura que se presenta en el Distrito Capital se dan a través de cambios durante el día y la noche, los cuales oscilan entre los 25° a -6°C, proceso que se da durante los meses secos de

diciembre y mayo. Lo anterior, es consecuencia de la baja nubosidad y la alta insolación, lo cual provoca una fuga de calor durante la noche.

En Bogotá predominan los vientos del noreste y alisios, cuyas velocidades varían entre 0,1 y 3,3 m/s (IDEAM, 2001). El comportamiento de los vientos cambia a lo largo del día, debido a que en la mañana las masas de aire frío desciende desde el oriente de las montañas y atraviesan la ciudad, mientras que en la tarde la circulación del viento se invierte, en una dirección occidente-oriente, hasta que se encuentran con las montañas y desvía las masas de aire hacia el norte (Figura 2.2).

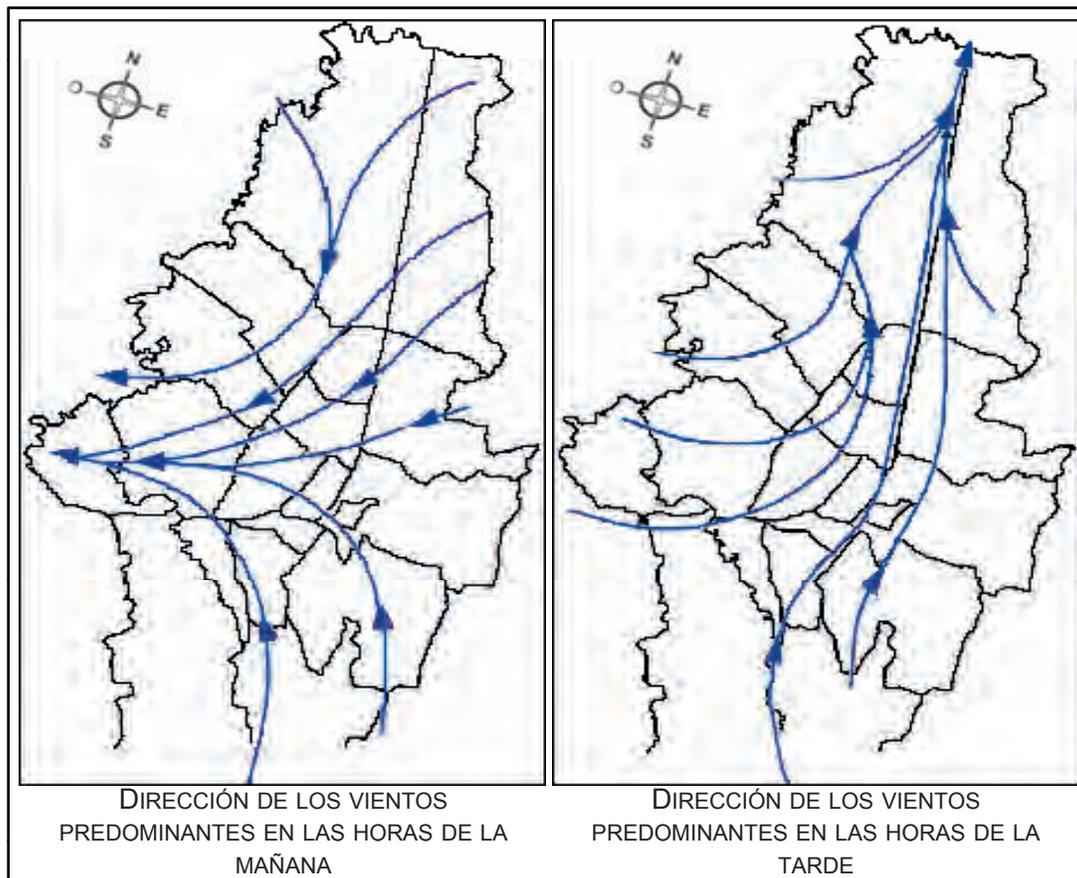


Figura 2.2 Patrón de vientos predominantes en Bogotá (Fuente: modificado de Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006).

Por su parte, los procesos de evaporación se distribuyen de forma uniforme por el Distrito, con un promedio de 1 000 mm, exceptuando la zona extrema norte y sur de la ciudad, donde la evaporación presenta un promedio anual de 1 100 y 1 300 mm. En cuanto a la Evapotranspiración Potencial (ETP), se presenta valores relativamente bajos como consecuencia del efecto generado por la altura sobre el nivel del mar. En general, se presenta un rango de ETP que va desde 800 mm a 1 000 mm (IDEAM, 2001). Por lo anterior,

el balance hídrico se encuentra dentro del rango de clasificación como de “disponibilidad normal a deficitaria”.

B. FISIOGRAFÍA

La configuración fisiográfica es el resultado de la acción conjunta de procesos de formación y desgaste del relieve. Las fuerzas generadas por la tectónica de placas son responsables de la existencia de los relieves montañosos y colinados. Simultáneamente, los procesos denudativos o de desgaste pulen y moldean los relieves y generan una gran cantidad de sedimentos que se depositan en las depresiones intramontanas configurando las planicies. Así mismo, las diferentes glaciaciones y la acción fluvial han contribuido de manera sustancial a la configuración del relieve actual (Flórez, 2002). De esta forma, la configuración fisiográfica del Distrito (Figura 2.3) está compuesta por una zona plana a ligeramente inclinada que se extiende desde el piedemonte de los cerros hacia el centro de la sabana. Adicionalmente, cuenta con una zona montañosa que alcanza los 4 000 metros de altura (Pérez, 2000; SDA, 2007).

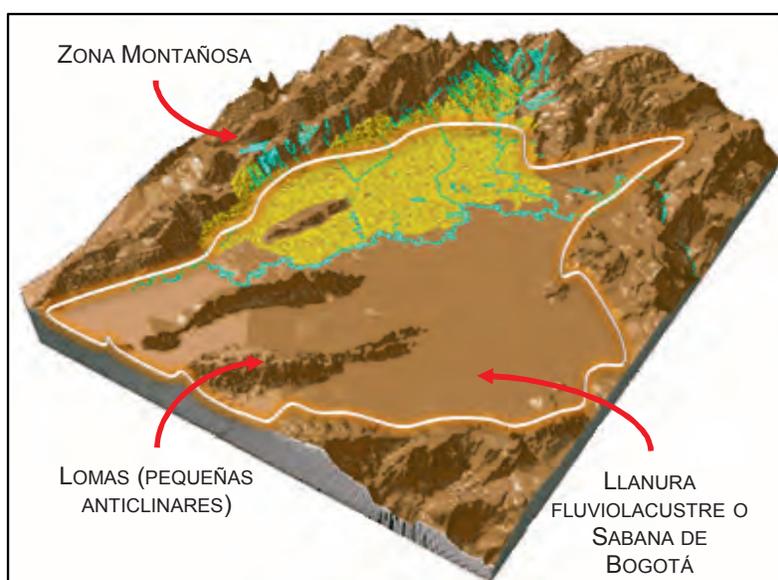


Figura 2.3 Estructuras geomorfológicas del Distrito Capital ¹

La llanura fluvioacustre está constituida por planicies de elevaciones variables, las cuales se han configurado a partir de sedimentos que inicialmente llegaban al cuerpo de agua que existía en la Sabana de Bogotá y que desapareció como consecuencia de una falla tectónica que determinó la inclinación del relieve actual. Este movimiento tectónico generó que los diferentes cuerpos hídricos existentes depositaran sedimentos gruesos en el antiguo lecho lacustre. En estos sitios son típicas las vegas, terrazas, depósitos de ladera (coluviales) y aluviales.

¹ Modificado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>

La porción montañosa que comprende el suroriente y oriente del Distrito Capital, es el testimonio de la dinámica tectónica de plegamiento inicial y posterior fallamiento, lo cual configuró relieves típicos de estructuras sedimentarias sometidas a fuerzas compresivas originadas por la tectónica. Los relieves de colinas y lomas próximas a la planicie dan paulatinamente paso a relieves escarpados y de largas pendientes, constituidos por poderosos sedimentos fuertemente cementados, muy resistentes a los procesos de desgaste (erosión geológica) y que constituyen todo el sistema montañoso periférico de la Sabana de Bogotá. Estos paisajes fisiográficos están dominados por una dinámica denudativa y se componen principalmente de cimas y laderas con procesos erosionales activos tales como reptación, deslizamientos, derrumbes, desplomes, soliflucción y erosión hídrica.

C. GEOLOGÍA

Bogotá se encuentra dentro de una depresión intramontana que se formó durante el Plioceno como resultado de la elevación de la Cordillera Oriental de Colombia, producto de la tectónica compresiva de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica (Van der Hammen, 2000).

La porción montañosa localizada al sur, así como los cerros del extremo oriental, constituyen parte del macizo montañoso de los Andes. Como consecuencia de su origen geológico, todas las rocas que comprenden la litología del Distrito son sedimentarias; sus diferencias, básicamente se dan por la antigüedad de su formación, el tipo de ambiente de sedimentación en el que se formaron (ambientes de sedimentación tranquila o turbulenta) y el tamaño de las partículas. Los anteriores aspectos mencionados, definen el grado de consolidación, la permeabilidad de las rocas y sus propiedades hidrogeológicas, así como el tipo de relieve que originan y sus propiedades de resistencia a procesos de desgaste por erosión y otros fenómenos denudativos. En la Tabla 2.1 se resumen los principales eventos geológicos que explican la actual configuración de la Cordillera de Los Andes y, con ello, la formación de la Sabana de Bogotá.

Actualmente, se cuentan con 17 formaciones geológicas, las cuales se agrupan en rocas consolidadas y no consolidadas (Helmens & Van der Hammen, 1995). Nueve formaciones geológicas (formaciones Chipaque, Arenisca dura, Plaeners, Labor y Tierna, Guaduas, Areniscas de Cacho, Bogotá, Regadera y Usme), presentan rocas consolidadas y se localizan en áreas montañosas, intensamente afectadas por plegamientos y fallamientos. En la zona plana y los piedemontes del Distrito se presenta un predominio de rocas no consolidadas y lo constituyen las Formaciones Marichuela, Balsillas, San Miguel, Sabana, río Tunjuelito, Chía, río Siecha, Mondoñedo (Anexo 2).

Tabla 2.1. Principales eventos geológicos presentes en el territorio Distrital.

ERA	PERIODO	ÉPOCA / PISO FAUNÍSTICO	MILLONES DE AÑOS	EVENTOS GEOLÓGICOS
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	0,011784	Cerca de 10 ciclos interglaciales-glaciales; durante interglaciales se forman franjas de vegetación similares a las actuales.
		Pleistoceno	1	
			2,588	
	Neógeno	Plioceno	5,332	Levantamiento de Los Andes hasta las altitudes actuales. Formación del Istmo de Panamá. Configuración de la Sabana de Bogotá. Formación de extensas áreas subandinas. Páramo alto-andino alcanza su actual extensión.
		12	Intensificación de los movimientos y levantamientos tectónicos	
		23,03		
	Paleógeno	Oligoceno	33,9 ± 0,1	
		Eoceno	55,8 ± 0,2	
		Paleoceno	65,5 ± 0,3	
MESOZOICO	Cretácico Superior/Tardío	Mastrichtiano	(70.6 ± 0.6 – 65.5 ± 0.3)	Compresión y levantamiento en el norte y oriente Andino con el consecuente retiro del mar y la formación de cuencas continentales. Inicio de la flora subandina.
		Campaniano	(83.5 ± 0.7 – 70.6 ± 0.6)	El macizo precámbrico de Garzón sufre levantamientos
		Santoniano	(85.8 ± 0.7 – 83.5 ± 0.7)	
		Coniaciano	(89.3 ± 1.0 – 85.8 ± 0.7)	
		Turoniano	(93.5 ± 0.8 – 89.3 ± 1.0)	
		Cenomaniano	(99.6 ± 0.9 – 93.5 ± 0.8)	

D. SUELO

De acuerdo con la SDA (2007), los suelos son unidades ecosistémicas con una estructura y función definida por su origen geomorfológico y pedológico, así como la historia de uso por parte de las poblaciones humanas. De esta forma, la estructura física de los suelos se relaciona con la proporción y tipología de arcillas, limos y arenas, así como los procesos de evolución y transformación; la estructura de los suelos determina la capacidad que éstos tienen para soportar las plantas. En conjunto, las características fisicoquímicas definen la capacidad para retener agua y nutrientes; mientras que la profundidad y la presencia o ausencia de horizontes impermeables o de roca, determinan la profundidad a la que pueden llegar las raíces. La estructura física del suelo interactúa con la geomorfología y el clima para determinar el volumen del suelo que puede ser usado por las plantas; mientras que la cantidad y disponibilidad de nutrientes determinan la fertilidad e influyen en la distribución de la vegetación (Clark, 2002).

El Distrito Capital se encuentra enmarcado dentro de lo que se denomina Provincia Fisiográfica de la Cordillera Oriental, específicamente dentro de dos grandes conjuntos de relieve denominados Montaña Estructural Denudativa (o Erosional) y Valle Aluvial. Estos dos grandes paisajes agrupan el conjunto contrastante de condiciones de evolución para los suelos. Los suelos con mayor desarrollo o evolución se encuentran ubicados en las porciones plano-onduladas y alejadas de las laderas y la influencia de los ríos, mientras que los suelos con poca o ninguna evolución se ubican en las porciones más pendientes o en los planos de inundación donde la erosión o la sedimentación permanentes impiden los procesos de desarrollo o madurez edáfica. Si se requiere ampliar la información al respecto, en el Anexo 3 se resumen las características principales de las asociaciones de suelos del Distrito.

A pesar de los diferentes tipos de suelos que existen, estos presentan una característica en común y es la presencia de cenizas volcánicas provenientes de las erupciones de la Cordillera Central y que han sido transportadas por la acción del viento hasta la Sabana de Bogotá. Las cenizas al descomponerse y mezclarse con el humus de la vegetación, formaron una capa de suelo oscuro de 50 a 150 cm de espesor, de gran fertilidad, conocido como Andisol. Estos suelos no se formaron en los valles aluviales a causa de la acumulación periódica de arcillas de inundación, ni en zonas secas de la Sabana debido a la menor cantidad de humus; a cambio se originaron inceptisoles (suelos sin horizontes bien definidos), alfisoles (suelos enriquecidos en arcilla, con pH y nutrientes moderados) o planosoles (Pérez, 2000; SDA, 2007).

E. HIDROGRAFÍA

El sistema hidrográfico comprende porciones parciales de las cuencas hidrográficas de los ríos Bogotá, Sumapaz y Blanco. Dentro de éstas, el único río de longitud importante que se encuentra completamente incluido, con su cuenca de drenaje, dentro del territorio capitalino, es el río Tunjuelo. Por su parte, el Distrito sólo cuenta con el territorio correspondiente a la margen izquierda del río Bogotá, la vertiente alta al costado oriental del río Sumapaz, y una pequeña porción de la cuenca del río Blanco. En la Tabla 2.2 se resumen características del sistema hidrográfico, distribuidas de acuerdo a las cuencas a las que cada río pertenece:

Tabla 2.2. Sistema Hidrológico Principal del Distrito Capital.

CUENCA	SUBCUENCA/MICROCUENCA	ÁREA (HA)
MEDIA RÍO BOGOTÁ	La Conejera	3 840,29
	Jaboque	1 623,71
	Río Fucha	14 814,72
	Río Salitre	13 251,48
	Río Teusacá	3 245,72
	Canal Tintal	3 415,32
	Torca	6 008,69
	Río Tunjuelo	38 899,86
RÍO SUMAPAZ	Río San Juan	16 474,76
	Río El Pilar	8 736,47
	Río Sumapaz	17 335,58
RÍO BLANCO	Río Chochal	14 464,84
	Río Los Llanitos	4 669,18
	Río Santa Rosa	8 776,53
	Interfluvios Río Blanco	1 184,32
	Río Los Salitres	6 671,11

Fuente: Sistema de Información de la Subdirección de Ecosistemas (Fuente: SDA, 2007; Jarro, 2004).

Dentro del sistema hidrográfico, los humedales representan una parte muy importante y llena de conflictos. Según la SDA (2007), el área cubierta por estos cuerpos de agua ha disminuido tan dramáticamente en los últimos 40 años, que la superficie actual solo representa el 1,6% de las 50 000 hectáreas originales. Los humedales deben su presencia a condiciones topográficas específicas relacionadas con depresiones y con variaciones originadas por la dinámica de los ríos. La Tabla 2.3 resume las características principales de los 13 humedales presentes en la ciudad.

Tabla 2.3 Humedales de la ciudad de Bogotá y sus características principales.

HUMEDAL	UBICACIÓN	ÁREA (HA)	CARACTERÍSTICAS
TORCA	Usaquén	30,3	Hace parte la microcuenca de La Conejera, cuyo principal afluente es la quebrada La Salitrosa, que nace en el Cerro La Conejera. Actualmente, recibe un gran caudal de aguas residuales provenientes de los barrios circundantes y finalmente desemboca en el río Bogotá.
GUAYMARAL	Suba	41,1	El humedal Torca drena sus aguas al Guaymaral, por medio de una estructura hidráulica que cruza transversalmente la autopista norte. Otros afluentes son el canal El Guaco y el canal H- El Recuerdo, los cuales drenan las aguas lluvias de este sector norte de la ciudad. Finalmente, el humedal drena sus aguas al río Bogotá a través del canal Guaymaral.
CONEJERA	Suba	58,9	Este humedal hace parte la microcuenca de La Conejera, cuyo principal afluente es la quebrada La Salitrosa. Actualmente, recibe un gran caudal de aguas residuales provenientes de los barrios circundantes y finalmente desemboca en el río Bogotá.

HUMEDAL	UBICACIÓN	ÁREA (HA)	CARACTERÍSTICAS
JUAN AMARILLO	Suba	222,5	También se le conoce como laguna de Tibabuyes, se localiza al noroccidental del Distrito Capital, dentro del área inundable de los ríos Bogotá, Juan Amarillo o Salitre, conformando la estructura del sistema hídrico de la ciudad. Es el humedal más grande que sobrevive actualmente, su ancho varía entre 400 y 700 m, y una extensión aproximada de 220 ha, su cota de fondo mínima se encuentra entre los 2 569 – 2 576 msnm. El humedal es atravesado en sentido oriente a occidente por el río Salitre, que ingresa a la altura de la transversal 91 para desembocar directamente sobre el río Bogotá, luego de recorrer por aproximadamente 7 km del cuerpo del humedal.
CÓRDOBA	Suba	40,5	Este humedal es alimentado por los canales Córdoba, Norte y Los Molinos, los que recolectan drenajes de aguas lluvias de una cuenca que puede llegar a las 5 100 hectáreas, y que gran parte está cubierta por viviendas y comercio.
JABOQUE	Engativá	151,9	La cuenca pluvial y sanitaria del humedal es una de las más pequeñas del Distrito (1 688 y 232 ha respectivamente), con un ingreso de sus aguas al río Bogotá, muy cerca al parque La Florida. Las aguas lluvias llegan a través de un colector que descarga en la zona oriental, mientras las aguas negras son interceptadas o ingresan directamente de los barrios aledaños.
SANTA MARÍA DEL LAGO	Engativá	10,8	Pertenece a la cuenca del río Juan Amarillo o Salitre. Conformaba una pequeña microcuenca cuya función era regular las crecientes de los cauces menores que llegaban al humedal para posteriormente entregar su aporte hídrico al río Juan Amarillo. Hoy se encuentra interconectado por drenajes subterráneos con la parte superior del sistema Juan Amarillo.
CAPELLANÍA	Fontibón	18	Este humedal se originó en la antigua Laguna del Tintal, perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Fucha, pero actualmente se encuentra desconectado de esta corriente de agua por los procesos urbanos. Las corrientes superficiales que originalmente lo alimentaban han desaparecido completamente por lo que su actual suministro de agua proviene del subsuelo y las lluvias.
HUMEDAL MEANDRO DEL SAY	Fontibón	26,2	Conocido comúnmente con el nombre de Madre Vieja de la Hacienda El Say. Es un cauce abandonado, producto de la rectificación del río Bogotá y no un verdadero humedal o chucua, aunque fue designado como tal por las normas vigentes. Se localiza entre Fontibón y el sector occidental del municipio de Mosquera; los barrios que se encuentran en el área aledaña tienen un uso mixto, con predominancia del sector industrial. La franja comprendida por el cauce abandonado, sirve como divisoria territorial entre el área urbana del sector suroccidental de Bogotá y el municipio de Mosquera. Su función es la recepción y regulación de caudales.
HUMEDAL EL BURRO	Kennedy	18,8	Pertenece a la cuenca del río Fucha pero actualmente está muy desligado de la influencia que ejercían en él las crecientes naturales, tanto de su cuenca como del río Bogotá; formó parte de la ya desaparecida Laguna del Tintal. El relleno ilegal ha reducido significativamente la capacidad de almacenamiento del humedal, además, la Avenida Ciudad de Cali, que lo fracciona en dos partes, actúa como un dique que represa el agua en la parte nororiental, atenuando las inundaciones del sector más bajo y permitiendo que exista un mayor tiempo de retención de las aguas en la porción más grande del ecosistema.
HUMEDAL LA VACA	Kennedy	7,9	Hace parte de la cuenca del Tintal, perteneció al sistema hidrológico de los ríos Fucha y Tunjuelo. Las aguas de esta cuenca son drenadas en sentido SE-NW y sus condiciones hidrológicas han sido afectadas por procesos de urbanización. Esto ha ocasionado la reducción substancial de la capacidad de almacenamiento en las crecientes. Posee un canal de salida de aguas sin revestir, por lo que tiene problemas significativos de sedimentación.

HUMEDAL	UBICACIÓN	ÁREA (HA)	CARACTERÍSTICAS
TECHO	Kennedy	11,6	Hace parte de la cuenca central del antiguo Lago del Tintal, perteneciente al sistema de drenaje del río Fucha. Actualmente, está atravesado por el interceptor Kennedy y recibe las aguas negras del conjunto de barrios de la zona de Castilla. Se alimenta principalmente por aguas superficiales de escorrentía, además de aguas subterráneas y flujos ocasionales de desborde de aguas residuales provenientes del canal vecino. Su proximidad al río Fucha y su geología permiten suponer que ha participado en la dinámica hídrica natural del río Bogotá y muy seguramente regulaba sus crecientes invernales, junto con los humedales del Burro y Capellanía.
TIBANICA	Bosa	28,8	Se encuentra en una de las partes más secas de la ciudad y de toda la cuenca alta del río Bogotá. La cuenca que aporta agua al humedal está completamente urbanizada; sin embargo, no posee una infraestructura apropiada de desagüe, tanto de lluvias como de aguas servidas. Probablemente, pertenecía a la cuenca hidrográfica del río Tunjuelo pero hoy en día se encuentra totalmente aislado del sistema. Muy cerca de él pasa la quebrada Tibanica que fue su fuente de abastecimiento principal, hoy convertida en canal de drenaje severamente contaminado por desechos domésticos e industriales del municipio de Soacha. Este humedal se encuentra fraccionado en dos cuerpos, por un terraplén sobre el que se construyó un carretable que conduce hacia algunas fincas ganaderas.

Fuente: modificado de Moreno *et al.* 2006; SDA, 2007.

2.2.2 CONDICIONES BIÓTICAS DE LOS ECOSISTEMAS DEL DISTRITO CAPITAL

A partir de las características biofísicas mencionadas en el componente anterior, se puede entender que la heterogeneidad de los ecosistemas de Bogotá, responden a combinaciones del clima, el relieve, la litología y la geomorfología, por medio de las cuales se derivan las condiciones edáficas e hídricas que limitan o favorecen el desarrollo de la biota y las actividades humanas. En consecuencia, comprender la dinámica de configuración de los ecosistemas, permite determinar cuales son los factores que los gobiernan actualmente y de esta forma identificar las posibles dificultades que se podrían presentar en el momento de realizar procesos de restauración ecológica.

En la sección anterior, se estableció la diferencia existente en los tipos de relieve encontrados en la capital del país; ésta diferencia en los relieves, constituye un elemento clave en la configuración de los ecosistemas, debido a que ambientes en donde la pendiente es fuerte son muy distintos a los que se configuran en ambientes de baja influencia de la gravedad.

Como principio básico, los ecosistemas de ladera (montañas, colinas, lomas) deben su dinámica al movimiento horizontal de materia y energía, en donde prevalece el transporte en una dirección bien definida. Por su parte, la dinámica de los ecosistemas de plani-

cie es alimentada con la energía que llega desde las porciones más elevadas del relieve cuando están próximos a ellas; en la medida en que estos ecosistemas se alejan de las pendientes, la mayor influencia esta dada por las condiciones climáticas locales. En estos últimos sistemas ecológicos la tendencia es a acumular materia y energía, y la velocidad de los flujos entre los ecosistemas es más lenta.

A. VEGETACIÓN

La vegetación es el componente biótico más notable y permanente con el que pueden caracterizarse los ecosistemas terrestres y muchos de los acuáticos. Sus características y composición también son un reflejo de los procesos subyacentes, tanto naturales como culturales. Adicionalmente, la vegetación es el resultado de la mezcla de los factores físicos y biogeográficos que han permitido la dispersión y colonización de las diferentes especies.

Los análisis paleoecológicos indican que la flora evolucionó pasando de una flora típica de bajura y premontana (localizada a los 1 000 msnm) a la flora altimontana actual, cambio que corresponde al levantamiento final de la Cordillera de los Andes (Hooghiemstra, 1995).

Por su parte, se puede considerar que la flora actual, es el resultado de la influencia generada por la altitud, donde el gradiente de variación florística inicia desde zonas altas, frías, húmedas y con suelos bien drenados a zonas bajas, cálidas, secas y con suelos mal drenados. Por lo cual, se determinó un modelo de variación ambiental a través de un eje espacial, que influye en el establecimiento de las comunidades florísticas que se localizan sobre el mismo eje, denominado "Ecoclinas Bogotanas" (Salamaca & Camargo, 2002) (Figura 2.4).

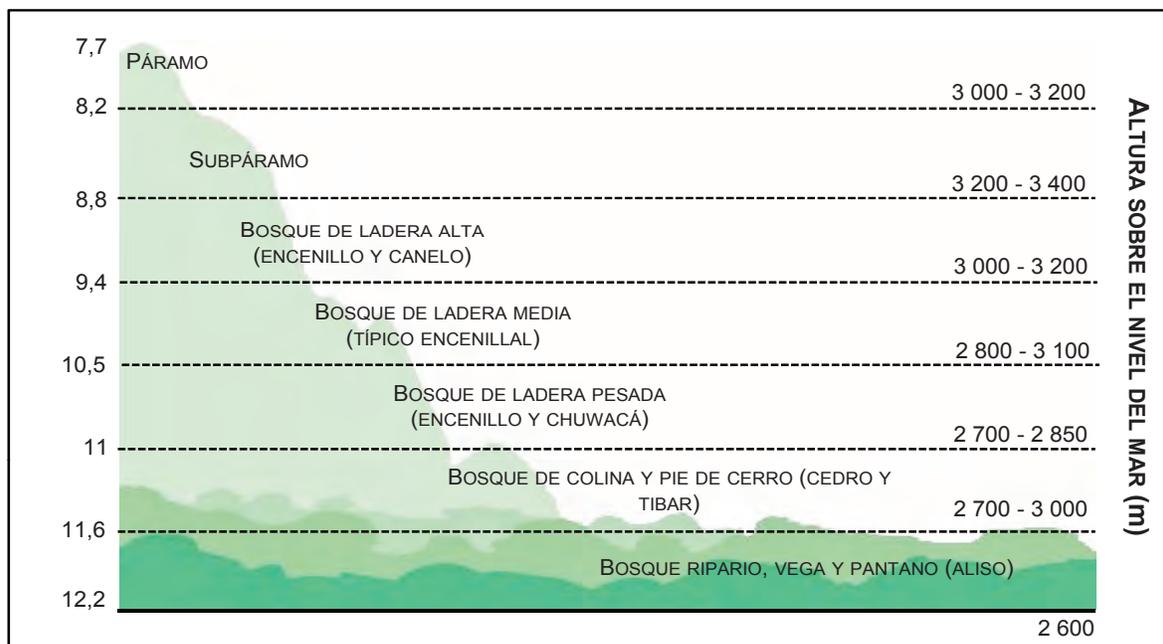


Figura 2.4 Variación de la vegetación de Bogotá, a través de un gradiente altitudinal (Fuente: modificado de: Salamaca & Camargo, 2002).

Las formaciones vegetales se dividen en dos grandes biomas: formaciones vegetales de montaña altoandina u orobioma andino de la Cordillera Oriental y orobioma de páramo de la Cordillera Oriental o vegetación altoandina de páramo (Van der Hammen, 2000; Rodríguez *et al.* 2004) (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Síntesis de los tipos de vegetación presentes en el Distrito Capital.

BIOMA	FORMACIONES VEGETALES	DESCRIPCIÓN
OROBIOMA ANDINO DE LA CORDILLERA ORIENTAL	Bosque Andino Bajo	Se extiende desde los 2 500 – 2 800 msnm; con temperaturas de 12 - 14 °C y precipitaciones entre los 600 y 120 mm. Presenta un estrato arbóreo (25 – 30 m y 15 – 18 m); arbustivo (5 m) y herbáceo; y tres subtipos de bosque: a) Bosque de planicie dominado por palo blanco (<i>Ilex kunthiana</i>) y raque (<i>Vallea stipularis</i>), con abundancia de arrayán (<i>Myrcianthes leucoxylla</i>), té de Bogotá (<i>Symplocos theiformis</i>), amarguero (<i>Eupatorium</i> sp.), cerezo (<i>Prunus serotina</i>), entre otros. b) Bosque de cerros interiores , limitado a la parte baja de los cerros. Dominado por el corono (<i>Xylosma spiculifera</i>), espino (<i>Duranta mutisii</i>) y <i>Vallea stipularis</i> , con abundancia de arrayán. c) Bosque de cerros exteriores : cubre las partes bajas de las laderas interiores, en donde hay mayor humedad, generando que el estrato herbáceo esté mejor desarrollado y presente abundancia de helechos, chusques y palmas. Dominan las especies de mano de oso (<i>Oreopanax floribundum</i>) y gomo (<i>Cordia</i> sp.).
	Bosque Altoandino	Bosque de Encenillo: se extiende desde los 2 700 – 3 500 msnm. Posee un solo estrato de árboles pequeños y arbustos con hojas pequeñas; alturas que van desde los 3 hasta los 20 m. Predominan elementos florísticos de la familia Asteraceae y alta abundancia de musgos. El elemento más característico es el encenillo (<i>Weinmannia tomentosa</i>) el cual puede alcanzar hasta el 25% de la cobertura total. Otras especies características: pegamosco (<i>Bejaria aestuans</i>), manzano (<i>Clethra fimbriata</i>), gaque (<i>Clusia multiflora</i>) y canelo (<i>Drymys winteri</i>).
OROBIOMA DEL PÁRAMO DE LA CORDILLERA ORIENTAL	Páramo	Conforman un cinturón de vegetación, principalmente herbácea que va desde los 3 300 – 3 500 msnm, máximo en Sumapaz de 4 000 – 4 200 msnm; temperaturas medias entre 4 y 9°C y precipitaciones entre 700 y 2 000 mm. Comunidad vegetal conformada por gramíneas macollosas, algunos arbustos enanos, plantas arrosietadas como el caso de los frailejones del género <i>Espeletia</i> sp. <u>Los páramos secos</u> predominancia de especies del género <i>Calamagrostis</i> sp., junto con otras gramíneas y ciperáceas como <i>Festuca dolichophylla</i> y varias especies de frailejones como <i>Espeletia grandiflora</i> , <i>E. barclayana</i> , <i>E. jaramilloi</i> , <i>E. congestiflora</i> , <i>E. boyacensis</i> . Arbustillos como <i>Vaccinium floribundum</i> , <i>Pernettya prostrata</i> , <i>Hypericum</i> sp., <i>Diplostephium schultzii</i> y <i>Pentacalia vernicosa</i> .
OROBIOMA DEL PÁRAMO DE LA CORDILLERA ORIENTAL	Páramo	Los <u>páramos de las vertientes húmedas</u> , localizados hacia los Llanos y/o el Magdalena, domina el chusque (<i>Swallenochloa tessallata</i>) acompañado por <i>Rynchosphora</i> sp., <i>Castratella pilloselloides</i> y <i>Orobulus</i> sp. Los frailejones predominantes son <i>Espeletia congestiflora</i> , <i>E. grandiflora</i> , <i>E. lopezii</i> , <i>E. murilloi</i> , entre otros; y los arbustos más comunes son <i>Hypericum</i> sp., <i>Diplostephium</i> sp., <i>Escallonia myrtilloides</i> , <i>Hesperomeles</i> sp., <i>Berberis</i> sp. y <i>Pentacalia</i> sp.

Fuente: Van der Hammen, 2000; Rodríguez *et al.* 2004.

De acuerdo con Pérez (2000), las condiciones locales de sequía y las variaciones en el tipo de suelo que se encuentran a lo largo del territorio capitalino han dado lugar a ciertos tipos de vegetación azonal, como son los matorrales xerofíticos, los bosques de zonas inundables y vegetación propia de humedales. Los matorrales xerofíticos se dividen en dos formaciones: **a)** matorral arbustivo de hasta dos metros, ubicados en la zona seca del suroeste de la Sabana y compuestos en un 80% por hayuelo (*Dodonaea* sp.), *Salvia bogotensis* y *Ageratina* sp., y **b)** matorral o bosque bajo de tres a 10 m de altura compuesto por espino (*Duranta mutisii*), condalia (*Condalia* sp.), mortiño (*Hesperomeles* sp.), ciro (*Baccharis bogotensis* Kunth), sangregado (*Croton* sp.), entre otros.

Por su parte, los bosques de zonas inundables son característicos de los valles aluviales del río Bogotá y sus tributarios, en donde la topografía es cóncava permitiendo la inundación. En la actualidad sobreviven relictos de bosque inundable de aliso (*Alnus acuminata*) los cuales están acompañados por tuno (*Miconia reclinata*), *Eupatorium fastigiatum*, *Cestrum buxifolium*, cerezo (*Prunus serotina*), *Baccharis revoluta* y numerosas hierbas hidrófilas (Pérez, 2000).

Dentro de lo que se clasifica como vegetación de humedal, se encuentra vegetación ribereña, dominada por especies como juncos (*Scirpus californicus*), eneas (*Typha angustifolia*), lengua de vaca (*Rumex obtusifolius*), entre otras. Vegetación flotante, establecida por el buchón (*Limnobium laevigatum*), helecho colorado (*Azolla filiculoides*) y la hepática acuática (*Ricciocarpos natans*). La vegetación sumergida presenta raíces profundas sobre el fondo de las lagunas, formando en algunas ocasiones praderas subacuáticas. Las principales especies son *Myriophyllum* sp. y *Patamogetum* sp. (Pérez, 2000).

Para el perímetro urbano, en el año 2008 el Jardín Botánico de Bogotá – JBB realizó el Censo Arbolado Urbano para 19 de las 20 localidades, en donde se registró un total de 1 114 765 individuos distribuidos en 259 especies, de las cuales el 52% (134) son especies exóticas. Como se indica en la Figura 2.5, las localidades con mayor presencia de árboles en su territorio son: Suba (253 713 ind.), Usaquén (111 020 ind.) y Kennedy (97 201 ind.).

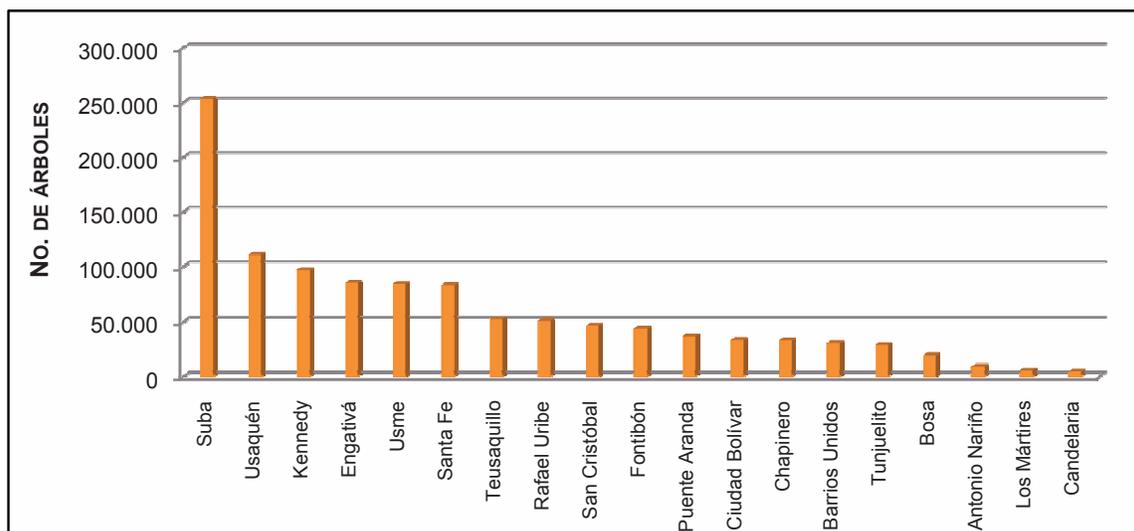


Figura 2.5 Distribución de árboles censados por localidades (Fuente: JBB, 2008)

Se determinó que las especies con mayor número de individuos registradas fueron: el sauco (*Sambucus peruviana*) con 36 616 individuos, seguido por las especies Jasmín (*Pittosporum undulatifolium*) con 30 725 individuos, Urapan (*Fraxinus chinensis*) con 23 181 individuos, Acacia Japonesa (*Acacia melanoxylon*) con 20 720 individuos y Ciprés (*Cupressus lusitanica*), con 17 068 individuos. Basados en esta información fueron planteados los Planes Locales de Arborización Urbana para las localidades de: Antonio Nariño, Barrios Unidos, Candelaria, Chapinero, Engativá, Kennedy, Los Mártires, Puente Aranda, Santa Fe, Teusaquillo, Usaquén y Fontibón (JBB, 2008).

Finalmente, es importante mencionar que gran parte de la extensión ocupada por coberturas vegetales naturales ha sido transformada a causa de los procesos antrópicos desarrollados en la ciudad desde épocas prehispánicas. Por lo cual, en la actualidad, además de las coberturas naturales mencionadas, se encuentran una serie de coberturas transformadas por uso antrópico dentro de las cuales se destacan: urbanización, plantaciones forestales, áreas con predominancia de pastos y vegetación secundaria, agroecosistemas agrícolas y ganaderos, entre otros (Rodríguez *et al.* 2004).

B. FAUNA

La fauna silvestre la constituyen algunas especies que se han adaptado a las presiones antrópicas presentes en el Distrito, tales como la tala de bosques nativos, la expansión de la frontera agrícola, pecuaria y urbana y los procesos de extracción minera. En la Tabla 2.5 se exponen los grupos faunísticos más representativos de la región.

Tabla 2.5. Fauna silvestre del Distrito Capital.

GRUPO	ESPECIES	
AVES	Se cuenta con 39 familias y 153 especies de aves, de las cuales 121 (79%) son residentes permanentes del país y 32 (21%) son consideradas migratorias. Las especies que presentan más abundantes son la torcaza (<i>Zenaida auriculata</i>), el copetón (<i>Zonotrichia capensis</i>), la golondrina ventrigris (<i>Notochelidon murina</i>), la mirla (<i>Turdus fuscater</i>), la paloma de castilla y el colibrí común (<i>Colibri coruscans</i>). Existen 6 especies consideradas en riesgo de extinción a nivel nacional y 2 en un contexto global, tales como la tingua moteada (<i>Gallinula melanops</i>), en peligro crítico (CR); y en peligro el pato turrio (<i>Oxyura jamaicensis</i>) y la alondra cornuda (<i>Eremophila alpestris</i>) (ABO & SDA, 2007)	
MAMIFEROS	Faras o chuchas (<i>Didelphis albiventris</i> , <i>Marmosa fuscata</i>), murciélagos (<i>Carollia brevicauda</i> , <i>C. castanea</i> , <i>C. perspicillata</i> , <i>Sturnira bogotensis</i> , <i>Histiotus montanus</i> , <i>Nyctinomops aurispinosus</i>), comagrejas (<i>Mustela frenata</i>), zorro gallino (<i>Vulpes cinereoargenteus</i>), conejo (<i>Sylvilagus brasiliensis</i>), ardilla (<i>sciurus granatensis</i>), curí (<i>Cavia porcellus</i>) y diversas especies de ratones (<i>Aepeomys lugens</i> , <i>Akodon chapmani</i> , <i>Microxus bogotensis</i>), entre otros.	
REPTILES	ANFIBIOS	<i>Hyla bogotensis</i> , <i>H. rubra</i> , <i>H. crepitans</i> , <i>H. labialis</i> , <i>Centrolenella</i> sp., <i>Bolitoglossa</i> sp. y <i>Cecilia</i> sp.
	REPTILES	<i>Phenacosaurus heterodermus</i> , <i>Stenocercus trachocephalus</i> y otros
	OFIDIOS	<i>Atractus crassicaudatus</i> y <i>Leimadophis</i> sp.
PECES	Capitán pequeño (<i>Pigydium bogotensis</i>), capitán grande (<i>Eremophilus mutisii</i>) y la guapucha (<i>Grundulus bogotensis</i>).	

Fuente: Pérez, 2000; ABO & SDA, 2007.

2.2.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES DE BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL

Bogotá se presenta como la capital de la República y es, precisamente, la principal área metropolitana del país. Es el polo de desarrollo de la región central en virtud del flujo de relaciones económicas, sociales, ambientales y culturales que históricamente se han construido con los departamentos, municipios y entornos rurales más próximos (Alcaldía Mayor de Bogotá & Corporación Arco Iris, 2004). Así mismo, alberga la mayor parte de las entidades administrativas y jurídicas del Gobierno Nacional (SDA, 2007); sustenta un importante número de instituciones y actividades culturales; acoge más de cien establecimientos de educación superior, entre ellos, tres de las cinco mejores universidades del país; presenta los estudios de todos los canales de televisión de cubrimiento nacional, la sede del diario de mayor tiraje y de casi todas las revistas semanales, entre otros tipos de instituciones de gran importancia nacional (Carrizosa, 2002).

Por otra parte, Bogotá se ha caracterizado porque desde su fundación (6 de agosto de 1538) presenta un crecimiento demográfico de tipo exponencial; es así como en el año 1912 la población era de 116 951 habitantes, ascendiendo a 6 778 700 para el año 2005 (DANE, 2008); PNUD 2008), lo que ha generado una mayor demanda de recursos para suplir las necesidades de su población. Actualmente, el Distrito es el hábitat de 7 363 782 personas aproximadamente, siendo Suba con 1 004 006 habitantes, Kennedy con 1 009 527 habitantes y Engativá con 628 366 habitantes, las localidades con mayor población. El 99,78% de la población (7 347 314) se distribuye en el área urbana y el restante 0,22% (16 468) constituyen la población rural (SDP, 2010). La ciudad presenta una mayor tendencia de crecimiento urbano en las zonas sur y suroccidente, específicamente en las localidades de Bosa, Ciudad Bolívar, Kennedy, Usme, Fontibón y Engativá (SDA, 2007).

Administrativamente, el Distrito se encuentra organizado en localidades, lo que permite a las alcaldías locales tener cierta autonomía en el manejo y control del territorio; de las 20 localidades existentes, 12 poseen suelo exclusivamente urbano, 7 suelo urbano-rural y una sola localidad es totalmente rural, Sumapaz (Figura 2.6).

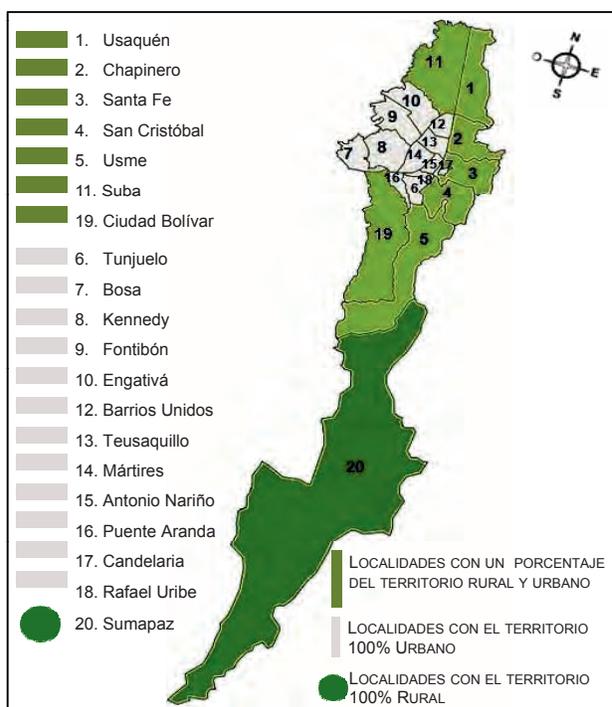


Figura 2.6 Distribución de las localidades en el Distrito Capital (Fuente: modificado de: SDA, 2007).

Dentro de las actividades económicas que se desarrollan en el Distrito Capital se encuentran (SDA, 2007):

- Comercio, hoteles y restaurantes
- Sector industrial
- Servicios financieros, inmobiliarios y empresariales
- Servicios comunitarios, sociales y personales
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones
- Electricidad, gas y agua
- Sector de la construcción
- Minería
- Agricultura, ganadería y silvicultura

Entendiendo desarrollo humano como la construcción y el disfrute de una vida larga y saludable, con acceso al conocimiento y a los recursos necesarios para alcanzar un nivel de vida digna, además de una libertad política, económica y social (Sen, 2002); el Distrito Capital muestra un avance significativo en el cumplimiento de los objetivos propuestos en la Política de Desarrollo (Acuerdo 305 de 2008), referidos a pobreza y equidad, educación, salud, acceso a los servicios públicos, entre otros.

En Bogotá las condiciones de vida son superiores a las del resto del país. Entre los años 2003 - 2007 mejoraron los Índices de Desarrollo Humano – IDH, los cuales toman en cuenta el ingreso disponible por individuo, el acceso a la educación, el porcentaje de sobrevivencia de niños menores de cinco años y el acceso a los servicios públicos (Anexo 4). Para el año 2007, la ciudad contaba con un IDH de 0,81, siendo la localidad de Teusaquillo la que presentaba el valor más alto de IDH con 0,93; mientras que la localidad de Ciudad Bolívar presentó el valor más bajo con 0,71 (Figura 2.7).

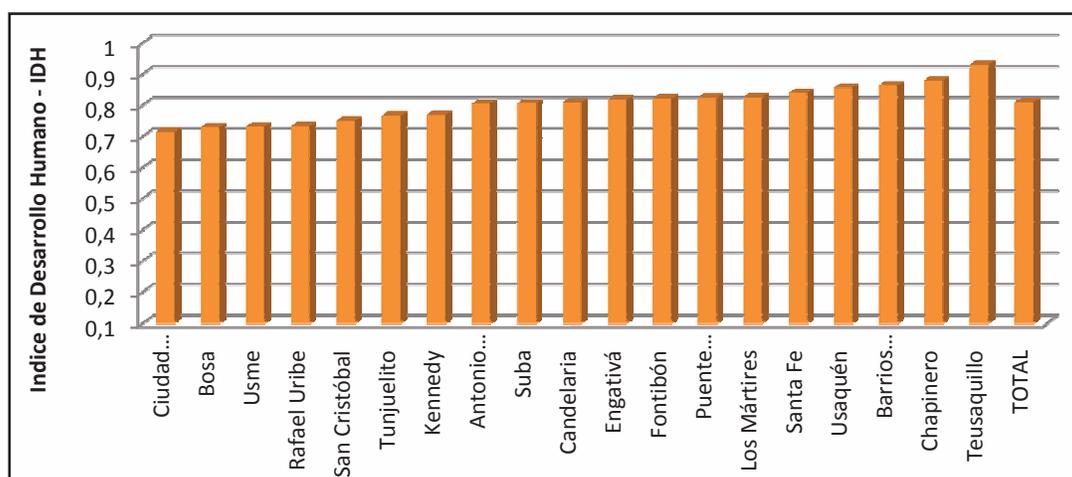


Figura 2.7 Índice de Desarrollo Humano – IDH, para Bogotá y sus localidades (Fuente: PNUD, 2008).

La incidencia de la pobreza en la ciudad bajó de 38,3 a 23,8% entre los años de 2002 y 2006. El Índice de Condiciones de Vida –ICV, resume los principales logros de la ciudad en el ámbito social entre los años 2003 y 2007; las coberturas en el campo de los servicios públicos han llegado a niveles muy buenos, 100% de los hogares bogotanos están cubiertos por el servicio de energía, el 88% en telefonía, 98,7% de acueducto, el 98,1% en alcantarillado, 80% de gas natural y el 99,8% esta cubierto del servicio de aseo (PNUD, 2008).

De acuerdo con un estudio realizado por la Cámara de Comercio de Bogotá (2008), la ciudad ha avanzado en proveer servicios públicos e infraestructura. Sin embargo, el 7,4% de la población se encuentra en pobreza estructural, es decir, con las necesidades básicas insatisfechas. Aunque la población pobre se distribuye por toda Bogotá, se concentra principalmente en el sur-occidente y sur-oriente, en las localidades de Bosa, Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Rafael Uribe, Antonio Nariño, Usme y San Cristóbal.

En cuanto a los servicios, en el 2003, la ciudad alcanzó el 100% de cobertura con la red de acueducto en las zonas legales de la ciudad; mientras que el servicio de alcantarillado sólo presentó una cobertura del 100% en los Barrios Unidos y Teusaquillo; en las demás localidades alcanzó entre el 91 y 99% de cobertura. Así mismo, el servicio de energía eléctrica en Bogotá tiene un cubrimiento del 100% abarcando diferentes usos: residencial, comercial, industrial, oficial y “otros” (usuarios no regulados) (SDA, 2007).

En cuanto al sistema de transporte, este se compone de transporte público colectivo (buses, microbuses y busetas), público individual (taxis), transporte masivo (transmilenio) y el transporte particular. De igual forma, funcionan otros medios de transporte como la bicicleta, el tren (SDA, 2007) y transporte informal (bicitaxis).

Por último, es necesario mencionar que los procesos históricos de configuración territorial ocurridos en Bogotá y en el país, han contribuido a convertir la ciudad en la institución central de las sociedades contemporáneas, ya que el área metropolitana concentra el poder, la riqueza, la ciencia, la tecnología y la comunicación. Como resultado de su importante ubicación geopolítica y la densidad territorial actual, se ha logrado la construcción de economías a escala regional, nacional e internacional, así como la aglomeración de la población en búsqueda de oportunidades (Carrizosa, 2002, Giraldo *et al.* 2006).

De esta forma, los retos de las instituciones distritales apuntan a la conformación de una ciudad más justa, igualitaria y solidaria, con el objetivo de generar un crecimiento económico, amable con los ciudadanos, ambientalmente sustentable, incluyente en términos sociales, sólido en lo institucional e integrador en la escala de ciudad-región (Acuerdo 308 de 2008).

2.2.4 BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los bienes y servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos a través de los cuales las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, han hecho posible la sostenibilidad de la vida humana en el planeta (Daily, 2000). Específicamente, los bienes ecosistémicos hacen referencia a la presencia o ausencia de determinado sistema natural o la biodiversidad inmersa en este. Por ejemplo, para el caso de la sociedad capitalina, los bienes ecosistémicos son los bosques alto andinos, páramos, humedales, entre otros;

mientras que la función hace referencia a los beneficios directos o indirectos derivados de su presencia o uso, como el caso de la extracción de leña o regulación climática.

Así mismo, la oferta ambiental o capital natural se deriva directamente de la función ecosistémica, es decir, las reservas, ganancias e intereses generados a partir de los bienes, los cuales conforman los bienes y servicios de los cuales dependen las sociedades y economías para su supervivencia (Aronson *et al.* 2007; Onaindia, 2007).

Como se observa en la Tabla 2.6, los ecosistemas poseen una oferta ambiental, asociada al valor de uso y no uso, de la cual se derivan servicios de provisión o producción, regeneración, protección o estabilización y mantenimiento de las condiciones de vida de las poblaciones humanas (Constanza *et al.* 1997); el sustento de estos beneficios depende de la conservación, incremento, inversión o recuperación de las reservas ecosistémicas (Aronson *et al.* 2007). Para el caso del Distrito Capital, los ecosistemas inmersos en su territorio prestan los servicios mencionados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Servicios ecosistémicos.

SERVICIOS	FUNCIÓN ECOSISTÉMICA	EJEMPLO
REGULACIÓN DE GASES	Regulación de la composición química de la atmósfera	Balance de CO ₂ / O ₂
REGULACIÓN CLIMÁTICA	Regulación de la temperatura global, precipitación y otros procesos climáticos a nivel local y global.	Regulación de gases invernaderos
REGULACIÓN DE DISTURBIOS	Capacidad de absorber los flujos y las fluctuaciones ambientales a partir de la integridad sistémica.	Control de flujos y la estructura de la comunidad vegetal.
REGULACIÓN HÍDRICA	Regulación de Flujos Hidrológicos.	Provisión de agua para la agricultura y la industria; control de crecientes y sequías.
SUPLEMENTO DE AGUA	Almacenamiento y retención de agua.	Provisión de agua en reservorios y acuíferos.
CONTROL DE EROSIÓN Y RETENCIÓN DE SEDIMENTOS	Retención de suelo.	Previene la pérdida de suelo por escorrentía y otros procesos de remoción.
FORMACIÓN DE SUELO	Procesos de formación de suelo	Fijación de nitrógeno, fósforo y otros elementos del ciclo de nutrientes, descomposición de materia orgánica.
RECICLAJE DE RESIDUOS	Recuperación del movimiento de nutrientes	Tratamiento de residuos, control de contaminantes y desintoxicación.

SERVICIOS	FUNCIÓN ECOSISTÉMICA	EJEMPLO
POLINIZACIÓN	Movimiento de gametos florales	Aprovechamiento de la polinización para la reproducción de plantas.
CONTROL BIOLÓGICO	Regulación de la dinámica poblacional	Control de poblaciones, herbivoría y plagas.
REFUGIO	Hábitat para residencia y migración de las poblaciones	Las guarderías, el hábitat para las especies migratorias y residentes.
PRODUCCIÓN DE ALIMENTO	Cadena trófica y productores primarios como fuentes de alimentos	Peces, cultivos, frutas, entre otros.
MATERIAS PRIMAS	Porción del crecimiento de la producción primaria.	Madera, combustibles y forraje
RECURSOS GENÉTICOS	Recursos únicos de materiales biológicos	Medicina, productos para la ciencia, genes de resistencia de plantas.
RECREACIÓN	Provisión de oportunidades para la recreación	Ecoturismo, observación de aves, pesca deportiva y otros.
CULTURAL	Oportunidades que no tiene uso comercial	Estético, artístico, educación, espiritual y otros.

Fuente: Constanza *et al.* 1997

Los bosques alto andinos, andinos y el páramo capturan y disponen el agua en forma regulada, en la medida en que la capa vegetal ayuda a debilitar el impacto de las precipitaciones y la vegetación boscosa absorbe el agua, lo que significa la filtración de manera gradual hacia los suelos y cauces hídricos. De igual forma, se genera una disminución en la probabilidad de inundación. Adicionalmente, el sistema radicular de especies propias de los bosques, ayudan a retener la tierra con mayor firmeza y por ende, incrementan la resistencia a deslizamientos. Otro de los servicios de gran relevancia de los ecosistemas, es la capacidad de regulación de la calidad de agua, si se tiene en cuenta que los suelos de bosques, están más saturados de agua que otros suelos y contienen una mayor concentración de nutrientes, lo cual les permite filtrar los agentes contaminantes (Emerton & Bos, 2004).

Por su parte, los humedales almacenan, regulan y recargan los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos, al funcionar como depósitos y esponjas de retención de agua; así mismo, pueden nivelar las descargas de los caudales tributarios, lo que disminuye el riesgo a las inundaciones aguas abajo. Adicionalmente, absorben, filtran, procesan y diluyen nutrientes, contaminantes y desechos. La flora de los humedales elimina contaminantes de la atmósfera y capturan sedimentos. Por último, los humedales ocupan un lugar predominante en la escala de sistemas con alta productividad, al proporcionar una fuente considerable de nutrientes para todas las formas de vida (Van der Hamment *et al.* 2008; Emerton & Bos, 2004).

Una representación de la oferta de bienes y servicios ecosistémicos inmersos en los sistemas ecológicos presentes en la altiplanicie capitalina, se expone en la Figura 2.8, en donde se hace evidente la conexión de cada uno de los elementos que constituyen el paisaje, para permitir a los ecosistemas, comunidades y especies biológicas, prestar estos servicios a la sociedad.

Por último, es importante mencionar que la continua pérdida de los elementos constituyentes de los ecosistemas naturales, en términos de su estructura, composición y función, producto de los diferentes tipos de disturbios antrópicos que se presentan en el Distrito, puede generar cambios en el suministro de servicios ambientales.

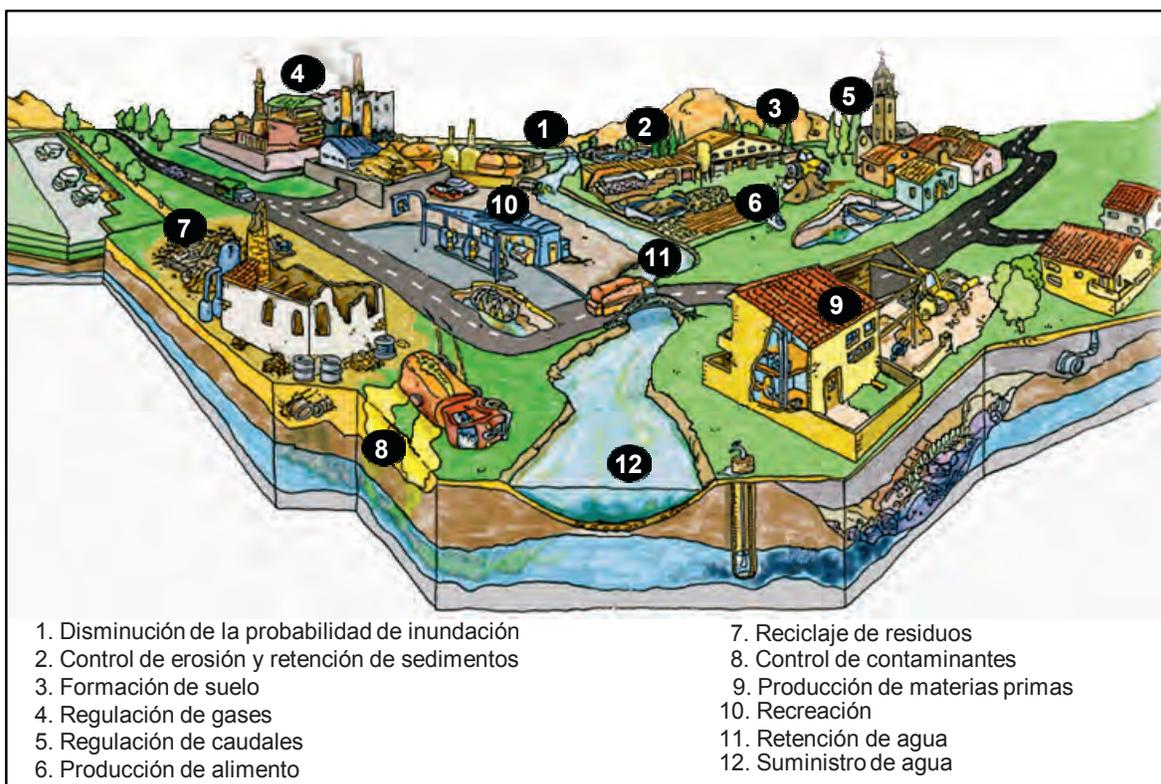


Figura 2.8. Representación de los servicios ecosistémicos suministrados por los ecosistemas inmersos en territorio del Distrito Capital².

² Modificado de: http://members.fortunecity.es/naturalezaycontaminacion/mapa_suelo.gif

2.3 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Asociación Bogotana de Ornitología - ABO & Secretaría Distrital de Ambiente - SDA. 2007. Convenio de Asociación No. 046 de 2007 para la Formulación de criterios técnicos de conectividad. En línea:

<http://www.secretariadeambiente.gov.co/queestamos haciendo/ecosistemas/restauracion/proyectos>

Aronson, J., D. Renison, J. Rangel, S. Levy Tacher, C. Ovalle & A. Del Pozo. 2007. Reconstrucción del capital natural: sin reservas no hay bienes y servicios. *Ecosistemas* 16(3) 15-24.

Jarro, C. 2004. Guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital. Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA. Bogotá, Colombia. 88 pp.

Pérez, A., 2000. Estructura Ecológica Principal de la Sabana de Bogotá. Sociedad geográfica de Colombia. Disertación en los Martes del Planetario. 37 pp. en línea www.sogeo.edu.co. [Última consulta: Mayo 2010]

PNUD - Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Colombia. 2008. Bogotá una apuesta por Colombia: informe de desarrollo Humano 2008. Pp344.

Secretaría Distrital de Ambiente - SDA. 2007. Atlas Ambiental de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. 156 pp.

CAPÍTULO 3

EL PAPEL DEL ESTADO Y LA SOCIEDAD CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ÁREAS DEGRADADAS DEL DISTRITO CAPITAL



Proceso de capacitación a líderes comunitarios, en la vereda Los Soches, Usme.

Una vez descritos los aspectos relevantes que caracterizan al Distrito Capital (Capítulo 2) y sus ecosistemas, es importante comprender el marco legal de referencia y la función de las entidades que regulan la gestión ambiental de Bogotá D.C., ya que estos constituyen una herramienta clave que permite a las instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales y a la ciudadanía, la toma de decisiones para la ejecución y participación en procesos de restauración ecológica de sistemas degradados lo que conlleva a la recuperación de los bienes y servicios ambientales ofrecidos por los ecosistemas.

El presente capítulo inicia con la descripción de los procesos históricos internacionales, nacionales y distritales que han permitido la evolución y desarrollo del marco normativo ambiental de Bogotá. En seguida, se plantea el papel que cumplen cada una de las autoridades ambientales, especialmente la Secretaría Distrital de Ambiente, y la sociedad civil en la regulación de la gestión ambiental pública del Distrito. Por último, se contextualiza sobre el papel de la restauración ecológica como estrategia de gestión ambiental y de desarrollo socioeconómico para el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades que habitan el Distrito Capital.

3.1 ANTECEDENTES DEL MARCO LEGAL AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL

La gestión ambiental hace referencia al desarrollo de acciones encaminadas al cumplimiento del Derecho Internacional Humanitario a contar con un ambiente sano y garantizar la disponibilidad de los recursos naturales de las generaciones futuras. Por lo tanto, las actividades que realizan las diferentes entidades estatales están encaminadas hacia la planificación, ejecución y evaluación de procesos que permitan prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos negativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales, y de esta forma procura alcanzar el desarrollo sustentable de la ciudad y sus áreas rurales.

Los antecedentes históricos que han marcado la pauta para el desarrollo del marco normativo actual que regula el manejo ambiental del Distrito y sus funciones, han sido fuertemente influenciados por la política internacional y nacional. De acuerdo con lo anterior, a continuación se presenta un recuento de la normativa y los hechos históricos que han permitido la evolución de la legislación ambiental para el manejo y protección de los ecosistemas y recursos naturales de la ciudad (Figura 3.1).

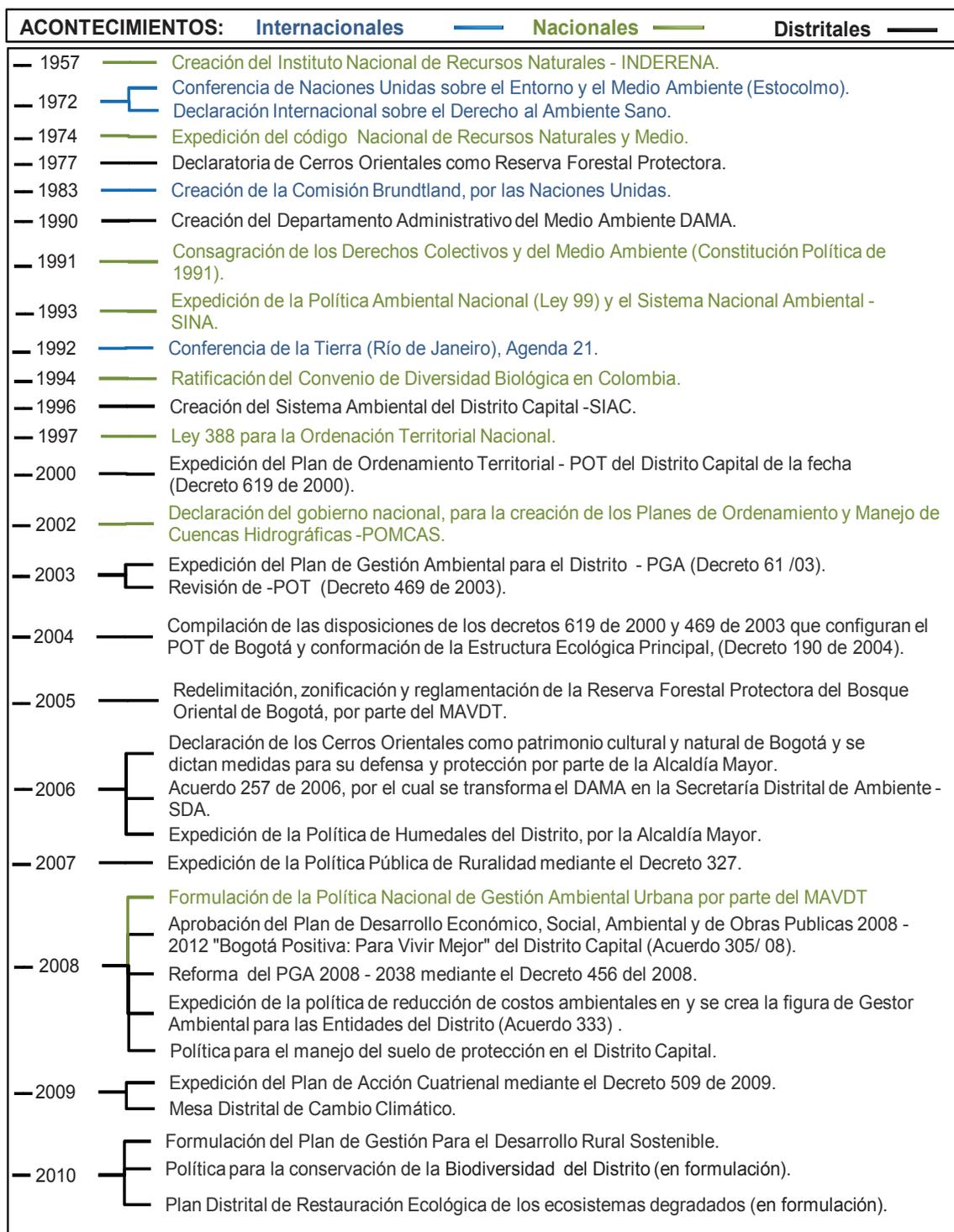


Figura 3.1 Relación histórica de algunos hechos y normas internacionales, nacionales y distritales, que han incidido sobre la gestión ambiental del Distrito Capital.

3.1.1 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL GLOBAL

La historia de la gestión ambiental a nivel mundial se consolida a partir de una serie de reflexiones sobre el carácter limitado de los recursos naturales, cuestionando la teoría económica dominante hasta la segunda mitad del siglo XX, “El crecimiento sin límites” (Sánchez, 2002). Estos cuestionamientos dieron paso al surgimiento de un movimiento ambiental mundial, creado a partir de la conferencia de Naciones Unidas sobre el Entorno Humano celebrada en Estocolmo (Suecia), en 1972. Este movimiento impulsó a diferentes países del mundo a establecer agendas para la protección ambiental, bajo los lineamientos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA (Consejo de la tierra *et al.* 2002).

El mayor alcance de este primer movimiento ambiental y de la Cumbre, fue la promulgación de la Declaración Internacional sobre medio ambiente, como un derecho humano de tercera generación, es decir un derecho colectivo, derecho a que las generaciones presentes y futuras disfruten de un ambiente sano.

Con el paso del tiempo, los gobiernos nacionales de los diferentes países asistentes a la cumbre de Estocolmo, incrementaron su nivel de conciencia acerca de los problemas ambientales como consecuencia del desarrollo económico y determinaron que las soluciones deberían tener una perspectiva más amplia, que abarcara también la pobreza mundial y la desigualdad internacional. Estas preocupaciones motivaron la creación de la *Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo*, constituida por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1983 y denominada “Comisión Brundtland” (Consejo de la tierra *et al.* 2002, Sánchez, 2002). Esta comisión como organismo autónomo, vinculado a los gobiernos y al sistema de Naciones Unidas, se fundamentó en: **a)** reexaminar las cuestiones críticas del medio ambiente y desarrollar propuestas realistas para afrontarlas, y **b)** proponer nuevas formas de cooperación internacional que permitieran influir sobre las políticas y compromisos adquiridos por parte de los individuos, las instituciones y los gobiernos. Para el año 1987, la Comisión presentó una serie de recomendaciones en los ámbitos relacionados con la sobrepoblación mundial, la seguridad alimentaria, la desaparición de especies y recursos genéticos, el manejo sostenible de energía, la industria y los asentamientos humanos; documento denominado “*Nuestro futuro común*”, el cual sirvió de base para la reunión de Río de Janeiro (Consejo de la tierra *et al.* 2002; Sánchez, 2002).

En 1992, Río de Janeiro (Brasil), se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo denominada “*Cumbre de la tierra*”, a la que asistieron 178 países del mundo, los cuales se comprometieron a generar una alianza mundial para la protección del medio ambiente como parte integral del proceso de desarrollo de los territorios, a partir de la conservación, protección y restablecimiento integral de los ecosistemas, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas (Organización de las Naciones Unidas, 1992) (Figura 3.2).

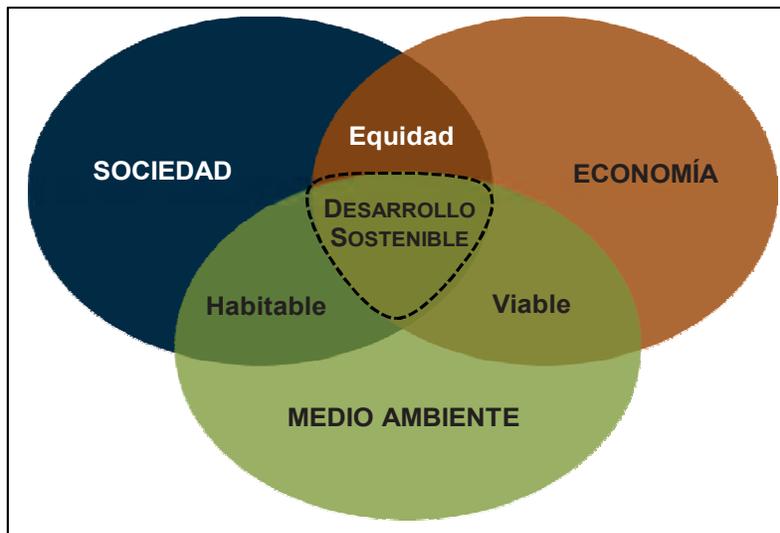


Figura 3.2 Esquema conceptual de Desarrollo Sostenible (Fuente: modificado de: Organización de las Naciones Unidas, 1992).

El resultado final de esta cumbre fue la *Declaración de Río*, en la cual se expidió la Agenda 21 y una serie de convenios y principios para el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente. De acuerdo con el Consejo de la tierra *et al.* (2002), la *Agenda 21* es un plan de acción operativo, suscrito entre los gobiernos en donde se establecen estrategias socioeconómicas para solventar la crisis de la humanidad, la conservación y manejo de los recursos para el desarrollo, el fortalecimiento de los grupos sociales y los medios de implementación. Los convenios y principios establecidos fueron: **a)** Convenio de Diversidad Biológica, **b)** Convenio Marco sobre Cambio Climático, y **c)** Declaración de los principios sobre ordenación, conservación y desarrollo de los bosques (Organización de las Naciones Unidas, 1992; Consejo de la tierra *et al.* 2002).

El *Convenio de Diversidad Biológica*, busca: conservar y utilizar los componentes de la diversidad biológica en forma sostenible, promover la participación justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos, propiciar un acceso adecuado a los recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías. De esta forma, las diferentes naciones acordaron:

- Identificar aquellos componentes de la biodiversidad que sean importantes para la conservación *in situ* y para el uso sostenible de la misma.
- Establecer sistemas de conservación, rehabilitación y restauración ecológica de ecosistemas degradados y de especies amenazadas.
- Considerar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad como componentes de la planificación y toma de decisiones políticas.
- Respetar, preservar y mantener los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades étnicas y locales.

- Emplear medios de comunicación y los programas de educación con el fin de abarcar una mayor comprensión por parte de las comunidades de la importancia de la biodiversidad.
- Impedir la introducción de especies exóticas que amenazan los ecosistemas.

Por su parte, el *Convenio Marco sobre Cambio Climático*, busca a través de un acuerdo internacional, la estabilización de las concentraciones de gases que producen efecto invernadero en la atmósfera mundial, tales como dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Esta estabilización deberá lograrse en un plazo que permita que: **a)** los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, **b)** la producción de alimentos no se vea amenazada, **c)** el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. De esta forma, los diferentes países que firmaron y ratificaron el acuerdo (Figura 3.3) se comprometieron a:

- Elaborar periódicamente inventarios nacionales de emisiones de todos los gases que producen efecto invernadero.
- Promover y ejecutar programas de prevención, mitigación o reducción de gases que producen efecto invernadero.
- Promover la gestión sostenible de los sumideros y depósitos de gases que provocan efecto invernadero, incluidos bosques, biomasa y otros.
- Cooperar en los preparativos para adaptarse a los impactos del cambio climático y considerarlos en las políticas económicas y sociales.
- Promover y apoyar la investigación científica, tecnológica, teórica y socioeconómica.
- Proporcionar recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos en los países en desarrollo.
- Promover, facilitar y financiar la transferencia de tecnologías ambientalmente sanas.
- Elaborar y aplicar programas de educación para la sensibilización sobre el cambio climático.

Por último, la *Declaración de los principios sobre ordenación, conservación y desarrollo de los bosques*, llevada a cabo en la Cumbre de Río, estableció que los Estados, de acuerdo con la carta de las Naciones Unidas y los principios del Derecho Internacional Humanitario, tienen autonomía soberana para explotar sus recursos forestales, teniendo precaución para no perjudicar otros países. Así mismo, los gobiernos de cada país tienen derecho a utilizar, ordenar y desarrollar sus bosques de acuerdo a sus necesidades, sobre la base de la Política Nacional de Desarrollo Sostenible (Consejo de la tierra *et al.* 2002).

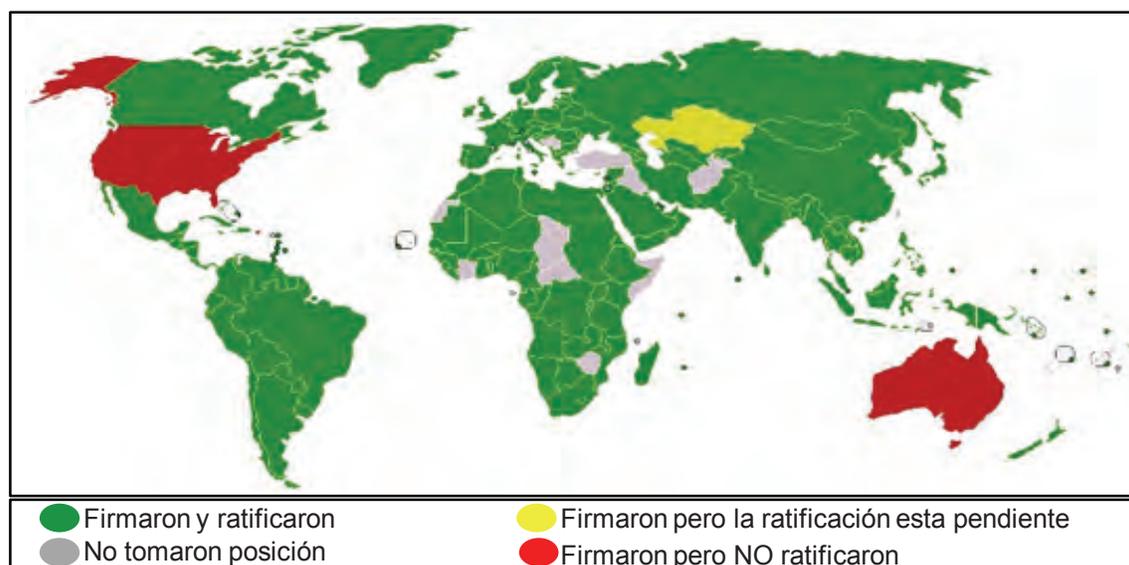


Figura 3.3 Países que firmaron y ratificaron el Acuerdo de cambio climático (Fuente: modificado de: <http://www.lacomunidad.elpais.com>).

3.1.2 EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA AMBIENTAL COLOMBIANA

De acuerdo con Sánchez (2002), la historia de la legislación colombiana en materia de la gestión ambiental pública es relativamente reciente. Uno de los primeros momentos históricos en el país fue en 1974 con la expedición del *Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente* (Decreto Ley 2811), el cual comprende un conjunto de normas para la preservación y manejo sostenible de los recursos naturales renovables del país. Adicionalmente, para este mismo año, la Presidencia de la República en cabeza de Misael Pastrana Borrero (1970 – 1974) creó, mediante el Decreto 1040 de 1974, el Consejo Nacional de Planeación y Medio Ambiente, el cual además de regular todo lo relacionado al manejo de los recursos renovables, estableció en el Plan de Desarrollo Nacional una serie de acciones concretas en materia de saneamiento ambiental. Adicionalmente, en el año 1978 el Ministerio de Agricultura formula el Decreto 1541, por el cual reglamenta las normas relacionadas con el uso del agua en todos sus estados, con el objetivo de dar cumplimiento al Artículo 2 de la Ley 2811 de 1974.

Antes de 1978, la normatividad estaba orientada hacia un manejo puntual de los recursos naturales, con un criterio de explotación. Por ejemplo, para el año 1908 el Departamento de Tierras Baldías, decretó el pago de obras públicas con recursos del bosque, es decir, los bosques ubicados en terrenos baldíos podrían ser empleados con fines tributarios. Para el año 1957, se presenta un primer intento nacional por establecer una estructura institucional encargada de la protección y manejo de los recursos naturales renovables – INDERENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales), entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, mediante el Decreto 1975 (Sánchez, 2002).

Sin embargo, en la década de los noventa se dan grandes avances en la política nacional a partir de la proclamación de la *Constitución Política Nacional de 1991*, en donde se consagran los *Derechos Colectivos y Ambientales* de los ciudadanos del país (Capítulo 3) y se señalan los deberes del Estado y los particulares en el ámbito de la protección de la diversidad e integridad ambiental, la conservación de las áreas de especial importancia ecológica y el fomento de la educación ambiental (Artículos 79 al 82 y 95). Adicionalmente, la carta política de 1991 integró la dimensión ambiental como elemento de gran relevancia para la formulación de los planes y políticas de desarrollo (Artículo 339).

De acuerdo con lo anterior, Ponce (1997) en Sánchez (2002) afirma que “al involucrar el aspecto ambiental como parte fundamental del Plan Nacional de Desarrollo, la Constitución brindó la herramienta teórica más propicia para plasmar el concepto de desarrollo sostenible como referente para el desarrollo del país”. Otras de las disposiciones constitucionales de importancia fueron: **a)** la autorización de competencias ambientales a las entidades territoriales, y **b)** la definición de fuentes de financiación para la gestión ambiental, como parte de los recursos del Fondo Nacional de Regalías y el porcentaje de los recaudos del concepto de impuesto predial (Constitución Política de Colombia, 1991; Sánchez, 2002).

En el año 1993, se creó la Política Ambiental de Colombia, mediante la Ley 99, la cual se basa en los siguientes principios:

- El proceso de desarrollo económico y social se orienta según los principios universales y de desarrollo sostenible de la declaración de Río de Janeiro en 1992.
- La biodiversidad como patrimonio nacional y de interés de la humanidad será protegida y aprovechada sosteniblemente.
- Las políticas tendrán en cuenta el derecho a la vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
- Las zonas de páramo, subpáramos, nacimientos y zonas de recarga de acuíferos serán objetos de protección especial.
- El consumo de agua tendrá prioridad sobre cualquier otro uso del recurso.
- La formulación de políticas ambientales tendrán en cuenta los resultados del proceso de investigación científica.
- El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y la conservación de los recursos naturales.
- La prevención de desastres será material de interés colectivo y las medidas para evitar o mitigar los efectos serán de obligatorio cumplimiento.
- Las acciones de protección y recuperación ambiental son una tarea conjunta coordinada por el Estado, la comunidad, las ONG's y el sector privado.
- Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras.

- El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución, será descentralizado, democrático y participativo.
- El *Sistema Nacional Ambiental –SINA-* se establece como un conjunto de entidades encargadas del manejo ambiental del país, cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil.
- Las instituciones ambientales del Estado se estructuran teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física.

La Ley 99 constituyó el Ministerio de Medio Ambiente, los Departamentos Administrativos de Gestión Ambiental (para municipios con más de un millón de habitantes), creó y reestructuró las 34 Corporaciones Autónomas Regionales actuales; modificó la legislación en término de licencias ambientales y tasas retributivas; reglamentó los aspectos concernientes a prevención y control de la contaminación atmosférica, concesión de agua, entre otros; y determinó que el presupuesto de inversión pública para la protección del ambiente debía ser el 0.1% del Producto Interno Bruto –PIB (Ley 99 de 1993; Sánchez, 2002).

Para el año 1994, mediante la Ley 195 se ratificó el *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, firmado en la Cumbre Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992. En el año 1997, la Ley 388 estableció que el *ordenamiento del territorio* municipal y distrital debía comprender un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, para regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y que deberán ser en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.

Otro instrumento importante para la gestión ambiental nacional corresponde a los Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas – POMCAs-; los cuales se estructuraron mediante el Decreto 1729 de 2002, estableciéndose una serie de principios y directrices de ordenación, dentro de los cuales se cuentan los siguientes:

- La protección especial de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.
- La utilización de los recursos hídricos, el cual define que el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y deberá ser tenido en cuenta en la ordenación de la respectiva cuenca hidrográfica.
- Prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico.
- Promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua, entre otras.

Para el 2008 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial –MAVDT- adopta la Política de Gestión Ambiental Urbana, mediante la cual se establecen las directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, definiendo el papel y alcance de los diferentes actores involucrados de acuerdo con sus competencias y funciones, con el fin de armonizar la gestión y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, reconociendo la diversidad regional y los tipos de áreas urbanas del país. Lo anterior se podría alcanzar mediante:

- Un mejor conocimiento de la base natural de soporte de las áreas urbanas y el diseño y puesta en marcha de estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.
- La identificación, prevención y mitigación de amenazas y vulnerabilidades a través de la gestión integral del riesgo en las áreas urbanas.
- Asegurar la sostenibilidad ambiental de las actividades relacionadas con la prestación de servicios públicos, movilidad, y protección y uso sostenible del paisaje y del espacio público, para contribuir al mejoramiento de la calidad del hábitat urbano.
- Gestionar la sostenibilidad ambiental de los procesos productivos desarrollados en las áreas urbanas.
- Promover, apoyar y orientar estrategias de ocupación del territorio que incidan en los procesos de desarrollo urbano regional desde la perspectiva de sostenibilidad ambiental.
- Desarrollar procesos de educación y participación que contribuyan a la formación de ciudadanos conscientes de sus derechos y deberes ambientales, promoviendo usos y consumos sostenibles.

Actualmente, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en asocio con la Pontificia Universidad Javeriana realizan la actualización de la *Política Nacional de Biodiversidad* publicada en 1996. En esta actualización se incluyen temas no considerados inicialmente como la construcción de indicadores de seguimiento a la política, los bienes y servicios ecosistémicos, la articulación con otras políticas nacionales y el cumplimiento del compromiso internacional adquirido por Colombia de diseñar y revisar permanentemente sus políticas públicas en dicho tema (artículo 6 del Convenio de Diversidad Biológica). Para lo cual, han desarrollado un proceso de construcción prospectiva con la participación de diferentes actores del sector ambiental, productivo, social y académico que se encuentran implicados directamente con el tema de la biodiversidad en el país.

3.1.3 MARCO NORMATIVO AMBIENTAL EN EL DISTRITO CAPITAL

El marco normativo ambiental de Bogotá D.C., sigue una evolución paralela de los cambios institucionales establecidos por la Constitución Política de 1991 y la Ley 99 de 1993, los cuales han permitido un accionar de la gestión pública descentralizada y participativa.

Los primeros procesos que regulan el manejo de los recursos naturales y ecosistemas presentes en el Distrito se encuentra en la declaratoria de los Cerros Orientales de Bogotá como *Reserva Forestal Protectora*, mediante la Resolución 076 de 1977 efectuada por el INDERENA. Para el año 1990, el Concejo Distrital determinó la necesidad de desarrollar un Plan de Gestión Ambiental para el Distrito, mediante el Acuerdo 09; para lo cual, constituyó el Departamento Administrativo de Medio Ambiente –DAMA, como organismo técnico-científico encargado de direccionar el proceso. Desde 1995, el DAMA asume así las funciones de autoridad ambiental urbana y posteriormente la gestión en la zona rural, a través de las Unidades Locales de Asistencia Técnica Agropecuaria – ULATAs.

Por su parte, el Acuerdo 19 de 1996, definió el Sistema Ambiental del Distrito Capital –SIAC, como el conjunto de normas, actividades, recursos, programas e instituciones que regulan la gestión ambiental del Distrito Capital, y que consideró las siguientes funciones:

- Lograr la consolidación de un entorno urbano y rural seguro, saludable y estéticamente placentero.
- Prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos ambientales y sociales causados por el uso y el aprovechamiento del medio ambiente y los recursos naturales.
- Promover comportamientos y conocimientos ciudadanos respetuosos dentro del entorno ambiental urbano y rural.
- Estimular la adopción y el desarrollo de tecnologías productivas ambientales sanas.
- Conservar y preservar las cualidades de los ecosistemas urbanos y rurales del Distrito Capital.
- Asegurar el cumplimiento de las sanciones que buscan preservar y recuperar el medio ambiente.

En el año 2000, a través del Decreto 619 se adoptó el *Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá –POT*, el cual fue posteriormente revisado por el Decreto Distrital 469 de 2003 y compilado por el Decreto 190 de 2004. Este precisa el conjunto de estrategias que permiten determinar las formas de ocupación y aprovechamiento del territorio, teniendo en cuenta las necesidades de la población y la integridad ecológica de los ecosistemas presentes en el Distrito. De esta forma, el POT se convirtió en el punto de referencia de la gestión ambiental, que tiene como objetivo promover un modelo territorial sostenible, a partir del aprovechamiento y manejo adecuado de los recursos naturales, y la integración de los ecosistemas del área rural y urbana, generando así un conjunto de corredores ecológicos y ecosistemas de protección, restauración y manejo, para el aprovisionamiento de los bienes y servicios ambientales necesarios para sostenibilidad de la población capitalina.

Para el año 2003, el Concejo Distrital adopta, mediante el Decreto 061, el *Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital - PGA* como un instrumento encaminado a la definición y orientación de la gestión ambiental de Bogotá, a partir de un modelo de planificación urbano–regional, ejecutado por el Sistema Ambiental del Distrito Capital -SIAC, para alcanzar el desarrollo sostenible de la ciudad.

En el marco del proceso de formulación de instrumentos de gestión pública que permitan la regulación de los recursos naturales del Distrito, en el año 2004 el Decreto 190 que compila las normatividad relacionada con el Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 619 de 2000) y define la *Estructura Ecológica Principal*, como “la red de espacios y corredores que permitirá asegurar la preservación y restauración de la biodiversidad a diferentes niveles (especie, comunidad, ecosistema y paisaje), además del desarrollo de procesos ecológicos esenciales que garanticen el mantenimiento de los ecosistemas, la conectividad ecológica y la disponibilidad de servicios ambientales en el territorio”.

La Estructura Ecológica Principal está conformada por cuatro (4) componentes: **1)** el Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital; **2)** Parque Urbanos a escala metropolitana; **3)** Corredores Ecológicos, y **4)** Áreas de Manejo Especial del río Bogotá (Figura 3.4 y 3.5).

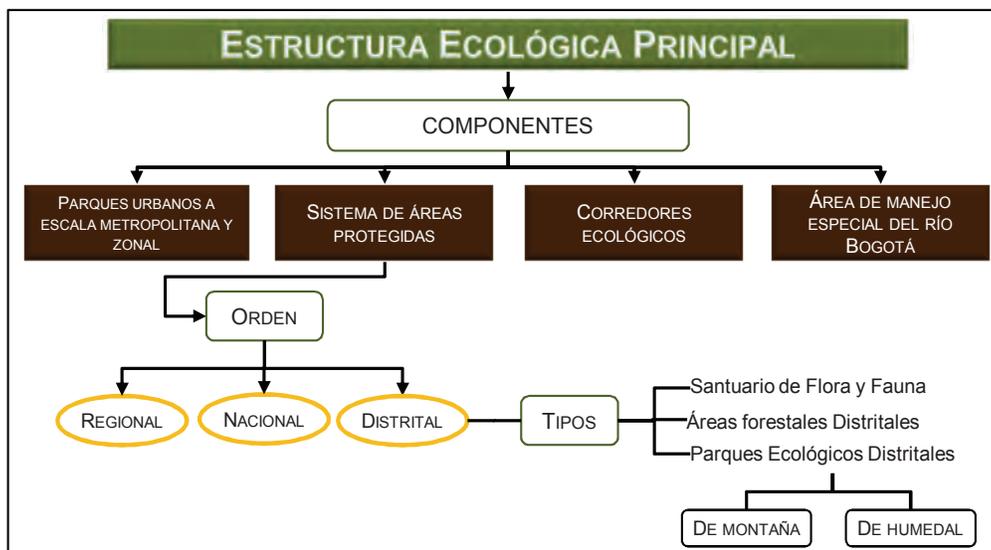


Figura 3.4 Esquema de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital.



Figura 3.5 Estructura Ecológica Principal de Bogotá D.C. (Fuente: Montoya, 2007).

- 1) El Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital: Corresponde a un conjunto de espacios con valores únicos para el patrimonio natural de la ciudad, la región y la nación. El objetivo de la declaración de estas áreas como protegidas, es preservar y restaurar los ecosistemas nativos del territorio, fomentar la investigación científica para la restauración y manejo de los ecosistemas propios del Distrito.
- 2) Parques urbanos de escala metropolitana y zonal: Son espacios que han sido establecidos para la recreación pasiva o activa de los ciudadanos, incluyendo la presentación de espectáculos al aire libre. El Sistema Distrital de Parques los clasifica por escalas que incluyen desde nivel regional hasta vecinal, de acuerdo a la superficie que ocupan y la oferta de servicios.
- 3) Corredores ecológicos: Son zonas verdes lineales que siguen los bordes urbanos y los principales componentes de la red hídrica y la malla vial arterial, como parte del manejo ambiental de las mismas y para incrementar la conexión ecológica entre los demás elementos de la Estructura Ecológica Principal desde los Cerros Orientales hasta el Área de Manejo Especial del río Bogotá y entre las áreas rurales y las urbanas.
- 4) Área de Manejo Especial del río Bogotá: Comprende la ronda hídrica del río Bogotá y la zona de manejo y preservación ambiental, conformando así el eje integrador de la Estructura Ecológica Principal, al cual deben conectarse directa o indirectamente todos los corredores ecológicos urbanos, en especial los parques de ronda de los ríos y canales urbanos, las áreas protegidas urbanas y rurales, en especial los humedales.

Continuando con la evolución de los hechos históricos que determinan el marco normativo ambiental del Distrito Capital, para el año 2005 el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT- mediante la Resolución No. 0463 redelimita, zonifica y reglamenta los usos de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental –RFPBO- de Bogotá. Para el 2006, la Alcaldía Mayor de Bogotá elabora un documento en el cual se declaran los Cerros Orientales como patrimonio cultural y natural del Distrito Capital, y se expide el Decreto 122 del 2006, en donde se establecen una serie de medidas enfocadas a su defensa y protección. Adicionalmente, la CAR mediante la Resolución 1141 del mismo año, adopta el Plan de Manejo Ambiental para la Zona Protectora de Bosque Oriental.

La Alcaldía Mayor de Bogotá mediante el Acuerdo 257 de 2006, reestructura los organismos y entidades del gobierno local, transformando el DAMA en la *Secretaría Distrital de Ambiente - SDA*, cabeza del sector ambiental que cuenta con autonomía administrativa y financiera, y a la cual se encuentra adscrito el Jardín Botánico José Celestino Mutis. Para este mismo año, el DAMA establece la Política de Humedales del Distrito Capital, la cual busca definir las directrices necesarias que permitan la conservación y recuperación de este tipo de sistemas ecológicos, ya que ellos ofrecen gran variedad de bienes y servicios ambientales y son imprescindibles para el desarrollo sustentable de la ciudad y la región (Alcaldía Mayor & DAMA, 2006), la cual fue adoptada mediante el Decreto 624 de 2007.

Adicionalmente, la Alcaldía Mayor adopta la *Política Pública de Ruralidad* mediante el Decreto 327 de 2007, la cual se presenta como un instrumento para el ordenamiento ambiental del territorio, a partir de la comprensión y manejo de las dinámicas socioeconómicas y ambientales en los contextos rurales y urbanos que existen en el Distrito y de esta forma garantizar el desarrollo humano sostenible de las comunidades que habitan el territorio capitalino.

Para el año 2008 se realizaron una serie de reformas y renovaciones a los instrumentos de política pública de mayor importancia en la gestión ambiental. Mediante el Acuerdo 305, la Alcaldía Mayor de Bogotá adopta el *Plan de Desarrollo, Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas 2008 – 2012*, denominado “Bogotá positiva: para vivir mejor”. Este instrumento orienta a las instituciones públicas para realizar acciones que mejoren las condiciones de vida de la población, a partir de la inclusión justa y equitativa de la sociedad civil en los procesos de desarrollo y el reconocimiento de los Derechos Humanos y Ambientales Universales.

Así mismo, en el año 2008 se reforma al *Plan de Gestión Ambiental* del Distrito mediante el Decreto 456, el cual busca que los procesos de planificación ambiental estén orientados a partir del reconocimiento de la heterogeneidad de los procesos de desarrollo local y regional, así como del reconocimiento de la diversidad de actores y sus interacciones en el territorio; y de esta forma optimizar los recursos, esfuerzos y acciones para mejorar la calidad ambiental del Distrito.

En este mismo año se expide el Acuerdo 333 que establece la política de reducción de costos ambientales en las entidades del Distrito Capital y crea la figura de Gestor Ambiental, que tiene como objetivo adelantar acciones encaminadas a la protección ambiental, por medio de un proceso de evaluación y seguimiento del impacto que puedan generarse en las actividades que a diario desarrollan las actividades o empresas distritales. Adicionalmente, se expide la *política para el manejo del suelo de protección en el Distrito Capital: proteger para un mejor futuro*, que busca consolidar la gestión para la conservación del suelo de protección, mediante la promoción del uso adecuado, la recuperación de su funcionalidad ecológica y su incorporación a la planificación y desarrollo urbano (Concejo de Bogotá, 2008).

Más recientemente, en el año 2009, se modifica la *estructura de la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA* y se determina la *misión, integración y dirección del Sector Ambiente para Bogotá D.C.*, el cual tiene objetivo fundamental velar por que el proceso de desarrollo económico y social del Distrito Capital, se oriente según el mandato Constitucional, los principios universales y el desarrollo sostenible para la recuperación, protección y conservación del ambiente, en función y al servicio del ser humano como supuesto fundamental para garantizar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, promoviendo la participación de las comunidades. De esta forma, el Sector Ambiente se encuentra integrado por la SDA, cabeza del Sector, y por el establecimiento público Jardín Botánico “José Celestino Mutis”, entidad que le está adscrita (Decretos 109 y 175 de 2009).

Adicionalmente, se adopta el Plan de Acción Cuatrienal Ambiental - PACA 2009 – 2012, mediante el Decreto 509 de 2009, el cual tiene como objetivo fijar lineamientos generales que permitan a las entidades que conforman el SIAC integrar las acciones de formulación, adopción, seguimiento y evaluación de los instrumentos que hacen operativa la planeación y la gestión ambiental del Distrito. De acuerdo a lo anterior, la SDA es la entidad encargada de coordinar y liderar el proceso de construcción, socialización, validación y seguimiento del PACA.

Para este mismo año se establece la Mesa Interinstitucional de Cambio Climático –PDAFCC- del Distrito Capital, liderada por la Alcaldía Mayor de Bogotá a través de la SDA, la cual cuenta con el apoyo de la empresa privada, la Fundación Clinton y el MAVDT. Esta mesa interinstitucional tiene como objetivo diseñar y adoptar un plan de acción frente al cambio climático y la reducción de gases de efecto invernadero (PNUD & Alzate, 2009).

En enero de 2010, la SDA formula el Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo Rural Sostenible –PGDR, el cual determina una serie de acciones encaminadas a mejorar la calidad de vida de la población rural en tres aspectos esenciales: nivel de vida, medio de vida y forma de vida (Alcaldía Mayor de Bogotá *et al.* 2010).

Sumado a lo anterior, se viene adelantando la formulación de la Política Distrital de Biodiversidad, sus lineamientos de conectividad y su plan de acción, la cual tiene como objetivo *“promover la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de las biodiversidad del Distrito Capital, así como opciones adecuadas y sostenibles de habitabilidad urbana y rural, la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los conocimientos, innovaciones y prácticas asociadas a ella por parte de la comunidad científica nacional, la industria, los ciudadanos y habitantes del Distrito”*. Dentro de los lineamientos principales de la política están: **a)** la recuperación y fortalecimiento de las áreas protegidas del Distrito; **b)** generación de procesos de restauración y conectividad ecológica y en consecuencia lograr la conservación de la biodiversidad; y **c)** incluir las dimensiones contaminación y cambio climático en los esfuerzos de conservación, uso y conocimiento de la biodiversidad de las áreas rurales y urbanas del Distrito (Conservación Internacional & SDA, 2010).

Finalmente, la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana y la Secretaría Distrital de Ambiente están adelantando el proceso de formulación del Plan Distrital de Restauración Ecológica 2010 – 2038.

A manera de síntesis, la evolución histórica de la normatividad ambiental de Bogotá, muestra un importante avance en el reconocimiento de los valores ambientales inmersos en los paisajes y los ecosistemas presentes en el Distrito, lo importante ahora es alcanzar una mayor difusión, aplicar y hacer cumplir las normas existentes.

3.2 LA GESTIÓN DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES

De acuerdo con la Ley 99 de 1993, las autoridades o instituciones ambientales, son organismos encargados de impulsar procesos sociales que permitan al hombre vivir en armonía con la naturaleza a partir de la valoración y el respeto de la misma. Adicionalmente, son entidades encargadas de la formulación de normas y políticas para la regulación de los recursos naturales y el medio ambiente. A continuación se describen los roles que cumplen cada una de las instituciones del Estado comprometidas con la gestión ambiental en el Distrito Capital, con especial énfasis en la misión institucional de la Secretaría Distrital de Ambiente en lo relacionado con la restauración, rehabilitación o recuperación de los ecosistemas.

3.2.1 EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL -MAVDT

Es la máxima autoridad ambiental del país y tiene como funciones: formular y velar por el cumplimiento de la política nacional ambiental; establecer las reglas y criterios de ordenamiento ambiental para el uso del territorio y de esta forma, asegurar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. De igual forma, es el organismo encargado de expedir, negar o suspender licencias ambientales correspondientes a: **a)** obras y actividades de exploración, explotación, transporte, conducción y depósito de hidrocarburos y construcción de refinerías, **b)** proyectos de gran minería, **c)** construcción de presas, represas o embalses con capacidad superior a 200 millones de metros cúbicos, **d)** construcción de Distritos de Riego para más de 20 000 hectáreas, **e)** proyectos que afecten el Sistema de Parques Nacionales Naturales, **f)** introducción al país de parentales para la reproducción de especies foráneas de fauna y flora silvestre que puedan afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida silvestre.

Está encargado de reservar, alinear y sustraer las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales y las reservas forestales nacionales; así como reglamentar su uso y funcionamiento. Administra a través de la dirección de la Unidad Especial de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN- las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales y adopta las medidas necesarias para asegurar la protección de las especies de flora y fauna silvestres del país.

En el año 2007, el MAVDT expide la Resolución 247 por la cual se establece el *Protocolo para el desarrollo de la estrategia de restauración ecológica participativa (REP) al interior de las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales*. El protocolo de restauración ecológica busca desarrollar procesos participativos que propendan por la recuperación de las áreas degradadas al interior del Sistema de Parques Nacionales Naturales, de la mano con procesos de capacitación, fortalecimiento comunitario y acuerdos de cumplimiento por parte de los actores locales que habitan el territorio de manejo especial.

El MAVDT junto con diversas instituciones de carácter público y privado relacionadas con el sector ambiental, vienen adelantando la formulación del **Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas**, el cual tiene como *objetivo “orientar y promover la gestión para la restauración de áreas degradadas a nivel nacional y regional que conlleven a la restauración, recuperación y rehabilitación de la diversidad biológica y a la oferta de bienes y servicios ambientales, en el marco de adaptación a los cambios globales”*. Dicho plan

cuenta con cuatro lineamientos de acción: **1)** investigación, **2)** restauración, **3)** educación, participación y divulgación, y **4)** fortalecimiento institucional. Estos lineamientos articulan los instrumentos de planificación y de gestión de orden nacional y local, y buscan promover la construcción de conocimiento a partir de experiencias y lecciones aprendidas en el proceso de restauración, con el fin de dar soluciones a los problemas de degradación ambiental del país (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por publicar).

3.2.2 LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA -CAR

Es la máxima autoridad ambiental del área rural del Distrito Capital, encargada de definir y ejecutar las políticas, planes y programas de protección ambiental, manejo adecuado de recursos naturales renovables, promover la participación comunitaria e integrar su accionar con los demás organismos competentes que actúan en el área de su jurisdicción. Así mismo, es la institución encargada de otorgar permisos y concesiones para el aprovechamiento forestal, uso de aguas superficiales y subterráneas, ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de las actividades de exploración, explotación, beneficio, transporte, uso y depósito de los recursos naturales no renovables, administrar las reservas forestales y, ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción.

Son cuatro (4) las condiciones legales que se establecen para que la CAR realice el manejo o administración de las reservas forestales del Distrito: **a)** la expedición de licencias previas, **b)** el trámite y otorgamiento de concesiones, permisos y autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, **c)** la imposición de sanciones y medidas de policía ambiental, y **d)** la expedición del plan de manejo de la reserva.

Recientemente, la CAR adoptó la Resolución 469 de 2009, la cual prohíbe en la plantación, trasplante, venta, distribución y comercialización de las especies invasoras retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Teline monspessulana*). Adicionalmente, la CAR de acuerdo con sus competencias ha venido adelantando acciones conjuntas con entidades del SIAC (SDA, JBBJCM, UAE Cuerpo Oficial de Bomberos, EAAB, IDR, IDIPRON) encaminadas al desarrollo de acciones para la rehabilitación ecológica en áreas afectadas por incendios forestales, invasiones biológicas de especies como el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Teline monspessulana*), específicamente sobre rondas de los afluentes localizados en la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá (CAR, 2009).

Adicionalmente, la CAR en asocio con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, se encuentran liderando acciones encaminadas al saneamiento y adecuación de la cuenca del río Bogotá, mediante el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales de las cuencas de los ríos Salitre, Torca y Jaboque; así como la adecuación hidráulica del río Bogotá y sus obras complementarias (CAR, 2010)

3.2.3 SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE -SDA

La Secretaría Distrital de Ambiente es un organismo del Sector Central del Gobierno Distrital, con autonomía administrativa y financiera, cabeza del sector Ambiente y cuenta con el Jardín Botánico “José Celestino Mutis” como entidad adscrita, quienes tienen por

misión, como sector, velar porque el proceso de desarrollo económico y social del Distrito Capital, se oriente bajo el mandato constitucional, los principios universales y el desarrollo sostenible para la recuperación, protección y conservación del ambiente, en función y al servicio del ser humano como supuesto fundamental para garantizar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, promoviendo la participación de las comunidades (SDA, 2010).

La SDA tiene por objeto orientar y liderar la formulación de políticas ambientales y de aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales y del suelo, tendientes a preservar la diversidad e integridad del ambiente, el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales distritales y la conservación del sistema de áreas protegidas, para garantizar una relación adecuada entre la población y el entorno ambiental y crear las condiciones que garanticen los derechos fundamentales y colectivos relacionados con el medio ambiente, conforme a lo establecido en el artículo 103 del Acuerdo 257 del 2006 y lo referido detalladamente en el Decreto Distrital 561 del 2006 y el Decreto 109 del 2009, mediante el cual se modifica la estructura de la Secretaría Distrital de Ambiente y se dictan otras disposiciones.

Dentro de las funciones asignadas a la SDA, le corresponde formular y orientar las políticas, planes y programas tendientes a la investigación, conservación, mejoramiento, promoción, valoración y uso sostenible de los recursos naturales y servicios ambientales del Distrito Capital y sus territorios socio-ambientales reconocidos; de igual forma, el Decreto 561 de 2006 le asigna, entre otras, la de ejecutar los proyectos, acciones e instrumentos orientados a la recuperación, conservación y uso de los recursos naturales y del ambiente en el Distrito Capital; también, el Decreto 109 del 209, en el literal f) del Artículo 28, indica que la SDA deberá formular y ejecutar planes, programas y proyectos orientados a la restauración, rehabilitación o recuperación de áreas de interés ecológico y ambiental en el Distrito Capital, de conformidad con las políticas y directrices institucionales (SDA, 2010).

GESTIÓN DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE EN LA RESTAURACIÓN, REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DISTURBADOS DE BOGOTÁ D.C.

En relación con la restauración ecológica de ecosistemas degradados en el Distrito Capital, la SDA desde el año 2004 ha venido consolidando un Programa Institucional de Restauración Ecológica, con subprogramas y proyectos que cuenta con recursos para su ejecución en alianza con otras entidades del SIAC como el Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, el Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte – IDR, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, el Instituto para la Protección de la Niñez y la Juventud -IDIPRON, alcaldías locales, organizaciones comunitarias, entre otros.

El tema se inicia el año 1999, con la elaboración del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica, en convenio con la Fundación Bachaqueros, ofreciendo un documento técnico para el restablecimiento de la estructura y/o función de los ecosistemas nativos a partir del diseño de un conjunto de técnicas dirigidas a inducir y acelerar la regeneración de la cobertura vegetal, recuperar la oferta biótica y ambiental referida a recursos, servicios y escenarios naturales en ecosistemas por encima de los 2300 msnm, con énfasis en la franja

de los 2 600 a los 3 400 msnm, correspondientes a bosques alto andinos y subpáramo (Salamanca & Camargo, 2002).

Basados en los lineamientos del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica, se definieron dieciocho cuadros o escenarios de las situaciones más frecuentes que demandan trabajos de restauración ecológica en las áreas protegidas de Bogotá de los cuales se priorizaron seis, atendiendo a los procesos críticos degradativos del cual son objeto, y a las limitaciones de inversión:

- Áreas con plantación de especies forestales introducidas.
- Áreas con pérdida de caudales en nacedores y microcuencas abastecedoras de agua potable.
- Urbanización campestre “Chalets y vivienda rural”.
- Humedales urbanos.
- Áreas con explotación minera.
- Áreas invadidas por especies exóticas.

Son dos los instrumentos de política pública territorial que han permitido consolidar el tema: primero, el Plan de Ordenamiento Territorial que propuso el concepto de Estructura Ecológica Principal –EEP, proponiendo principios, componentes, funciones y acciones generales para su desarrollo como eje articulador en el territorio y segundo, el Plan de Gestión Ambiental, adoptado mediante el Decreto 061 del 2003, como una política ambiental para el decenio 2000-2010, el cual fue recientemente revisado y actualizado (Decreto 456 del 2008), con una visión al año 2038.

Como parte de la gestión a nivel distrital y conforme a los instrumentos mencionados, la SDA formuló el programa de Restauración Ecológica, configurando ocho (8) subprogramas, cada uno con proyectos orientados a dar cumplimiento a las metas institucionales y a los Planes de Desarrollo Distrital 2004 – 2008 *“Bogotá para vivir todos del mismo lado”* y 2008-2012 *“Bogotá Positiva: Para Vivir Mejor”*, estableciéndose como objetivo general el de *“Promover la restauración, rehabilitación o recuperación de ecosistemas disturbados en Bogotá D.C. tanto en la zona urbana como rural mediante el restablecimiento de bienes y servicios ambientales para la conservación y uso sustentable para las presentes y futuras generaciones”*.

Los objetivos específicos del programa de restauración son nueve (9):

- Desarrollar procesos de divulgación a través de publicaciones, página WEB y/o capacitaciones.
- Formular e implementar proyectos con participación de la comunidad en áreas de interés ecológico validando técnicas de restauración o rehabilitación ecológica.

- Desarrollar proyectos piloto de rehabilitación de áreas degradadas por minería a cielo abierto en predios del Distrito.
- Diseñar e implementar investigaciones básicas y aplicadas para la validación de técnicas de restauración.
- Formular y ejecutar Programas de Evaluación y Seguimiento a los proyectos de restauración desarrollados por la SDA.
- Formular y ejecutar iniciativas institucionales e interinstitucionales para promover el desarrollo de procesos de restauración, rehabilitación o recuperación.
- Producir material vegetal nativo con destino a los proyectos de restauración.

La implementación del programa, se efectúa con recursos propios de inversión de la entidad, cooperación con otras entidades del Sistema Ambiental de Distrito Capital –SIAC, aportes en capital de trabajo por parte de las comunidades ejecutoras de proyectos y también recursos de contrapartida de las Alcaldías Locales interesadas en invertir en la conservación y restauración de ecosistemas de alto valor ecológico, en Bogotá.

Desde el año 2004, la SDA ha ejecutado proyectos en 272 hectáreas, principalmente en la zona rural de las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, Chapinero, San Cristóbal y Usaquén, en donde se ubican áreas de alto valor ecológico para la conservación, contando la mayor parte de ellos con programas de evaluación y seguimiento. La meta de intervención del Plan de Desarrollo 2008-2012 es de 400 hectáreas. A continuación se presenta una breve descripción de los Subprogramas en desarrollo por parte de la SDA:

SUBPROGRAMA 1: *Divulgación y actualización del Protocolo Distrital de Restauración.*

Destinado a divulgar los avances técnico-científicos en el tema, a elaborar y actualizar publicaciones, a promover la divulgación de los resultados de programas y proyectos en desarrollo, proporcionando información de consulta.

Proyecto 1. Publicaciones institucionales: la SDA cuenta a la fecha con cinco publicaciones institucionales, posteriores al “*Protocolo Distrital de Restauración Ecológica*” (Figura 3.6): “*Guía técnica de restauración de áreas de rondas y nacederos*” (2004); “*Guía técnica de restauración de áreas con plantaciones forestales de especies exóticas*” (2005), ambas en revisión, actualización para nueva edición; “*Guía técnica de Jardinería Ecológica*” (2006), “*Proyecto Piloto de restauración de la antigua cantera Soratama*” (2007), y el “*Protocolo de rehabilitación y recuperación de humedales en centros urbanos*” (2009).



Figura 3.6 Publicaciones de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Proyecto 2. Divulgación a través de la página WEB institucional: la entidad ofrece a los usuarios en su página: http://www.secretariadeambiente.gov.co/que_estamoshaciendo/ecosistemas/restauracion/proyectos, la opción de consultar de forma más detallada la información relacionada con las iniciativas de restauración ecológica en ejecución, en la sección: *¿qué estamos haciendo- ecosistemas-restauración?*

Proyecto 3: Capacitación: la entidad promueve el desarrollo de procesos de capacitación temática para los servidores y organizaciones interesadas contando con la participación y apoyo de Centros de Educación Superior. Hasta la fecha, se han desarrollado dos cursos sobre bases teórico – prácticas de la restauración ecológica desarrollados en el año 2004 y en el año 2006, éste último con el apoyo de la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana.

SUBPROGRAMA 2: Restauración en áreas de la Estructura Ecológica Principal e incorporación de actividades y proyectos de la línea de acción en los planes ambientales locales.

Acorde con lo establecido en el Literal c) del artículo quinto del Decreto 472 del 2003, recientemente reformado por el Decreto 456 de 2008, se determina que la SDA es la entidad encargada de la revegetalización de las Áreas Protegidas del Distrito, se han desarrollado proyectos en cinco de las localidades que tienen áreas protegidas o de alto interés ecológico para la conservación en la zona rural o periurbana (Ciudad Bolívar, Santa Fe, Usme, San Cristóbal, Chapinero); entre tanto, en las zonas urbanas las actividades se han abordado en términos de recuperación ambiental, manteniendo los criterios de manejo del arbolado urbano, acorde con lo establecido en el mencionado Decreto, a excepción de los humedales urbanos que corresponden a áreas protegidas localizadas dentro de la ciudad o en el Parque Ecológico Distrital Entre Nubes – PEDEN.

Como parte de este subprograma, en el 2004 se diseñó e implementó una estrategia de gestión denominada “*RESTAURACIÓN CON PARTICIPACIÓN*”, mediante la cual la SDA suscribió convenios o contratos de asociación con comunidades organizadas, quienes asumieron la ejecución de los proyectos con el acompañamiento de profesionales en el área de ecología, biología o ingeniería forestal; con el acompañamiento institucional, a fin de establecer compromisos compartidos entre el Estado y la ciudadanía e indirectamente genera apropiación e ingresos a través de la vinculación de la comunidad como mano de obra no calificada para la sustentabilidad del territorio y de los proyectos mismos, en el corto y mediano plazo.

Con esta metodología de trabajo la entidad ha desarrollado nueve (9) proyectos de restauración, (Tabla 3.1). Las fases de ejecución de los proyectos comprenden: **a)** identificación y formulación, **b)** participación en la caracterización de los ecosistemas de referencia como parte del diálogo de saberes con profesionales, **c)** participación en la elaboración de los diseños de restauración, **d)** implementación de los diseños y desarrollo de compromisos para la sostenibilidad de los procesos y **e)** participación en la implementación de los programas de evaluación y seguimiento a procesos.

Tabla 3.1. Proyectos del Subprograma No. 2 de restauración en áreas de la EEP e incorporación de actividades y proyectos de la línea de acción en los planes ambientales locales.

No.	LOCALIDAD	OPERADOR COMUNITARIO	OBJETO
1	Chapinero (2004)	Fundación Macrobosque	Restaurar las márgenes de las quebradas tributarias de la cuenca alta del Río Teusacá en la Vereda el Verjón Bajo.
2	Usme (2006)	Corporación Eclipse	Desarrollar el proyecto piloto de recuperación de la quebrada Yomasa en el sector de los Soches con participación de la comunidad.
3	Ciudad Bolívar (2006)	ASOPORQUERA - Asociación de Usuarios del Acueducto de la Porquera - Vereda Mochuelo Alto	Proyecto piloto de restauración ecológica de con participación comunitaria de la microcuenca La Porquera.
4	Usme/San Cristóbal (2007)	Cooperativa de Trabajo Asociado Bogotá	Sustitución de plantaciones forestales de pinos y eucaliptos Parque Ecológico Distrital Entre Nubes.
5	Usme/San Cristóbal (2007)	Asociación Escuela Viva	Restauración de áreas de ronda y nacedores de la quebrada la Hoya del Ramo. Parque Ecológico Distrital Entre Nubes.
6	Usme/ San Cristóbal (2007)	Cooperativa de madres de la localidad Quinta de Usme	Vivero comunitario para la producción de material nativo con destino a proyectos de restauración Parque Ecológico Distrital Entre Nubes.
7	Usme (2007)	Sintrapac	Restauración de la microcuenca de la quebrada Hoya Onda - La Leona
8	Usme (2007)	Asociación de usuarios del Acueducto de Aguas Claras	Restauración de la microcuenca de la quebrada Piedra Gorda en la vereda Olarte
9	Chapinero (2007)	Fundación Veredal el Verjón bajo	Proyecto piloto de restauración de la quebrada El Coral.

Fuente: SDA, 2009

Para atender al cumplimiento de la meta institucional la entidad también ha desarrollado alianzas estratégicas con entidades del sector público tales como: la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (que aporta el área a restaurar y recursos económicos para su desarrollo), el Ejército Nacional (que aporta el área a restaurar y la mano de obra para el desarrollo de las actividades operativas) y entidades como el Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte, el Jardín Botánico, IDIPRON, entre otras. Otros proyectos en desarrollo son el resultado de convenios con Alcaldías Locales.

SUBPROGRAMA 3: Incorporación de criterios y actividades de restauración ecológica en los proyectos del Sistema Ambiental del Distrito Capital (SIAC), que afectan o intervienen la EEP.

Desde el año 2003, con la conformación del grupo de restauración ecológica en la SDA se estructuró un trabajo interinstitucional –Jardín Botánico José Celestino Mutis, Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, para desarrollar una labor encaminada a fortalecer y consolidar el tema mediante la ejecución de proyectos conjuntos, los cuales se mantienen actualmente, y pueden ser consultados en la página web de la SDA.

SUBPROGRAMA 4: Concertación y ajuste del marco normativo de acuerdo con los planteamientos y requisitos de la restauración ecológica.

Destinado a la formulación de políticas para la consolidación del tema a nivel distrital con fundamento en los resultados obtenidos de las investigaciones aplicadas en restauración, de los proyectos en desarrollo y de las mesas de trabajo interinstitucional, dentro de las cuales cabe citar las que están en proceso de elaboración:

- Formulación de lineamientos de conectividad ecológica (en desarrollo).
- Estudio jurídico para la adopción por resolución de los protocolos y las guías técnicas (en preparación).
- Formulación del Plan Distrital para restauración de ecosistemas 2010-2038 (en desarrollo), como parte de la agenda del Sector Ambiente (SDA – JBBJCM) en asocio con la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana.
- Elaboración de normativas por parte de la CAR con base en documentos técnicos elaborados por la SDA.

SUBPROGRAMA 5: Recuperación morfológica y ambiental de áreas afectadas por minería y adecuación ambiental a usos definitivos no marginales.

La SDA ha venido adelantando proyectos de recuperación ambiental de áreas degradadas por minería a cielo abierto, tales como: **a)** rehabilitación ecológica de áreas mineras en la antigua cantera Soratama, hoy Aula ambiental, ubicada en la localidad de Usaquén

(calle 167 un kilómetro hacia el oriente de la carrera séptima); **b)** adecuación geomorfológica y ambiental del Mirador de Juan Rey (2005), ubicado en la Localidad de San Cristóbal en un área destinada hasta hace una década a la explotación de areniscas, predio que actualmente hace parte del PEDEN, **c)** construcción del Mirador de los Nevados (2001) en la localidad de Suba en los cuales se han recuperado espacios para la recreación pasiva de la comunidad, antes destinados a la explotación minera, y **d)** rehabilitación ecológica de la antigua cantera El Zuque, futura Aula Ambiental de Bogotá D. C (2010).

SUBPROGRAMA 6: Investigación básica y aplicada para la formulación de lineamientos técnicos.

La investigación en ecología de la restauración ha facilitado la realización de estudios puntuales dirigidos a satisfacer necesidades de información, validación de métodos y tecnologías para la planificación y manejo de la gestión ambiental, promoción y fortalecimiento de equipos interdisciplinarios e interinstitucionales en restauración ecológica y ecología de la restauración, así como apoyo para la consolidación de grupos y escuelas de investigación temática. Para adelantar este programa se han suscrito cuatro convenios de asociación o cooperación con entidades de educación superior públicas, privadas y organizaciones que hacen investigación, corresponden a los siguientes:

a) Convenio con la Escuela de Restauración Ecológica –ERE- de la Pontificia Universidad Javeriana (culminado a comienzos del 2007): Cuyo objetivo fue el de evaluar el uso potencial de los biosólidos producidos en la Planta de Tratamiento del Salitre (producto final del tratamiento de los lodos de origen doméstico provenientes del nororiente de la ciudad) para la recuperación de suelos deteriorados por la actividad minera en el D.C. a partir del desarrollo de tesis de pregrado y pasantías.

Actualmente, se cuenta con una publicación institucional de la Pontificia Universidad Javeriana “*Universitas Scientiarum Volumen 12 del 2007*” en la cual se presenta una síntesis de los resultados obtenidos y que son de utilidad como soporte científico para la formulación de lineamientos técnicos y políticas distritales una vez el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) apruebe la norma nacional que autoriza su uso.

b) SDA-Jardín Botánico José Celestino Mutis (culminado en el 2008): El convenio se orientó a la producción de material vegetal nativo y valoración de los criterios para producir en vivero especies amenazadas como *Weinmannia tomentosa* y *Escallonia myrtilloides* utilizando la técnica del cultivo de tejidos del laboratorio del Jardín Botánico; de igual forma, se efectuaron estudios de la fenología y coronología de especies de difícil producción en vivero: *Buddleja bullata*, *Ageratina aristei*, *Eupatorium angustifolium*, *Piper bogotense*, *Holodiscus argenteus*, *Cordia cylindristachya*, *Palicourea vaginata* y *Miconia squamulosa*. Para el desarrollo de estas investigaciones se contó con el apoyo de la Universidad Distrital.

c) Convenio SDA-Asociación Bogotana de Ornitología (2007): suscrito con el objeto de desarrollar el primer estudio destinado a evaluar la conectividad ecológica funcional para la comunidad de avifauna en cuatro ventanas representativas de la matriz urbana como aporte a la construcción de los lineamientos de conectividad bajo las actuales condiciones de movilidad y hábitat para este grupo de fauna.

d) Convenio con la Universidad Nacional de Colombia (en desarrollo): su objeto es validar técnicas de rehabilitación ecológica en áreas invadidas por retamo espinoso *Ulex europaeus* y otras áreas con plantaciones forestales de *Pinus patula*, en predios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en la zona rural de la localidad de Usme, en los alrededores del embalse de Chisacá. Como resultado de este convenio se han desarrollado diversas investigaciones a nivel de pregrado y postgrado elaborándose varias publicaciones que compilan los trabajos desarrollados para orientar a los ejecutores de proyectos en estos escenarios de restauración, con el reconocimiento del premio a la investigación de la Fundación Alejandro Angel Escobar. A la vez que desarrollan acciones que aportan al cumplimiento de las metas de la SDA. Los resultados hacen parte de un convenio marco suscrito con la EAAB y el JBBJCM, desde el año 2000.

SUBPROGRAMA 7: Evaluación y seguimiento a proyectos de restauración, rehabilitación o recuperación ecológica.

Con el propósito de precisar mediante la captura y análisis de información derivada de indicadores cómo avanzan espacio-temporalmente, los procesos de restauración, rehabilitación o recuperación ambiental, la SDA en convenio con la Escuela de Restauración Ecológica de la Pontificia Universidad Javeriana, elaboró en el 2005 un documento técnico-científico destinado a orientar a los ejecutores en la formulación de programas de evaluación y seguimiento a este tipo de proyectos en el Distrito Capital (Prado *et al.* 2005).

Posteriormente, la entidad elaboró un instructivo de fácil manejo, que ofrece los aspectos más relevantes que se deben considerar en la elaboración de un Programa de Evaluación y Seguimiento. Actualmente, la SDA cuenta con Programas de Evaluación y Seguimiento en los principales proyectos que desarrolla, los cuales fueron revisados y ajustados con el apoyo de esta misma Universidad, en el año 2009.

SUBPROGRAMA 8: Producción de material vegetal nativo.

Para suplir la alta demanda de material vegetal nativo y debido a la existencia de pocos viveros comerciales en la Sabana de Bogotá que produzcan dicho material, la SDA vio la necesidad de adecuar una zona del Parque Ecológico Entre Nubes de 5 400 m², a fin de construir un vivero con capacidad de producción de 100 000 individuos anualmente. Así mismo, en el Aula Ambiental Soratama, antigua cantera, se construyó un vivero más pequeño de capacidad para almacenar y producir 18 000 individuos. Se destaca de este subprograma la economía que se hace en la ejecución de los proyectos que ya los costos derivados de la compra de material vegetal han disminuido, cerca de un 30% (Figura 3.7).



Figura 3.7 Viveros de la SDA. a) Vivero localizado en el Parque Ecológico Distrital Entre Nubes, Área Protegidas de Bogotá D.C. b) Panorámica del vivero ubicado en el Aula Ambiental Soratama.

AGENDA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS

En razón a que existe un valioso cúmulo de experiencias tanto de índole científico como técnico que ha venido enriqueciendo la restauración ecológica en Bogotá D.C., la SDA desarrollará para los próximos años una agenda destinada para desarrollar aspectos tales como:

- Concretar conjuntamente con el JBBJCM la formulación, adopción e implementación del Plan Distrital de Restauración de Ecosistemas 2010-2038, conjuntamente con actores institucionales y sociales (en desarrollo).
- Consolidar un Programa de Evaluación y Seguimiento para los proyectos de restauración, rehabilitación o recuperación a largo plazo (más de cinco años-en ejecución) desarrollados por la SDA (en desarrollo).
- Fortalecer la capacidad técnica y operativa para ofrecer apoyo a otros Centros Urbanos y municipios del país que lo requieran.
- Desarrollar proyectos de recuperación morfológica y ambiental de otras áreas afectadas por minería. Se avanza en los estudios iniciales (topografía y geología) para la recuperación de la antigua cantera del Zuque (iniciado en el 2010).
- Validar, mediante su implementación, el Protocolo de Recuperación y Rehabilitación de Humedales urbanos (en desarrollo).
- Adoptar e implementar los lineamientos de conectividad ecológica para Bogotá D.C.
- Consolidar y multiplicar iniciativas particulares de preservación y restauración de ecosistemas estratégicos.
- Adoptar normas para la recuperación e intervención con fines de restauración, rehabilitación o recuperación en áreas de interés ecológico y ambiental en el D.C., en coordinación con la CAR.

- Publicar el Protocolo Distrital de Restauración de Áreas Disturbadas por Minería a Cielo Abierto en Bogotá D.C.
- Publicar la segunda edición de las guías técnicas de restauración.

A manera de síntesis, existen varios aspectos relevantes en la gestión desarrollada por la SDA para la consolidación de la restauración ecológica como un tema de interés para la ciudad, los cuales hacen referencia a los siguientes aspectos:

- Discusión del tema en instrumentos de política distrital como el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Gestión Ambiental.
- Formulación de un programa de restauración ecológica con la consolidación de sub-programas y proyectos.
- Experiencia adquirida a lo largo de los años mediante un proceso de aprendizaje continuo para ir comprendiendo la complejidad de los ecosistemas de Bosque Alto Andino y gran cantidad de lecciones aprendidas.
- Elaboración de un programa con visión prospectiva y un horizonte de por lo menos diez o más años.
- Gestión para la asignación de recursos en los dos últimos Planes de Desarrollo Distrital, para la financiación hasta el año 2012, pero sigue siendo necesaria la gestión para el largo plazo.
- Desarrollo de estrategias de divulgación (publicaciones, página WEB institucional, participación en eventos nacionales e internacionales).
- Desarrollo de procesos de capacitación y vinculación de la comunidad lo que ha permitido un reconocimiento ciudadano frente a la importancia de restaurar y conservar los ecosistemas urbanos y rurales de Bogotá.
- Formulación e implementación de Programas de Evaluación y Seguimiento flexibles en los proyectos más representativos que orienten sobre las medidas de manejo adaptativo que sean necesarias a lo largo del tiempo.
- Consolidación de alianzas con entidades de educación superior para fortalecer procesos conjuntos de construcción de conocimiento, útil y necesario en la toma de decisiones y para la elaboración de lineamientos técnicos.
- Consolidación de convenios interadministrativos con entidades del Sistema Ambiental del Distrito Capital y Alcaldías Locales que potencian la restauración y conservación de los ecosistemas de alto valor ecológico, en el corto, mediano y largo plazo.

3.2.4 EL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ “JOSÉ CELESTINO MUTIS” –JBBJCM

A partir de la expedición del Acuerdo 257 de 2006, el Jardín Botánico de Bogotá (JBB) “José Celestino Mutis”, se constituye como la segunda institución responsable de velar por la sostenibilidad ambiental en el Distrito Capital. Dentro de las principales funciones del Jardín Botánico en la gestión ambiental del Distrito se encuentran:

- Adelantar investigaciones científicas para ampliar el conocimiento de la flora, biología de las plantas del medio ambiente donde crecen y de la fauna autóctona de la región.
- Desarrollar programas de educación para personas de diferentes edades, estudios o intereses, sobre botánica, ecología y medio ambiente.
- Promover mediante programas educativos y recreativos la conservación de los recursos naturales y apoyar el Plan de Gestión Ambiental del Distrito.
- Propender por el incremento de los estudios botánicos, mediante la colaboración con los demás Jardines Botánicos del país y del exterior y con otros centros científicos y educativos similares.
- Mantener y preservar en sus predios, especies de plantas en vías o en peligro de extinción.
- Mantener refugios de flora y fauna en áreas cubiertas por la vegetación natural, destinados a proteger aquellas especies que no puedan prosperar bajo condiciones climáticas del Jardín Botánico o bajo invernaderos.
- Estimular en el público el amor por las plantas, mediante el desarrollo de programas recreativos y la entrega de información adecuada sobre ellas.
- Suministrar material de propagación de especies de plantas que se quieran probar en condiciones variadas de clima y suelo.
- Divulgar los resultados de las investigaciones sobre las plantas y su vida, en forma asequible a todos los niveles de educación, desde el infantil hasta el profesional especializado, teniendo como meta la adquisición y diseminación del conocimiento botánico.
- Colaborar con las demás entidades del Distrito Capital, particularmente con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con autoridades locales y con el sector privado, en programas de arborización y ornamentación de la ciudad.

GESTIÓN DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ EN LA RESTAURACIÓN, REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DISTURBADOS DEL DISTRITO.

Desde el año 1998 la Subdirección científica del Jardín Botánico ha venido adelantando actividades encaminadas a la restauración, rehabilitación y recuperación de las áreas alteradas en los ecosistemas estratégicos de la Estructura Ecológica Principal –EEP– y zonas rurales del Distrito Capital, en el marco del proyecto de inversión Distrital 638, cuyo objeto consiste en *“mejorar las condiciones ecológicas de dichas áreas, a través de la implementación de acciones de restauración que contribuyan a revertir el deterioro y promuevan la sostenibilidad ambiental y la conservación de la biodiversidad”*.

Las líneas de acción establecidas por la Subdirección científica del Jardín son:

1) Intervención: relacionada con el diseño e implementación de procesos de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica en áreas degradadas del Distrito Capital. En la actualidad, el Jardín Botánico adelanta proyectos sobre áreas afectadas por incendios forestales, especies exóticas (plantaciones forestales e invasoras) y uso pecuario del suelo, en predios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá –EAAB sobre cerros orientales; así como en predios que hacen parte del Parque Nacional Olaya Herrera y su área de influencia, y sobre el sector de la cuenca del río Tunjuelo, en las localidades de Usme y Ciudad Bolívar.

2) Investigación: el Jardín desarrolla procesos de investigación básica y aplicada en áreas alteradas de la EEP y suelo rural del Distrito Capital, que buscan generar conocimiento sobre: ecología de disturbios, modelación ecológica, relaciones entre microorganismos–suelo–plantas en áreas alteradas y aprovechamiento ecológico de subproductos obtenidos en procesos de restauración ecológica.

3) Propagación: la institución mediante esta línea de acción viene desarrollando técnicas para la identificación, propagación y reclutamiento de especies nativas, como herramienta clave en el restablecimiento de ecosistemas en proceso de deterioro.

4) Participación: como una línea que busca la socialización y divulgación de los procesos de restauración ecológica y como estrategia para el incremento del impacto social y académico de los procesos de investigación adelantados por el Jardín Botánico.

Sumado a lo anterior, desde el año 2005 el Jardín Botánico ha desarrollado procesos de divulgación de material bibliográfico en temas de restauración ecológica dentro de los cuales se cuenta con la *“Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por la expansión agropecuaria”*, *“Guía técnica para restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras”* y la *“Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por incendios forestales”*.

El Jardín Botánico de Bogotá junto con la Secretaría Distrital de Ambiente, se encuentran desarrollando diferentes procesos para dar cumplimiento a la meta del Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas 2008 – 2012: Bogotá Positiva: para vivir mejor, denominada *800 hectáreas en proceso de rehabilitación o recuperación de la Estructura Ecológica Principal en la zona urbana o rural del Distrito*, de las cuales corresponden 400 ha a la SDA y 400 ha al Jardín Botánico.

3.3 EL PAPEL DE LA SOCIEDAD CIVIL

En la actualidad, el fundamento de la democracia es la participación activa de la sociedad civil. En tiempos anteriores, la democracia era netamente representativa, basada en el voto para elegir unos representantes, los cuales, interpretaban la voluntad del pueblo para el desarrollo de políticas nacionales. La transformación del modelo político representativo a “participativo”, busca una democracia en la que el “ser ciudadano” signifique más que votar cada cuatro años, más que el estar enterado de lo que sucede en el país; la democracia participativa busca que el ciudadano sea el protagonista directo del tipo de sociedad que reclama la nación.

En la Constitución Nacional de 1991 se consagra la participación ciudadana en su doble condición de principio y derecho fundamental. Es por esto que se afirma que los individuos deben participar en todas las decisiones que los afecten y en la vida económica, ambiental, política, administrativa y cultural de la nación (Departamento Administrativo para la Función Pública *et al.* 2003).

Por lo anterior, establecer el rol de la sociedad civil en la gestión ambiental del Distrito Capital, es quizá uno de los elementos más relevantes para alcanzar un verdadero desarrollo sostenible y sustentable. De esta forma, es necesario aclarar que la participación ciudadana puede ser concebida a través de varios lentes, por lo que se plantea la necesidad de distinguir entre: **a) niveles de participación** y **b) tipos de participación** (Departamento Administrativo para la Función Pública *et al.* 2003).

a) Niveles de participación

Dentro de los niveles en los cuales los ciudadanos pueden participar se encuentra en primera instancia la formulación de iniciativas destinadas a resolver conflictos ambientales o manejos alternativos de los recursos naturales del Distrito. De igual forma, los ciudadanos pueden participar en la gestión ambiental a partir de la administración de los recursos y ejecución de acciones para obtener un resultado final en el manejo ambiental del territorio. Otro nivel de participación está relacionado con la concertación entre las instituciones del estado, las políticas y el uso del suelo; así mismo, las comunidades pueden ser fiscalizadoras del cumplimiento de las decisiones tomadas por los diferentes actores sobre el manejo de los recursos. Adicionalmente, los capitalinos pueden consultar y opinar sobre los aspectos relacionados con el medio ambiente y de esta forma aportar elementos de juicio para la toma de decisiones de los organismos gubernamentales encargados del tema.

b) Tipos de participación

Dentro de los tipos de participación se cuenta: a) participación comunitaria, en la cual la comunidad se organiza para efectuar procesos que mejoren las condiciones de vida locales y de esta forma convertirse en protagonistas de su propio desarrollo (ej: ampliación de un acueducto veredal); b) participación ciudadana, permite a las comunidades tomar decisiones sobre el desarrollo político del Distrito a través del voto popular, el plebiscito o pronunciamiento de los ciudadanos, el cabildo abierto, iniciativas legislativas y revocación

de mandato; c) participación social; es el proceso mediante el cual los ciudadanos se organizan por sectores para participar activamente en la defensa y asuntos propios del grupo, por ejemplo las organizaciones ecológicas, y d) participación política, en la cual todos los ciudadanos mediante el voto popular tienen derecho a elegir y ser elegidos. Además tienen derecho a organizar y participar en movimientos y partidos políticos y usar los mecanismos de participación (Departamento Administrativo para la Función Pública *et al.* 2003).

De acuerdo con Ortega (2010), los principales mecanismos de participación ciudadana en la gestión ambiental son:

- Solicitud de información respecto a la expedición, modificación o cancelación de una licencia o permiso que pueda afectar al medio ambiente y que sea requerida legalmente (Art. 71. Ley 99 de 1993).
- Audiencias públicas ambientales en las cuales podrán participar las comunidades para conocer e intercambiar criterios sobre la conveniencia de una acción o actividad que pueda causar impacto al medio ambiente o a los recursos naturales renovables, y para la cual se exija permiso o licencia ambiental conforme a la ley o a los reglamentos (Art. 72. Ley 99 de 1993).
- Solicitud de información relacionada con los elementos susceptibles de producir contaminación y los peligros que el uso de dichos elementos pueda ocasionar a la salud humana (Art. 74. Ley 99 de 1993).
- Derecho de petición por medio del cual toda persona puede solicitar respuesta a las autoridades por motivos de interés general o particular y a obtener pronta resolución (Art. 23. Constitución Política de Colombia de 1991).
- Acción de tutela por medio de la cual se hace reclamación de los derechos constitucionales fundamentales cuando éstos resulten vulnerados o amenazados (Art. 86. Constitución Política de Colombia de 1991).
- Acciones de cumplimiento con el fin de hacer efectiva la ejecución de una ley o un acto administrativo (Art. 87. Constitución Política de Colombia de 1991).
- Acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad públicos, la norma administrativa, el ambiente, la libre competencia económica y otros de similar naturaleza que se definen en ella (Art. 88. Constitución Política de Colombia de 1991).

Por su parte, el Sistema Ambiental del Distrito Capital –SIAC, en cabeza de la Alcaldía Mayor de Bogotá y la SDA a través de la Oficina de Participación, Educación y Localidades, ha desarrollado diferentes mecanismos de participación para asegurar la vinculación de la sociedad civil a los procesos ambientales de Bogotá.

Dentro de estos mecanismos se encuentran las Comisiones Ambientales Locales.

las cuales se crean y desarrollan para asegurar la participación y coordinación intersectorial a nivel público local de las políticas, planes y programas en materia ambiental y de recursos naturales renovables, en cada una de las localidades del Distrito (Decreto 625 de 2007). Por último es importante mencionar los mecanismos de participación que se han venido desarrollando con los diferentes instrumentos de gestión ambiental; es así como se establecen los Consejos de Cuencas, como un órgano encargado de la construcción participativa de los Planes de Ordenamiento y Manejo –POMCAS, los cuales cuentan con una Asamblea, una mesa directiva y una secretaría Técnica para su desarrollo (Resolución 3181 de 2007).

De la misma forma, la política de Humedales del Distrito Capital y la política pública de Ruralidad cuentan con instancias de participación ciudadana, lo cual permite garantizar la articulación de la ciudadanía en el desarrollo de las estrategias de intervención y en la toma de decisiones sobre la orientación de los planes de manejo de áreas protegidas y planes de ordenamiento del desarrollo local (Decreto 327 de 2007).

3.4 LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATÉGIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

La restauración ecológica, corresponde a cada una de las acciones encaminadas a restablecer el capital natural deteriorado. El capital natural amplía la visión reduccionista de los recursos que ofrece la naturaleza como simples elementos para el consumo o la producción, y concede a los ecosistemas un valor económico intrínseco por el solo hecho de prestar servicios ecosistémicos a la sociedad (Cárdenas, 1995).

De esta forma, la restauración ecológica se ha convertido en una herramienta de gestión ambiental pública de gran importancia, en la medida que el gobierno distrital ha establecido como política pública diferentes lineamientos orientados hacia la restauración propiamente dicha, rehabilitación o recuperación de paisajes, ecosistemas y bienes y servicios ecosistémicos de importancia para la sociedad capitalina y la nación. A continuación en la Tabla 3.2, se describe una pequeña síntesis del marco normativo que vincula la restauración ecológica, como una estrategia de gestión ambiental para el Distrito Capital.

Tabla 3.2 La restauración ecológica dentro de la legislación ambiental Distrital.

NORMA	ARTÍCULO	INSTRUMENTO DE GESTIÓN
ACUERDO 19 DE 1996	Art. 3	Es función pública de las autoridades distritales estimular, crear y mantener condiciones que contribuyan a la armonía entre el hombre y su entorno. La gestión ambiental distrital debe asegurar el cumplimiento de las sanciones que buscan preservar y recuperar el medio ambiente
	Art. 8	Establece que la EAAB, le corresponde proteger las cuencas hidrográficas que utilizan en cumplimiento de sus objetivos y funciones y adelantar las acciones necesarias para tal efecto.
DECRETO 619 DE 2000 (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL –POT–)	Art. 8.	La Estructura Ecológica Principal –EEP tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original y existente en el territorio. Los cerros, el valle aluvial del río Bogotá y la planicie son parte de la estructura basal. El conjunto de reservas, parques y restos de la vegetación natural de quebradas y ríos son parte esencial de la EEP deseable y para su realización es esencial la restauración ecológica.

NORMA	ARTÍCULO	INSTRUMENTO DE GESTIÓN
DECRETO 619 DE 2000 (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL –POT–)	Art. 9 Numeral 1	La EEP se establece con el fin de asegurar la provisión de espacio dentro del territorio Distrital para el desarrollo y coexistencia del hombre y de otras formas de vida, en especial de la naturaleza en su estado silvestre, así como la preservación y restauración de la biodiversidad a nivel de especies, ecosistemas y paisajes.
	Art. 11	La EEP debe propender por la preservación y restauración ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico, como principal conector ecológico del territorio urbano y rural. Tales elementos comprenden las principales áreas de recarga del acuífero, rondas de nacimientos y quebradas, rondas de ríos y canales, humedales y sus rondas y el valle aluvial del río Bogotá y sus afluentes.
	Art. 79	Las áreas actuales de extracción minera que cuentan con licencia vigente, deberán llevar a cabo Planes de Restauración Morfológica y Ambiental que deben ser desarrollados simultáneamente a la explotación, para garantizar la estabilidad geotécnica del sector. Las <u>áreas de suspensión</u> de actividad minera establecidas por el Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA), deben adelantar la recuperación morfológica y ambiental simultáneamente a la explotación, para garantizar la estabilidad geotécnica de los taludes intervenidos y áreas de influencia.
	Art. 294	Para adelantar acciones en las áreas establecidas como corredores ecológicos se considera desarrollar proyectos de recuperación de rondas de los cuerpos de agua, con sus distintos componentes de ronda hidráulica y zona de manejo y preservación, los cuales buscan a través de la coordinación institucional la recuperación y adecuación como corredor ecológico y su incorporación al espacio público de la ciudad. Por lo anterior, en áreas del corredor que se encuentren ocupadas por asentamientos urbanos, estos deberán ser reubicados.
	Art. 347	Los Planes de Restauración y Adecuación Morfológica que les corresponde ejecutar a las minas en proceso de clausura, deben basarse en un concepto del Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD) sobre los usos del suelo previstos para las mismas en el presente Plan y seguir los lineamientos del Protocolo Distrital de Restauración Ecológica.
	Art. 408	Los usos permitidos para áreas de producción sostenible de alta capacidad son principalmente agrícola y residencial campesino; tiene compatibilidad con la recreación pasiva, el ecoturismo, la siembra de agroforestales y las plantaciones forestales protectoras. Dentro de los usos condicionados se encuentra la recreación activa, la producción pecuaria, forestal, comercial de insumos agropecuarios. Todos aquellos usos que no se encuentren dentro de las categorías anteriormente descritas quedan como prohibidos.
	Art. 409 y 410	Se establecen como áreas para la producción sostenible de alta fragilidad, todas aquellas que por su baja aptitud agrológica, en el contexto de las áreas rurales distritales, se encuentran asociadas ecosistemas de alta fragilidad. Por lo anterior los usos principales deberán ser la recreación pasiva, el ecoturismo, la siembra de agroforestales y las plantaciones forestales protectoras.

NORMA	ARTÍCULO	INSTRUMENTO DE GESTIÓN
DECRETO 619 DE 2000 (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL –POT–)	Art. 411	Establece trece (13) áreas para la producción sostenible y manejo del suelo rural del Distrito Capital. Para lo anterior, se tuvo en cuenta los factores ambientales y socioeconómicos de cada una de las áreas seleccionadas, con el ánimo de constituir modelos de aprovechamiento racional de los recursos naturales, mediante la integración de la producción agropecuaria y la recuperación de la cobertura vegetal y de esta forma, controlar y mitigar los efectos de la fragmentación del paisaje, como consecuencia de la presión ejercida por las actividades productivas sobre el Sistema de Áreas Protegidas.
	Art. 412	Establece el régimen de usos de las áreas para la producción sostenible de manejo especial. Los usos condicionados de este artículo serán permitidos con el cumplimiento entre otros de los siguientes requisitos: para el sector agrícola y pecuario, la implementación de prácticas de conservación de suelos y aguas, la preservación y restauración de la cobertura vegetal protectora de las rondas y nacimientos de aguas.
DECRETO 190 DE 2004	Art. 6	En el reconocimiento de la interdependencia del sistema urbano y el territorio rural regional y de la construcción de la noción de hábitat en la región, la Administración propenderá por la recuperación de las rondas y zonas de manejo y protección de los cuerpos de agua y cofinanciación y concertación con la región para la recuperación del Río Bogotá, proponiendo la exclusión de usos urbanos y la promoción de usos agrícolas por parte de los municipios sobre la margen occidental del Río. Protección y restauración ambiental de los cerros orientales, de los cerros de Suba y de las zonas de riesgo para evitar la urbanización ilegal.
	Art. 73	El ordenamiento y manejo de la EEP se rige bajo los principios de: a). complementariedad; b). adecuada asignación espacial, de planificación, diseño y mantenimiento; c). la estructura ecológica debe propender por la preservación y restauración ecológica de los elementos constitutivos de los ecosistemas, entre otros.
DECRETO 061 DE 2003 (PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL –PGA–)	Art. 7. Numeral 7	Estrategias generales de la gestión ambiental. El manejo físico del ambiente debe darse principalmente a través de la orientación de las decisiones y acciones de ocupación, aprovechamiento y transformación del territorio, propias de los distintos actores particulares e institucionales. Por ende, la intervención directa del ambiente físico como parte de la gestión ambiental, se limita al desarrollo prioritario de áreas controladoras del ordenamiento, protección y restauración de ecosistemas estratégicos, soporte físico para conductas ambientales deseadas y construcción física y simbólica de lo público.

NORMA	ARTÍCULO	INSTRUMENTO DE GESTIÓN
DECRETO 061 DE 2003 (PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL -PGA-)	Art. 9. Numeral 2	Programas del Plan de Gestión Ambiental. El Programa de manejo agropecuario sostenible, desarrollado a través de los siguientes subprogramas: consolidación del Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital en el suelo rural, restauración ecológica en ecosistemas nativos y agroecológicos y desarrollo de prácticas y sistemas de aprovechamiento agropecuario sostenible.
DECRETO 427 DE 2003 (ARBOLADO URBANO)	Art. 1	Reglamentar la arborización, aprovechamiento, tala, poda, trasplante o reubicación del arbolado en el perímetro urbano de Bogotá D.C. y definir las competencias y responsabilidades de las entidades distritales en relación con la materia.
DECRETO 561 DE 2006 (ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA SDA)	Art. 2	SDA debe orientar y liderar la formulación de políticas ambientales y de aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales y del suelo, tendientes a preservar la diversidad e integridad del ambiente, el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales distritales y la conservación del sistema de áreas protegidas, para garantizar una relación adecuada entre la población y el entorno ambiental y crear las condiciones que garanticen los derechos fundamentales y colectivos relacionados con el medio ambiente.
DECRETO 624/07 (POLÍTICA DE HUMEDALES DEL DISTRITO)	Estrategia 3. Línea programática 3.1	Meta 1. Humedales del Distrito Capital en proceso de descontaminación y recuperación.
		Meta 2. Humedales del Distrito Capital y sus sistemas hídricos asociados con conectividad ecosistémica, articulada a la EEP y la región.
DECRETO 327 DE 2007 (POLÍTICA PÚBLICA DE RURALIDAD)	Art. 10. Numeral 3.	Literal b. Ordenación con participación social de la ocupación del territorio, los bordes de la ciudad y el manejo de las actividades humanas, para la producción, el manejo, la recuperación y la prevención de riesgos y amenazas.
		Literal g. Planeamiento integral participativo desde los centros poblados rurales, los asentamientos menores y las cuencas y subcuencas hidrográficas, donde se analice la recuperación, preservación, mantenimiento y protección de fuentes de agua y bosques nativos, en coordinación con las autoridades ambientales competentes.
	Art. 12 Numeral 4	Se promoverá el fortalecimiento de la participación comunitaria, la construcción de procesos colectivos con los pobladores de las zonas rurales, hoy en día calificadas como zonas de borde, para determinar las franjas de amortiguamiento, corredores ecológicos, áreas forestales y corredores de restauración.
ACUERDO 305 DE 2008 (PLAN DE DESARROLLO)	Art. 7	Adelantar el proceso de restauración, rehabilitación y recuperación de 800 ha. de la Estructura Ecológica Principal y/o suelo rural.

NORMA	ARTÍCULO	INSTRUMENTO DE GESTIÓN
ACUERDO 305 DE 2008 (PLAN DE DESARROLLO)	Art. 7	Adelantar el proceso de restauración, rehabilitación y recuperación de 800 ha. de la Estructura Ecológica Principal y/o suelo rural.
POLÍTICA PARA EL MANEJO DEL SUELO DE PROTECCIÓN EN EL D. C. (2008)	Líneas de acción	1. Inventario, caracterización, delimitación y demarcación del suelo de protección; 2. Consolidación del Sistema Distrital de Áreas Protegidas; 3. Refuerzo de la EEP; 4. Manejo integrado del suelo de protección por riesgo; 5. Manejo de bordes urbanos en el suelo de protección; 6. Armonización urbanística en torno al suelo de protección; 7. Desarrollo instrumental de la gestión del suelo de protección; 8. Educación y divulgación para la apropiación colectiva del suelo de protección; 9. Fortalecimiento del control de la ocupación ilegal del suelo; 10. Fortalecimiento de la capacidad administrativa sobre el suelo de protección.
DECRETO 456 DE 2008 (REFORMA DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL)	Art. 8 Objetivos	<u>Conservación y adecuado manejo de la fauna y la flora:</u> Aportar a la restauración, preservación e incremento de la riqueza biológica del territorio distrital; la cobertura vegetal nativa; la conectividad estructural y funcional de la Estructura Ecológica Principal y minimizar el tráfico o cría ilegal de especies de flora y fauna y procurar su rápido y eficiente retorno a sus hábitat naturales de existencia.
	Art. 9. Estrategias	<u>Gestión ambiental de riesgos y desastres:</u> Contribuir a las acciones destinadas a la prevención, mitigación, control, compensación y restauración de los daños ambientales potenciales o reales al ambiente, que sean efecto de fenómenos naturales o acciones humanas. <u>Manejo físico y ecourbanismo:</u> Orientar con criterios ambientales las decisiones y acciones de ocupación, aprovechamiento y transformación del territorio y los recursos, propias de los distintos actores particulares e institucionales. Comprende también la protección y restauración de ecosistemas estratégicos, la conectividad ecológica, el manejo integral del riesgo, el soporte físico para conductas ambientales deseadas y la ecoeficiencia en el diseño, la arquitectura y el urbanismo.
RESOLUCIÓN 76151 DE 2009	Art. 1	La SDA prohíbe la plantación, el trasplante, la venta, la distribución y la comercialización de las especies retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>) y retamo liso (<i>Teline monspessulana</i>) y se adoptan otras disposiciones.”
RESOLUCIÓN 469 DE 2009	Art. 1	Se prohíbe en la jurisdicción de la CAR la plantación, trasplante, venta, distribución y comercialización de las especies invasoras retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>) y retamo liso (<i>Teline monspessulana</i>).

Es importante añadir, que los problemas de degradación ambiental del Distrito no son responsabilidad única del Estado, es decir, de todos y de nadie. Los procesos de restauración ecológica deben iniciar con la valoración de los recursos naturales públicos como recursos colectivos, es decir recursos de los ciudadanos, empresarios, académicos, representantes del gobierno, profesores, miembros de asociaciones, niños y niñas, jóvenes y demás; los cuales pueden verse afectados por acciones individuales que no toman en cuenta los efectos colectivos del deterioro ambiental. De esta forma, la regulación y la puesta en marcha de iniciativas de restauración y el control de los procesos de degradación tiene fundamento en la interacción de todos y cada uno de los actores sociales, así como las instituciones distritales encargadas del manejo y control de los recursos naturales y el medio ambiente.

A manera de conclusión, la restauración ecológica como herramienta para la gestión ambiental del Distrito, busca que los procesos de ordenación y uso del territorio capitalino beneficien a la mayoría de los individuos, así como a las generaciones futuras, a partir del diseño de políticas y normas acordes con la realidad social, en términos de requerimientos de los recursos naturales. Por lo tanto, para un verdadero desarrollo sustentable, se necesita de la cooperación entre las entidades del Estado y la sociedad civil para el cuidado y protección de la naturaleza, además del control y vigilancia de los procesos de degradación del ambiente, así como de aquellos encaminados a la restauración ecológica de los sistemas degradados.

3.5 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Decreto 456 de diciembre 23 de 2008. “Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental y se dictan otras disposiciones”

Decreto 327 de julio 25 de 2007. “Por el cual se adopta la Política Pública de Ruralidad del Distrito Capital”.

Ley 99 de diciembre 2 de 1993. “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.

Montoya, S. 2007. Retrospectiva y desafíos de la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA- frente a la restauración ecológica en Bogotá, D.C. Págs: 51 -66. En: Barrera, J. I, D. C. Rondón y M. Aguilar - Garavito (eds.). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.

Sánchez, G. 2002. Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. Economía y Desarrollo 1(1):79-98.

Van der Hammen T., Stiles F. G., Rosselli L., Chisaca M. L., Camargo G., Guillot G., Useche Y. & Rivera D. 2008. Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C. 296 pp.

Sitio web:

<http://www.secretariadeambiente.gov.co/queestamoshaciendo/ecosistemas/restauracion/proyectos>

CAPÍTULO 4

FASES PARA DESARROLLAR UN PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



Proceso de restauración ecológica con participación comunitaria.

En el momento de formular y ejecutar un proyecto de restauración surgen varias preguntas (¿por qué y para qué se debe restaurar?, ¿cuándo y cómo hacerlo?) y muchas veces no es tan claro por dónde comenzar. Es por esto que es importante tener las fases a seguir que se asemejen a una carta de navegación donde se indique la ruta más efectiva y que ahorre la mayor cantidad de esfuerzos sin perder calidad.

A continuación se plantean una serie de fases a desarrollar en los proyectos de restauración, los cuales inician con la planeación y gestión por parte de las entidades encargadas; una vez se realice la contratación del equipo que ejecutará el proyecto este debe realizar el reconocimiento del área, la caracterización diagnóstica, la zonificación, valoración, priorización, formulación de metas y objetivos de restauración, y las trayectorias del sistema; así como la formulación y ejecución de las estrategias de restauración ecológica y del Programa de Evaluación y Seguimiento. Durante el desarrollo del proyecto es recomendable realizar actividades de socialización de los resultados que se obtengan. Antes de la implementación de las estrategias, se hace necesario realizar una capacitación que contextualice al equipo de campo sobre las características principales del proyecto y de la forma en que se deben implementar las estrategias. Así mismo, es importante que el proyecto formulado tenga el aval de la comunidad y de las instituciones implicadas para así garantizar su apropiación. Razón por la cual, de manera transversal el proyecto debe desarrollar un plan de gestión social (Figura 4.1).

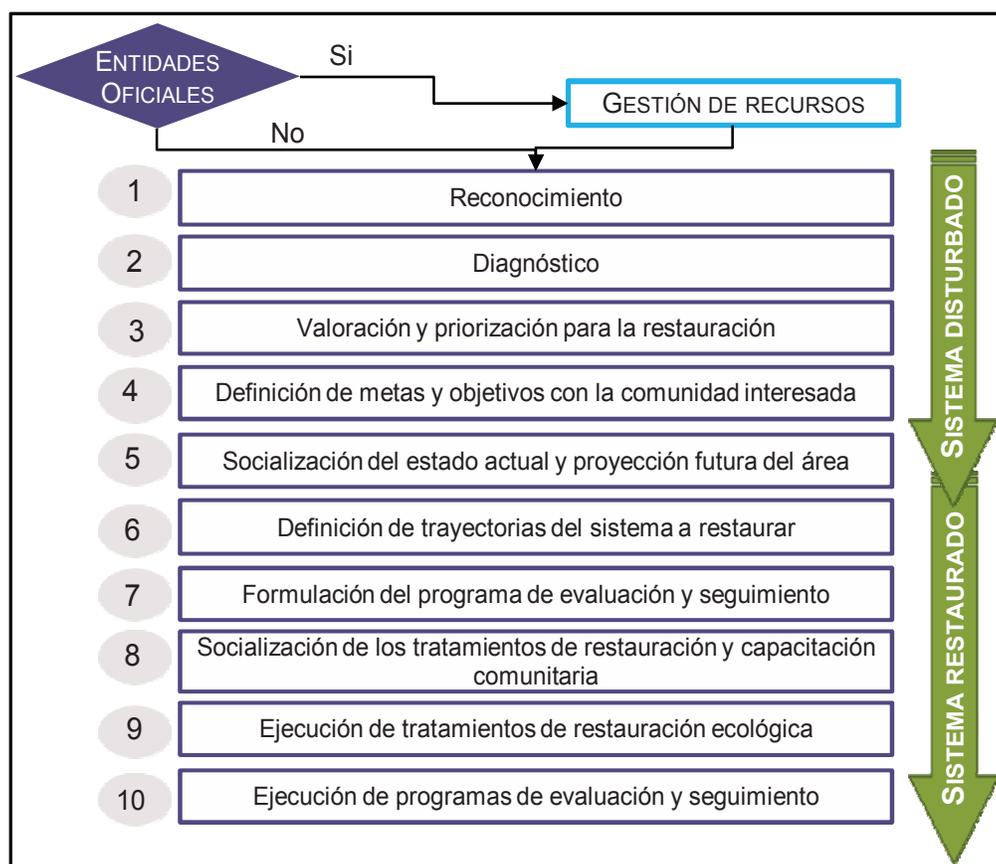


Figura 4.1 Fases para el desarrollo de un proyecto de restauración ecológica.

4.1 PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN

Los proyectos de restauración ecológica pueden ser desarrollados por entidades oficiales y no oficiales (otras instituciones). Cuando son entidades no oficiales no es necesario realizar una planificación y gestión de recursos, sino que directamente los ejecutores deben hacer el reconocimiento del área para formular el cronograma y presupuesto del proyecto de restauración, este es el caso de empresas privadas, universidades, ONG's, entre otras.

Sin embargo, cuando son entidades oficiales, antes de iniciar un proyecto de restauración ecológica, se debe realizar la gestión correspondiente, con base en las metas definidas tanto en el Plan de Ordenamiento Territorial como en el Plan de Gestión Ambiental y el Plan de Desarrollo Distrital, en los cuales la restauración ecológica corresponde a una línea de acción directa sobre el territorio que busca restablecer la estructura y/o función de los ecosistemas disturbados. De igual forma, se deben definir metas y objetivos de intervención que vayan de la mano con sus Planes Operativos Anuales de Inversión.

De igual manera, en esta primera fase se debe identificar a la comunidad que habita el área, la comunidad afectada por los disturbios, los líderes comunitarios y las organizaciones o instituciones que operan en el área. Posteriormente, deben efectuarse concertaciones con las comunidades o alcaldías locales por medio de la formulación y firma de acuerdos, cuando sea necesario. De igual forma, se debe garantizar la consecución de los recursos financieros a largo plazo y la firma de los convenios o contratos con las entidades ejecutoras.

4.2 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

Durante el desarrollo del proyecto de restauración, la comunidad debe participar activamente y apropiarse del mismo para garantizar su éxito. Esta participación y apropiación, parte del *cuestionamiento individual* de los integrantes de la comunidad sobre el papel que cumplen en su territorio y el uso que hacen del mismo para reconocerse como su principal agente transformador. Posterior a esto, es importante que *reconozca su realidad local como individuo y como parte de una comunidad*, es necesario que conozca e identifique los problemas ambientales, sus causas y las consecuencias que estos generan para su bienestar y el de su comunidad.

En la medida en que este proceso ocurra con cada individuo, puede llevar a toda la comunidad a preguntarse cuáles son las soluciones que ayudarán a superar los problemas; es decir, la comunidad puede usar sus capacidades y potencialidades mediante la creatividad colectiva y de esta forma proponer alternativas que propendan por la restauración del equilibrio ecológico y el mejoramiento de sus condiciones de vida (Muiños, 2008).

Este cuestionamiento individual y de reconocimiento como parte de un sistema natural es un proceso que lleva tiempo y que no siempre se da fácil y rápidamente. Por lo cual, el ejecutor debe promoverlo desde el principio del proyecto por medio de mecanismos de sensibilización y acercamiento a la comunidad que habita o esta aledaña al área a restaurar.

De igual forma, deben generarse encuentros para el aprendizaje y socialización del proyecto de restauración con la comunidad (alcaldías, juntas de acción comunal, representantes del acueducto veredal y/o municipal y de la comunidad educativa, entre otros), presentando a las instituciones responsables del proyecto- tanto las financiadoras como las ejecutoras- el objeto, el tiempo de duración del mismo y la etapa en la cual se encuentra el proyecto. El objetivo es que estos encuentros empiecen a generar lazos de confianza entre la comunidad y las instituciones, lo cual facilitará el trabajo en la zona y el desarrollo de un proceso transversal de participación a lo largo de su ejecución.

4.3 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A RESTAURAR

Cuando se inicia un proyecto de restauración ecológica es necesario realizar un reconocimiento del área para identificar algunas características que nos permitan tener una idea rápida de sus condiciones y de su estado. Este reconocimiento puede implicar dos a tres días de trabajo de campo y uno o dos días de análisis en oficina, de acuerdo al tamaño del área. En esta fase se debe iniciar la recopilación y revisión de información del área producto de dos fuentes: la información primaria que se obtiene por observación y medición directa en campo, y la secundaria que implica la revisión de documentos y cartografía.

Dentro de las características que se pueden observar, medir y registrar rápidamente en campo se encuentran: el rango altitudinal, las coordenadas geográficas, la pendiente, el relieve, las coberturas vegetales, los tipos de denudación del suelo, las actividades productivas que se desarrollan en el área (usos del suelo) y las vías de acceso principales y secundarias. Para lo cual, se puede diligenciar un formato con las características básicas y generales del área como el que se presenta en la Tabla 4.1.

Así mismo, se debe realizar una descripción de los disturbios identificados en el área que incluya como mínimo la magnitud de cada uno y las características de las áreas vecinas. Entiéndase por magnitud la intensidad y la severidad del disturbio. La intensidad considera el tamaño del área disturbada y la severidad contempla el nivel del daño causado por el disturbio, esto lo indica el análisis rápido de cada uno de los compartimentos del sistema (suelo, fauna, vegetación, agua, microclima). Entre más compartimentos estén degradados mayor será la severidad.

Tabla 4.1 Formato de campo para el reconocimiento rápido de un área a restaurar

FORMATO DE CAMPO PARA EL RECONOCIMIENTO RÁPIDO					
FECHA		OBSERVACIONES			
DEPARTAMENTO		CIUDAD		VEREDA	
LATITUD		LONGITUD		RANGO DE ALTURA	
DESCRIPCIÓN DE UBICACIÓN DEL ÁREA:					
TIPO DE RELIEVE Y PENDIENTE	TIPO DE DENUDACIÓN	% COBERTURA VEGETAL	TIPO DE USO DEL SUELO		
Plano (0 - 1%)	Erosión laminar	Arbórea	Agrícola		
Ondulado (2 - 7%)	Erosión por surcos	Arbustiva	Pecuario		
Quebrado (8 - 13%)	Erosión por cárcavas	Herbácea	Extracción Minera		
Colinado (14 - 19%)	Reptación	Rasante	Conservación (área protegida)		
Montañoso (20 - 55%)	Pata de vaca	ENCHARCAMIENTO	Plantación forestal		
Escarpado (> 50%)	Soliflucción	Si	Otro		
PERMANENCIA DEL ENCHARCAMIENTO	Golpe de cuchara	No			
Permanente	Terracetas	CUERPOS DE AGUA	NOMBRE CUERPO (S) DE AGUA		
No permanente	Otra	Río			
FUENTE DE ENCHARCAMIENTO		Quebrada			
Escorrentía		Represa			
Cuerpos de agua		Otro			
Otra					
VÍAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS (VEREDALES)					
PANORÁMICA GENERAL DEL ÁREA					
					

4.4 DIAGNÓSTICO

Cuando se tiene un área degradada y se quiere restaurar se debe realizar lo mismo que hace un médico con sus pacientes enfermos: diagnosticar su enfermedad. Para tal fin, el médico generalmente ordena una serie de exámenes que diagnostican el problema y sus causas, y luego si formulan las recomendaciones y medicamentos pertinentes. En el caso de las áreas degradadas, los ejecutores/restauradores (médicos) deben diagnosticar inicialmente el o los problemas (enfermedades) presentes en el sitio para identificar tanto las causas como las posibles consecuencias que puede generar su deterioro. Así mismo, dicho diagnóstico sirve para definir cuáles deben ser las estrategias de restauración (recomendaciones y medicamentos) para acelerar el restablecimiento del área. Pero bueno y ¿cómo hacer ese diagnóstico? ¿por dónde comenzar?

El diagnóstico en los proyectos de restauración ecológica busca conocer el estado del sistema degradado y de referencia, y la distribución espacial y temporal de los elementos de cada uno de los compartimentos de los ecosistemas (CONIF, 2003; Barrera & Valdés, 2007). Esta parte de la recopilación y revisión de la información secundaria, una primera zonificación de las unidades del paisaje en el área, y la definición de los sitios y componentes a muestrear. Posterior a esto, se realiza la caracterización biológica; se procesa el material que haya sido colectado; se organizan las bases de datos (matrices) con la información obtenida y se realiza su análisis; para finalmente obtener el estado actual del sistema a restaurar e identificar los factores limitantes, tensionantes y potenciadores (Figura 4.2). Este diagnóstico puede durar entre 3 y 6 meses, de acuerdo al tamaño del área.

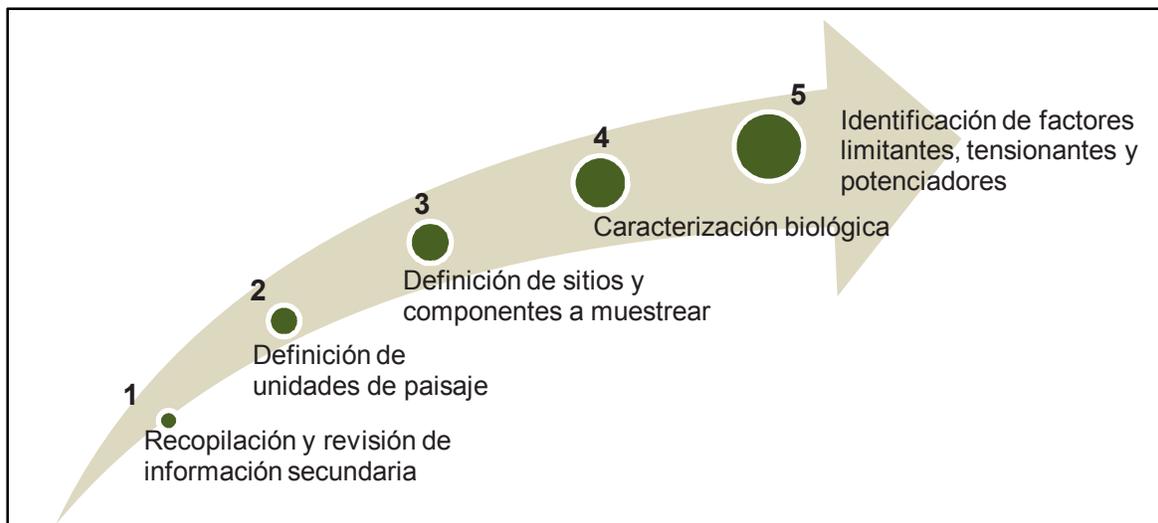


Figura 4.2 Pasos para realizar el diagnóstico detallado de un área disturbada en un proyecto de restauración.

4.4.1 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Inicialmente, se debe continuar con la revisión de la información secundaria principalmente de los aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y edáficos. Dentro de los aspectos climáticos se encuentran: la temperatura, la precipitación, humedad atmosférica, la evapotranspiración y el balance hídrico, de los cuales se debe hacer un análisis de la variación en el tiempo y el espacio. Así mismo, se debe identificar la red de drenaje dentro de los cuales se encuentran los ríos, riachuelos, quebradas, canales, entre otros. Para los aspectos geológicos y geomorfológicos se deben describir y analizar las unidades presentes en el área. En cuanto al suelo, se deben identificar las clases y subclases presentes para conocer sus potencialidades y limitaciones.

De igual forma, se debe indagar sobre aspectos bióticos (vegetación y fauna, principalmente) y sociales, para lo cual se recomienda siempre tomar esta información en campo para que sea más actualizada y tener conocimiento del estado actual, ya que estos componentes varían más en el tiempo que el componente abiótico. Posteriormente, dicha información debe ser corroborada y complementada con observación directa en campo y los muestreos de la caracterización biológica. Una vez recopilada se deben identificar los vacíos o carencias de información, bien sea porque no se haya encontrado o porque la información encontrada está desactualizada o sea insuficiente. Esto con el fin de valorar si es necesario o no obtener esa información en campo directamente.

4.4.2 ZONIFICACIÓN: DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DEL PAISAJE

La zonificación es el proceso de subdivisión de un territorio en unidades relativamente homogéneas, a partir de la estratificación física, biótica y social del paisaje a través de la interpretación jerárquica de imágenes de sensores remotos (fotografías aéreas) (Barrera *et al.* 2005). La zonificación para la restauración apunta a definir el estado de degradación de las diferentes unidades y en cuáles de ellas amerita que se realice la restauración para finalmente establecer los objetivos y las estrategias de manejo que se deben implementar en cada una.

Para realizar la zonificación se deben considerar la escala y la información existente del área a restaurar, esto definirá el nivel de detalle de los criterios que se empleen. Los pasos a seguir en la zonificación son:

- 1) Definir el tamaño del área degradada. Esta información se debe verificar con el análisis de la cartografía existente y visitas a campo.
- 2) Compilar, revisar y analizar la información secundaria que se presente para el área a nivel de imágenes y trabajos realizados.

- 3) Definición de las unidades del paisaje, las cuales son entidades discretas que reflejan la heterogeneidad ecológica del área a una escala dada (Villareal *et al.* 2004). Generalmente, dichas unidades se obtienen por medio del análisis fisiográfico y de coberturas, en el cual se realiza la interpretación de imágenes de la superficie terrestre (fotografías aéreas), y se analizan aspectos como geomorfología, geología, clima, hidrología y cobertura, ya que son los responsables de las características del paisaje en un tiempo determinado (Villota, 1997) (Figura 4.3).
- 4) Una vez se han definido las unidades del paisaje, debe realizarse una verificación en campo para corroborar y ajustar la información obtenida (Véase Recuadro 4.1. Estudio de caso: zonificación biofísica en la microcuenca Santa Helena, Cundinamarca).

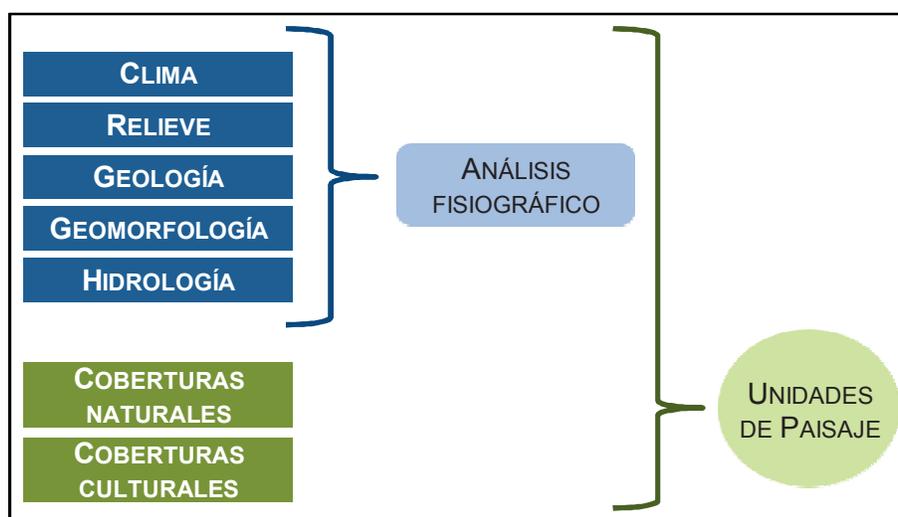


Figura 4.3 Aspectos a tener en cuenta para definir las unidades del paisaje.

En estas unidades representativas se debe realizar la caracterización biológica. En caso de que no sea posible caracterizar todas las unidades se deben seleccionar las más representativas de los disturbios presentes en el área de tal forma que se represente la heterogeneidad de los mismos.

Dentro de las unidades establecidas en la zonificación se debe definir cuál de ellas va a ser considerada como sistema de referencia, para lo cual se sugiere seleccionar aquella que presenta un mejor estado de conservación. Si el sistema de referencia no se encuentra en el área considerada, lo recomendado es recopilar la información de las áreas más representativas a nivel de conservación que puedan dar realmente una referencia de lo que era el área antes del disturbio (Brewer & Menzel, 2008).

Es importante tener en cuenta que muchas veces no existe un único sistema de referencia ya que el área que se encuentra “mejor conservada” presenta características diferentes a nuestro sistema disturbado, por encontrarse en una etapa sucesional superior. Por lo cual, también lo más recomendado es recopilar la información de varias áreas aledañas y “bien conservadas” que puedan dar realmente una referencia de lo que era el área antes del disturbio (Brewer & Menzel, 2008).

4.4.3 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y LOS COMPONENTES A MUESTREAR

Basados en las unidades de paisaje definidas anteriormente se debe definir el diseño del muestreo, entendido como el plan para obtener una muestra representativa del sistema que se va a caracterizar, para lo cual se deben tener en cuenta las unidades del paisaje más representativas, los sitios y componentes a muestrear.

Inicialmente, se deben priorizar las unidades del paisaje más representativas del área, es decir, las que presentan mayor tamaño y representan las condiciones de disturbio de la misma. Una vez identificadas las unidades del paisaje representativas y el sistema de referencia, se deben seleccionar dentro de las mismas los sitios donde se va a muestrear.

Aunque lo ideal es que se caractericen todos los elementos de los componentes bióticos, abióticos y sociales, no siempre es posible hacerlo ya que el tiempo y los recursos a veces son insuficientes. Por lo cual, es importante enfocar el muestreo en los elementos que tengan vacíos de información y que sean prioritarios a la hora de implementar estrategias de restauración de acuerdo al disturbio que domine en el área. Por ejemplo, para el caso de áreas disturbadas por minería a cielo abierto es indispensable hacer un muestreo del suelo en el área de referencia ya que su ausencia es precisamente uno de los limitantes para su restauración. Por tanto, se deben seleccionar cuáles grupos taxonómicos se van a muestrear, para ello se pueden considerar los siguientes criterios:

1. Que sean considerados grupos indicadores de procesos ecológicos y/o de diversidad. Estos grupos se caracterizan por (Villareal *et al.* 2004):

- Su especificidad de hábitat y sensibilidad a cambios en el ambiente.
- Su taxonomía es conocida y estable.
- Son abundantes, de fácil observación y manipulación.

2. Que hagan parte de los componentes más afectados por los disturbios presentes en el área.

Como muchos grupos pueden cumplir estas condiciones se recomienda darle un valor de importancia a cada uno de los criterios y así definir los grupos a muestrear. En Villareal *et al.* (2004) se puede ampliar la información para realizar esta priorización de taxones.

RECUADRO 4.1. Estudio de caso – Zonificación biofísica de la microcuenca Santa Helena como criterio de heterogeneidad ambiental (Valdés, 2004)

En el año 2003, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, en conjunto con la Escuela de Restauración Ecológica (ERE) de la Pontificia Universidad Javeriana, realizó el proyecto Restauración Ecológica de la microcuenca Santa Helena, vereda el Hatillo (Suesca-Cundinamarca). Para lo cual, antes de la caracterización e implementación de los tratamientos de restauración y diseños experimentales, se definieron las áreas con características diferentes resultado del régimen de disturbio a que han sido sometidas (zonificación biofísica). Dicha zonificación se realizó de acuerdo al análisis de las condiciones climáticas, geológicas y la descripción de la geoforma, obteniendo así 35 unidades fisiográficas (Tabla 1).

Tabla 1. Algunas unidades fisiográficas de condiciones de relieve inclinado en la microcuenca Santa Helena, vereda el Hatillo, municipio de Suesca.

CÓDIGO GEOFORMA	GEOLOGÍA	TIPO DE GEOFORMA			ÁREA (HA)
		FORMA	LONGITUD	PENDIENTE	
2344	Formación Tilatá Supe	Laderas cóncavas	Moderada	Inclinada	9.99
2454		Laderas cóncavo-convexas	Larga	Inclinada	6.41
2334		Laderas cóncavas	Cortas	Inclinada	5.51
1454	Formación Guaduas	Laderas cóncavo-convexas	Larga	Inclinada	4.54
1444		Laderas cóncavo-convexas	Moderada	Inclinada	3.18
2544	Formación Tilatá Supe	Laderas irregulares	Moderada	Inclinada	2.96
2544		Laderas irregulares	Moderada	Inclinada	2.08
ÁREA TOTAL OCUPADA					34.67
PORCENTAJE OCUPADO EN LA MICROCUENCA					32.4%

Posteriormente, se identificaron y delimitaron las coberturas vegetales, obteniendo un total de 11 tipos de cobertura que definieron finalmente 67 unidades del paisaje por su delimitación al interior de las 35 unidades fisiográficas.

4.4.4 CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

La caracterización biológica está constituida por una serie de muestreos de los componentes de los sistemas que permiten realizar una correcta lectura y análisis del estado actual del mismo y de los factores que favorecen o no su restablecimiento. Es importante tener en cuenta que la caracterización no corresponde simplemente a la descripción de las condiciones actuales de la zona, a manera de listados independientes. Lo que se requiere

es una interpretación ecosistémica del área de trabajo, de tal forma que se puedan analizar las correlaciones entre los componentes para posteriormente orientar las intervenciones de restauración, rehabilitación o recuperación a ser ejecutadas.

Dentro de los principales elementos que conforman los componentes de un ecosistema se encuentra el abiótico o físico, el biótico y el social (Figura 4.4). A continuación se presentan los métodos de muestreo de los elementos de dichos componentes. *Se deja claridad que es el consultor/restaurador el que debe seleccionar cuáles elementos va a muestrear de acuerdo al tiempo y los recursos con los que cuenta el proyecto.*

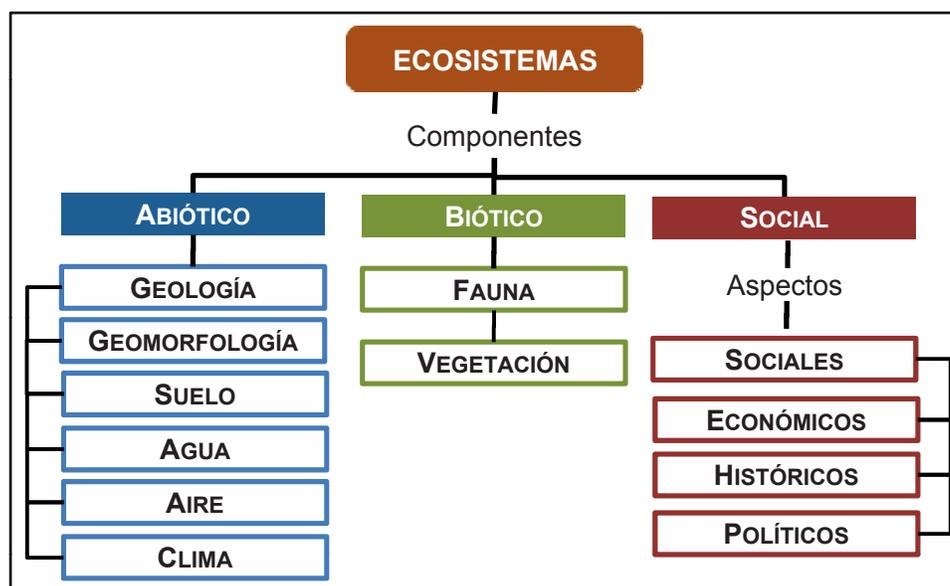


Figura 4.4 Componentes principales que conforman un ecosistema.

A. COMPONENTE ABIÓTICO O FÍSICO

El componente abiótico se caracteriza porque sus elementos no cambian en el tiempo tan frecuentemente como el componente biótico, tal es el caso de las formaciones geológicas y las geoformas. Por ello, casi siempre para hacer su caracterización sólo se considera la información secundaria como única fuente bibliográfica. Sin embargo, algunos elementos abióticos si pueden cambiar en el tiempo como son el suelo, el agua y el aire, por lo que requieren caracterización directa en campo.

- **SUELO**

Para caracterizar el suelo es importante identificar las características físico-químicas (textura, color, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, bases intercambiables, CIC) en las unidades del paisaje más representativas. Existen diferentes métodos de muestreo, dentro de los cuales se encuentran las calicatas y los apiques. Las calicatas son excavaciones profundas en el suelo que permiten identificar los perfiles y tomar una muestra de cada uno para su posterior análisis (Figura 4.5).

Los apiques son hoyos de 20 x 20 cm con 30 cm de profundidad en cada unidad del paisaje seleccionada. Dichos apiques se pueden realizar en transectos en zig-zag con cierto número de puntos para abarcar la mayor cantidad de área por unidad. De acuerdo a la profundidad de las raíces de la vegetación y al sitio donde ocurren las reacciones químicas y procesos físicos, se recomienda hacer el muestreo a dos profundidades: 0-15 cm y 15-30 cm (Breimer *et al.* 1986). Para el análisis físico-químico se llevan dichas muestras debidamente marcadas (localidad, fecha, unidad del paisaje, número de muestra, profundidad, entre otras) a un laboratorio de suelos especializado donde se encargan de hacer los análisis respectivos.



Figura 4.5 Ejemplo de una calicata para caracterización de los horizontes del suelo (Foto: José Ignacio Barrera, 1998).

- **AGUA**

Para la caracterización de la *calidad del recurso hídrico* se deben evaluar tanto las condiciones físico-químicas como las biológicas, con el fin de tener un acercamiento mucho más próximo e integral del estado de los componentes de los ecosistemas acuáticos. Para evaluar cada una de las condiciones físico-químicas se deben tomar muestras representativas de agua de aproximadamente un litro, en envases esterilizados que no alteren las características de la muestra y luego llevarlas a laboratorios especializados para su posterior análisis. Generalmente, los laboratorios proveen los frascos y todas las instrucciones para su preservación y almacenamiento (Rivera & Zapata, 2009), que básicamente consiste en guardar las muestras en una nevera de icopor con hielo y por un tiempo no mayor a 24 horas.

El número de muestras se debe estimar teniendo en cuenta las características del cuerpo de agua de tal forma que se muestree la heterogeneidad de condiciones presentes en el mismo. En los sistemas lóticos se debe considerar la longitud del río o quebrada para que estas sean representativas, así mismo se deben tener en cuenta las características de la

ronda para muestrear todas las condiciones (con vegetación riparia, sin ella, con vegetación riparia donde domina la especie X o Y, entre otras) y la profundidad. En sistemas lénticos es importante realizar muestras mixtas que consideren diferentes profundidades o hacerlo de una sola profundidad, teniendo en cuenta que los primeros centímetros están expuestos a muchos cambios por la radiación solar y no mostraría las verdaderas características del ecosistema. Para esto se recomienda utilizar botellas muestreadoras que se puedan abrir y cerrar a la profundidad requerida (Rivera & Zapata, 2009).

Es indispensable que cada muestra quede debidamente marcada con el lugar, fecha y el punto de muestreo, para que en su análisis posterior no se confunda con otros. Dentro de las variables a evaluar se recomiendan las siguientes: conductividad, DBO (demanda biológica de oxígeno), fósforo (fosfato, fósforo total), nitrógeno (nitratos, nitritos), oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, turbidez, entre otros.

La evaluación de la calidad del agua a través de las condiciones biológicas debe considerar a los organismos acuáticos reconocidos como bioindicadores de la calidad de agua por ser susceptibles a los cambios de las condiciones ambientales del sitio que habitan. Dentro de estos organismos se encuentran los macroinvertebrados acuáticos, los cuales son altamente susceptibles a cambios en la cantidad de oxígeno disuelto, el pH, la temperatura y la cantidad de iones disueltos (conductividad). Generalmente, se consideran al grupo de los efemerópteros, plecópteros y tricópteros como indicador de aguas limpias, y a los anélidos y ciertos dípteros (chironómidos) como indicadores de aguas contaminadas (Roldán & Ramírez, 2008). Así mismo, es recomendable trabajar con otros grupos indicadores de la calidad de agua como diatomeas, fitoplancton, plantas acuáticas, peces, entre otros.

Finalmente, es importante evaluar el *caudal* de los ríos ya que esto permite explicar la presencia de muchos organismos así como la carga de sedimentos o nutrientes presentes en el agua. Para esto se recomienda emplear el correntómetro o un flotador en superficie, los cuales miden la velocidad para luego cuantificar el caudal (caudal = profundidad media x ancho medio x velocidad) (Rivera & Zapata, 2009).

B. COMPONENTE BIÓTICO

- **VEGETACIÓN**

El objetivo de la caracterización de la vegetación es definir su estado en cada una de las unidades de cobertura establecidas previamente, para ello se realizan levantamientos y descripciones detalladas. Inicialmente, se debe definir la unidad de muestreo, puede ser transectos o parcelas, según sea el caso, y se debe realizar el muestreo a nivel de estrato rasante, herbáceo, arbustivo y arbóreo (Figura 4.6). Vargas & Zuluaga (1980) y Cortés (1999) recomiendan para definir el tamaño mínimo de las parcelas tener como parámetro el tipo de cobertura como se presenta a continuación (Tabla 4.3):



Figura 4.6 Métodos de muestreo de los estratos de la vegetación: a) cuadrícula de 1 x 1 m para estrato herbáceo; b) medición de la altura de los individuos para el estrato arbustivo; c) medición de la cobertura (diámetro mayor y menor) de los individuos del estrato arbustivo.

Tabla 4.3 Área mínima de la parcela para los tipos de cobertura

TIPO DE COBERTURA	ÁREA MÍNIMA DE PARCELA PARA LEVANTAMIENTO DE VEGETACIÓN (m ²)
Bosques bajos y altos	200
Matorrales	100
Matorral con helechal	40
Helechales	40
Bosque enano de subpáramo	40
Frailejonal pajonal	25
Frailejonal matorral	25
Pajonal arbustivo	25
Pastizal arbolado	40
Chuscal	25
Pastizal	4
Pastizal con matorral	40
Retamo espinoso	4
Plantación forestal con sotobosque	40
Plantación forestal de ciprés	25
Plantación forestal de acacia	25
Plantación forestal de eucalipto	25
Plantación forestal de pinos	25

Fuente: Vargas & Zuluaga, 1980; Cortés, 1999.

El número de unidades de muestreo a implementar en cada unidad de cobertura puede variar dependiendo de su tamaño y diversidad; por lo tanto, se recomienda definir dicho número por medio de una curva de acumulación de especies. En esta curva, el número de especies nuevas en una muestra aumenta de manera logarítmica, por incrementos aritméticos en el número de unidades de muestreo; el punto de inflexión o estabilización de la curva es tomado como el número unidades de muestreo suficiente, ya que allí aparecen representadas la gran mayoría de las especies (Ramírez, 1999).

Así mismo, se debe realizar un inventario y registrar por especie las siguientes características:

- Hábito o forma de vida: árbol, arbustos, epifitas, enredadera y hierba.
- Estratos en los que se encontró: herbáceo, arbustivo y arbóreo.
- Altura.
- El estimativo de la abundancia y cobertura.

En el anexo 6 se presenta un formato modelo en el cual se debe consignar la información obtenida en los muestreos de cada levantamiento.

Las especies registradas deben ser determinadas taxonómicamente y depositadas en herbarios reconocidos a nivel nacional como es el caso del Instituto de Ciencias Naturales, el Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana, el Herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre otros, previo cumplimiento de las normas vigentes. Aunque cada herbario tiene sus requisitos específicos, cada ejemplar colectado debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- Nombre de la especie y familia.
- Nombre común y usos.
- Hábito.
- Altura.
- DAP, cuando es un árbol o arbusto.
- Hábitat en el cual se encontró.
- Fecha y lugar de muestreo con coordenadas geográficas.
- Persona que colectó.
- Persona o personas que determinaron el material biológico.
- Breve descripción taxonómica, especialmente de los rasgos que se pueden perder por el proceso de secado.

Para realizar el análisis general de la información se debe estimar el número de familias, géneros y especies, y evaluar la abundancia, diversidad, dominancia y riqueza para cada una de las unidades de cobertura. De igual forma, se debe estimar el índice de valor de importancia (IVI).

La aproximación a la dinámica de los tipos de vegetación presentes en el área debe efectuarse a partir de las siguientes variables: composición, rasgos de historia de vida de las especies, los grupos funcionales de especies, la historia de uso, el régimen actual de disturbio (frecuencia, severidad e intensidad) y los estados sucesionales observados.

Para establecer una aproximación a los grupos funcionales, se deben agrupar las especies de acuerdo con rasgos similares, por medio de observaciones en campo y bibliografía. Luego se deben establecer los rasgos de historia de vida más importantes para determinar el rol funcional de las especies tomando en cuenta la forma de vida y de dispersión y si la especie es o no nativa. Dentro de las no nativas se deben considerar las especies plantadas naturalizadas y las invasoras.

- **FAUNA**

Para el componente de fauna se deben identificar y caracterizar los grupos que aporten más información sobre el sistema dependiendo el tipo de disturbio que domina en el área, los vacíos de información que se encontraron en la fase de reconocimiento, el tiempo y los recursos humanos y financieros con los que se cuentan para llevar a cabo todo el proyecto. La caracterización de la fauna debe tener arrojar los siguientes resultados:

1. Listado de órdenes, familias y especies por unidad de cobertura.
2. Gráficas de abundancia relativa, riqueza, diversidad, dominancia y equidad por unidad de cobertura.
3. En lo posible, descripción del uso de hábitat y aquellos entornos críticos para su conservación.
4. Listado de especies endémicas y amenazadas presentes en el área.
5. Listado de especies presentes en el Convenio CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y registradas en el área.

Los dos últimos listados contribuyen a la toma de decisiones en el área ya que permiten tener un acercamiento al tipo de manejo que se debe hacer de acuerdo a la composición de especies. En el caso en el que el área presente especies consideradas en alguna categoría de amenaza o sean endémicas, su manejo debe enfocarse hacia la restauración para preservar sus poblaciones, lo cual implicaría a futuro realizar estudios poblacionales de dichas especies y del uso del hábitat en la zona para evaluar su restablecimiento. Dentro de los grupos taxonómicos de fauna se recomienda caracterizar a los siguientes:

Insectos

Los insectos son bioindicadores del funcionamiento del ecosistema, debido a que participan en procesos ecológicos como la descomposición de materia orgánica, herbivoría, depredación y polinización; se reproducen rápidamente, presentan grandes tamaños poblacionales, son relativamente fáciles de muestrear y muchos de ellos son relativamente sedentarios, entre otras características (Brown, 1991; Kremen *et al.* 1993; McGeoch, 1998; Longcore, 2003).

Dentro de los grupos de insectos se recomienda muestrear la macrofauna edáfica y las mariposas. La *macrofauna edáfica* incluye invertebrados que habitan en o sobre el suelo y que miden en diámetro más de 2 mm (lombrices, grandes insectos) (Swift *et al.* 1979 en: Granados, 2003). Dentro de las funciones que cumplen se encuentran principalmente: la fragmentación mecánica y desintegración de los residuos orgánicos del suelo, el aumento de la fertilidad edáfica por medio del enriquecimiento microbiológico producto de su microflora intestinal y, el transporte y mezcla del mismo creando diversas estructuras, por lo que son considerados los “ingenieros de los ecosistemas”. En el campo de la restauración ecológica, el estudio de la macrofauna edáfica cobra gran importancia debido a su capacidad para favorecer el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas, siendo estos ambientes generalmente afectados por los disturbios. De igual manera, su estudio permite entender el estado y la dinámica del suelo como ecosistema para así plantear tratamientos que faciliten su restablecimiento.

Dentro de los métodos que se encuentran para caracterizar la macrofauna edáfica (coleópteros, lombrices, hormigas, entre otros) se encuentran (Villareal *et al.* 2004; Pérez & Fagua, 2009):

1) Las trampas de caída o pitfall: útiles para capturar cualquier tipo de artrópodo o vertebrado asociado al suelo. Generalmente, se emplean vasos plásticos desechables de 250 ml y 10 cm de diámetro y se entierran en el suelo quedando la boca a ras de la superficie (Figura 4.7). La mitad o tres cuartos del recipiente debe contener un líquido letal para preservar la muestra. Así mismo, debe quedar en campo un tiempo mínimo de 48 horas, después del cual se debe traspasar el contenido en un frasco plástico debidamente etiquetado.

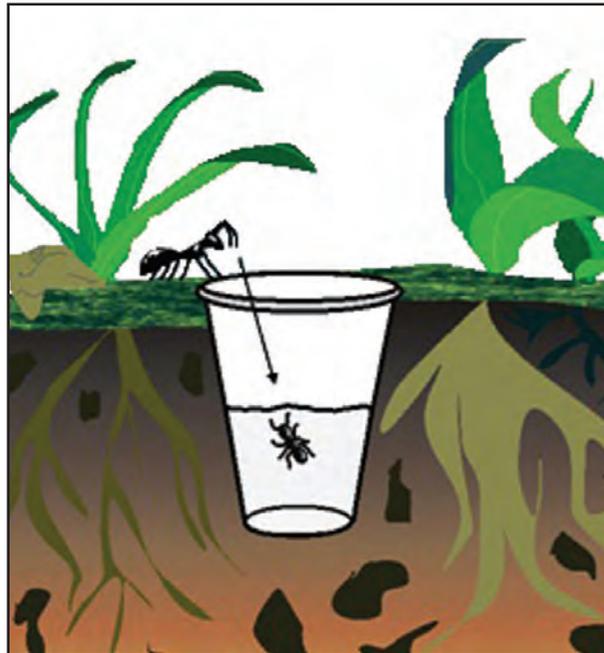


Figura 4.7 Trampa de caída o pitfall (Fuente: modificado de Pérez & Fagua, 2009).

2) El muestreo de 1 m² de hojarasca para capturar hormigas asociadas a esta. Una vez colectada la muestra esta debe ser pasada por un cernidor que separa el material de mayor tamaño y volumen (Figura 4.8 a). Las muestras obtenidas deben ser recolectadas en bolsas negras de calibre 10 o superior y llevarse al saco Winkler el mismo día de la colecta para evitar que los insectos mueran por desecación o anoxia. Cada muestra debe estar debidamente marcada con la información de campo (fecha, lugar, número de trampa, transecto y estación).

El saco Winkler es una cámara cuadrangular de tela que permite hacer la desecación de las muestras (Figura 4.8 b). Estos sacos contienen al interior unas bolsas enmalladas (entramado de 5 x 5 mm) donde se deben vaciar las muestras recolectadas en las bolsas negras y mantener un mínimo de 48 horas. En la medida en que la hojarasca comienza a desecarse, los insectos empiezan a salir en búsqueda de un lugar húmedo y terminan cayendo en el frasco colector con etanol al 70 %. Razón por la cual, se recomienda colgar estos sacos en un lugar oscuro y con alguna fuente de calor para acelerar la desecación de las muestras.

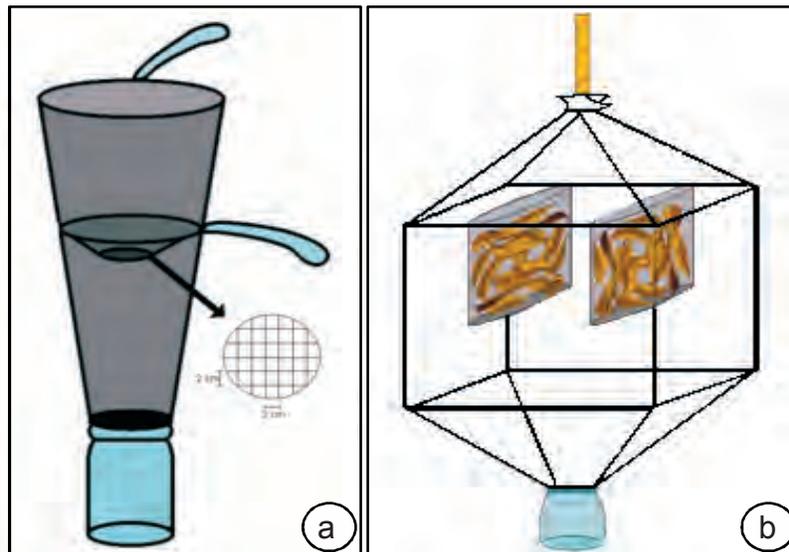


Figura 4.8 Herramientas para muestrear hormigas asociadas a la hojarasca: a) cernidor de hojarasca con manija de sujeción e ingreso de hojarasca, cedazo de 2 x 2 cm y frasco colector; b) saco Winkler con bolsas enmalladas de 2 x 2 mm y un frasco colector con etanol al 70% (Fuente: modificado de Pérez & Fagua, 2009).

3) Trampas tipo Corner en el estrato epigeo e hipogeo: estas trampas son básicamente tubos con perforaciones de 2,5 mm de diámetro cebados con embutidos o atún (Figura 4.9), estos deben ser preferiblemente transparentes. Se recomienda utilizar envases de rollos fotográficos o de muestras de orina. Las trampas del estrato epigeo deben ubicarse sobre la superficie del suelo y las del estrato hipogeo se deben enterrar a 10 cm de profundidad aproximadamente. Posteriormente, las muestras deben vaciarse en envases plásticos con etanol al 70%, deben tener su etiqueta respectiva y se debe eliminar el cebo para evitar la descomposición de la muestra.

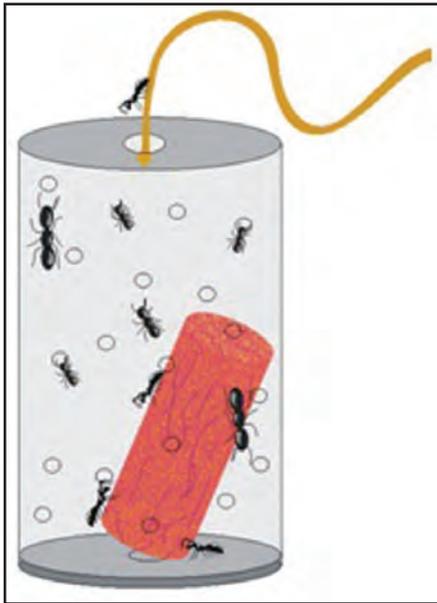


Figura 4.9 Trampa Corner o tubo cerrado con cebo para la captura de hormigas (Fuente: modificado de Pérez & Fagua 2009).

4) **Apiques**: estos corresponden a aberturas en el suelo con un volumen de 20 x 20 cm a dos profundidades, 0-15 cm y 15-30 cm. Una vez extraídas las muestras de suelo se deben empacar en bolsas plásticas debidamente marcadas y procesadas en el laboratorio por medio de la separación de los morfotipos y su determinación taxonómica (Figura 4.10). Este método permite coleccionar los estados inmaduros de la macrofauna presente en el suelo.



Figura 4.10 Apiques como método para el muestreo de macrofauna edáfica.

5) **Colecta manual** en un círculo de radio de 3 m durante 15 minutos. Esta debe realizarse preferiblemente por medio de pinzas entomológicas y se recomienda hacer la búsqueda en madera en descomposición, piedras, troncos y corteza, hojarasca, flores, frutos, epifitas, termiteros y al interior de hongos.

Finalmente, las *mariposas* son consideradas uno de los grupos de insectos que indican mejor el estado de los ecosistemas ya que presentan una alta especificidad de las plantas de las que se alimentan, razón por la cual su diversidad generalmente depende de la diversidad local de plantas, y producto de su corto ciclo de vida responden rápido a cambios

en el ambiente. Por otro lado, las mariposas diurnas juegan un papel muy importante en los ecosistemas porque contribuyen en la cadena trófica al ser un alimento frecuente de aves, mamíferos y artrópodos depredadores (Villareal *et al.* 2004).

Para realizar la caracterización de las comunidades de mariposas se recomienda emplear el método más común: la jama o red entomológica. La jama está formada por un aro metálico al que está adherido un tul de forma cónica y una vara de madera o metal (Figura 4.11 a). Esta red no debe ser empleada cuando está húmeda ya que daña las escamas que presentan las mariposas en sus alas (Villareal *et al.* 2004). Si se va a hacer colecta, una vez sean capturadas las mariposas se les debe inyectar alcohol y almacenar en sobres con su debida etiqueta mientras se llevan al laboratorio para su montaje y determinación taxonómica (Figura 4.11 b). Si no se van a coleccionar los ejemplares colectados se deben determinar rápidamente y liberar lo más lejos posible de la zona de muestreo para evitar una re-captura y sobreestimación de la abundancia, si no se marcan los individuos capturados.



Figura 4.11 a) Muestreo de mariposas por medio del uso de redes entomológicas y b) almacenamiento de un individuo capturado en sobres de papel mantequilla (Fotos: Gustavo Pérez, 2010).

Aves

El estudio de las aves es de vital importancia ya que son buenas indicadoras de disturbio en bosques tropicales al responder a los cambios en la estructura de la vegetación local (Barlow *et al.*, 2002; Pearman, 2002), composición florística y disponibilidad de recursos alimenticios (Bersier & Meyer, 1994). Así mismo, las aves desempeñan roles importantes para el buen funcionamiento de los ecosistemas como son la dispersión de semillas (Howe & Smallwood, 1982), la polinización (Allen-Wardell *et al.*, 1998), el control biológico de plagas (Perfecto *et al.*, 2004; Jones *et al.*, 2005) y la limpieza de carroña (Prakash *et al.* 2003; Sekercioglu, 2006). Para caracterizar la comunidad de aves se emplean generalmente dos métodos (Villareal *et al.*, 2004):

1) Observaciones directas de las aves. Estas se pueden realizar *ad libitum* o por medio de puntos de conteo de radio fijo (Figura 4.12). Los puntos de conteo de radio fijo son realizados desde puntos determinados en los cuales se registran las aves que se observen y escuchan en un radio de 25 m; dichos puntos deben estar separados entre 100 y 150

m (Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Calidris & WWF Colombia, 2004). Las observaciones se deben realizar por medio de binoculares durante 10 minutos en cada punto, en los cuales se registrarán las aves avistadas en cada tipo de cobertura. El número de observaciones debe ser estimado de acuerdo a la curva de acumulación de especies. Se debe registrar la especie, el número de individuos, el sexo, cuando sea posible, el hábitat asociado, registros de alimentación e indicios de la época reproductiva. La identificación de las especies se puede realizar con la Guía de Aves de Colombia de Hilty & Brown (1986, 2000, 2008). Así mismo, se recomienda realizar el registro de vocalizaciones ya que hay aves crípticas de difícil observación y captura como las pertenecientes a las familias Formicariidae, Rhinocryptidae y Troglodytidae.



Figura 4.12 Observación de aves en los humedales de Bogotá (Foto: Sandra Contreras, 2009).

2) Redes de niebla: son redes de nylon negro generalmente. Estas deben ser abiertas durante los picos de mayor actividad de las aves (6:00-11:00 y 16:00-18:00), siendo más recomendado el pico de la mañana. A cada individuo capturado se le debe hacer un registro fotográfico y se deben tomar las medidas correspondientes a la longitud del pico, ala, tarso y comisura; así mismo se deben registrar los indicios de preparación para la migración como grasa o cañones. En la medida de lo posible se deben utilizar anillos para registrar las recapturas y no sobreestimar las poblaciones (Figura 4.13).

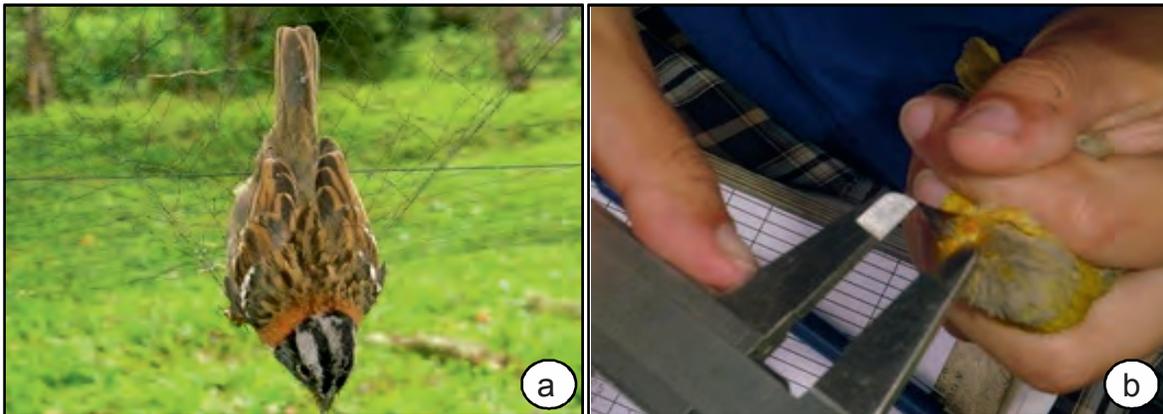


Figura 4.13 Redes de niebla empleadas generalmente para muestreo de aves y toma de medidas de las aves capturadas.

Mamíferos

Los mamíferos son importantes ya que generan cambios significativos en la estructura y composición del paisaje y la vegetación circundante (Sánchez *et al.*, 2004), al contribuir con la regeneración de los ecosistemas por medio de la dispersión de semillas, y con el equilibrio en la cadena trófica al ser depredadores y presas, regular poblaciones de insectos (Méndez, 1993) y algunos invertebrados (Carey & Harrington, 2001), y facilitar la dispersión de esporas de micorrizas (Mangan & Adler, 2000). Para la caracterización de mamíferos se recomienda combinar las siguientes técnicas de muestreo:

1) Entrevistas con habitantes de la zona: se deben realizar entrevistas con habitantes del sector con el objeto de recopilar información acerca de registros de especies de mamíferos conocidos por ellos en la zona. Esta actividad se puede realizar de manera informal mediante conversaciones abiertas y con la ayuda de guías ilustradas de campo.

2) Muestreos de la comunidad de murciélagos: este muestreo se realiza mediante el uso de redes de niebla que deben ser instaladas en las unidades del paisaje previamente seleccionadas entre las 18:00 y 6:00, y revisadas cada hora de acuerdo al éxito de captura. Una vez se capturen los individuos, estos deben ser guardados en bolsas de tela, llevados a un sitio donde se puedan identificar por medio de claves taxonómicas como Fernández *et al.* (1988) y Timm & Laval (1998).

3) Registros de mamíferos medianos y grandes: se recomienda instalar trampas huella cebadas con frutas, huevo o pollo podrido, o avena con esencia de vainilla, cada 50 m a lo largo de un transecto. El número de transectos dependerá del tamaño del área. A cada huella obtenida se le debe medir su tamaño, extraer su molde en yeso y realizar su registro fotográfico correspondiente (Figura 4.14). Las huellas pueden ser identificadas de acuerdo a Aranda (2000) y Navarro & Muñoz (2000).

4) Recorridos intensivos: dichos recorridos se realizan con el fin de registrar mamíferos presentes en el sotobosque y en el dosel (indicios), y de realizar la búsqueda de rastros, huellas, rasguños, sitios de alimentación y restos de mamíferos que indiquen su presencia (Figura 4.14).



Figura 4.14 Zorros (*Cerdocyon thous*) observn cámaras trampa y registro de sus huellas en el Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya (Fotos: Germán Jiménez, 2009).

Herpetofauna

La herpetofauna es considerada como un grupo indicador de la calidad ambiental, debido a que presentan características como: piel altamente permeable y huevos sin cascarón, ciclos de vida que combinan estados larvales acuáticos con estadios adultos terrestres; extrema especialización ecológica y marcadas preferencias en cuestión de hábitat. Dichas características los hacen muy vulnerables a cambios drásticos en el ambiente como la pérdida directa de hábitats, cambios microclimáticos, reducción de microhábitats disponibles, pérdida de nichos tróficos, fragmentación, entre otros (Yahner, 1988; Saunder *et al.* 1991; Pluspetrol & TGP, 2004).

Para el muestreo de anfibios se recomienda utilizar el método de registros por encuentros visuales (VES por sus siglas en ingles: Visual Encounter Surveys) que consiste en realizar transectos de 100 m x 4 m, los cuales se ubican aleatoriamente y son recorridos por dos personas en tres jornadas: mañana (8:30 a 10:30), tarde (16:00 a 18:00) y noche (19:30 a 21:30). Los muestreos en cada unidad de cobertura tendrán una duración de un día sin repetir más de una jornada de muestreo en cada transecto, con el objetivo de no causar mayor perturbación (Heyer *et al.* 1994).

Durante el recorrido los colectores deben buscar sobre la vegetación y la hojarasca y capturar manualmente los individuos presentes hasta una altura máxima de 2,5 m. Para cada individuo avistado y capturado se debe registrar: la hora de captura; la altura de la posición vertical (“percha”); la actividad (llamado, amplexo, reposo, etc.); y el sustrato en el que se encontraba cada ejemplar (hojarasca, rama, tallo, hoja, helecho o bromelia). Los individuos colectados se deben fotografiar en su parte dorsal y ventral para su posterior determinación y deben ser liberados en el sitio inmediatamente después de ser registrados.



Figura 4.15 Muestreo de reptiles (Foto: Andres Rymel, 2010).

Peces

Para realizar la caracterización de la comunidad de peces en áreas a restaurar donde se presenten ecosistemas acuáticos, se recomienda inicialmente definir las áreas de muestreo de tal forma que se abarque la heterogeneidad de los ecosistemas o por lo menos los más representativos. Cada sitio de muestreo debe ser georeferenciado, se debe tomar su altitud y hacer una descripción de las características físicas y bióticas. La importancia de esta descripción radica en que muchos de estos aspectos permiten explicar la presencia o abundancia de ciertas especies de peces. Para ampliar esta información se recomienda revisar el trabajo realizado por Rivera-Rondón *et al.* (2008) cuyo objetivo fue describir los hábitats ocupados por *Grundulus bogotensis*, especie endémica presente aún en Bogotá, y determinar su distribución vertical y horizontal en la laguna de Fúquene.

Posterior a la definición de los sitios o estaciones de muestreo, se debe indagar con las comunidades humanas que habitan el área, cuáles son las técnicas que emplean para pescar; cuáles poblaciones de peces identifican; cuándo y dónde, se presentan dichas especies, con qué frecuencia y en qué cantidad; de qué peces se alimentan, entre otros aspectos.

Una vez se vaya a comenzar el muestreo, se recomienda emplear diferentes técnicas o también llamadas artes de pesca para abarcar el mayor número de hábitats posibles y así obtener el mayor número de especies presentes en el área. Dentro de las técnicas se encuentran (Ramírez, 1998; Rueda-Delgado, 2002; Maldonado *et al.*, 2005; Prada-Pedrerros *et al.* 2006; Rivera-Rondón *et al.* 2008):

1) Trampas: son encierros (cuadrados, cilíndricos, cónicas) de diferentes materiales (PVC, tela, madera, malla metálica, bejuco) con embudos en sus extremos, los cuales conducen a los peces hacia el interior pero no les permite salir. Para incrementar la captura se pueden emplear carnadas que atraigan a los peces. La especie y el tamaño del individuo capturado, está supeditada al tamaño de la trampa y al tipo de cebo que se emplee. Las trampas son puestas en el fondo de manera individual o en serie para favorecer la captura y deben ser revisadas periódicamente.

2) Electropesca: a diferencia de los otros métodos, la pesca eléctrica presenta grandes ventajas ya que se adapta a las condiciones de los cuerpos de agua andinos como son la torrencialidad y los fondos pedregosos. Este método pasa la corriente a través de dos electrodos que se encuentran sumergidos generando un campo eléctrico en el cual los peces pasan y quedan aturdidos.

3) Redes: es una de las técnicas más empleadas tanto con fines comerciales como investigativos. Se caracterizan por seleccionar los peces de acuerdo al tamaño de la red. Por lo cual, para obtener una muestra significativa se recomienda emplear redes con diferente tamaño de ojo de malla. Dentro de estas se encuentran las redes de ahorque o agalleras, las cuales son ideales para capturar diferentes especies en la superficie o en la parte media de la columna de agua, las atarrayas, arrastres y chinchorros (Figura 4.16).



Figura 4.16 Muestreo de peces por medio del uso de redes en cercanías al Humedal de Tibitoc (Foto: Saúl Prada, 2008).

Finalmente, cuando se hayan colectado los peces, estos deben ser preservados en formol al 10% por 72 horas y luego transferidos a etanol al 70%. Algunos curadores recomiendan lavar los ejemplares cuando se va a realizar dicha transferencia. De igual forma, se debe realizar el etiquetado correspondiente con datos como fecha de colecta, estación de muestreo, colector, método de colecta, así como los patrones de coloración de los ejemplares que por el proceso de fijado y el tiempo se pierden.

Aunque muchas veces no se tiene claridad de la importancia de coleccionar, sea material vegetal o animal, es necesario tener en cuenta que las colecciones biológicas son como bibliotecas o centros de documentación que aportan información de la diversidad pasada y actual de nuestro planeta, por lo que su información es irremplazable (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). No obstante, se debe considerar que para hacer colecta de material biológico se debe contar con un permiso otorgado por las autoridades ambientales correspondientes.

- **COMPONENTE SOCIAL**

Para caracterizar las condiciones de la comunidad humana que habita en el área que se va a restaurar o en áreas aledañas se recomienda seguir los siguientes pasos:

1) Revisar la información de las condiciones de la comunidad del área. Las fuentes básicas de información son los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios, el Plan de Desarrollo vigente y los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Aunque esto se debe hacer en la fase de revisión de información secundaria, es vital tener claro que antes de entrar a la zona se debe conocer la información básica sobre la misma.

2) Verificación de información en campo, para lo cual se recomienda:

a) Definir los límites físicos de los centros poblados o veredas donde se encuentra la comunidad. Como el objetivo no es hacer un censo, se deben definir el tamaño de la muestra representativa a caracterizar. Los límites físicos generalmente los dan los mismos términos de referencia del proyecto cuando hace mención del objeto de estudio (microcuenca, cantera, área protegida, entre otros), lo que se debe definir es el número de familias presentes en el área y su permanencia. Se puede dar el caso que no haya presencia de comunidad dentro del área a restaurar, pero que la comunidad aledaña si tiene una influencia sobre la misma, por lo cual es a esta comunidad a la que se debe caracterizar.

b) Caracterizar a la comunidad definida para el área afectada y adyacente: esto se puede hacer siguiendo diferentes métodos como encuestas, entrevistas semi-estructuradas y/o talleres, y debe abordar la totalidad de la muestra representativa previamente definida (Figura 4.17). Finalmente, se debe obtener información como mínimo de los siguientes aspectos (Aguilar, 2009):

- Actividades productivas desarrolladas en el área, frecuencia, intensidad y temporalidad.
- Aspectos indicadores de desarrollo humano (educación, ingresos, egresos, oportunidades).

- Tenencia de la tierra.
- Infraestructura presente en el área.
- Instituciones presentes en el área y proyectos o actividades desarrolladas.
- Intereses y expectativas de la comunidad a nivel ambiental, político, social y económico.



Figura 4.17 Talleres comunitarios realizados por la Escuela de Restauración Ecológica en proyectos de restauración.

c) Se deben caracterizar cada uno de los actores que hacen parte de la comunidad implicada. Para esto se recomienda realizar el *análisis social CLIP (Conflicto/Colaboración, Legitimidad, Intereses, Poder)* propuesto por Jacques Chavelier, el cual permite construir el perfil de cada uno de los actores involucrados en una situación particular, por ejemplo la restauración ecológica de la cuenca abastecedora de agua para el acueducto comunitario o la declaración de un área protegida con fines de conservación y restauración. Este análisis se denomina CLIP porque se basa en el análisis de cuatro factores: poder, intereses, legitimidad y las relaciones de colaboración y conflicto entre actores frente a una situación.

d) Finalmente, se debe analizar con la comunidad cómo todos los aspectos socioeconómicos, políticos y culturales podrían influir en el estado de los recursos naturales del área a restaurar. Es importante destacar que es la comunidad la que evidencia los procesos de cambio en un sistema natural, mientras que con un solo muestreo técnico sólo se percibe lo que pasa en un instante del tiempo y no en un proceso. En esto radica la importancia de hacer este análisis con la comunidad ya que se puede tener una aproximación del proceso de transformación del área y ayuda a consolidar el cuestionamiento individual y el reconocimiento del individuo como principal agente transformador de los sistemas naturales. Por lo cual, se recomienda también vincular a las personas de mayor edad, permanencia y/o conocimiento de la zona de estudio.

4.4.5 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES LIMITANTES, TENSIONANTES Y POTENCIADORES

Basados en la información consolidada en la caracterización, se deben identificar los factores tensionantes, limitantes y potenciadores de un área degradada. Para la identificación se recomiendan los siguientes aspectos:

- Definir el sistema a restaurar y la escala a la cual se va a trabajar.
- Definir el momento de análisis de los limitantes y tensionantes, ya que no es lo mismo analizar un área que fue disturbada o que está siendo disturbada.
- Analizar qué factores hacen falta para que se desarrolle la vida en el área disturbada que provengan de afuera del sistema (tensionantes, T1) o que sean condiciones propias del área e impidan su desarrollo (limitantes).
- Analizar los tensionantes que se pueden generar desde el área disturbada hacia el área aledaña (T2).
- Identificar las características internas y externas al sistema a restaurar que contribuyan a su restablecimiento (factores potenciadores). La guía para realizar esta identificación es sin duda alguna el análisis de las características del sistema de referencia, ya que éste presenta atributos que permiten el establecimiento y supervivencia de organismos y el desarrollo de interacciones inter e intra específicas.

A continuación se presenta un ejemplo en el cual se identifican los factores tensionantes y limitantes en un área afectada por la invasión de retamo espinoso y por actividades pecuarias. Inicialmente se delimito el sistema a restaurar. Para el primer caso el sistema a restaurar corresponde a los parches de retamo espinoso (Figura 4.18). En la Tabla 4.4 se describen los factores limitantes y los tensionantes que genera el área adyacente sobre el sistema disturbado (T1) y viceversa (T2), en este caso la presencia de retamo espinoso es un factor limitante por ser una condición propia del sistema a restaurar.



Figura 4.18. Área invadida por retamo espinoso en la localidad de Usme.

Tabla 4.4 Factores tensionantes y limitantes identificados en un área invadida por retamo espinoso.

FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Dominancia de una especie con características invasoras, limitan el desarrollo de especies nativas. • Presencia de un banco de semillas con dominancia de semillas de retamo espinoso limitan el desarrollo de especies nativas. 	<p><i>Tensionantes que pueden actuar sobre el claro posterior a la eliminación del retamo (T1):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación. • Incendios. • Heladas. • Podas. • Viento. • Tránsito de vehículos y de gente. <p><i>Tensionantes del parche de retamo sobre las áreas aledañas (T2):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor probabilidad de incendios. • Dispersión de semillas de retamo espinoso hacia el área adyacente.

En el segundo caso se analizó en la misma área un sistema afectado por la actividad pecuaria (Figura 4.19) (Tabla 4.5). A diferencia del caso anterior, los matorrales de retamo espinoso se vuelven tensionantes para el área a restaurar, pasando de ser factores limitantes a factores tensionantes de tipo 1 (T1).



Figura 4.19. Área afectada por uso pecuario en la localidad de Usme.

Tabla 4.5 Factores tensionantes y limitantes identificados en un área afectada por uso pecuario.

FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Suelo compactado que limita la infiltración de agua. • Escasez de nutrientes, que limita el desarrollo de la vegetación. • Baja presencia de vegetación nativa herbácea, arbustiva y arbórea que protejan al suelo de la radiación solar directa, por ende debe haber una alta tasa de evaporación. • Presencia de especies con características invasoras como el pasto Kikuyo y, en menor proporción, el retamo espinoso. 	<p><i>Tensionantes del exterior (T1) sobre el área a restaurar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de grandes parches de retamo espinoso y por ende una alta dispersión de sus semillas. • Viento • Lluvia • Heladas • Pastoreo de vacas de las comunidades humanas aledañas al área. <p><i>Tensionantes del área a restaurar sobre las áreas aledañas (T2):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja presencia de vegetación nativa.

4.5 VALORACIÓN Y PRIORIZACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN

El objetivo de la valoración de las diferentes unidades definidas y caracterizadas es definir el estado de degradación de cada una. En el Recuadro 4.2 se presenta un ejemplo de valoración de las características del componente suelo para la microcuenca Santa Helena en Suesca, Cundinamarca.

Posterior a la zonificación, se debe realizar la priorización con el fin de definir por donde iniciar la restauración del área disturbada de tal forma que se neutralice la degradación, se optimicen los recursos y se acelere al máximo el restablecimiento del área. Dentro de los criterios a tener en cuenta para la priorización se encuentran:

- 1) Tipos de áreas adyacentes al área a restaurar y sus tamaños.
- 2) Amenazas o daños potenciales que los sistemas vecinos pueden generar sobre el área a restaurar.
- 3) Implicaciones que trae para el área a restaurar cada uno de los disturbios presentes en el mismo, y valoración de cada disturbio, en el caso en que se presenten varios disturbios en una misma área, si no es el caso se debe omitir esta consideración.
- 4) Bienes y servicios que presta el área.

RECUADRO 4.2 Estudio de caso: valoración de las características físicas, químicas y bióticas del suelo, y los procesos denudativos en la microcuenca Santa Helena, Cundinamarca (Castro, 2009)

En el marco del trabajo “*Valoración económica de las alternativas de restauración ecológica del suelo y sus servicios ecológicos asociados alterados por uso agropecuario en la microcuenca Santa Helena (Suesca-Cundinamarca)*”, se estimó la calidad del suelo de cada unidad del paisaje identificada, teniendo en cuenta sus características físicas, químicas y bióticas, y los procesos denudativos. Para ello, se recopiló la información obtenida en el diagnóstico de las características físicas y químicas del suelo, y los procesos denudativos presentes. Las características identificadas recibieron una valoración, siendo cero la que menos calidad le confería al suelo y uno la que más le aportaba calidad (Tabla 1). Para la presencia de procesos denudativos se otorgó puntaje a cada tipo y combinación, siendo los cercanos a cero mucho más severos y por tanto los que presentan menores grados de conservación, y los cercanos a uno los que presentan procesos menos severos o ausentes en las unidades de paisaje y por tanto mayores grados de conservación (Tabla 2).

Tabla 1. Atributos, rangos y calificación para hallar la calidad del suelo en la microcuenca Santa Helena.

CALIDAD DEL SUELO = f(%MO + C/N + Fert + DA + Div)/5							
%MO		Rango de apreciación (Puntaje)	1 - 5 Bajo 0	5 - 10 Medio 0,5	10 - 15 Alto 1		
C/N		Rango de apreciación (Puntaje)	< 7: > 20 Muy Baja; Muy alta 0	7 - 9; 12 - 19 Baja ; Alta 0,5	9 - 12 Óptima 1		
FERTILIDAD		Rango de apreciación (Puntaje)	< 3,6 Muy Baja 0	3,6 - 5 Baja 0,25	5,2 - 6,7 Moderada =0,5	6,7 - 8,4 Alta 0,75	9 - 12 Óptima 1
C/N		Rango de apreciación (Puntaje)	< 7: > 20 Muy Baja; Muy alta 0	7 - 9; 12 - 19 Baja ; Alta 0,5	9 - 12 Óptima 1		
DENSIDAD APARENTE	ARC	Rango de apreciación (Puntaje)	> 1,47 Restringe crecimiento radicular 0	1,39 Afecta el crecimiento radicular 0,5	< 1,10 Ideales 1		
	FRA - ARC	Rango de apreciación (Puntaje)	> 1,75 Restringe crecimiento radicular 0	1,60 Afecta crecimiento radicular	< 1,40 Ideales 1		
DIVERSIDAD EDAFOFAUNA		Rango de apreciación (Puntaje)	0,693 (0)	0,928 (0,33)	1.300 (0,67)	1,471 (1)	
CALIDAD DEL SUELO		Rango de apreciación (Puntaje)	Baja 0 - 0,33	Media 0,34 - 0,66	Alta 0,67 - 1		

Tabla 2. Calificación de los rangos de presencia de procesos erosivos del suelo

TIPO DE PROCESO EROSIVO	APRECIACIÓN (PUNTAJE)	RANGO	PUNTAJE
Soliflucción plástica moderada - severa Macro - deslizamientos Desplomes	0	Alto	0 - 0,33
Soliflucción plástica mod Micro - deslizamiento	0,143		
Erosión laminar severa	0,286	Medio	0,34 - 0,72
Erosión laminar moderada a severa	0,429		
Soliflucción plástica moderada	0,572	Alto	0,73 - 1
Soliflucción en pata de vaca ligera a modera	0,715		
Soliflucción plástica ligera	0,855		
Ninguno	1		

4.6 DEFINICIÓN DE METAS Y OBJETIVOS DE RESTAURACIÓN

Una vez se han priorizado las áreas a restaurar de acuerdo a su estado de degradación, es posible definir las metas y objetivos de restauración, para lo cual es importante recordar la definición de estos conceptos:

Metas: son las condiciones o estados ideales que en el proyecto se pretenden alcanzar (Clewell *et al.* 2005; SER, 2004). Estas se pueden enfocar en la restauración, rehabilitación o recuperación de los atributos perdidos.

Objetivos: son las medidas concretas que se toman para lograr las metas (SER, 2004). Estos deben ser alcanzables en el tiempo y acordes con los recursos económicos con los que cuenta el proyecto. Así mismo, estos objetivos deben ser claros y deben poseer un carácter adaptativo de tal forma que en la evaluación y seguimiento se puedan ir ajustando para obtener los resultados de desarrollo sucesional esperados para el área (Barrera & Valdés, 2007; Vargas & Mora, 2008).

Para la definición de las metas y objetivos se deben tener en cuenta tanto el uso que se le va a dar al territorio a futuro como el nivel jerárquico en el que se enfocará la restauración:

- *El uso futuro del territorio.* El uso final está afectado con la tenencia del predio si es privado o estatal. En el caso de predios estatales se puede presentar el caso que las metas ya han sido establecidas previamente por las autoridades ambientales, tal es el caso de áreas protegidas como el Parque Distrital de Montaña Entrenubes (localidad de San Cristóbal) cuya meta es su restauración ecológica. En el otro caso en el que sean predios privados, es el dueño del predio el que fija la meta; si el uso se va a enfocar en prácticas productivas sostenibles la meta será la rehabilitación del área, mientras que si el uso se enfoca hacia la recreación pasiva y/o la investigación la meta será la restauración.

Dos ejemplos liderados por la Secretaria Distrital de Ambiente fueron: **1)** en la cuenca de la quebrada Porquera en la vereda Mochuelo Alto, localidad de Ciudad Bolívar, en el año 2007, en predios privados se desarrolló un proyecto de restauración cuya meta fue la rehabilitación ecológica de la microcuenca de dicha quebrada y su objetivo fue el aumento de la cobertura vegetal arbórea y arbustiva nativa; **2)** en la cantera Soratama (predio estatal) se desarrolló un proyecto de restauración cuya meta fue su rehabilitación ecológica, para lo cual se plantearon como objetivos: **a)** estabilizar la geomorfología del terreno, **b)** implementar diseños florísticos con especies nativas arbóreas y arbustivas; **c)** generar una cobertura de herbáceas en las zonas de taludes por medio de la plantación de especies trepadoras; y **d)** generar coberturas herbáceas a partir de la implementación de biomantos y trinchos.

- *Niveles jerárquicos.* Para la definición tanto de las metas como de los objetivos se deben tener en cuenta los niveles jerárquicos en los que se enfoca la restauración ya que se puede abarcar desde el nivel de especie hasta ecosistemas o paisajes. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada nivel es diferente y por ende debe tener objetivos de trabajo diferentes a la hora de pensar su restauración (Ehrenfeld 2000). Aunque el proyecto sea enfocado en la restauración de un solo nivel debe considerar una visión integral del

sistema teniendo en cuenta que cada nivel interactúa con los niveles jerárquicos superiores e inferiores y que dichas interacciones pueden hacer que el sistema se desarrolle o se detenga. Generalmente, el nivel que manejan la mayoría de proyectos de restauración es el ecosistémico; en estos casos, *“lo que se quiere retornar a su estado predisturbio son las condiciones ecológicas que garantizan la recuperación de la composición, estructura y función del ecosistema”* (Vargas & Mora, 2008)

4.7 SOCIALIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y LA PROYECCIÓN FUTURA DEL ÁREA

Como parte del Plan de Gestión Social que se desarrolla de manera transversal en el proyecto, se debe realizar una socialización de los resultados obtenidos en la caracterización biológica, en la zonificación y en la priorización, de tal forma que la comunidad interesada conozca el estado actual del área que se va a restaurar. De igual forma, es importante que el mapa obtenido de priorización para la restauración ecológica del área sea presentado a la comunidad y concertado con el equipo técnico. Este ejercicio permitirá proyectar de manera clara las metas y objetivos para cada zona.

Dicha socialización se puede realizar por medio de mesas de trabajo que contemple diferentes talleres en los cuales se analicen los resultados obtenidos por el equipo técnico y se complementen con el conocimiento tradicional de la comunidad. Así mismo, se recomienda realizar de manera conjunta un trabajo de concertación entre el equipo técnico y la comunidad, en el cual se analice el escenario de priorización para la restauración y la definición de metas y objetivos para el área. Para lo cual, se recomienda analizar de manera conjunta (equipo técnico y comunidad) los siguientes aspectos:

1. Condiciones deseadas para dentro de ‘n’ años: se debe concertar lo que propone el equipo técnico con lo que desea la comunidad.
2. Condiciones actuales del área: se consolida con la información que obtuvo el equipo técnico y la que conoce la comunidad del área.
3. Causas que generan las condiciones actuales del área y los responsables de las mismas.
4. Acciones que se pueden desarrollar para que las condiciones actuales lleguen a ser las condiciones deseadas en cada zona a restaurar.
5. Actores responsables de las acciones planteadas anteriormente, estos deben seleccionarse de acuerdo a los actores identificados en la fase de caracterización.
6. Nivel de compromiso de los actores para desarrollar dichas acciones.
7. Metas y objetivos para el cumplimiento de dichas acciones enfocadas en la restauración, rehabilitación o recuperación, según sea el caso.

Así mismo, se recomienda realizar esta socialización basada en el análisis multicriterio. Dicho análisis es un método en el cual se toman decisiones (soluciones) con referencia a una situación en particular, basándose en diferentes criterios. Una de las grandes bondades de este análisis es que permite integrar información objetiva y subjetiva de aspectos sociales, financieros, ambientales, técnicos, institucionales, entre otros, lo que ha contribuido a que sea cada vez más empleado (Munda, 2004 en: Lomas *et al.*, 2005).

En el caso de los proyectos de restauración ecológica, la situación en particular que se debe analizar es el estado actual de degradación del área y la necesidad de restaurarla. De acuerdo a lo que el equipo técnico socialice sobre los principales resultados de la fase de caracterización diagnóstica, se deben definir unos criterios de evaluación que abarquen todos los aspectos (ambiental, social, económico, político, entre otros). Finalmente, con la participación de la mayoría de los actores se deben plantear soluciones-multicriterio. Esto puede facilitar la formulación de las metas y objetivos para las áreas zonificadas y priorizadas, así como la propuesta de tratamientos de restauración para dichas áreas.

4.8 DEFINICIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL SISTEMA A RESTAURAR

Una vez se hayan definido las metas y objetivos se deben desarrollar modelos teóricos que representen la trayectoria a recorrer por la sucesión desde el estado actual del sistema a restaurar hasta el estado final al que se desea llevar. La caracterización del estado actual del sistema se debió haber realizado en la fase de caracterización diagnóstica. El estado deseado se debe definir de acuerdo a las propiedades del sistema de referencia caracterizado, si es este al estado que se quiere llevar finalmente al sistema.

Aunque no es una tarea fácil porque se requiere de un gran conocimiento del sistema a restaurar así como del definido como referencia, y de las interacciones de sus componentes, la realización de modelos conceptuales es de suma importancia ya que permite visualizar e identificar cuándo es necesario hacer un manejo adaptativo en el sistema si este se ha desviado de la dirección deseada. Esta modelación sólo se requiere cuando las metas y objetivos están enfocados en la restauración y rehabilitación del sistema; cuando se desea hacer una recuperación ecológica de algún atributo perdido, no es necesaria (Barrera-Cataño, 2008).

Dentro de los pasos que se pueden seguir para facilitar la realización de dichos modelos se encuentran:

1. Realizar un **análisis de los componentes del sistema a restaurar y sus interacciones, y de cómo los disturbios presentes en el área influyen en su dinámica**. Esto con el fin de definir lo más exactamente posible hacia dónde se deben enfocar las estrategias de restauración. Para realizar este análisis se recomienda utilizar el programa de modelación Vensim PLE, entre otros; el cual es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular y analizar la dinámica de los sistemas. Es de aclarar que el comportamiento de la naturaleza es más complejo y ningún modelo podrá incluir todas las variables que actúan sobre ella, a través del largo proceso de restauración.

2. **Se debe seleccionar una o varias variables** que permitan evaluar el cumplimiento de los objetivos y metas en la fase de evaluación y seguimiento, y que puedan indicar el proceso sucesional que se presenta en el área restaurada. Para el componente de vegetación, dentro de las variables recomendadas se encuentra la riqueza de especies vegetales por estrato (rasante, herbáceo, arbustivo y arbóreo) y la cobertura. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en los sistemas disturbados se presenta una alta diversidad, pero al analizar los atributos de las especies se encuentra que la mayoría de especies son de tipo arvense y algunas con características invasoras. Por lo cual, es importante analizar, junto con la riqueza y la cobertura, la invisibilidad de las especies, la cual es reportada en bibliografía.

3. Finalmente, se recomienda realizar **modelos de trayectoria** que partan del estado inicial que se presenta en el área disturbada y se proyecte en el tiempo hacia un estado similar al del sistema de referencia (estado deseado). El tiempo que transcurra de un estado a otro dependerá de la efectividad de las estrategias que se implementen. Razón por la cual, es necesario analizar con los modelos de trayectoria cuáles son las estrategias más adecuadas para acelerar el proceso sucesional antes de implementarlas, de esta forma se puede optimizar el tiempo y los recursos del proyecto.

Es importante tener en cuenta que este modelo de trayectoria se basa en suposiciones de lo que puede ocurrir en el sistema restaurado una vez se haya implementado una estrategia para su restauración, así como en las características de las áreas adyacentes. Estas suposiciones serán más cercanas a la realidad en la medida en que se tenga un mayor conocimiento del sistema a restaurar y de las interacciones que puedan ocurrir al interior de este y con su entorno.

A continuación se presenta un ejemplo de modelo de trayectoria desarrollado como resultado del trabajo conjunto entre la Escuela de Restauración Ecológica de la Universidad Javeriana y la Secretaría Distrital de Ambiente dentro del Programa de Restauración Ecológica que adelanta esta última entidad en el Parque Ecológico Distrital Entrenubes. El área analizada fue afectada por la dominancia de helecho marranero (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) en la quebrada Hoya del Ramo. Para dicho análisis, la comunidad vegetal fue el elemento clave.

1) Análisis del sistema a restaurar:

Inicialmente, se realizó un análisis de la estructura, composición y las relaciones existentes entre los elementos que componen una comunidad vegetal en la cual no se presenta la dominancia del helecho. Por esto, se tomó en cuenta cada uno de los estratos de vegetación (herbáceo, arbustivo y arbóreo), los cuales se establecen a partir de procesos de colonización, que a su vez se derivan de la lluvia de semillas de un bosque aledaño (Figura 4.20).

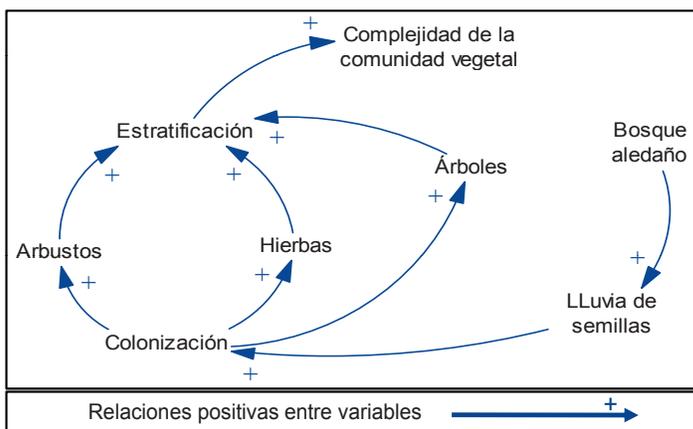


Figura 4.20 Relaciones al interior de la estructura de una comunidad vegetal que conllevan a una mayor complejidad.

De igual manera, se analizó la diversidad de la comunidad vegetal, la cual es favorecida por los procesos de colonización de las especies y las interrelaciones que se establecen entre las poblaciones y los individuos. Debido a esto, se puede presentar un proceso de retroalimentación positiva entre la diversidad y las interrelaciones; es decir, a mayor grado de interrelaciones la diversidad aumenta, y a mayor diversidad, mayor es el número de interacciones (Figura 4.21).

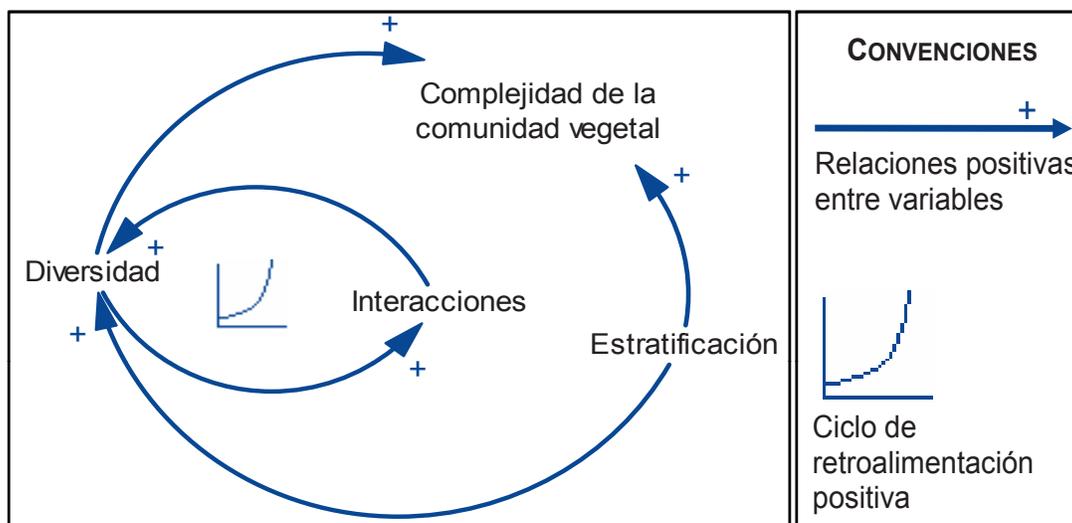


Figura 4.21 Relaciones al interior de la composición de una comunidad vegetal.

De acuerdo con los anteriores análisis, se elaboró un modelo general que muestra la complejidad de una comunidad vegetal, la cual está directamente relacionada con la cobertura, la diversidad y la estratificación (Figura 4.22).

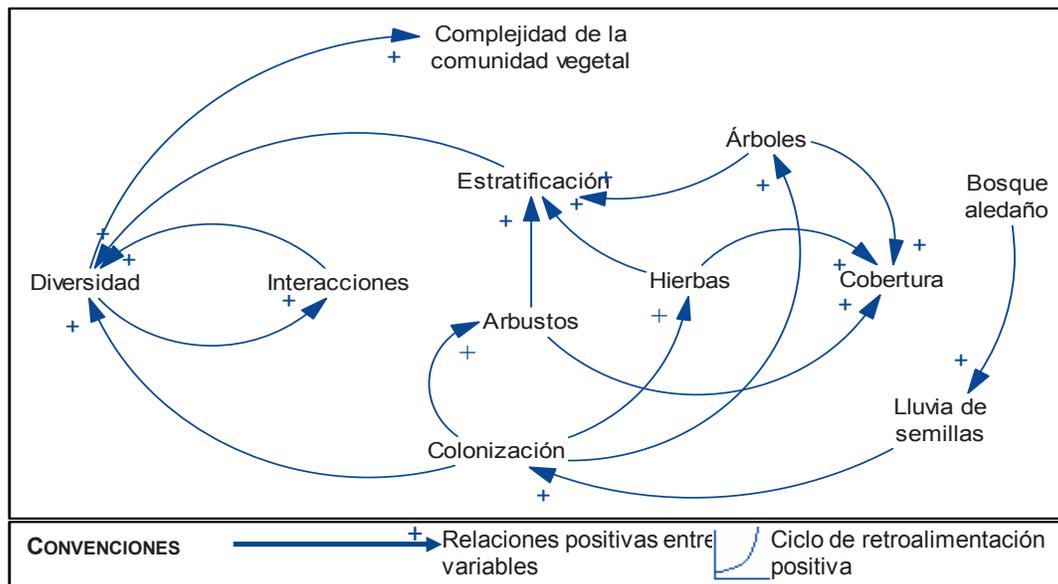


Figura 4.22 Modelo de la dinámica de interacción en las comunidades vegetales.

Posterior a esto, se analizaron los efectos causados por la dominancia de una población de helecho marranero, *P. aquilinum*. La población de helechos incrementa la posibilidad que los propágulos de dicha especie colonicen y dominen el área, lo que a su vez incrementa su tamaño poblacional (Figuras 4.23). Así mismo, el helecho presenta ciertas características que lo hacen una especie de difícil manejo y que limitan el avance de la sucesión en un área:

- Crece en colonias de tamaño de hasta 4,5 m, colonizando pastizales (Jacobs y Peck, 1993 en: Velasco-Linares, 2009), campos de cultivo, orillas de camino y claros de bosque.
- Crece rápidamente y se expande a través de su sistema de rizomas y de su reproducción asexual.
- Es una especie heliófila (requiere de la luz para su desarrollo).
- Presenta propiedades alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies vegetales e impiden el ataque producido por insectos o microorganismos.
- Produce la acumulación de cantidades considerables de hojarasca, ocasionada por las adiciones de las frondas muertas y la baja descomposición de las mismas (Giorbani *et. al.* 2006). Esto a su vez dificulta el desarrollo del banco de semillas y plántulas presentes en el área.
- Se propaga por el uso del fuego y el acortamiento de ciclos en la agricultura de roza-tumba-quema.

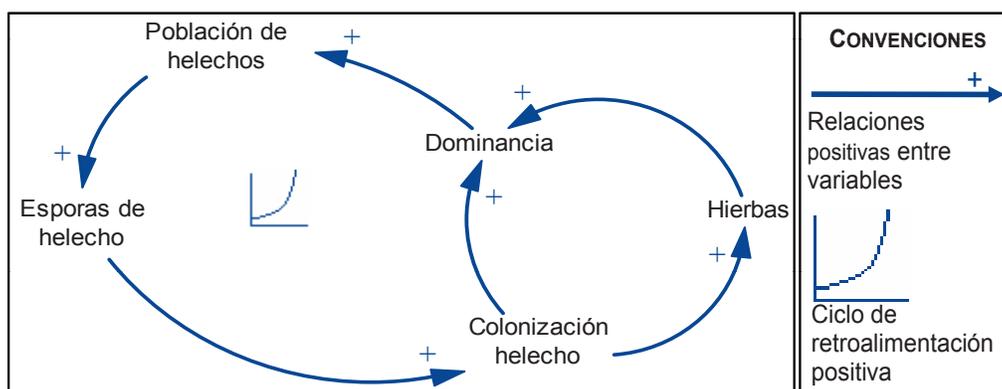


Figura 4.23 Dinámica de la dominancia de helecho marranero en una comunidad vegetal nativa.

Finalmente, se elaboró un modelo en el cual se representa la alteración de la complejidad de una comunidad vegetal nativa producto de las interacciones causadas por la dominancia de una población de helecho marranero. Dichas alteraciones se traducen en la disminución de la posibilidad de colonización de especies nativas y por ende, la germinación de árboles, arbustos y hierbas, lo que a su vez genera una pérdida de la estratificación, las interacciones, la diversidad de la comunidad vegetal de especies nativas y, finalmente, la complejidad de la misma (Figura 4.24).

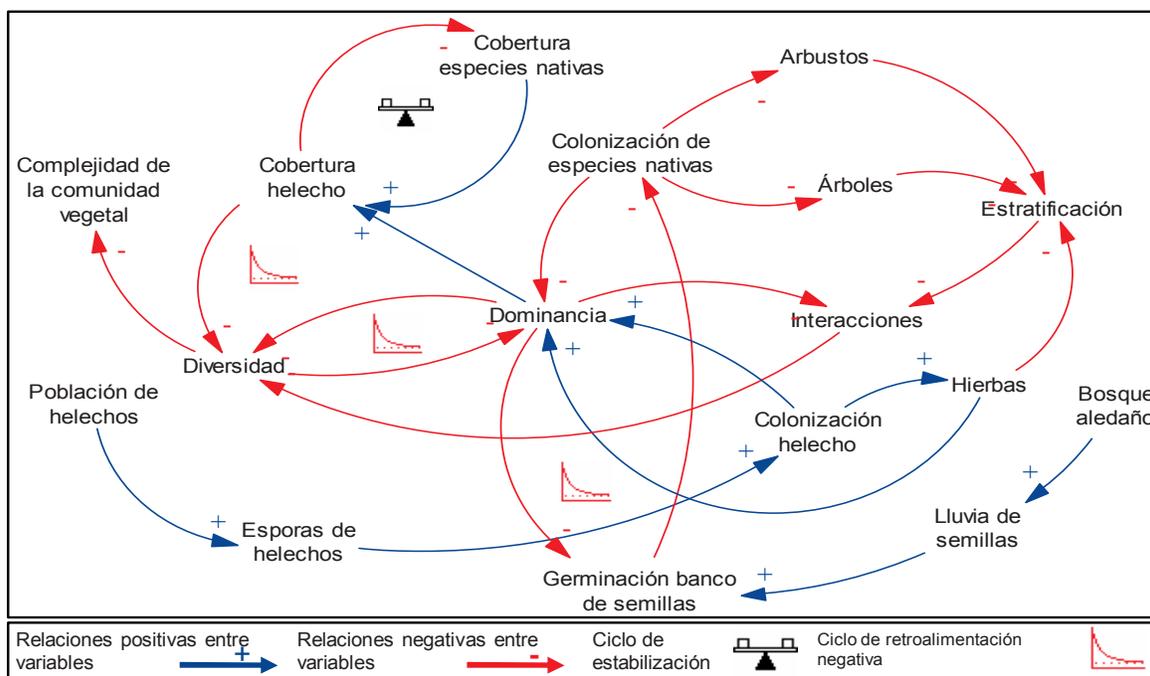


Figura 4.24 Modelo conceptual que analiza la dinámica de interacción de las comunidades vegetales nativas y una población de helecho marranero.

2) Selección de variables:

Se consideró la cobertura por estrato y su riqueza específica como las variables de análisis tanto para el modelo de trayectoria como para la ejecución del Programa de Evaluación y Seguimiento (PEyS), ya que por medio de su medición en campo se puede verificar el cumplimiento del objetivo del proyecto: aumentar la cobertura arbórea y arbustiva de vegetación nativa en el área donde se realizó erradicación de helecho marranero.

3) Elaboración de modelo de trayectoria:

El estado inicial del sistema a restaurar era un área invadida por helecho marranero y el estado al cual se quiere llevar es a uno similar al sistema de referencia, que corresponde a un bosque de encenillos.

Para el restablecimiento del área se realizó como tratamiento de restauración la erradicación manual del helecho y posteriormente la plantación de especies nativas. La erradicación manual tiene como fin la eliminación de los rizomas y el retiro de los frondes del área, tanto los que están en pie como los que hacen parte de la hojarasca. La plantación de especies nativas busca anular la dominancia en el área de una sola especie y generar condiciones que no favorezcan el desarrollo del helecho como son: la sombra que inhibe su crecimiento; la producción de hojarasca de rápida descomposición; la activación del banco de semillas producto del retiro de la hojarasca producida por el helechal; y el aumento de probabilidades de establecimiento y germinación de las semillas que arriben de áreas aledañas.

Dentro de las especies se encuentran cinco arbustivas (*Baccharis bogotensis*, *Ageratina aristei*, *Miconia squamulosa*, *Myrcianthes leucoxylla* y *Morella pubescens*) y tres arbóreas (*Weinmannia tomentosa*, *Myrsine guianensis* y *Oreopanax bogotense*). Estas especies se eligieron de acuerdo a sus características (Tabla 4.6) y a la disponibilidad del vivero de la Secretaria Distrital de Ambiente. Posterior a la primera erradicación, se planteó en el PEyS que se realizarán controles de erradicación cada tres meses, teniendo el mayor cuidado posible con los individuos plantados.

Tabla 4.6 Especies vegetales propuestas para el restablecimiento de un área invadida por helecho marranero (*Pteridium aquilinum*).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CARACTERÍSTICAS
<i>Baccharis bogotensis</i>	Ciro	<ul style="list-style-type: none"> • Son de rápido crecimiento • Aportan materia orgánica al suelo • Generan competencia rápidamente al helecho
<i>Ageratina aristei</i>	Amargoso	
<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno o esmeraldo	<ul style="list-style-type: none"> • Producen gran cantidad de materia orgánica • Mantienen la humedad del suelo • Ofrecen alimento y sitios de percha para la avifauna, lo que favorece la dispersión de semillas
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Arrayán	
<i>Morella pubescens</i>	Laurel o laurel de cera	

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CARACTERÍSTICAS
<i>Myrsine guianensis</i>	Chagualo, espadero, cucharo	<ul style="list-style-type: none"> • Ornitócora • Su arquitectura la hace un perchero ideal para las aves • Presenta un banco de plántulas de diversas especies
<i>Oreopanax bogotense</i>	Mano de oso	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento rápido • Requiere alta incidencia de luz • Ornitócora • Se establece dentro de los matorrales y rastrojos bajos

Se espera que al implementar el tratamiento de restauración propuesto (erradicación + plantación + controles), el restablecimiento del área se dé más rápidamente y que su complejidad aumente, producto de la inhibición del crecimiento del helecho y el posible aumento de cobertura y riqueza de especies nativas; bien sea por los individuos que se plantaron como por los propágulos y semillas que arriben y germinen en el área restaurada. Si no se implementara ningún tratamiento, el sistema quedaría en estado de degradación con una riqueza mínima de especies (Figura 4.25).

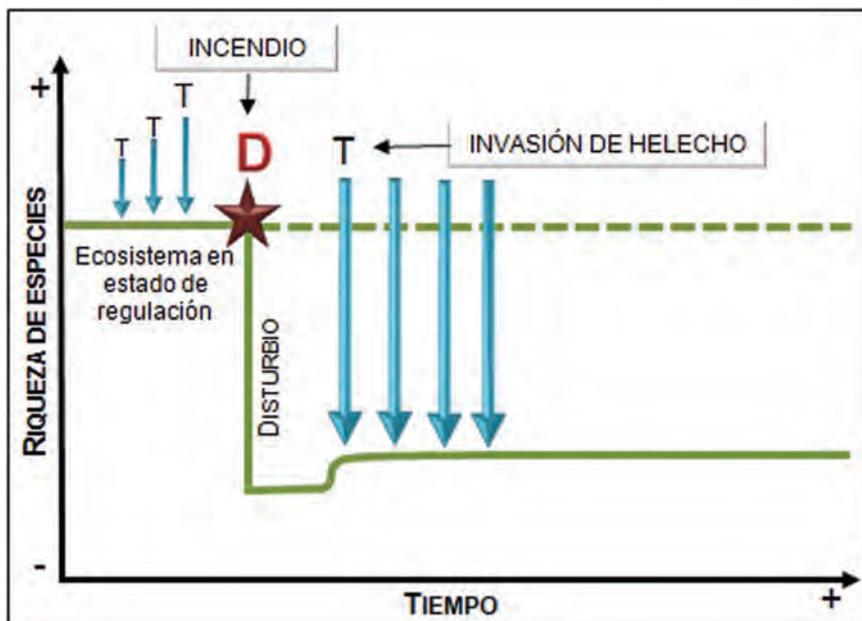


Figura 4.25 Modelos de trayectoria de un sistema natural que se transforma en un área degradada debido a un incendio forestal y posteriormente es invadido por individuos de helecho marranero los cuales impiden el desarrollo sucesional. D= disturbio, T= tensionante.

Se espera que a los 12,5 años la riqueza de especies del área haya aumentado a 25 como consecuencia del tratamiento aplicado, a los 25 años se cuente con una riqueza de 38 especies y a los 50 años se empiece a consolidar el encenillal alcanzándose el máximo número de especies (Figura 4.26a). La riqueza aumentará como consecuencia de la inhibición de *Pteridium aquilinum* y por la llegada de propágulos de fuentes cercanas (Figura 4.26b).

Por su parte, la cobertura tendrá un crecimiento más rápido al presentar cerca del 75% a los 12 años de implementados los tratamientos y a los 25 años un 100% de cobertura con predominio del estrato arbustivo. Posteriormente, se irá incrementando la cobertura del encenillo en contra de la cobertura de otras especies. Probablemente al cabo de 50 años o más, el ecosistema comience a presentar características similares al ecosistema de referencia: 56 especies nativas y continúe con una cobertura del 100 % para el estrato arbustivo y arbóreo (Figura 4.26). Sólo la evaluación y el seguimiento en el tiempo permitirán verificar si se obtuvieron los resultados deseados o si hay necesidad de hacer algún manejo adaptativo a lo largo del desarrollo del proyecto.

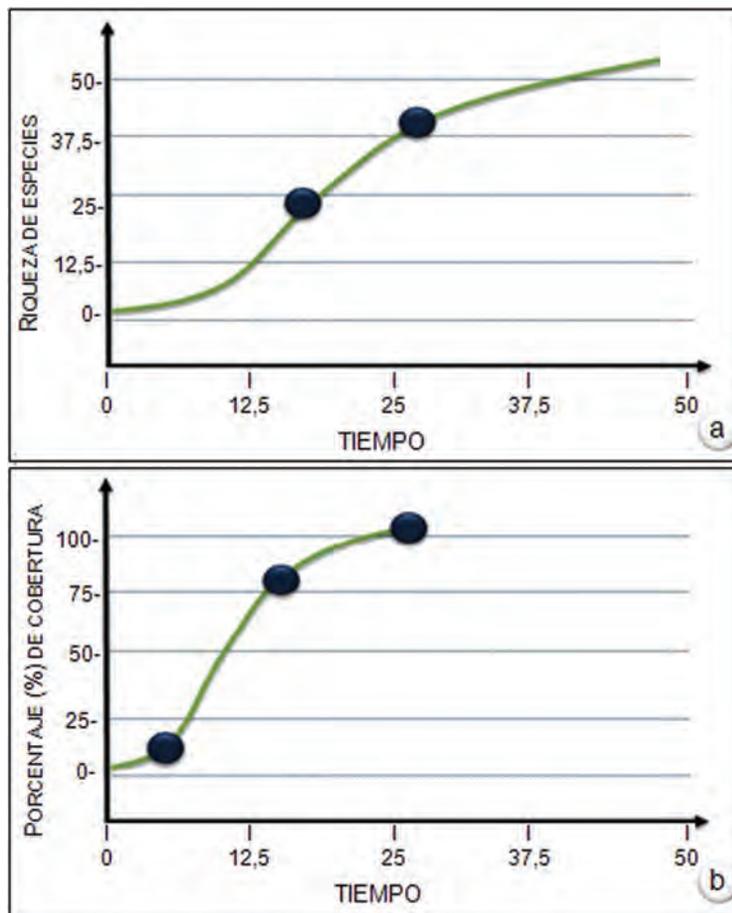


Figura 4.26 Ejemplo de un modelo de trayectoria de un área invadida por helecho marranero (estado inicial) hasta su estado final con características similares al sistema de referencia después de haber sido sometida a erradicación manual y plantación de especies nativas, basándose en las variables: a) riqueza y b) cobertura.

4.9 FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Las estrategias de restauración deben ser formuladas e implementadas de acuerdo a la meta y a los objetivos de restauración del proyecto (Barrera & Valdés, 2007). Por lo tanto, se deben implementar según el o los tipos de disturbio presentes en el área, a los compartimentos (suelo, vegetación y fauna) que se ven afectados, y al nivel jerárquico con el que se aborde la restauración (población, comunidad, ecosistema, paisaje), siendo su fin último la aceleración de la sucesión del área.

Cuando el área a restaurar se encuentre en predios privados es importante, antes de implementar las estrategias, realizar un proceso de concertación con los dueños, que puede ser mediante la suscripción de actas de acuerdo de voluntades, que permitan garantizar en alguna medida la sostenibilidad del proyecto. De igual forma, antes de implementar alguna estrategia se debe definir si se amerita realizar una intervención sobre los componentes (restauración activa) o si, simplemente, al neutralizar los limitantes y tensionantes (restauración pasiva o espontánea) el área disturbada se restablecerá. Si se decide hacer una restauración activa también se debe definir si se va a hacer sobre el medio biótico, como por ejemplo reintroducción directa de especies; o sobre el medio abiótico, por ejemplo en áreas gravemente dañadas como las canteras; o si simplemente se van a hacer actuaciones indirectas sobre las causas que han provocado la degradación (Andrés, 2009).

Diferentes estrategias de restauración se explicarán detalladamente más adelante, que pueden ser realizadas de acuerdo al tipo disturbio dominante presente en un área, para cada compartimento (suelo, vegetación y fauna) (Tabla 4.7). Así mismo, en el capítulo 8 se detalla la información básica de algunas especies recomendadas para la restauración de áreas disturbadas.

Tabla 4.7 Algunas estrategias propuestas de acuerdo al tipo de disturbio y al tipo de compartimento a restaurar.

DISTURBIO	COMPARTIMENTO		
	SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA
MINERÍA	<ul style="list-style-type: none"> Estabilización de taludes Manejo de la capa superficial del suelo Manejo de las aguas superficiales (canales colectores de agua de escorrentía, canales cortacorrientes) Descompactación Aplicación de enmiendas orgánicas Control de erosión (trinchos en piedra, gaviones) 	<ul style="list-style-type: none"> Revegetalización en taludes por medio de mantos orgánicos, plantas trepadoras, empradizada, hidrosiembra, entre otros Plantaciones de especies nativas 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales). En el caso de las perchas es necesario primero recuperar el suelo para que las semillas que empiecen a dispersar las aves puedan germinar y desarrollarse.

DISTURBIO	COMPARTIMENTO		
	SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA
INCENDIOS FORESTALES	<ul style="list-style-type: none"> Control de erosión (trinchos de madera, canales de desagüe) Adición de enmiendas orgánicas Inoculación de microorganismos al suelo (micorrizas, leguminosas) Reintroducción de suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Tala selectiva de individuos afectados y pirogénicos Barreras cortavientos y cortafuegos Control de especies invasoras Establecimiento de cubierta vegetal herbácea Plantación de especies nativas Manejo silvicultural de plantaciones forestales 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales). En el caso de las perchas es necesario primero recuperar el suelo para que las semillas que empiecen a dispersar las aves puedan germinar y desarrollarse.
TALA SELECTIVA Y RASA	<ul style="list-style-type: none"> Control de erosión (trinchos, canales de desagüe). Aplicación de enmiendas orgánicas 	<ul style="list-style-type: none"> Plantación de especies nativas 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales)
USO AGRÍCOLA	<ul style="list-style-type: none"> Neutralización de la acidez del suelo Mejoras edáficas Control de la erosión (zanjas de infiltración, drenajes artificiales, surcos de contorno, trinchos) 	<ul style="list-style-type: none"> Plantación con especies nativas Barreras vivas 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales). En el caso de las perchas es necesario primero recuperar el suelo para que las semillas que empiecen a dispersar las aves puedan germinar y desarrollarse.
USO PECUARIO	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de abonos orgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura con especies leguminosas Barreras antiguano Inducción de matorrales Implementación de sistemas silvopastoriles (cercas vivas, introducción de árboles y arbustos en potreros, bancos de forraje arbóreo) 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales). En el caso de las perchas es necesario primero recuperar el suelo para que las semillas que empiecen a dispersar las aves puedan germinar y desarrollarse.
INVASIÓN POR ESPECIES EXÓTICAS	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de nutrientes o enmiendas orgánicas Control de erosión 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminación manual Reducción del banco de semillas Manejo del banco de plántulas Pastoreo con cabras, ovejas, caballos y vacas Plantaciones de especies nativas 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de matorrales de especies nativas y con oferta alimenticia para la fauna Enriquecimiento del hábitat (bebederos, comederos, refugios, perchas artificiales y naturales)
PLANTACIÓN FORESTAL DE ESPECIES EXÓTICAS	<ul style="list-style-type: none"> Neutralización de la acidez del suelo Aplicación de enmiendas Control de erosión (cunetas o zanjias, trinchos, gaviones) 	<ul style="list-style-type: none"> Entresaca Apertura de claros Enriquecimiento con especies nativas Plantaciones de especies nativas Manejo silvicultural 	<ul style="list-style-type: none"> Perchas Enriquecimiento del hábitat para fauna silvestre (bebederos, nidos artificiales, comederos, refugios)

4.10 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

En los proyectos de restauración ecológica es muy importante evaluar y seguir los cambios que se presentan en los ecosistemas luego de haber implementado las técnicas y estrategias requeridas. Es necesario verificar si realmente se consiguió o no el restablecimiento de un área disturbada. En esto radica la importancia de formular Programas de Evaluación y Seguimiento (PEyS) que permitan verificar si se están cumpliendo o no las metas y objetivos planteados inicialmente en el proyecto, en el corto, mediano y largo plazo.

Aunque los PEyS son un componente fundamental en los proyectos de restauración ecológica, en general, son un tema que ha sido muchas veces subvalorado y en otras mal interpretado. Por lo cual, es importante comenzar por identificar la diferencia entre evaluación y seguimiento. La *evaluación* se refiere a la valoración del estado del sistema restaurado en un instante del tiempo, mientras que el *seguimiento* evalúa el proceso de restauración por medio de la recolección y análisis de la información obtenida en las evaluaciones realizadas a lo largo del tiempo (Prado-Castillo *et al.* 2005).

También es importante no confundir la evaluación y seguimiento de un proyecto de restauración ecológica (práctica) con uno de investigación (ecología de la restauración). El proyecto de investigación busca responder a una pregunta de investigación que surgió del análisis de un problema de investigación, por lo que necesita controlar de la mejor manera posible los factores externos que puedan influir en los tratamientos que se estén investigando y realizar un diseño experimental con una serie de repeticiones para tener un mayor acercamiento a la realidad del sistema.

Caso contrario pasa en un proyecto de restauración. Aunque en el momento de implementar las estrategias surgen muchas preguntas, el objetivo final de un proyecto de restauración no es precisamente hallar una respuesta específica, sino dar una solución práctica a los problemas que pueda tener un área disturbada, por tanto no requiere un diseño experimental sino un plan de acción. Sin duda alguna, tanto la investigación como la práctica de la restauración son importantes ya que se retroalimentan: la investigación le aporta a la práctica y viceversa. Es por esta razón, que es clave hacer un uso adecuado de cada una.

A continuación se presentan algunos aspectos generales que deben tener los documentos de los PEyS para facilitar su comprensión por cualquier persona (SDA, 2010):

1. Resumen:

Es importante elaborar un resumen del proyecto de restauración en el que se incluya el número del contrato o convenio; las instituciones que participaron (financiadoras y ejecutoras); la localización del proyecto; las metas y objetivos; la fecha de inicio; las fases ejecutadas y por ejecutar; los resultados más importantes en las caracterizaciones (factores tensionantes, limitantes y potenciadores); los disturbios dominantes en el área; los resultados de la zonificación y priorización de restauración; las técnicas y estrategias que se implementaron; y las variables que fueron medidas en un primer momento después de

la implementación de las estrategias (momento 0), si este muestreo se ha realizado. En la medida en que se vayan haciendo las diferentes evaluaciones este resumen debe ser enriquecido con los nuevos resultados, así mismo si se realiza un análisis en el tiempo de dichas evaluaciones (seguimiento).

2. Localización del área.

Se debe presentar la localización exacta del proyecto en un mapa, especificando la localidad, vereda y microcuenca, según corresponda. Así mismo, se deben registrar las coordenadas geográficas del sitio donde se realizó el proyecto.

3. Antecedentes y descripción del área intervenida:

Se deben describir las principales características de los componentes del área a restaurar y del sistema de referencia como soporte de los modelos de trayectoria que se presentarán a continuación. De igual forma, se deben destacar los factores tensionantes, limitantes y potenciadores que se identificaron en el área a restaurar.

4. Meta(s) y objetivo(s) del proyecto:

Es importante clarificar cuáles fueron las metas y objetivos del proyecto a pesar de que se hayan expuesto en el resumen.

5. Análisis de trayectoria del sistema restaurado:

Se deben incluir las trayectorias que se hayan desarrollado en el proyecto de restauración con el fin de clarificar el estado inicial del sistema y el estado final al que se desea llevar. Así mismo, es clave presentar claramente las variables que se consideraron para hacer dichas trayectorias.

6. Meta(s) y objetivo(s) del PEyS:

Los Programas de Evaluación y Seguimiento tienen por objetivo verificar si las metas y objetivos planteados en el proyecto de restauración se han cumplido o se vienen cumpliendo de acuerdo a lo planteado en los modelos de trayectoria, y si hay necesidad de hacer alguna medida adaptativa. Razón por la cual, es importante que queden clarificadas las metas y objetivos del PEyS en concordancia con las metas y objetivos planteados inicialmente para el proyecto.

7. Métodos y variables:

Inicialmente, se deben explicar detalladamente y ubicar en mapas y con coordenadas geográficas, los sitios donde fueron implementadas las técnicas y estrategias de restauración ecológica, así como la fecha y la forma en que se realizaron. En el caso de la estrategia de plantación de especies nativas, se debe clarificar cómo fueron marcados los individuos plantados, si fue necesario hacer replante por mortalidad y cuáles individuos fueron replantados. Así mismo, se deben explicar los arreglos florísticos, específicamente qué especies fueron empleadas y por qué y si hubo necesidad de modificar el arreglo con especies diferentes a las planteadas inicialmente por no haber disponibilidad de material vegetal en los viveros o cualquier otra razón.

Posterior a esto, se deben seleccionar unas variables fáciles y rápidas de medir en campo que permitan verificar si las metas y objetivos de restauración se están cumpliendo con las estrategias implementadas. Las variables que se seleccionen para la evaluación y seguimiento, debieron ser medidas en campo en la fase de caracterización biológica y empleadas en la construcción del modelo de trayectoria. Dentro de estas variables se recomienda para el componente de vegetación evaluar la riqueza específica, la cobertura y algunos atributos vitales como la invasibilidad.

Las variables del Programa de Evaluación y Seguimiento deben ser coherentes con las metas y objetivos del proyecto, para lo cual se recomienda elaborar una matriz que los relacione (Tabla 4.8 y 4.9). En el documento de Prado-Castillo *et al.* (2005) se encuentra un listado de variables de estructura, composición y función que puede guiar la selección de estas variables.

Tabla 4.8 Modelo de tabla para describir objetivos, metas y variables de restauración sobre las áreas donde se implementó la estrategia de restauración.

TRATAMIENTO DE RESTAURACIÓN		
METAS	OBJETIVOS	VARIABLES

Tabla 4.9 Ejemplo para la elaboración de objetivos, metas, preguntas y variables del PEyS.

TRATAMIENTO DE RESTAURACIÓN: Restauración activa DISEÑO EN AGREGADOS SIMPLES CON LAS ESPECIES XXX		
METAS	OBJETIVOS	VARIABLES
Incrementar la cobertura vegetal nativa...	Evaluar el efecto de la plantación de especies nativas...	Composición <ul style="list-style-type: none"> • Abundancia • Frecuencia • Dominancia • Densidad
		Estructura <ul style="list-style-type: none"> • Altura • Estructura vertical • Cobertura
		Función <ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento • Estado fitosanitario • Atributos vitales

Posteriormente, se deben explicar clara y detalladamente los métodos que se emplearon para realizar la medición de dichas variables, de tal forma que cualquier persona pueda entender y realizar sin ningún problema la medición correspondiente, siguiendo los mismos métodos y la periodicidad planteada. En las evaluaciones que se realicen en el tiempo se deben utilizar las mismas variables y métodos de medición.

A continuación se presenta una propuesta de formatos de campo de las variables que se pueden tomar y registrar para el caso de especies vegetales (Tabla 4.10 y 4.11):

Tabla 4.10 Ejemplo de formato de campo para el registro de diferentes aspectos de la vegetación arbórea y arbustiva en un proyecto de restauración ecológica.

PROYECTO:							
FECHA:		ALTITUD		COORDENADAS:			
COLECTORES:							
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA:							
Unidad de muestreo	Morfotipo	Área total (m)	Diámetro mayor (m)	Diámetro menor (m)	Cobertura	CAP (cm)	Características generales

Tabla 4.11 Ejemplo de formato de campo para el registro de diferentes aspectos de la vegetación herbácea en un proyecto de restauración ecológica.

PROYECTO:				
LUGAR:				
FECHA:			ALTITUD:	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:				
COLECTORES:				
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA:				
Cuadrante	Morfotipo	Altura total (m)	Cobertura	Características generales

8. Construcción de bases de datos:

Se debe realizar una base de datos organizada y clara con los registros que se tomen en campo para que se pueda seguir alimentando en las siguientes evaluaciones del proyecto. Los datos deben ser acordes con las variables que se hayan medido para la evaluación y seguimiento de los objetivos, metas y el modelo conceptual. Por ejemplo, si el componente al que se le hace evaluación y seguimiento es la vegetación, la base de datos debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- Familia
- Género
- Especie
- Cobertura: diámetro mayor y menor
- Altura
- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Lugar de medición
- Fecha de medición

De igual forma, se debe construir una base de datos con información de las especies que se registran periódicamente. Dentro de esta información se encuentra:

- Especie
- Nombre común
- Distribución y hábitat
- Tipo de hábito: hierba, enredadera, arbusto, árbol
- Función: Precursor herbáceo o leñoso
- Rasgos de historia de vida importantes para la restauración (atributos vitales):
 - Tipo de crecimiento (rápido o lento)
 - Tolerancia alta, media o baja a la luz
 - Polinización anemófila o zoófila (insectos, aves, otros animales)
 - Tipo de propagación (sexual y/o asexual)
 - Invasibilidad
- Fotografías de flores y frutos, en lo posible
- Fotografías de la especie en la que se aprecie su hábito

9. Análisis de datos:

Se debe realizar una descripción de los análisis estadísticos a implementar para el procesamiento de la información. Los análisis pueden ser de tipo descriptivo o cuantitativo, ajustado a pruebas paramétricas o no paramétricas, siempre y cuando tengan un fundamento y una coherencia con los objetivos a desarrollar, los diseños y los métodos de estudio o seguimiento.

5. Cronograma y Presupuesto:

Se debe presentar un cronograma que permita definir la periodicidad del muestreo por un tiempo mínimo de dos años posteriores a la implementación de los tratamientos de restauración ecológica en el área.

De igual forma, se debe plantear el presupuesto que implica desarrollar el cronograma. Este debe incluir los gastos de personal, equipos y materiales, salidas de campo, pago de impuestos, entre otros. Estos gastos deben ser ajustados al tiempo contemplado para los dos primeros años, posteriores a la implementación de los tratamientos de restauración.

Verificación de las trayectorias propuestas y si es necesario implementar medidas de manejo adaptativo:

Las medidas de manejo adaptativo se deben plantear una vez se hayan realizado diferentes evaluaciones en el tiempo y se verifique si el sistema está siguiendo la dirección deseada. Esta dirección debió ser definida en los modelos de trayectoria de la sucesión planteados en el proyecto. Para ello se recomienda verificar el modelo de trayectoria con los datos obtenidos en las evaluaciones, lo cual permitirá saber si el sistema que se está restaurando está siguiendo la ruta deseada y si es necesario hacer el manejo adaptativo. Si dicho manejo ya se realizó, se deben plantear claramente las razones por las cuáles se hizo, cómo y cuándo se implementó. En el Recuadro 4.3 se presenta un ejemplo de un proyecto de restauración ecológica implementado por la Secretaria Distrital de Ambiente en la localidad de Usme.

RECUADRO 4.3 Programa de Evaluación y Seguimiento (PEyS) del “Proyecto piloto de restauración ecológica participativa en la microcuenca de las quebradas Hoya Onda y la Leona, ubicadas en la vereda las Margaritas, localidad de Usme”.

RESUMEN

La microcuenca de las quebradas Hoya Onda y La Leona, se encuentra ubicada en la Vereda Las Margaritas entre los 3 200 y 3 700 msnm. A lo largo de los años gran parte de la microcuenca ha sido afectada por diferentes intervenciones antrópicas, razón por la cual la SDA en conjunto con el Sindicato de Productores Agrícolas y Trabajadores del Sector Rural de Bogotá, desarrollaron en el 2007 el proyecto piloto de restauración ecológica participativa. Dicho proyecto desarrolló los siguientes alcances:

- Línea base y zonificación de manejo: se caracterizó el componente biótico (vegetación, entomofauna, mamíferos, herpetofauna y aves), abiótico (clima, geología, geomorfología, suelo) y social.
- Como resultado del análisis anterior se formularon e implementaron seis diseños para la restauración de un nacedero y la ronda de las quebradas.
- Se formuló e implementó un Programa de Evaluación y Seguimiento, en el cual se tuvo en cuenta la formulación de metas, objetivos, indicadores, el análisis de datos y un cronograma para el seguimiento.
- Se establecieron vallas en la parte alta de la microcuenca como estrategia de restauración pasiva.
- Entre los años 2008-10, la SDA y la Universidad Javeriana han realizado dos evaluaciones de los individuos plantados y de las especies asociadas.

Durante todo el desarrollo del proyecto se contó con la participación activa de la comunidad. Como estrategia de divulgación y comunicación se elaboró una cartilla con la información más importante del proyecto y de los logros obtenidos.

METAS DEL PEYS

Verificar el incremento de la cobertura vegetal arbórea y arbustiva nativa en la microcuenca de las quebradas Hoya Onda y la Leona.

OBJETIVOS DEL PEYS

- Evaluar el crecimiento de las especies nativas plantadas en los diseños implementados en las quebradas Hoya Onda y La Leona.
- Describir la composición y estructura de la vegetación asociada a las plantaciones implementadas en las quebradas Hoya Onda y La Leona.
- Determinar los atributos vitales de la vegetación asociada a las plantaciones implementadas en las quebradas Hoya Onda y La Leona.



RESULTADOS GENERALES HASTA EL MOMENTO

- De los 279 árboles sembrados en el 2007 solo 71 han muerto (2009). Los mayores enemigos para su supervivencia han sido el ganado y las heladas.
- Las especies asociadas a las plantaciones muestran en general hábito herbáceo y graminoide, con mecanismos de dispersión en su mayoría anemócora. Se encontraron especies invasoras perennes, con alta capacidad de dispersión, alta tolerancia a la heterogeneidad ambiental y capacidad para usar gran variedad de recursos

4.11 SOCIALIZACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN Y CAPACITACIÓN COMUNITARIA

Se recomienda, antes de la implementación de las estrategias de restauración, realizar una socialización a la comunidad en la que se explique claramente por qué se proponen dichas estrategias, cuál es su objetivo y cómo funcionan. En esta socialización la comunidad puede realizar aportes de acuerdo a su conocimiento tradicional.

Para la implementación de las estrategias se pueden dar dos casos: **1)** que se trabaje con la comunidad que habita en el área a restaurar, o **2)** que se contrate a un equipo capacitado para tal fin. En el primer caso, se recomienda realizar una capacitación en la cual se aporten los elementos claves para entender la importancia de restaurar el área disturbada y las implicaciones que trae no hacerlo, así como los métodos a seguir para la implementación de los tratamientos de restauración. Dicha capacitación debe ser realizada por un equipo técnico con el conocimiento suficiente.

4.12 EJECUCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y DEL PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Finalmente, se debe dar comienzo a la implementación de los tratamientos de restauración ecológica planteados para el restablecimiento del área disturbada. Durante la implementación se pueden realizar los ajustes que se consideren necesarios. Sin embargo, estos deben quedar consignados en el Programa de Evaluación y Seguimiento ya que pueden afectar la trayectoria del sistema que se está restaurando.

4.13 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Aguilar, M. 2009. El papel de las caracterizaciones diagnósticas en la restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa, S.C. Perilla, N. Garzón-Yepes & D.C. Rondón (eds.). Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por Minería a Cielo Abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Andrés, P. 2009. La restauración ecológica: objetivos y aspectos generales. Págs: 21-33 en: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa, S.C. Perilla, N. Garzón-Yepes & D.C. Rondón (eds.). Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por Minería a Cielo Abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Barrera-Cataño, J.I. & C. Valdés-López. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum Edición Especial II. Vol 12: 11- 24.

Jacques M. Chevalier, 'SAS2 1.0: Análisis Social CLIP,' en *Sistemas de Análisis Social2 1.0*, <http://www-sas-pm.com/>.

Prado-Castillo, L.F, J.I. Barrera & S.P. Montoya. 2005. Programa de Evaluación y Seguimiento a proyectos de restauración ecológica del Distrito Capital. Pontificia Universidad Javeriana y Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá D.C., Colombia.

Secretaría Distrital de Ambiente. 2010. www.secretariadeambiente.gov.co. Sistema de gestión de calidad. Procedimiento para formular y ejecutar proyectos de restauración ecológica. 126 PM 03-PR01.

Vargas, O. & F. Mora. 2008. I. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. Págs: 19-40 en: Vargas, O. (ed.). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Segunda edición.

CAPÍTULO 5

LA INVESTIGACIÓN COMO SOPORTE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



Panorámica del área experimental del Aula Ambiental de Juan Rey, localidad de San Cristóbal, Bogotá

Los proyectos de investigación en ecología de la restauración tienen varios propósitos fundamentales: evitar al máximo los riesgos, brindar los mejores resultados y las mejores recomendaciones a los técnicos e instituciones responsables y dar herramientas para garantizar el éxito de los proyectos de restauración ecológica.

5.1 LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN NO ES RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Como ya se dijo anteriormente, la ecología es la ciencia que se dedica a estudiar los ecosistemas, sus componentes, su estructura y sus funciones, las interacciones intra e interespecificas y las interacciones entre las especies y el medio abiótico (Figura 5.1).



Figura 5.1 Vista panorámica de un relicto bosque altoandino Área Forestal Distrital Los Soches (Foto: Plan de Manejo Ambiental del AFD Área de Restauración Canteras el Boquerón, 2007).

Por su parte, la ecología de la restauración estudia las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, que están en proceso de restauración ecológica ya sea de forma espontánea o de forma asistida (Figura 5.2). De igual manera, la ecología de la restauración estudia los problemas de investigación generados u originados por los disturbios antrópicos y naturales, así como la respuesta de los sistemas degradados ante diferentes tratamientos, tales como: la plantación de especies nativas, la aplicación de enmiendas orgánicas, la erradicación de una especie invasora, la eliminación de un contaminante, entre otros, para acelerar los procesos sucesionales.

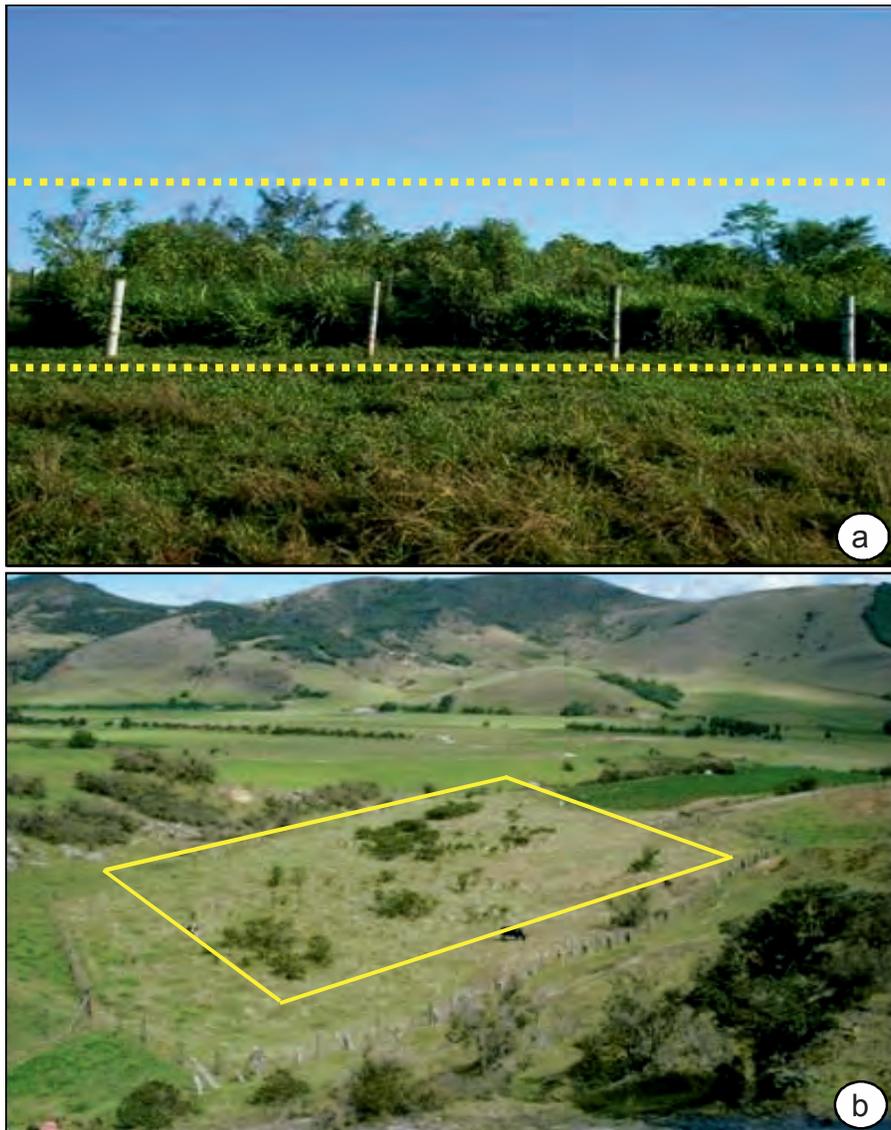


Figura 5.2 Panorámica de dos experimentos en áreas disturbadas por pastoreo: a) experimento con plantación de especies nativas en Montenegro-Quindío, y b) experimento con plantación de especies nativas en Suesca-Cundinamarca. Las líneas amarillas demarcan el área experimental.

Cuando se hace ecología de la restauración necesariamente se hace ciencia, y por lo tanto se debe aplicar el método científico, es decir, se debe tener un problema de investigación, una o varias preguntas de investigación, objetivos, hipótesis de investigación, un diseño experimental que considere los diferentes tratamientos y repeticiones, unos métodos (fase de campo y de laboratorio), análisis estadístico de acuerdo al diseño experimental, resultados, discusión de resultados y conclusiones. De igual manera, en la ecología de la restauración se pueden proponer modelos teóricos, conceptuales y predictivos, para ayudar a entender cómo se restablecen o restauran los diferentes sistemas degradados (poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes).

Son muchos los problemas de investigación que se generan como consecuencia de la mala gestión del territorio, de los diferentes tipos de disturbio y las acciones implementadas para acelerar los procesos sucesionales, a los cuales los ecólogos de la restauración deben enfrentarse. Los diferentes usos del suelo, pero sobre todo el mal uso, es lo que ha llevado a la degradación de los ecosistemas nativos. Disturbios como la minería a cielo abierto, aunque son eventos transitorios, dañan por completo la estructura y la función, ya que se pierde la vegetación, la fauna, el suelo, cambian las condiciones microclimáticas, e igualmente, se pierden las interacciones entre dichos componentes (Figura 5.3).



Figura 5.3 Panorámica de minas a cielo abierto: a) mina de calizas, en explotación, departamento del Tolima b) mina en estado de restauración en los cerros orientales de Bogotá.

También, la ganadería y la agricultura mal gestionadas dejan las áreas explotadas con poca capacidad de respuesta para su restablecimiento y regeneración espontánea, cuando son abandonadas, debido entre otras cosas, al agotamiento de los nutrientes, la ausencia de semillas de especies nativas de los suelos, las drásticas condiciones climáticas, y a la poca oferta de semillas desde las áreas adyacentes (Figura 5.4).

Con el cambio de uso del suelo de bosques nativos a sistemas agrícolas o pecuarios, sólo interesa al campesino la especie o especies que se cultivan o que ofrecen alimento al ganado; las especies nativas y exóticas que intentan mantenerse o arriban al sistema se convierten en especies no deseadas o malezas. Es decir, que para poder mantener dichos sistemas sin estas especies deben ser aplicados abonos y plaguicidas. La selección en contra de las especies nativas realizada por los campesinos o ganaderos, así como el uso intensivo del suelo, con el tiempo genera agotamiento de dichos sistemas.



Figura 5.4 Áreas disturbadas por pastoreo y agricultura en la el área rural del municipio de Suesca – Cundinamarca: a) panorámica general, b) detalle de área con carcavamiento.

Otros disturbios como la invasión de especies exóticas (Figura 5.5) suelen afectar áreas que han sido degradadas, previamente, por otro tipo de disturbios (ganadería, agricultura, tala, minería e incendios). Cuando una especie invasora coloniza un área que ha sido afectada previamente por otro tipo de disturbio se afecta la presencia de otras especies, sobre todo de las nativas y además, cambia el régimen de disturbio para dicho sitio.



Figura 5.5 Áreas disturbadas por la invasión de retamo espinoso (*Ulex europaeus*), después de que han sido afectadas previamente por otros disturbios: a) retamo espinoso invadiendo áreas de pastoreo, b) áreas con retamo espinoso disturbadas por incendios forestales.

Los incendios forestales, de manera reiterada, también suelen incidir negativamente sobre los procesos de restablecimiento natural de las áreas afectadas, ya que ocurre un empobrecimiento en el banco de semillas de las especies nativas, una pérdida de nutrientes, se afectan las condiciones microclimáticas, y se incrementa el establecimiento de las especies exóticas con características invasoras (Figura 5.6).



Figura 5.6 Áreas disturbadas por incendios forestales en los Cerros Orientales de Bogotá: a) área quemada con relieve plano (0 – 1%), b) área quemada con pendiente moderadamente escarpada (>50%).

Dado que todos estos problemas se encuentran presentes en el Distrito Capital, ¿qué importancia tendría investigar sobre ellos?, ¿cuáles serían las preguntas de investigación válidas para contribuir en su solución?. Son muchas las preguntas de investigación que surgen como consecuencia de los problemas citados anteriormente, de las cuales planteamos algunas a manera de ejemplo: ¿Cómo neutralizar los efectos de los tensionantes y limitantes en suelos con uso agropecuario para evitar su degradación?, ¿cómo recuperar dichas áreas cuando se encuentran degradadas para que puedan seguir prestando sus servicios?, ¿cómo pueden ser rehabilitadas o restauradas, a nivel de los diferentes compartimentos, cuando son abandonadas por su improductividad?, ¿qué tratamiento en términos de plantación de especies nativas sería el más adecuado para acelerar el proceso de la sucesión?, ¿qué proporción de enmiendas orgánicas sería la más adecuada para acelerar el recubrimiento vegetal?. De cada una de estas grandes preguntas se podrían tener unas mucho más específicas, el nivel de detalle y afinamiento se darán en la medida en que se vaya desarrollando el tema.

Cuando las áreas o fincas son abandonadas por su alto estado de degradación y su recuperación natural es muy lenta, urge considerar la aplicación de técnicas y estrategias que contribuyan a acelerar dicho proceso. En el caso del suelo se aplican técnicas que contribuyan a: **1)** el control de la erosión mediante la construcción de fajas, fajinas, trinchos, empalizadas y muros; **2)** técnicas que contribuyan al manejo de las aguas, como cunetas, zanjas, trampas de sedimentos; y **3)** técnicas que contribuyan al recubrimiento de las superficies afectadas, como la aplicación de enmiendas orgánicas y la implementación de mantos orgánicos. En el caso de la vegetación se hace la siembra o plantación de especies nativas colocadas en diferentes formas y en diferentes proporciones. En el caso de la fauna se generan las condiciones adecuadas de hábitat para lograr su colonización, pero también se realizan trabajos de reproducción (ex situ), con el propósito de realizar reintroducciones. ¿Qué tanta es la contribución de estas técnicas en la restauración de un área degradada?.

Para aportar en la aclaración de lo que es ecología de la restauración y restauración ecológica, queremos insistir en que los proyectos de restauración ecológica deben tener un diseño de acuerdo con los objetivos y las metas con el fin de lograr los mejores resultados, es decir, lograr en el menor tiempo posible el recubrimiento vegetal y el restablecimiento de los bienes y servicios perdidos. El diseño de una restauración ecológica no es y nunca será un diseño experimental que tiene por demás un objetivo muy diferente, como es el de responder a una pregunta de investigación. El técnico que hace restauración ecológica debe

proponer diseños que permitan restablecer lo más pronto posible las áreas afectadas por los diferentes tipos de disturbio. Los diseños de restauración ecológica deben ser acordes a la magnitud del disturbio (intensidad y severidad), de los recursos disponibles, pero sobre todo a los objetivos y las metas.

Pero, ¿quiénes pueden hacer ecología de la restauración?. La respuesta es: todos los que tengan una formación suficiente, los que tengan identificados problemas de investigación y además cuenten con el tiempo y los recursos suficientes. El ecólogo de la restauración debe saber formular preguntas de investigación a partir de dichos problemas. ¿Cuál es la importancia de hacer investigación sobre los problemas generados en las áreas degradadas o sobre los tratamientos que se pueden aplicar para acelerar el restablecimiento de un área degradada?. El propósito de esta publicación no es otro que generar reflexiones y recomendaciones sobre cómo restaurar las áreas que han sido degradadas por los diferentes disturbios.

A continuación se presentan los pasos de un proyecto de investigación, con un ejemplo concreto, como es la investigación que se realiza por la Escuela de Restauración Ecológica (ERE) de la Universidad Javeriana con el apoyo de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA), desde el año 2003, en el Aula Ambiental de Soratama, titulado: “*Experiencia piloto en ecología de la restauración de áreas afectadas por minería a cielo abierto mediante la aplicación de enmiendas orgánicas en el Aula Ambiental Soratama, localidad de Usaqué, Bogotá*”. De igual manera, se presentan de manera resumida los resultados de otras investigaciones en temas de ecología de la restauración y restauración ecológica.

5.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA

Uno de los principales problemas con los que se ve enfrentado el proceso de restauración ecológica de una mina a cielo abierto, cuando es abandonada, es la falta de nutrientes que faciliten el recubrimiento vegetal y la colonización de especies de fauna edáfica; otros problemas frecuentes son la presencia de taludes inestables y el no manejo de las aguas de escorrentía superficial (Figura 5.7). El restaurador debe resolver primero el problema de la inestabilidad de los taludes y el manejo no adecuado de las aguas superficiales controlando su potencial erosivo, para luego si dedicarse a trabajar en el recubrimiento vegetal de las áreas desprovistas de vegetación (Figura 5.8).

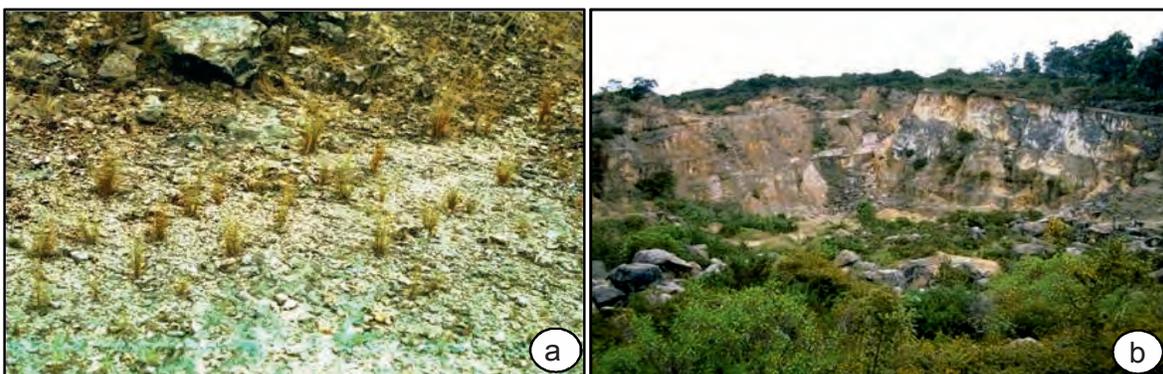


Figura 5.7 Estado de la cantera Soratama al momento de su abandono, en el año 1996: a) estado inicial del proceso sucesional, b) frente de explotación con pendientes inestables y material suelto.



Figura 5.8 Tratamientos para el recubrimiento vegetal, posterior a la estabilización de taludes y el manejo de aguas, en la cantera Soratama: a) uso de biomantos artesanales, y b) colocación de cespedones de kikuyo y plantación de hierbas y arbustos.

Por lo general, la falta de nutrientes y de un sustrato orgánico impiden o retardan el inicio del proceso sucesional y por supuesto el recubrimiento del suelo, ya que la gran mayoría de especies que arriban por lluvia de semillas, una vez ocurre la germinación, mueren como consecuencia de la falta de nutrientes. En este sentido, y sobre todo pensando en las especies nativas, es fundamental conocer cuáles pueden ser las proporciones de materia orgánica y nutrientes más adecuadas para iniciar un proceso sucesional.

Además, de los problemas generados por la minería a cielo abierto sobre los cerros tutelares, existen otros, tales como: la alta producción de residuos sólidos, líquidos, semilíquidos y gaseosos que se producen como resultado de los diferentes procesos humanos y la alta población. Precisamente, un tipo de residuo son los biosólidos que se producen, actualmente, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de el Salitre (PTAR Salitre), como resultado del tratamiento de las aguas servidas del norte de la ciudad. Diariamente, la Planta produce entre 130 y 180 toneladas de este material, del cual el Distrito debe disponer en algún lugar; hoy son dispuestos en vertederos destinados para ello. Este material presenta una buena cantidad de características (altos contenidos de materia orgánica, Fósforo, Nitrógeno, Potasio, humedad alta, entre otros) que lo pueden hacer útil para la recuperación de suelos degradados por causas antrópicas (Figura 5.9). Pero igualmente, este material podría presentar limitaciones para su uso, debido al contenido de patógenos y contaminantes orgánicos y no orgánicos que pueden contener en su interior. Precisamente, para poder recomendar su uso a gran escala se deben realizar investigaciones a pequeña escala que permitan conocer los posibles efectos sobre los organismos colonizadores. Tanto en Estados Unidos como en Europa se han realizado investigaciones que han permitido reglamentar su uso (Alcañiz *et al.* 2008). En Colombia se han empezado a realizar algunas investigaciones, pero falta mucho camino por recorrer con miras a que las autoridades correspondientes puedan expedir una reglamentación ajustada a las condiciones de nuestro entorno.



Figura 5.9 Aspecto del biosólido previo a ser mezclado con estériles, en diferentes proporciones, para el establecimiento de los distintos tratamientos que buscan identificar cuál es el más apto para el mejoramiento del sustrato.

5.3 PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL DE SORATAMA

La pregunta de investigación planteada fue: ¿cómo afecta la aplicación de biosólidos, mezclados con estériles en diferente proporción, el proceso de la sucesión en sus primeras etapas?

5.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA

La aplicación de biosólidos, mezclados con estériles en diferente proporción, favorece el proceso de la sucesión en sus primeras etapas, a nivel de vegetación, macrofauna edáfica y condiciones físicas y químicas del sustrato.

5.5 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL EXPERIMENTO EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA

Fueron como sigue:

- 1) Evaluar el efecto de la aplicación de biosólidos, mezclados en diferente proporción con estériles de la cantera, sobre los primeros estados de la sucesión, a nivel de la vegetación, la macrofauna edáfica y condiciones físicas y químicas del sustrato.

- 2) Definir la proporción de biosólidos que más favorece el proceso sucesional a nivel de vegetación, fauna y suelo.

5.6 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA

Localización del área de estudio

El Aula Ambiental Soratama se encuentra localizada en los Cerros Nor- Orientales de la ciudad de Bogotá, localidad de Usaquén, con coordenadas 4° 44' 30,6" N y 74° 00' 51,6" W. Su altitud sobre el nivel del mar oscila entre los 2 810 y 2 930 msnm (Delgado & Mejía, 2002; Correa & Correa, 2003). La temperatura media anual es de 14°C y la precipitación promedio es de 1 220 mm. El sustrato que existía en el área experimental, afectado por las actividades mineras, presentaba contenidos muy bajos de materia orgánica. Los suelos originales, no disturbados, corresponden a la familia Cabrera, al orden de los inceptisoles (suelos minerales de baja evolución con horizontes genéticos y humedad adecuada para el desarrollo de las especies).

Los suelos contienen materiales que se derivan de areniscas, lutitas y arcillolitas de la cordillera Oriental, y cenizas volcánicas provenientes de la cordillera Central. Este suelo presenta un pH de 4.9, un porcentaje de Carbono orgánico de 3.1, de Nitrógeno total de 0.23, capacidad de intercambio catiónico de 9.6 (meq/100 g), Fósforo de 2.7 ppm y Aluminio de 0.55 meq/100 g).

La vegetación de la antigua cantera estaba compuesta principalmente por especies arbustivas, tales como: *Baccharis latifolia*, *Eupatorium angustifolium*, *Hypericum juniperinum*, *Morella parvifolia*, *Miconia squamulosa*, *Cavendishia cordifolia*, especies herbáceas como *Achyrocline* sp., *Arcitophyllum nitidum* y *Calamagrostis efusa*. De igual manera, se podían apreciar especies exóticas con características invasoras como *Anthoxanthum odoratum*, *Pennisetum clandestinum*, *Pteridium aquilinum* y *Ulex europaeus* (Sánchez et al., 2003; Arias & Barrera, 2007), esta última ya erradicada del área.

Se realizó un diseño experimental completamente aleatorizado, en el cual se establecieron 3 tratamientos y un control, con 3 repeticiones cada uno, para un total de 12 parcelas. Los tratamientos consistieron en mezclas V/V de estériles y biosólidos establecidos en las siguientes proporciones: Tratamiento 1 (T1): 8:1, tratamiento 2 (T2): 4:1, Tratamiento 3 (T3): 2:1 y el control (C) sin ningún contenido de biosólido. Previo a la implementación del experimento en campo se realizó la adecuación del terreno que consistió en: **1)** la medición y demarcación del área a ser utilizada (450 m²) para el experimento, **2)** eliminación de las especies de plantas presentes en el terreno, **3)** homogeneización del terreno a través de la construcción de una explanación, y **4)** construcción de trinchos en madera para controlar la erosión (Figura 5.10).



Figura 5.10 Vista de la adecuación del área experimental para la posterior colocación de los tratamientos en el terreno en el Aula Ambiental Soratama.

Posterior a la adecuación del área experimental se demarcaron las parcelas de 18 m² (4 x 4,5 m), se establecieron tres bloques de 4 parcelas dispuestas en el terreno en el sentido de la pendiente, para este caso, de oriente a occidente (Figura 5.11).

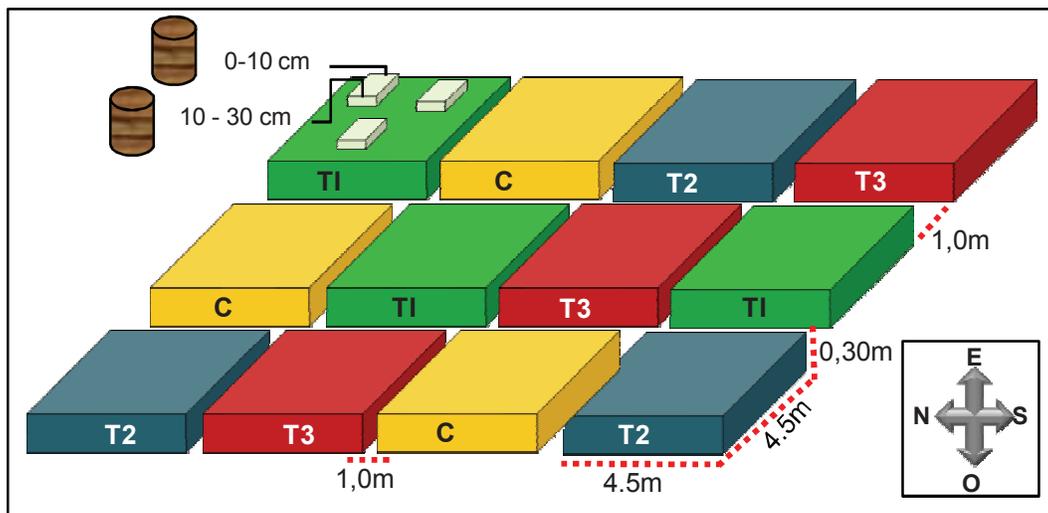


Figura 5.11 Disposición de las parcelas y tratamientos en el área experimental del Aula Ambiental Soratama.

Entre parcela y parcela se dejó un sendero de un metro de ancho para la circulación los investigadores con el propósito de posibilitar su trabajo de toma de datos. De igual manera, para evitar la contaminación entre parcelas, por los lixiviados producidos en la época de lluvias, se construyeron zanjas de 10 centímetros de ancho por 10 a 15 centímetros de profundidad a lo largo de dichos senderos (Figura 5.12).



Figura 5.12 Panorámica de las parcelas experimentales al momento en que se inició el experimento, en el Aula Ambiental Soratama.

Para evitar cualquier alteración, las mezclas de los diferentes tratamientos fueron realizados a 200 metros del área experimental, las cuales se realizaron mediante ayuda de un bobcat hasta dejarlos lo más homogéneos posible; luego fueron transportados en una volqueta cubierta hasta el área experimental (Figura 5.13).



Figura 5.13 Mezclas de los diferentes tratamientos (biosólidos y estériles) mediante ayuda de un bobcat.

Los tratamientos fueron colocados en su respectivo sitio, con una profundidad de 30 centímetros, evitando dejar montículos (Figura 5.14). Una vez fueron dispuestas todas las repeticiones de los tratamientos en las respectivas parcelas se realizó un encerramiento del área experimental con alambre de púa y se hizo una zanja perimetral, de aislamiento de las aguas de escorrentía superficial; para evitar contaminación con sedimentos desde las áreas vecinas (Figura 5.15). Las parcelas se aislaron de la vegetación exterior 3 metros de distancia, con el ánimo de controlar al máximo el efecto de borde.

Previo a la mezcla de las diferentes proporciones de estériles y biosólidos para la obtención de los diferentes tratamientos se realizó su caracterización físico-química. Una vez fueron dispuestos todos los tratamientos en sus respectivas parcelas se realizó la toma de muestras del momento cero y luego se realizaron 3 muestreos más trimestrales para un total de cuatro.



Figura 5.14 Disposición de los tratamientos en las respectivas parcelas del área experimental en el Aula Ambiental Soratama.



Figura 5.15 Encerramiento del área experimental y zanja perimetral colectora de las aguas lluvias de las áreas adyacentes.

Para el seguimiento de la vegetación, a través del tiempo, se obtuvieron los datos de composición, cobertura y altura de las especies, durante 9 meses; los datos fueron tomados trimestralmente. La medición de la vegetación se realizó en 4 subparcelas de 70 x 70 cm dispuestas aleatoriamente sobre cada parcela (Figura 5.16); en ellas se estimó el porcentaje de cobertura de la vegetación, con ayuda de un marco removible, dividido en 100 cuadrados de 7 x 7 cm (Figura 5.17).

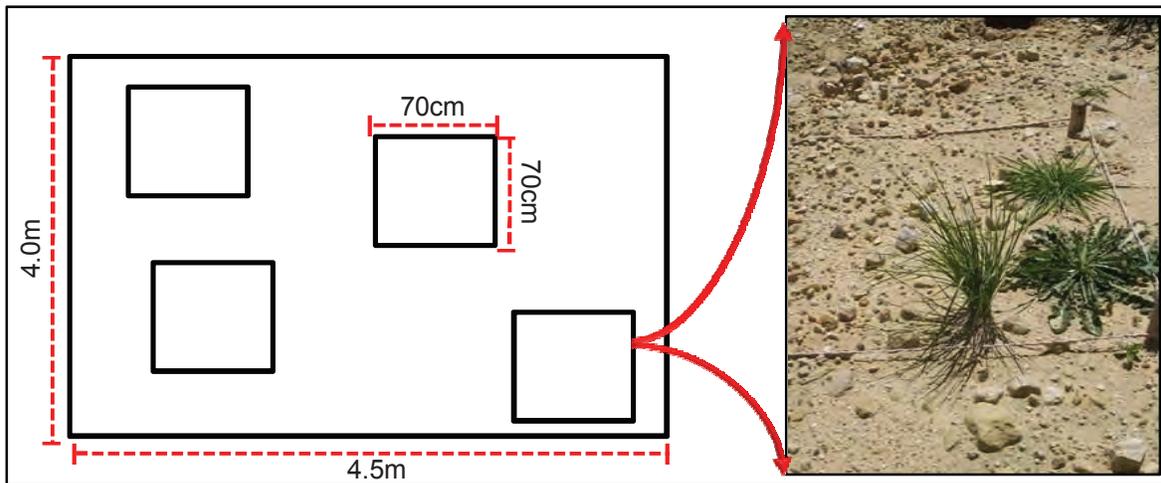


Figura 5.16 Subparcelas fijas en el tiempo, dentro de cada parcela, para el seguimiento de la vegetación colonizadora en las primeras etapas de la sucesión.

Para la medición del crecimiento en altura de las plantas colonizadoras se utilizó una cinta métrica y el seguimiento se realizó sobre los individuos que germinaron de cada especie, durante el primer muestreo.



Figura 5.17 Cuadrante de 100 cuadrados de 7 x 7 cm., utilizado para medir la cobertura de cada una de las especies en las respectivas parcelas.

También, se estableció la composición florística existente en los diferentes tratamientos y el control, durante los 9 meses de seguimiento. Finalmente, se consideraron los atributos vitales de las diferentes especies (Noble & Slatyer, 1980), las formas de crecimiento (Mahecha, 1997; Ochoa & Barrera, 2007). Como medida de abundancia se utilizó el porcentaje de cobertura de cada especie para obtener los cálculos de diversidad de Shannon, y de dominancia de Simpson. La riqueza específica se consideró como el número de especies por unidad de área. El índice de Bray-Curtis fue obtenido para ver la similitud entre los diferentes tratamientos y el control a nivel de composición de las especies. Con los datos de cobertura, riqueza específica y diversidad de Shannon se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas mediante el procedimiento Mixed de SAS que compara los tratamientos en los diferentes muestreos. Para las comparaciones de las medias estimadas de las diferentes combinaciones, se usó la probabilidad ajustada de Tukey - Kramer (Barrera, 2009).

Para el seguimiento de la macrofauna edáfica colonizadora, a través del tiempo, de los diferentes tratamientos y del control, se realizaron muestreos trimestrales durante un plazo de 9 meses. El primer muestreo se realizó inmediatamente después de la implementación de las parcelas en campo (Noviembre de 2003), el segundo a los tres meses y así sucesivamente hasta el último. La captura de la macrofauna edáfica se realizó mediante el método recomendado por la Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF), con algunas modificaciones (Anderson & Ingram, 1993 en: Brown *et al.* 2001; Granados & Barrera, 2007).

En cada parcela se hicieron tres monolitos de 20 cm x 20 cm x 30 cm, que fueron localizados al azar sobre las parcelas (Figura 5.18). El material fue extraído, con ayuda de un palín y una pequeña pala manual, depositado en bolsas de plástico, debidamente etiquetadas y selladas, para su posterior traslado al laboratorio. La separación de la macrofauna se realizó de manera manual y los individuos colectados fueron preservados en alcohol al 70%, para su posterior determinación. La determinación se realizó, hasta familia, con ayuda de diferentes claves taxonómicas y de especialistas (McAlpine *et al.* 1981; McAlpine *et al.* 1987; Borror *et al.* 1989; González & Carrejo, 1992; Goulet & Huber, 1993; Fernández, 2003; Campos, 2004; González *et al.* 2005).

Con el material seleccionado se definió la composición, la abundancia, la riqueza específica y la diversidad de Shannon, por parcela y por tratamiento. El comportamiento de los tratamientos a través del tiempo se realizó mediante un análisis de varianza de medidas repetidas, utilizando el procedimiento Mixed de SAS que compara los tratamientos en los diferentes muestreos. Para las comparaciones de las medias estimadas de las diferentes combinaciones se usó, también, la probabilidad ajustada de Tukey-Kramer (Barrera, 2009). La similitud de los tratamientos, en cuanto a la composición de especies, se analizó a través del índice de Bray-Curtis.



Figura 5.18 Monolitos realizados para la extracción de la macrofauna edáfica.

Las muestras fueron extraídas con ayuda de un tubo aforado de PVC de 2 pulgadas de diámetro por 50 cm de largo, en las profundidades de 0-10 cm y 10 a 20 cm respectivamente. De cada parcela se sacaron 5 muestras y se mezclaron las de cada profundidad para obtener una muestra compuesta, de cada profundidad, por parcela; cada una consistió de 1 kilo de sustrato. Las muestras fueron debidamente empacadas y rotuladas para su posterior análisis en el laboratorio.

De cada muestra se analizó la textura, pH, el contenido de Carbono orgánico (C.O.), Nitrógeno total (N), Fósforo (P), capacidad de intercambio catiónico, bases totales, contenidos de Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio, Aluminio intercambiable, saturación de bases, conductividad eléctrica. Debido a los pocos datos por tratamiento se realizaron análisis de varianza no paramétricos (Kruskal-Wallis), para ello se obtuvieron las medias de cada variable por tratamiento, para el análisis se consideró como niveles de variación el control y cada uno de los tratamientos. Las comparaciones dos a dos se realizaron mediante la prueba de Mann-Whitney.



Figura 5.19 Sitios de muestreo para los análisis físico-químicos en una de las parcelas de los diferentes tratamientos.

5.7 RESULTADOS DEL EXPERIMENTO EN EL AULA AMBIENTAL SORATAMA

Dado que éste documento no es un artículo científico y lo que busca es orientar a los lectores, se ilustrarán los resultados obtenidos en el proyecto a través de fotografías con los respectivos comentarios. En el momento cero del experimento en todos los tratamientos y el control, hubo ausencia de vegetación y de macrofauna edáfica. Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y potasio fueron mayores en el tratamiento 3 (T3), donde las proporciones de estériles y biosólido fueron 2:1. Los valores de C.O. fueron de 0.8% en el tratamiento 3 (T3), de 0.4% en el tratamiento 2 (T2), de 0.2 % en el tratamiento 1 (T1) y el control menos del 0.1%.



Figura 5.20 Área experimental en el momento cero, mes de noviembre de 2003: a) panorámica del área experimental, b) detalle de las parcelas. Nótese el color amarillo del sustrato debido a las bajas dosis de biosólidos.

Para el primer muestreo, tres meses después de iniciado el experimento, empezó el proceso de colonización de la vegetación de manera incipiente. La cobertura fue mayor en el tratamiento 2 (0,44%), seguida del tratamiento 1 (0,15%), tratamiento 3 (0,003%) y finalmente el control (0,002%). Se destaca cómo las especies ocupan el espacio de acuerdo con sus formas de vida y atributos vitales. La forma de reproducción del *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) la hizo más eficiente para colonizar los espacios libres.

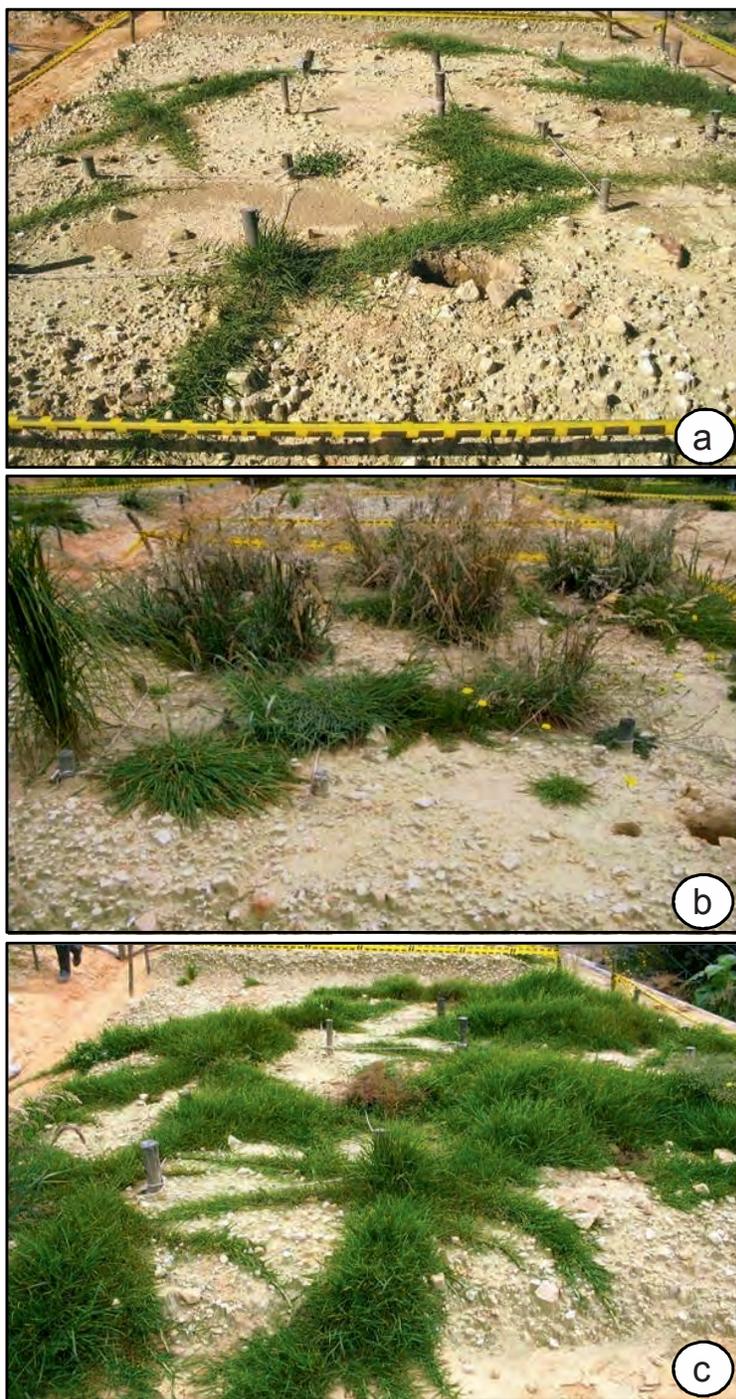


Figura 5.21 Colonización de las especies tres meses de después de implementado el experimento. a) y c) forma de ocupación del espacio de *Pennisetum clandestinum*, b) forma de colonización de *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum* e *Hypochaeris radicata*.

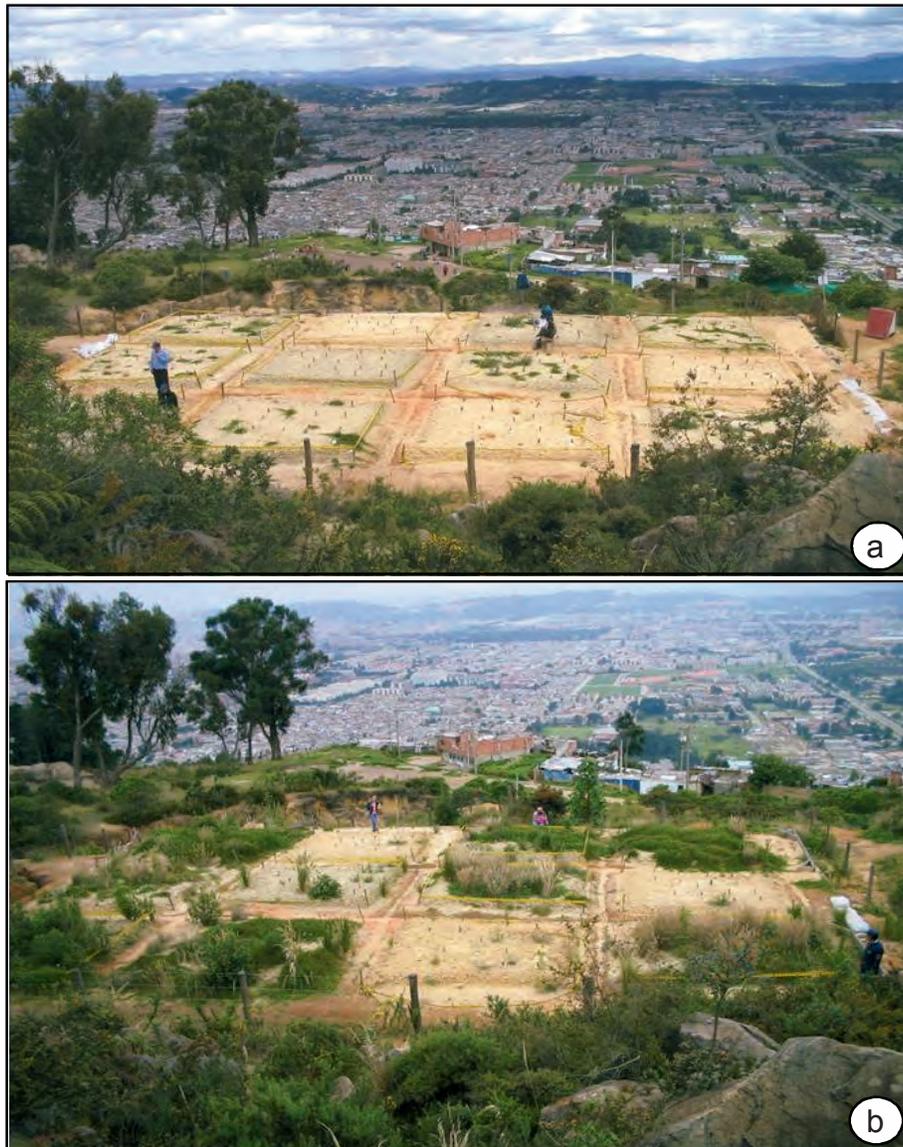


Figura 5.22 Panorámica del área experimental: a) 3 meses después, b) 9 meses de después a su implementación.

La cobertura de las especies de plantas colonizadoras fue significativamente menor en el control que en los tratamientos con biosólido. Un análisis reciente (análisis de componentes principales - ACP), que integró toda la información de los primeros nueve meses de seguimiento de sucesión de la vegetación - macrofauna edáfica y de la evolución del sustrato - muestra que dicho proceso toma rumbos diferentes en cada uno de los tratamientos, mientras que el control nunca arrancó dicho proceso (Barrera, 2009). Lo más certero además de los datos, claro está, son las distintas fotografías tomadas a lo largo de los años. Hoy, la cobertura de los tratamientos es dominada por la forma de vida arbustiva, en la que se destaca principalmente la especie *Baccharis latifolia*, que ha desplazado a especies como *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus* y *Anthoxantum odoratum*. Otra especie arbustiva que también empieza a ser importante es *Myrica parvifolia*.

En la macrofauna edáfica para los muestreos 1 y 2, es decir, a los 3 y 6 meses fueron dominantes los morfotipos de las familias Enchytraeidae y Staphylinidae en todos los tratamientos. En el control no se evidenció la presencia de ningún morfotipo. Los análisis de varianza evidenciaron diferencias para la abundancia, riqueza específica y diversidad de Shannon, es decir, hubo efecto de tratamiento y de tiempo. A los nueve meses de seguimiento tanto los valores de abundancia, como riqueza específica y diversidad de Shannon aumentaron considerablemente.

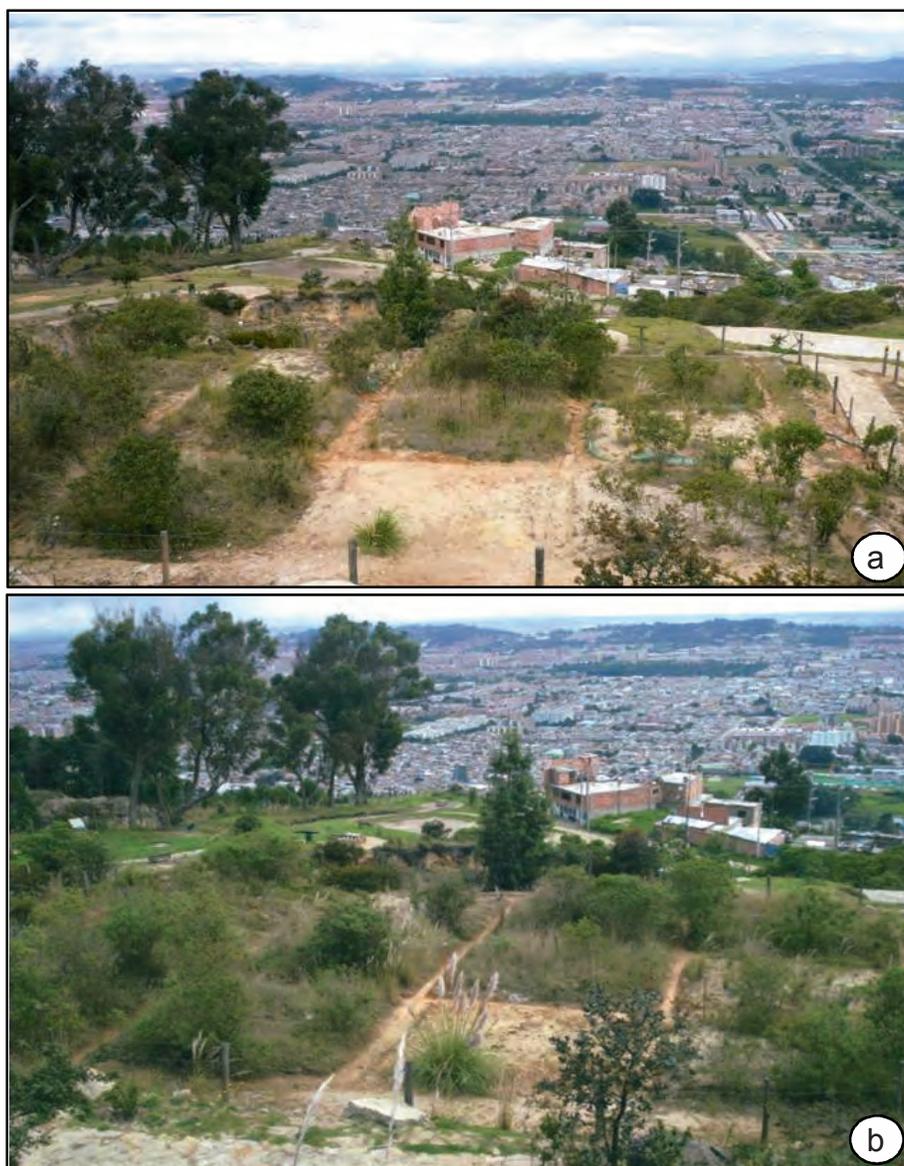


Figura 5.23 Panorámica del área experimental del Aula Ambiental Soratama: a) 4 años después de su implementación, b) 6 años después.

En el sustrato, tanto de los tratamientos como del control, se apreció que los contenidos de Carbono orgánico, Nitrógeno, Fósforo y Potasio estuvieron acordes a las dosis de biosólidos aplicadas a través del tiempo, siendo más baja en el control y mayor en el tratamiento 3 (T3). Los análisis de varianza (Kruskal-Wallis) evidenciaron diferencias entre el control y los diferentes tratamientos para dichas variables ($P < 0.05$). Los valores de C.O., Nitrógeno y Fósforo aumentaron ligeramente con el transcurso del tiempo, cosa que no sucedió con los valores del potasio que incrementaron hasta el tercer muestreo y luego descendió.

Nuestros resultados coinciden con los obtenidos en otros trabajos en los que se ha evidenciado que la aplicación de enmiendas orgánicas a sustratos pobres que favorece el recubrimiento vegetal (Moreno-Peñaranda *et al.* 2004; Jorba & Vallejo, 2008), de igual manera, se ha evidenciado que la aplicación de enmiendas favorece la colonización de la fauna edáfica y las condiciones físico-químicas del sustrato (Frouz *et al.* 2001; Andrés & Mateos, 2006; Alcañiz *et al.* 2009).

5.8 OTRAS INVESTIGACIONES

5.8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL CON DIFERENTES PROPORCIONES DE BIOSÓLIDOS EN LA ARENERA JUAN REY

La Escuela de Restauración Ecológica ha realizado otros proyectos de investigación en asocio con la Secretaria Distrital de Ambiente, con resultados importantes: 1) Aula Ambiental Arenera Juan Rey, donde el principal problema, como consecuencia de la explotación minera, era la carencia de un sustrato y por supuesto de nutrientes. Allí se aplicaron dosis de biosólidos más altas logrando recubrimientos más rápidos en todos los tratamientos. A los 6 meses estaban cubiertas las parcelas de los diferentes tratamientos en su totalidad, excepto el control (Figura 5.24).

Los resultados de este experimento mostraron, también, que no porque se apliquen más nutrientes los recubrimientos del sustrato van a lograrse más rápidamente, es decir, que después de que se alcanza cierto umbral se obtienen los mismos resultados. En este caso la proporción 1:1 de biosólidos-estériles fue suficiente para recubrir rápidamente el sustrato. En este momento, tres años después de la implementación del experimento, la comunidad de gramíneas está siendo reemplazada por la comunidad de arbustos (especies de la familia asteraceae y solanaceae).

En términos del recubrimiento vegetal los resultados de los tratamientos con biosólidos fueron mucho mejores que los obtenidos en el control, donde se aplicó únicamente el estéril.

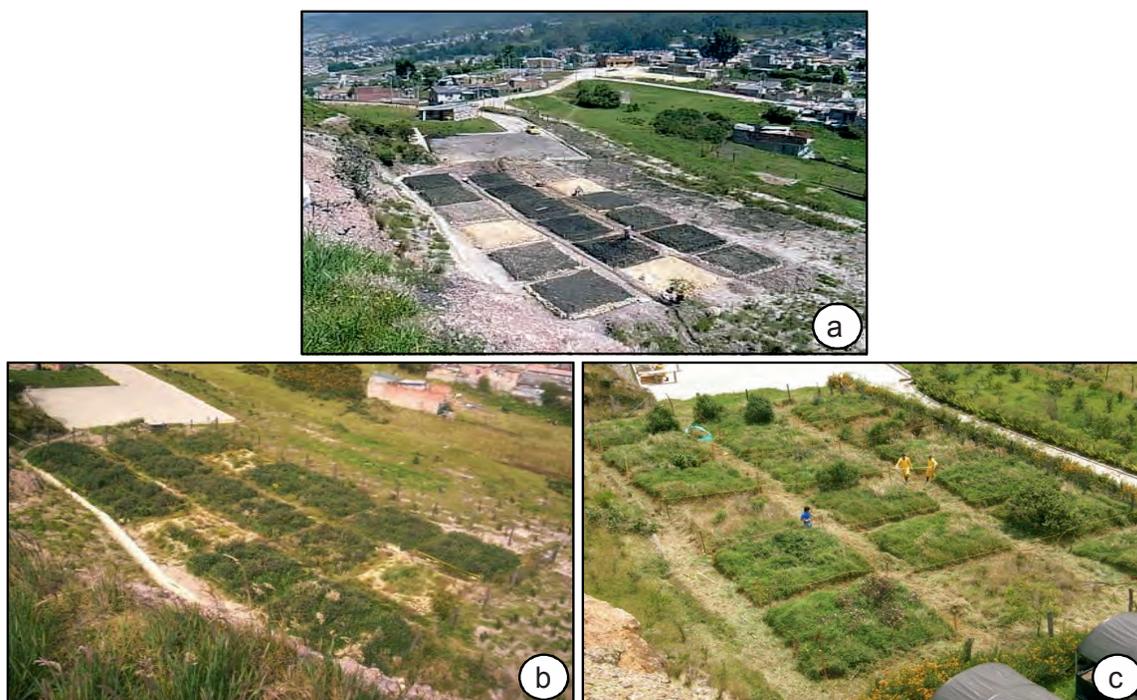


Figura 5.24 Panorámica del área experimental en el Aula Ambiental Arenera Juan Rey: a) momento cero (2005), b) 6 meses después (2006), c) 48 meses después (2009).

Estas investigaciones dan luces e información importante para las diferentes autoridades ambientales de cómo legislar sobre la utilización de los residuos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y sobre cómo proceder para recuperar canteras cuando se aplican enmiendas orgánicas.

De igual manera, se muestra cómo la investigación científica da solución a dos problemas ambientales que agobian a los bogotanos: 1) como reutilizar los residuos de la descontaminación del río Bogotá, y 2) como recuperar los suelos degradados por actividad minera. Para las autoridades queda demostrado que en vez de legislar o hacer normas con información producida en otros países, se pueda legislar con la información producida por nuestras propias investigaciones. Por ello es importante que el Estado, en asocio con las Universidades, continúe financiando la investigación, que se requiere para resolver los problemas generados por su misma población.

5.8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA MICROCUENCA SANTA HELENA, SUESCA, CUNDINAMARCA

Otra experiencia piloto realizada por la ERE, en este caso con el apoyo de la CAR, se llevó a cabo en el municipio de Suesca, en la microcuenca Santa Helena, que ha sido degradada por el mal uso agropecuario. Esta microcuenca dejó de producir y conducir agua en la época seca, es decir, que pasó de ser un cuerpo de agua permanente a un cuerpo de agua estacional. Esta misma situación se presenta, de manera más grave, en otras partes de la cuenca de la laguna de Suesca. En la actualidad se evidencian fuertes problemas erosivos que impiden una buena productividad del suelo y por lo tanto el sostenimiento de las familias campesinas presentes (Figura 5.25).

En la microcuenca se siguieron varios pasos para iniciar su proceso de restauración, también, con resultados importantes: **1)** zonificación paisajística, con el ánimo de definir las diferentes unidades de paisaje y su estado de degradación; **2)** caracterización físico-biótica de las diferentes unidades de paisaje; **3)** priorización de las unidades de paisaje para la restauración; **4)** definición de agentes tensionantes y limitantes que afectan el restablecimiento natural; **5)** definición de los factores potenciadores de la restauración; **6)** socialización del proyecto con la comunidad y realización de talleres de apropiación; y **7)** montaje de experiencias piloto de restauración ecológica.



Figura 5.25 Panorámicas de la microcuenca Santa Helena: a) vista de la parte alta, b) vista de la parte baja, y c) vista de la parte alta costado norte.

El montaje de las experiencias piloto tuvo como propósito evaluar el efecto de la plantación de cuatro especies nativas, a diferentes densidades, sobre el proceso de la sucesión vegetal. Para ello se construyeron parcelas de 5x5 m y de 10x10 m, en ellas se plantaron las especies a 1 y 2 m de distancia solas y combinadas (Figura 5.26 y 5.27).

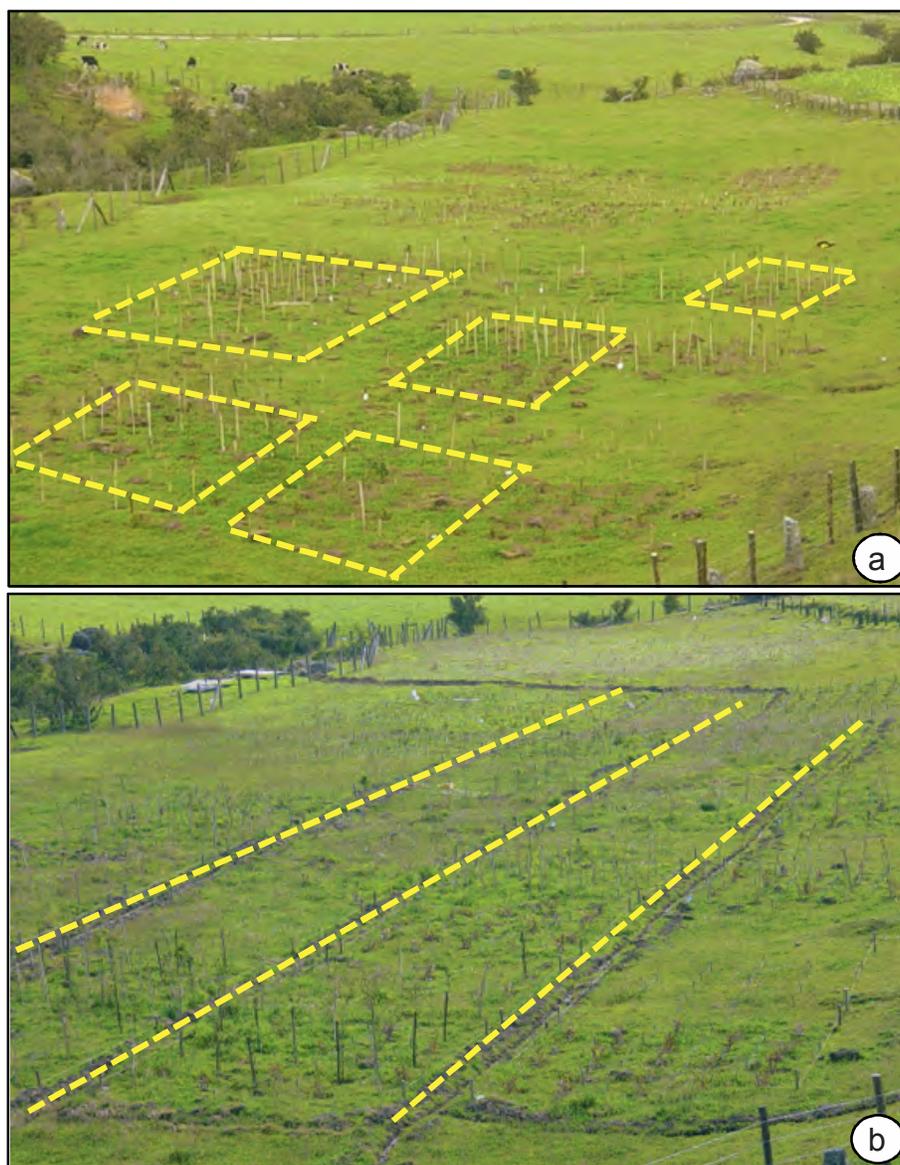


Figura 5.26 Panorámica del área experimental: a) un mes después de implementado el experimento, y b) dos meses después. Las líneas amarillas demarcan las parcelas.

Después del montaje se realizó el seguimiento de las especies colonizadoras cada tres meses durante un año. Se realizaron análisis de varianza en los que se compararon los diferentes tratamientos y el control. Los resultados mostraron que las parcelas plantadas a una mayor densidad y de manera combinada, son la mejor estrategia para potenciar la sucesión ecológica. De igual manera, la eliminación del tensionante (pastoreo) actuó en contra de la especie *Pennisetum clandestinum* y favoreció el incremento de la cobertura de otra gramínea como *Anthoxanthum odoratum*. Cuatro años después de implementado el experimento se aprecia el establecimiento de los arbolitos plantados, principalmente de *Baccharis latifolia* y *Baccharis bogotensis* formando núcleos de vegetación arbustiva (Figura 5.27). Un tema importante que vale la pena resaltar tanto para los experimentos como para los proyectos de restauración, es que si no se aíslan las zonas para evitar el daño del ganado y de las personas mal intencionadas, por un lapso de tiempo suficiente para garantizar la sobrevivencia del material plantado, los recursos invertidos se pierden.



Figura 5.27 Panorámica del área experimental en la microcuenca Santa Helena: a) un año después, b) cuatro años después. Se evidencia la presencia de ganado que afecta el crecimiento y desarrollo de la vegetación plantada.

5.9 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Barrera, J. I. 2009. La investigación con biosólidos, como enmienda orgánica, en áreas afectadas por minería a cielo abierto en Bogotá D.C. Págs: 235-249. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, S.C. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Falk, D.A., M.A. Palmer & J.B. Zedler. 2006. Foundations of Restoration Ecology. Society for Ecological Restoration International. Island Press, Washington, 364 pp.

Pontificia Universidad Javeriana. 2007. Restauración ecológica de canteras. Universitas Scientiarum. Volumen 12, Edición Especial II, enero-junio 2007.

Secretaría Distrital de Ambiente – SDA. 2007. Aula Ambiental Soratama en la Tierra del Sol. 150 pp.

Van Andel, J. & J. Aronson (editores). 2006. Restoration Ecology. Blackwell publishing, United kingdom, 319 pp.

Vargas, O. (ed.). 2008. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C.

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS DISTURBADAS EN EL DISTRITO CAPITAL



Vinculación de la comunidad en un proceso de restauración ecológica, vereda Mochuelo, localidad Ciudad Bolívar.

Uno de los aspectos más importantes en un proyecto de restauración ecológica es la implementación de las técnicas y estrategias para restablecer el área disturbada. En este sentido, es muy importante realizar un análisis previo a su ejecución y tener un amplio entendimiento del comportamiento de los componentes del sistema y sus interacciones inter e intraespecíficas, así como de los factores que inciden sobre el sistema. Dentro de este análisis se deben identificar inicialmente los diferentes tipos de factores tensionantes y limitantes, ya que precisamente estos son los que deben ser contrarrestados para lograr unos buenos resultados. En este capítulo se definen algunos factores limitantes y tensionantes que suelen presentarse en áreas afectadas por diferentes tipos de disturbios en Bogotá D.C., como son: la extracción de materiales a cielo abierto, la invasión de especies exóticas, la expansión de la frontera agrícola, la contaminación de suelos y aguas, entre otros. Finalmente, se presentan las técnicas y estrategias para la restauración de cada uno de los compartimentos afectados (suelo, vegetación y fauna) en las áreas disturbadas.

6.1 FACTORES LIMITANTES Y TENSIONANTES PRESENTES EN LAS DIFERENTES ÁREAS DISTURBADAS

6.1.1 ÁREAS DISTURBADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO

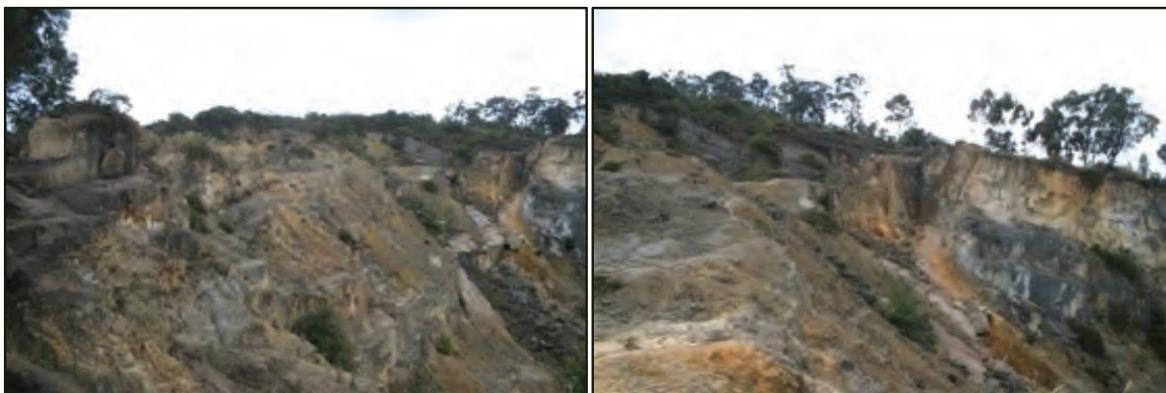


Figura 6.1 Panorámica de una mina abandonada y que ha tenido una explotación a cielo abierto no planificada.

La mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son en mayor o menor medida agresivas para los ecosistemas. Históricamente, la minería ha sido una de las actividades que ha causado más degradación y pérdida de ecosistemas debido a que en todos los proyectos de explotación de materiales se retira en su totalidad el componente vegetal y el suelo para dejar expuesta el material a ser aprovechado (Vadillo, 1991; Correa, 2000).

Actualmente, en el Distrito Capital existen aproximadamente 107 predios dedicados a la explotación de materiales de construcción en las laderas de los cerros tutelares de la ciudad y en el valle del río Tunjuelo debido a que estos proveen arcillas, arenas, recebo y piedra (Delgado & Mejía, 2000; Barrera *et al.* 2007). En estas áreas disturbadas por

la extracción de materiales a cielo abierto, en donde la mayoría de veces se realiza la extracción sin un plan de explotación y de recuperación, es necesario contar con un plan de restauración donde se desarrollen estrategias para neutralizar el efecto de los factores tensionantes y limitantes y así acelerar la recuperación de estas zonas (Barrera *et al.* 2007). Dentro de dichos factores se encuentran (Tabla 6.1):

Tabla 6.1 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por minería a cielo abierto.

AREAS DISTURBADAS POR MINERIA A CIELO ABIERTO	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de suelo y por ende ausencia de nutrientes • Ausencia del componente vegetal • Ausencia de sitios resguardados que permitan la colonización de nuevas especies de plantas • Poca o nula disponibilidad de agua • Fuertes fluctuaciones de humedad y temperatura • Inestabilidad del suelo • Fuertes pendientes 	<ul style="list-style-type: none"> • La lluvia que cae sobre el sustrato desprovisto de vegetación, de acuerdo a su intensidad, puede hacer mayor o menor la tensión • El viento puede afectar el establecimiento de las semillas y plántulas de acuerdo a su intensidad • Arribo de semillas no deseadas para el sistema

6.1.2 ÁREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES

Se estima que la mayoría de incendios forestales son de origen antrópico. En las áreas rurales del Distrito Capital se destaca el empleo del fuego como la forma más económica y eficiente para la limpia de terrenos o para promover la emisión de rebrotes tiernos para alimentar el ganado (CONIF & MAVDT, 2007). En otros casos el fuego se produce por negligencia de las personas (Figura 6.2).



Figura 6.2 Incendio forestal en el Cerro del Cable en el año 2008 (Fotos: Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, 2009).

Durante un incendio forestal se liberan grandes cantidades de energía en forma de calor que afectan, directa o indirectamente todos los componentes del ecosistema (suelo, vegetación y fauna). A continuación se presentan algunos ejemplos de factores limitantes y tensionantes presentes en un área que fue disturbada por un incendio forestal (post-incendio) (Tabla 6.2):

Tabla 6.2 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por incendios forestales y en proceso de recuperación espontánea.

AREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de materia orgánica, lo cual limita la capacidad de retención de agua de las capas superficiales del suelo (Carballas, 2000). • Cenizas acumuladas en el suelo después del fuego: estas pueden inhibir la germinación de las semillas presentes en el banco (Carballas, 2000). No obstante, también puede favorecer la germinación de semillas de especies nativas, lo que se puede considerar como un potenciador y no como un limitante. • pH muy elevados: se presenta como consecuencia de la acumulación de cenizas (Serrada <i>et al.</i> 2004) y puede limitar la movilidad de los nutrientes presentes en el suelo. • Pérdida de algunos elementos del suelo como el Nitrógeno, Magnesio, Calcio, entre otros, producto de la volatilización generada por el incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> • La lluvia: de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el sistema. En el caso del compartimento del suelo, al golpear directamente contra la superficie desnuda, la lluvia puede producir una disrupción física y dispersión de las partículas más finas (Carballas, 2000), lo cual genera su erosión. • El viento: en estas áreas desprovistas de vegetación genera erosión eólica del suelo (CONIF & MAVDT, 2007); sin embargo hay que tener en cuenta su intensidad para identificar si genera una tensión alta o no.

6.1.3 ÁREAS DISTURBADAS POR TALA RASA

La eliminación de la cubierta vegetal produce varios efectos negativos sobre los ecosistemas como es la degradación del suelo, pérdida de la diversidad biológica, destrucción de hábitats para la fauna (García, 2005), entre otros. Las principales causas de la eliminación de la cubierta vegetal arbórea en el Distrito Capital son: la obtención de combustible en forma de leña o carbón para uso doméstico o para su comercialización, la extracción de madera para la construcción y la ampliación de espacios para la agricultura y la ganadería (Figura 6.3) (Kopta, 1999).



Figura 6.3 Tala en los Cerros Orientales a la altura de la calle 200 con carrera séptima.

Dentro de los factores limitantes y tensionantes de las áreas disturbadas por la tala se encuentran (Tabla 6.3):

Tabla 6.3 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por tala.

AREAS DISTURBADAS POR TALA	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia o poca disponibilidad de nutrientes, producto del lavado del suelo desprovisto de vegetación • Cambios fuertes de las temperaturas y alta tasa de evaporación, producto de la radiación solar directa sobre el terreno • Poca o nula disponibilidad de hábitats para la fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • La lluvia que golpea directamente sobre la superficie del suelo, la cual produce la erosión de este compartimento • El viento, el cual puede afectar el establecimiento de nuevas semillas o plántulas que arriben de las áreas aleñadas • Dispersión de semillas de especies no deseadas desde áreas vecinas

6.1.4 ÁREAS DISTURBADAS POR USO AGRÍCOLA

Los bosques altoandinos y los páramos, que son ecosistemas de gran importancia ecológica, sufren diversas alteraciones producto del desarrollo de actividades agrícolas mal manejadas, entre las que se encuentran la deforestación, la alteración de las propiedades de los suelos, la contaminación de fuentes hídricas por fuentes puntuales (residuos sólidos o líquidos) o no puntuales (fertilizantes) (Figura 6.4). Por lo general, cuando estas tierras pierden su productividad se emplean como sitios de pastoreo de ganado, que se realiza en forma intensiva y extensiva (Jarro, 2005). Finalmente cuando las áreas se han deteriorado completamente son abandonadas.

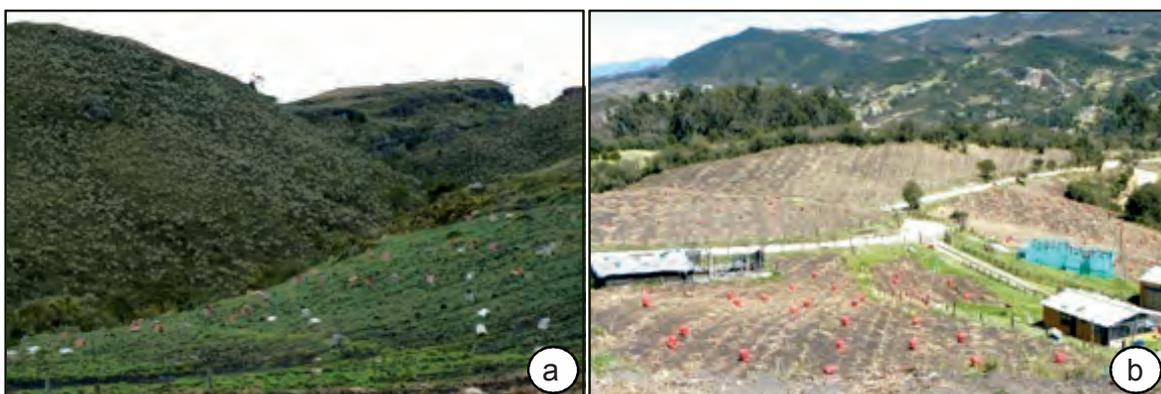


Figura 6.4 Áreas con cultivos de papa en: a) la cuenca alta del río Tunjuelo, b) la cuenca del río Teusacá.

Algunos factores limitantes y tensionantes que se pueden presentar en áreas disturbadas por uso agrícola y que no están siendo utilizadas son (Tabla 6.4):

Tabla 6.4 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por uso agrícola.

ÁREAS DISTURBADAS POR USO AGRÍCOLA	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • La baja o nula presencia de especies vegetales nativas • Ausencia de nutrientes • El pH de los suelos se puede acidificar lo cual limitan la movilidad de los nutrientes • La compactación del suelo, que genera a su vez una reducción en la capacidad de infiltración del agua • Cuando no se presenta una cobertura vegetal sobre el suelo, uno de los factores limitantes puede ser la alta tasa de evaporación producto de la incidencia directa de la radiación solar sobre el mismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Arribo de semillas de especies no deseadas desde áreas vecinas • El viento, el cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo • La lluvia, la cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo

6.1.5 ÁREAS DISTURBADAS POR USO PECUARIO

La ganadería es una actividad que produce varios efectos negativos en los ecosistemas rurales del Distrito Capital, entre los que se encuentran: talas y quemas para ampliar la frontera pecuaria; cambios en la estructura y composición vegetal de los bosques por el pisoteo del ganado; pérdida y deterioro de plántulas por ramoneo; compactación y erosión del suelo; contaminación de los cuerpos de aguas con materia orgánica (Jarro, 2005) (Figura 6.5).

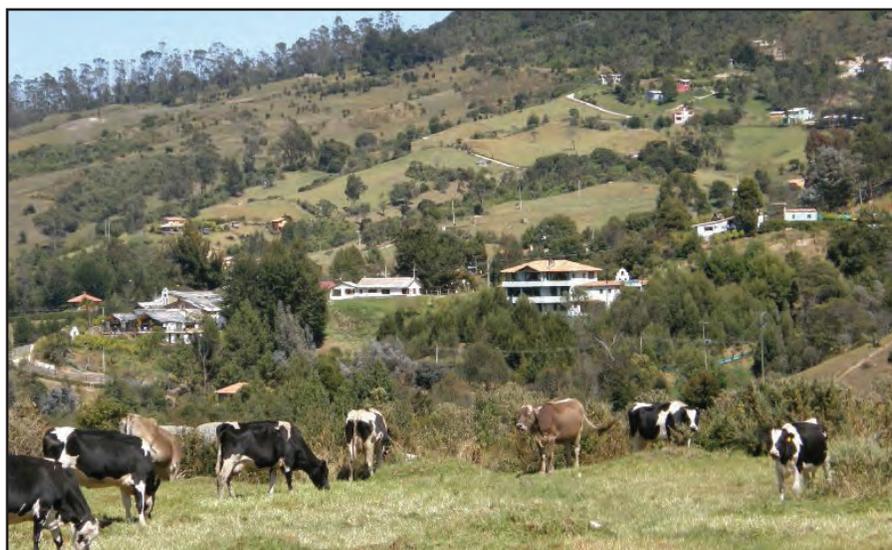


Figura 6.5 Áreas disturbadas por actividades de uso pecuario, cuenca del río Teusaca.

Dentro de los factores limitantes y tensionantes en áreas que fueron disturbadas por uso pecuario se encuentran (Tabla 6.5):

Tabla 6.5 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por uso pecuario.

Tabla 6.5 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por uso pecuario.

ÁREAS DISTURBADAS POR USO PECUARIO	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Suelos que fueron compactados por el peso y pisoteo del ganado, lo cual afecta la tasa de infiltración de agua • Semillas y plantulas de especies nativas predadas por el ganado, lo cual dificulta su germinación y establecimiento • Elevadas tasas de evaporación del suelo por la reducida cobertura vegetal • La baja o nula presencia de especies vegetales nativas • Dominancia de especies con características invasoras como el pasto kikuyo, lo cual limita el desarrollo de especies nativas por su rápido crecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Arribo de semillas de especies no deseadas desde áreas vecinas • El viento, el cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo • La lluvia, la cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo

6.1.6 ÁREAS DISTURBADAS POR ESPECIES INVASORAS

La transformación que sufren los ecosistemas de montaña hacia pastizales, por las diferentes actividades antrópicas, ha favorecido la expansión de especies invasoras, como *Ulex europaeus* (retamo espinoso), *Teline monspessulana* (retamo liso) y *Pteridium aquilinum* (helecho marranero) (Velasco & Vargas, 2008) (Figura 6.6)

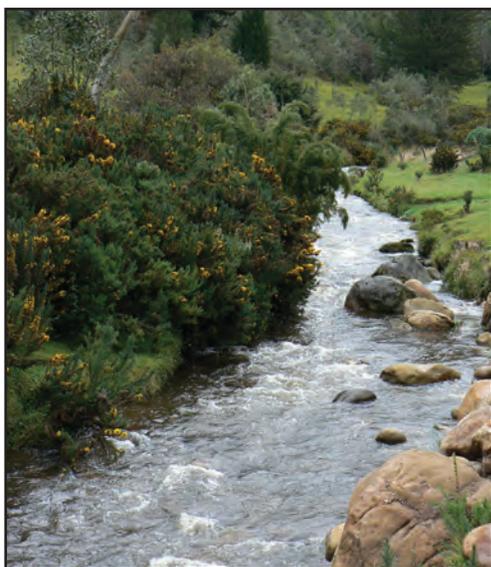


Figura 6.6 Área de la ronda de un afluente de la cuenca alta del río Tunjuelo invadida por retamo espinoso (*Ulex europaeus*).

Las especies invasoras presentan varios rasgos de historias de vida que les permiten colonizar e invadir las áreas disturbadas entre los que se destacan: altas tasas de reproducción, alta capacidad de dispersión, forma de reproducción: sexual y asexual, fácil adaptación al estrés ambiental, entre otras (Ríos & Vargas, 2003).

Algunos factores limitantes y tensionantes en áreas disturbadas por especies invasoras que aún no han sido erradicadas son (Tabla 6.6):

Tabla 6.6 Factores limitantes y tensionantes que pueden afectar la restauración espontánea en un área disturbada por especies invasoras.

Tabla 6.5 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por uso pecuario.

ÁREAS DISTURBADAS POR USO PECUARIO	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> Suelos que fueron compactados por el peso y pisoteo del ganado, lo cual afecta la tasa de infiltración de agua Semillas y plantulas de especies nativas predadas por el ganado, lo cual dificulta su germinación y establecimiento Elevadas tasas de evaporación del suelo por la reducida cobertura vegetal La baja o nula presencia de especies vegetales nativas Dominancia de especies con características invasoras como el pasto kikuyo, lo cual limita el desarrollo de especies nativas por su rápido crecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Arribo de semillas de especies no deseadas desde áreas vecinas El viento, el cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo La lluvia, la cual de acuerdo a su intensidad puede generar una mayor o menor tensión sobre el suelo

En cuanto a los factores potenciadores de la restauración de áreas disturbadas por especies invasoras se encuentran las áreas adyacentes bien conservadas, las cuales tienen un alto número de especies nativas que pueden colonizar estas áreas y la posibilidad de reemplazar estos matorrales de especies invasoras con especies leñosas nativas.

6.1.7 ÁREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS

Desde finales del siglo XIX, en Bogotá fueron introducidas varias especies forestales exóticas entre las que se encuentran: *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Eucalyptus citriodora*, *Cupressus lusitanica*, *Acacia decurrens* y *Acacia melanoxylon*, como una estrategia para el control de erosión y una alternativa productiva, debido a la intensa extracción de recursos como leña, carbón, agua, entre otros, y al rápido crecimiento que presentan estas especies forestales (Manrique, 2004).

Sin embargo, la implementación de plantaciones forestales exóticas han producido varios efectos negativos sobre los diferentes compartimentos del ecosistema como son: eliminación de la cobertura vegetal nativa; cambios en la estructura físico-química y biótica del suelo, en términos de porosidad, textura, humedad, cantidad, disposición de nutrientes y composición de la fauna edáfica (Figura 6.7).

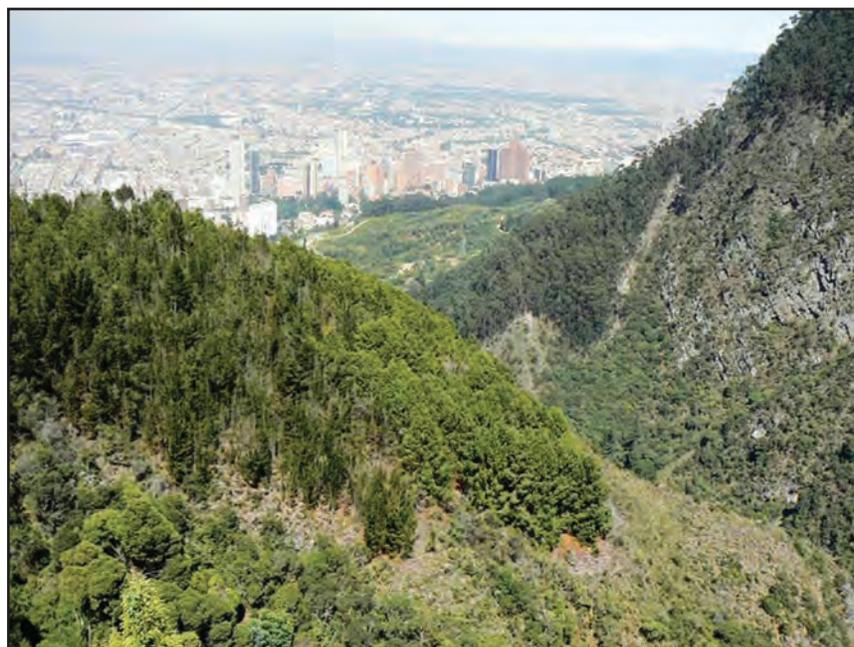


Figura 6.7 Plantaciones forestales de especies exóticas presentes en los Cerros Orientales.

Dentro de los factores limitantes y tensionantes en áreas disturbadas por plantaciones forestales de especies exóticas se encuentran (Tabla 6.7):

Tabla 6.7 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por plantaciones forestales exóticas que pueden afectar su restauración espontánea.

AREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • La baja fertilidad del suelo debido a los pocos procesos de reciclaje de nutrientes • La acidez del suelo, lo cual hace difícil la asimilación de los nutrientes como Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Potasio • Presencia de sustancias alelopáticas que pueden limitar la germinación y crecimiento de las especies nativas • La lenta descomposición de las acículas por lo cual se genera una gruesa capa que limita el desarrollo de semillas y plántulas presentes bajo esta capa 	<ul style="list-style-type: none"> • La lluvia, entre mayor intensidad tenga mayor será la tensión sobre los compartimentos del sistema; puede producir erosión hídrica • El viento, puede producir erosión y traer o llevarse los nutrientes • Los incendios forestales • Arribo de semillas de especies invasoras, como el retamo espinoso, de áreas aledañas

6.1.8 SUELOS Y CUERPOS DE AGUA DISTURBADOS POR DESCARGA DE CONTAMINANTES

El aumento de la contaminación tanto del suelo como del agua se debe al inadecuado manejo de materiales industriales y de residuos, lo cual está asociado al crecimiento acelerado de los asentamientos urbanos y a los diferentes sectores industriales (Ferrera *et al.* 2006; Rivera *et al.* 2008). Entre los contaminantes que se suelen descargar a los cuerpos de agua se destacan los pesticidas, detergentes, metales pesados, aguas residuales de origen doméstico e industriales (Ramos *et al.* 2002), esto ha llevado a que se incremente la eutroficación, colmatación, y en algunos casos, a la desaparición de los cuerpos de agua (SDA, 2008).



Figura 6.8 Aguas contaminadas por vertimientos domésticos sobre el Humedal Córdoba, localidad Suba.

En el caso de los suelos, las actividades industriales han sido las principales fuentes de contaminación, debido a la generación constante de desechos que contienen elementos tóxicos que en concentraciones muy altas pueden tener efectos nocivos a la salud de la población humana y de otras especies, y afectar el equilibrio ecológico (Sierra, 2006). Entre las actividades industriales que causan mayor contaminación de los suelos y cuerpos de aguas se encuentran: la fabricación de productos alimenticios y de bebidas, la industria del cuero, la fabricación de productos químicos como pesticidas y agroquímicos, entre otros (Sabroso & Pastor, 2004).



Figura 6.9 Suelos contaminados por diferentes sustancias y elementos industriales (Foto: José Fernando Rodríguez, 1998).

Algunos factores limitantes y tensionantes que se presentan en áreas disturbadas por contaminación del agua y el suelo son (Tabla 6.8 y 6.9):

Tabla 6.8 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por contaminación del agua.

AREAS DISTURBADAS POR CONTAMINACIÓN DEL AGUA	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • La deficiencia de oxígeno disuelto, dificulta el desarrollo y establecimiento de las especies vegetales y de fauna • La baja descomposición de materia orgánica • La disminución o pérdida del área de ronda como consecuencia de diferentes actividades antrópicas • La alta proporción de nutrientes como Fósforo, Amonio, Nitratos • La presencia de materiales sólidos disueltos o sólidos suspendidos 	<ul style="list-style-type: none"> • El vertimiento de residuos de origen industrial (grasas, metales pesados) • Los vertimientos de origen doméstico (excretas) • La descarga de basuras • El incremento de las urbanizaciones alrededor de los cuerpos de agua (Salamanca & Camargo, 2002; SDA, 2008) • La descarga de agroquímicos de cultivos aledaños a los cuerpos de agua

Tabla 6.9 Factores limitantes y tensionantes en un área disturbada por contaminación del suelo.

ÁREAS DISTURBADAS POR CONTAMINACIÓN DEL SUELO	
FACTORES LIMITANTES	FACTORES TENSIONANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades físico-químicas del suelo • Pérdida de la porosidad, lo que limita la retención de agua • La alteración de los nutrientes por la acumulación de elementos tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> • El vertimiento de residuos de origen industrial • El incremento de varios tipos de industrias sin un manejo de residuos

6.2 ESTRATEGIAS PARA RESTAURAR LAS ÁREAS DISTURBADAS DE ACUERDO AL COMPARTIMENTO

A continuación se presentan diferentes estrategias para la restauración de algunos compartimentos presentes en las áreas disturbadas. Dichas estrategias se basan en el análisis de los diferentes tensionantes y limitantes presentes en un área.

6.2.1 COMPARTIMENTO DEL SUELO

A. CONTROL DE EROSIÓN Y REMOCIÓN EN MASA

Indudablemente uno de los grandes problemas a combatir en las áreas disturbadas son los procesos denudativos del suelo (erosión y remoción en masa). Estos pueden afectar su productividad y también convertirse en una amenaza para el hombre al ser un fenómeno natural, incrementado por las actividades productivas, que pueden generar desastres humanos. A continuación, se presentan diferentes estrategias que en términos generales buscan disipar la energía del agua y disminuir el arrastre de los sedimentos, especialmente en zonas de altas pendientes.

- **Trinchos:** son estructuras construidas sobre laderas inestables desprovistas de vegetación o en taludes de más de 45°, por lo que se ubican de manera transversal a la pendiente del terreno. Tienen por objetivo: **1)** controlar el arrastre de materiales (sedimentos) y **2)** disminuir la velocidad del agua de escorrentía para evitar los procesos erosivos del suelo (Corpocaldas, 2006; Sarmiento & Torres, 2008; Miranda, 2009; Suárez, 2009). Dentro de las ventajas que ofrece su implementación se encuentran: **1)** el mejoramiento de las condiciones de humedad y de retención de nutrientes, lo cual genera condiciones microclimáticas adecuadas para el establecimiento y germinación de las semillas; **2)** disipación de la energía cinética del agua; **3)** estabilización del terreno; y **4)** favorecimiento para la recuperación de la vegetación (Rivera & Sinisterra, 2006). Pueden ser construidos en diferentes materiales como piedras, madera, cemento o con material vegetal (Manrique, 2004). Para su implementación se debe tener en cuenta la pendiente, ya que entre más fuerte sea, más cerca se deben colocar los trinchos uno del otro (Corpocaldas, 2006; Sarmiento & Torres, 2008; Miranda, 2009; Suárez, 2009) (Figura 6.10 y 6.11).



Figura 6.10 Trinchos colocados transversalmente a la pendiente para controlar el arrastre de materiales en la quebrada de Hoya del Ramo.



Figura 6.11 Trinchos de piedra en zonas de ladera en el Aula Ambiental Soratama.

- **Cunetas o zanjas:** son canales que se construyen para desviar el agua y así evitar la erosión del terreno (Manrique, 2004). Se recomienda sembrar especies nativas herbáceas y arbustivas a ambos lados de la cuneta para evitar que el agua erosione bajo la cuneta. Cuando las pendientes son mayores a 40°, las zanjas o cunetas deben ser escalonadas. Su forma puede ser semicircular o rectangular (González, 1995) (Figura 6.12).



Figura 6.12 Zanjas escalonadas para desviar el agua en el Aula Ambiental Soratama.

- **Surcos de contorno:** consiste en la construcción de surcos siguiendo las curvas de nivel o perpendicular a la pendiente. Esta obra impide el paso del agua de escorrentía, disminuye su velocidad y la capacidad de arrastre del suelo (Jarro, 2005).
- **Zanjas de infiltración:** son pequeñas zanjas que se hacen a manera de surco en el terreno siguiendo las líneas de pendiente con el objetivo de disminuir la velocidad del agua lluvia y aumentar su infiltración (Jarro, 2005).
- **Gaviones:** son cajas rectangulares en malla de alambre galvanizado, por lo general de calibre 13, que luego son rellenas con piedra. Son estructuras de retención de materiales de arrastre, flexibles y permeables, simples de construir y de mantener. De acuerdo a la longitud del área a contener, las cajas se pueden unir entre sí con el mismo alambre galvanizado. Se recomienda que sean construidos con triple torsión para evitar su rompimiento (Figura 6.13).

Entre sus ventajas se encuentra su larga vida útil (aproximadamente 25 años); es una estructura que es capaz de recibir y expulsar el agua presente en el terreno. De igual manera, permite el crecimiento de plantas sobre ellos lo que puede acelerar el restablecimiento del área (González, 1995).



Figura 6.13 Gaviones contruidos en el Aula Ambiental de Soratama.

- **Coberturas muertas:** consisten en residuos vegetales provenientes de las podas, las entresacas y los desperdicios que se esparcen sobre el suelo con el objetivo de formar una cubierta protectora contra los procesos erosivos (Manrique, 2004).

- **Terrazas vivas:** son estructuras de estabilización construidas en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznable, especialmente en taludes y derrumbes (Rivera & Sinisterra, 2006). En su construcción se utilizan los trinchos en madera que puede ser de guadua, arboloco o especies que se pueden reproducir de forma vegetativa (Figura 6.14).



Figura 6.14 Terrazas vivas. a). Imagen de terrazas construidas para el control de los procesos de erosión en Monserrate, Bogotá (Barrera, 1999). b). Terrazas escalonadas empotradas a una profundidad de cuatro (4) metros, ubicadas en el corregimiento de Dapa, Yumbo, Valle del Cauca (CIPAV, 2010).

B. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Cuando las áreas disturbadas presentan pendientes muy altas (mayores de 30°), que alcanzan alturas que sobrepasan los 20 metros, se recomienda estabilizar los taludes con el fin de evitar que el material más suelto se desprenda y se presenten derrumbes (Correa, 2000). Esto se presenta principalmente en las áreas afectadas por la extracción de materiales a cielo abierto. Algunos procedimientos utilizados para estabilizar los taludes son (Suárez, 2009):

- Tender el talud para disminuir la pendiente
- Construir bermas o gradas para generar un talud con varios niveles
- Remover material de la parte alta del talud para reducir la altura del mismo
- Manejo de las aguas de escorrentía incluyendo cunetas, torrenteras y estructuras de entrega de las aguas recolectadas

Tabla 6.10 Diferentes alternativas para la estabilización de taludes (Suárez, 2009).

METODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ABATIMIENTO DE LA PENDIENTE	Efectivo especialmente en suelos arenosos, limosos.	No es viable económicamente en taludes de gran altura.
TERRACEO DE LA PENDIENTE	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
REMOCIÓN DE MATERIALES DE LA CABEZA DEL TALUD	Disminuye las fuerzas activas, las cuales son las que accionan el deslizamiento.	Las áreas arriba de la cabeza del talud pueden desestabilizarse
COLOCACIÓN DE MATERIALES EN EL PIE DEL TALUD	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a colocar tendrían una gran magnitud.

C. MANEJO DE LA CAPA SUPERFICIAL DEL SUELO

En las áreas afectadas por minería a cielo abierto donde es limitada por completo la capa fértil del suelo, es necesario hacer un manejo técnico de dicha capa mediante su almacenamiento en un sector de la mina durante el tiempo que dure la explotación con el fin de utilizarlo en el proceso de restauración.

El manejo que se le dé a la capa superficial debe evitar en la medida de lo posible la compactación, la muerte de microorganismos, la erosión hídrica y eólica, entre otras. Por lo tanto, se recomienda almacenarla en capas delgadas no mayores de tres (3) metros de altura y por un tiempo no mayor a un año (Hernández, 1996; MME & MMA, 2002).

Cuando el suelo que se ha retirado durante la explotación permanece almacenado por un tiempo mayor de un año es necesario sembrar semillas de plantas leguminosas con el fin de mantener la estructura del suelo, evitar la reducción del contenido de Oxígeno y disminuir la fertilidad (Hernández, 1996; MME & MMA, 2002).

El tiempo del acopio y la altura de las capas depende de la textura del sustrato (Vadillo *et al.* 2000) (Tabla 6.11). Así mismo, se debe realizar periódicamente la aireación de este sustrato mediante volteo (MME & MMA, 2002). En el momento que termine la extracción de materiales, el suelo almacenado previamente puede ser dispersado de forma homogénea ya que puede contener semillas viables, que pueden favorecer el desarrollo de la vegetación (Martínez & Fernández, 2001; Barrera, 2009).

Tabla 6.11 Altura y tiempo del almacenamiento de acuerdo a la textura del suelo descapotado (Vadillo *et al.* 2000)

TEXTURA	ALTURA (M)	TIEMPO (MESES)
SUELOS LIGERAMENTE ARENOSOS	2.4	12
SUELOS MEDIANAMENTE FRANCO ARCILLOSOS	1.4	12
SUELOS FRANCO ARCILLOSOS	1.2	9
SUELOS MUY ARCILLOSOS	0.9	6

D. **DESCOMPACTACIÓN**

El paso de maquinaria en las minas y el peso y pisoteo del ganado en áreas pecuarias generalmente compacta los suelos, lo que puede impedir el crecimiento de la vegetación y reducir la movilidad del aire y del agua, por lo tanto es necesario descompactar el sustrato mediante los siguientes procesos (Hernández, 1996):

- **Escarificado:** consiste en remover la capa superficial del suelo, a una profundidad de 10 a 36 cm.
- **Subsolado:** se basa en remover la capa superficial del suelo a una profundidad de 35 – 50 cm, sin voltear los horizontes del suelo.
- **Ripado:** consiste en voltear los horizontes y extraer el material profundo; alcanza una profundidad de 80 cm.

E. **ENRIQUECIMIENTO Y MANEJO DEL SUELO**

Cuando el suelo ha sido degradado producto de las actividades productivas desarrolladas en el área, es necesario realizar una serie de estrategias para su enriquecimiento y mejoramiento. Dentro de estas se encuentran:

- **Plantación de plantas leguminosas** que fijen eficientemente el nitrógeno como: los chochos (*Lupinus* spp.), aliso (*Alnus acuminata*) y el trébol (*Trifolium* spp.) (Jarro, 2005), con el fin de recuperar las propiedades del suelo.

- **Aplicación de enmiendas:** las enmiendas proporcionan un medio adecuado para el crecimiento de la vegetación y de la fauna edáfica al cambiar las condiciones hostiles del área (Hernández, 1996; Curry, 1998; Vadillo *et al.* 2000). Entre estos cambios se encuentran la adición de macro o micronutrientes, el incremento de materia orgánica, la reducción de la erosión, la modificación de la temperatura, el aumento o disminución del pH, la mejora de las propiedades hidrológicas (humedad, capacidad de retención de agua). Las enmiendas se pueden clasificar en orgánicas e inorgánicas:

- **Fertilización inorgánica:** incrementa la concentración de nutrientes en el suelo, incluye la aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, elementos esenciales para el desarrollo de la vegetación (Vadillo *et al.* 2000; Miranda, 2009).

- **Fertilización orgánica:** presenta efectos importantes en las características físicas y químicas del suelo degradado ya que, por medio del aporte de materia orgánica, mejora la capacidad de retención de agua, incide favorablemente en la penetración del agua, disminuye la escorrentía superficial, mejora la porosidad y la aireación del suelo, mejora la retención de humedad, mejora la germinación y el reclutamiento de plántulas al aportar nutrientes, entre otras (Hernández, 1996; Curry, 1998; Vadillo *et al.* 2000).

La materia orgánica puede ser proporcionada por diferentes enmiendas como son: compost, mulches, estiércoles, purines y biosólidos (Barrera, 2009; Miranda, 2009). Sin embargo, al momento de adicionar alguna de estas enmiendas orgánicas se deben considerar las propiedades químicas de los suelos de las áreas adyacentes para tenerlas como referencia (Barrera, 2009).

- **Inoculación de microorganismos al suelo:** cuando los disturbios afectan a los microorganismos del suelo, como es el caso de los incendios forestales, se hace necesaria su inoculación en el suelo para acelerar la descomposición de materia orgánica. Dichos microorganismos ayudan a la fijación de Fósforo y Nitrógeno, estimulan sustancias reguladoras del crecimiento; aumentan la tasa fotosintética; ayudan al engrosamiento de la pared celular de las plantas, lo cual le confiere mayor resistencia a patógenos (Vargas & Peña, 2003; Wolffhugel, 2007), y mejoran la estructura del suelo al incrementar la capacidad de retención de agua (Calle, 2003). Una estrategia para la recuperación de los microorganismos del suelo es la micorrización de las plantas nativas que van a ser introducidas en las áreas disturbadas (CONIF & MAVDT, 2007).

De igual manera, algunos microorganismos hacen que los nutrientes puedan estar disponibles para las plantas, incrementan la porosidad por medio de la creación de espacios para la circulación del agua y del aire, y mantienen el ciclaje de nutrientes. Entre estos organismos se encuentran el *Rhizobium*, una bacteria capaz de fijar Nitrógeno (Calle,

2003). Existen experiencias que demuestran que la inoculación de plantas leguminosas con esta bacteria contribuye a la recuperación de los suelos.

F. REINTRODUCCIÓN DE SUELO DE LAS ÁREAS ADYACENTES

En casos en donde se produce la pérdida total del suelo, como son las áreas afectadas por minería a cielo abierto o por incendios forestales, una de las estrategias para su recuperación es la reintroducción de suelo desde las áreas adyacentes. Esta estrategia tiene la ventaja de introducir un banco de semillas y microorganismos nativos al área afectada (CONIF & MAVDT, 2007).

G. RECUPERACIÓN DE PROPIEDADES DEL SUELO PERDIDAS O MODIFICADAS

Cuando se modifica la composición química del suelo, como en el caso de las áreas degradadas por actividades agropecuarias o por plantaciones forestales, es necesario que los suelos sean manejados a través del encalado como una estrategia de recuperación. La técnica del encalado consiste en la aplicación de enmiendas calcáreas con el fin de neutralizar la acidez del suelo e incrementar la disponibilidad de fósforo. Dentro de estas enmiendas se encuentran: el Carbonato de Calcio, cal dolomita, Hidróxido de Calcio, Oxido de Calcio, cal o roca fosfórica.

Algunos beneficios del encalado son (Lema & Rodríguez, 2006; Bernier & Alfaro, 2006; Jarro, 2005):

- Aumentan la disponibilidad de Calcio, Magnesio y Fósforo
- Aumentan la acción de las bacterias fijadoras de Nitrógeno
- Contribuyen a incrementar la cantidad y la acción de los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica, por lo que se mejora la actividad microbiológica y la estructura del suelo

H. DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS

Existen diversos procedimientos para contener, retirar o destruir las sustancias contaminantes, con el fin de recuperar las funciones del suelo. De acuerdo a la ubicación del suelo durante el tratamiento, existen dos tipos (Rodríguez, 2007):

- *In situ*: los tratamientos se realizan sobre el suelo contaminado en su posición de origen.
- *Ex situ*: los tratamientos se aplican posterior a la excavación del suelo.

Algunos tratamientos empleados para la recuperación de suelos contaminados son la inmovilización de contaminantes por medio de barreras físicas, la extracción de vapores a través de borboteo en la zona saturada, la vitrificación *ex situ* e *in situ*, el lavado y la biorremediación. A continuación se van a explicar algunos de los tratamientos más utilizados para la descontaminación de suelos, teniendo en cuenta que son técnicas biológicas, por lo tanto son más amigables con el ambiente.

- **Biorremediación:**

La biorremediación es una técnica biológica para el tratamiento de suelos contaminados que consiste en el uso de microorganismos (bacterias, hongos y plantas) que neutralizan los compuestos químicos del suelo disminuyendo o bajando su toxicidad siendo inofensivas para el ambiente y la salud humana (Pérez *et al.* 2002; Araujo *et al.* 2005; Benavides *et al.* 2006). La técnica empleada depende de cada caso, del tipo de microorganismo, de las condiciones del espacio contaminado y de la naturaleza y cantidad del contaminante o contaminantes (Martín & González, 2004).

Las ventajas de la biorremediación son los bajos costos y ser una técnica ambientalmente amigable, debido a que no se utilizan sustancias químicas. Sin embargo, pueden llevar muchos años para completar la recuperación del suelo, ya que depende de la cantidad de los contaminantes y de las condiciones ambientales que pueden favorecer la proliferación y actividad de los microorganismos que sean utilizados (Ferrera *et al.* 2006).

Las bacterias son las más empleadas en el proceso de biorremediación, aunque también se han empleado otros microorganismos como hongos, algas, cianobacterias que permiten lograr la degradación de compuestos tóxicos en el suelo (Figura 6.15). La fauna también puede actuar como agente descontaminante, ya que puede desarrollarse en medios con fuerte toxicidad y son capaces de retener metales pesados; es el caso de la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), la cual absorbe los contaminantes a través de los tejidos y los acumula en las vías digestivas (Benavides *et al.* 2006).

- **Fitorremediación:**

La fitorremediación constituye una variación de las técnicas de biorremediación, ya que en lugar de microorganismos emplea plantas que tienen capacidad de remover contaminantes como metales pesados (Pérez *et al.* 2002) y a su vez presentan resistencia para establecerse en los suelos contaminados. Estas plantas estimulan la actividad microbiana de la rizósfera con el fin de favorecer la oxidación y degradación de los contaminantes (Ferrera *et al.* 2006). El objetivo de la fitorremediación es la de degradar, asimilar, metabolizar o desintoxicar metales pesados, compuestos orgánicos y compuestos radioactivos por medio de la acción combinada de plantas y microorganismos (López *et al.* 2005).



Figura 6.15 Como actúan las bacterias del suelo sobre los diferentes contaminantes que se encuentran en el suelo (Fuente: modificado de <http://www.naturalbiotec.com/pdf/Biorreactor.pdf>).

La fitorremediación puede ser limitada por algunas condiciones que impiden el crecimiento de las plantas como son: el clima, las pendientes fuertes, los procesos de erosión, las propiedades físicas y químicas del suelo (pH, salinidad, contenido de nutrientes) (Carpena & Bernal, 2007), la localización de los contaminantes cerca a la rizosfera, la profundidad de penetración de las raíces, la concentración de los contaminantes y los prolongados tiempos para la descontaminación de los suelos (López *et al.* 2005; Carpena & Bernal, 2007).

Existe un gran número de plantas con diversas características fisiológicas que les permiten enfrentar la acción de los contaminantes. Entre ellas se encuentran las plantas que son capaces de remover contaminantes inorgánicos y acumularlos en sus tejidos, otras cuyos exudados radicales contribuyen a la precipitación de los metales y por consiguiente reducen su biodisponibilidad quedando estabilizados en la matriz del suelo (Ferrera *et al.* 2006). Entre estas plantas se encuentran gran número de especies de gramíneas y plantas herbáceas (Pérez *et al.* 2002).

La desintoxicación de contaminantes por fitorremediación se realiza empleando al menos uno de los siguientes mecanismos: fitoextracción, rizofiltración, fitoestabilización, fitovolatilización y fitodegradación (Figura 6.16) (López *et al.* 2005; Carpena & Bernal, 2007).

- **Fitoextracción:** uso de plantas acumuladoras tanto de contaminantes metálicos como orgánicos del suelo, los cuales son absorbidos directamente por las plantas e incorporados en su biomasa.
- **Rizofiltración:** proceso por el cual las raíces de la planta y la microflora asociada absorbe los contaminantes y son destruidos en la zona radicular.
- **Fitoestabilización:** mecanismo que utiliza la planta para desarrollar un sistema denso de raíces para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, y la movilidad de estos evitando el transporte a capas subterráneas.

- *Fitovolatilización*: proceso por el cual las plantas y la actividad microbiana asociada, a través de enzimas, transforman, degradan y finalmente volatilizan los contaminantes del suelo.
- *Fitodegradación*: proceso por el cual las plantas y microorganismos asociados metabolizan los contaminantes orgánicos transformándolo en un material sin riesgos para el medio natural.

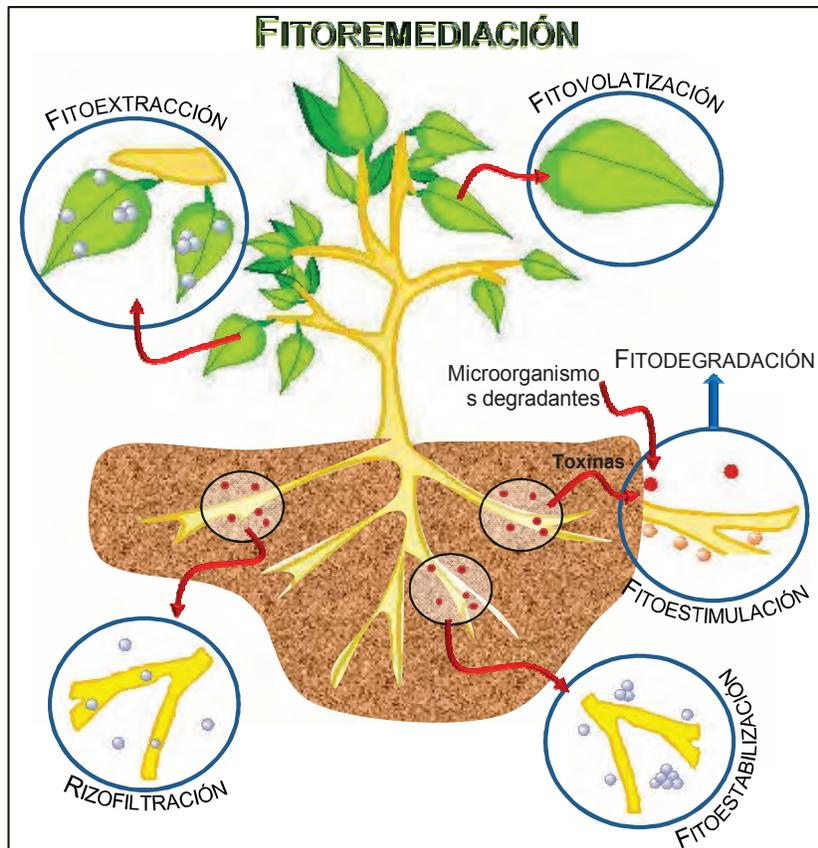


Figura 6.16 Mecanismos que realizan las plantas para eliminar o disminuir las sustancias contaminantes de los suelos (Fuente: modificado de http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_36.asp?cuaderno=36).

6.2.2 COMPARTIMENTO DE LA VEGETACIÓN

En la implementación de estrategias a nivel del compartimento de la vegetación se debe considerar los siguientes aspectos: **1)** definir el objetivo para el cual se va realizar la estrategia; **2)** realizar la selección de especies nativas a ser plantadas o sembradas; **3)** diseñar el arreglo florístico a ser implementado; y **4)** finalmente hacer la plantación.

Dentro de los **objetivos** que puede tener la plantación de vegetación se encuentran: la revegetalización de taludes; la recuperación de áreas de ronda; la recuperación de nacederos; el control de algunos tensionantes como el viento, el fuego o el ganado; control de especies invasoras; enriquecimiento florístico; arborización urbana; entre otras.

Para la **selección de las especies** se debe considerar si están presentes en el área a restaurar, si se ubican al mismo nivel altitudinal del área y si existe disponibilidad en los viveros más cercanos, tanto en calidad como en cantidad. De igual manera, se deben considerar otras características como (Rondón & Vidal, 2001; MAVDT, 2003; Torres & Sarmiento, 2008):

- Comportamiento social intraespecífico: los individuos se distribuyen unos cerca de otros formando agregados de extensión variable.
- Sociabilidad interespecífica: tendencia a asociarse con otras especies.
- Amplia cobertura de follaje: posibilitando transformaciones del microclima en su entorno.
- Alta tasa de renovación: que las hojas, ramas y ramitas presenten un ciclo de vida corto dentro de la planta y se renueven con frecuencia, de modo que las muertas contribuyen a la formación y mejoramiento del suelo.
- Alta producción de semillas u otros propágulos.
- Mecanismos de dispersión: a través de medios físicos (dispersión por agua y viento) en especies de etapas iniciales y medios bióticos (aves y otros animales) en etapas intermedias.
- Rusticidad: las plantas colocadas en la posición ambiental y sucesional correcta no requiere mayores cuidados para desarrollarse y reproducirse.
- Agresividad: es capaz de competir eficazmente con las especies oportunistas propias de medios disturbados o con las dominantes nativas.
- Rápido crecimiento.
- Sistema radicular profundo.
- Fácil propagación.
- Presencia en las áreas adyacentes.

Se recomienda revisar las especies de plantas propuestas en el capítulo 8 para proyectos de restauración, allí se describen las anteriores características y se amplia la información respecto a sus aspectos ecológicos, usos y formas de propagación.

En el caso de las áreas disturbadas por incendios forestales también se deben considerar a las especies piroclásticas (MAVDT, 2003), es decir, aquellas que poseen rasgos que las hacen poco inflamables, debido a que presentan las siguientes características (Salamanca

& Camargo, 2002): baja concentración de compuestos volátiles, baja acumulación de necromasa en pie, necromasa de rápida descomposición, lo cual evita la acumulación de material inflamable y acumulación suficiente de humedad en los tejidos. Estas especies ayudan a acelerar la incorporación de nutrientes al suelo (MAVDT, 2003), a mejorar el pH del suelo y las condiciones microclimáticas, lo cual facilita la supervivencia y crecimiento de otras especies nativas (Calle, 2003). Dentro de estas especies se encuentran: *Clusia multiflora* (gaque), *Viburnum triphyllum* (garrocho), *Oreopanax floribundum* (mano de eso), *Cavendishia cordifolia* (uva de anís), entre otras (Salamanca & Camargo, 2002).

Para el caso de las áreas urbanas se recomienda tener en cuenta las condiciones ambientales de la ciudad (humedad, precipitación, balance hídrico, entre otras), la longevidad de las especies, el costo de mantenimiento, la disponibilidad de espacios para plantación y los proyectos de infraestructura (Álvarez *et al.* 2009).

Los arreglos florísticos tienen como objetivo representar un estado avanzado de la sucesión mediante la plantación de especies nativas de acuerdo a sus atributos vitales y el ecosistema de referencia (SDA, 2007). Para su elaboración se deben tener en cuenta algunos atributos de las especies como son velocidad de crecimiento, cobertura, resistencia al viento, mecanismo de dispersión, entre otros. Su diseño permite planificar la cantidad de árboles necesarios de cada especie y la distancia a la cual deben ser plantados. Algunos ejemplos de arreglos florísticos se observan en la Figura 6.17.

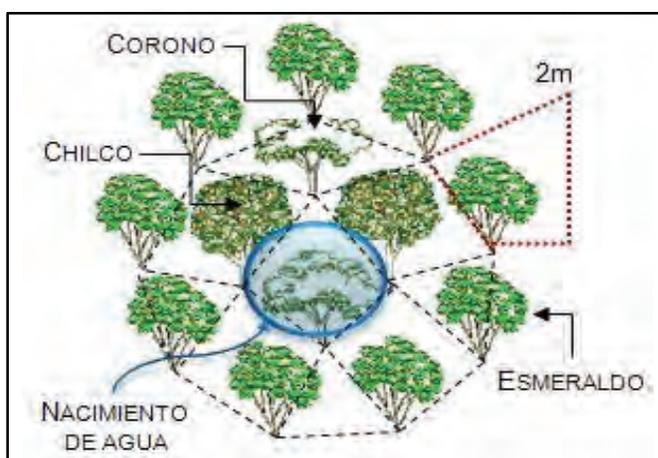


Figura 6.17 Ejemplo del diseño de un arreglo florístico para la recuperación de áreas con procesos erosivos alrededor de nacimientos de agua a partir de la combinación de *Baccharis latifolia* (chilco), *Miconia squamulosa* (tuno esmeraldo) y *Xylosma spiculifera* (corono).

La **plantación de especies nativas** es una estrategia que contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, de las condiciones microclimáticas, de la colonización y el establecimiento de nuevas especies nativas (MAVDT, 2003; Barrera *et al.* 2003; Calle, 2003).

En áreas que han sido disturbadas por incendios forestales, es necesario hacer una plantación de especies en estado herbáceo, especialmente con especies leguminosas o arvenses (Carballas, 2000), debido a que estas especies aportan materia orgánica y fijan eficientemente el Nitrógeno (Vargas & Peña, 2003). Entre las especies leguminosas normalmente utilizadas se encuentran: *Lupinus* spp. (chochos) y *Trifolium* spp. (trébol).

La implementación de la vegetación en el nuevo sitio se puede realizar a través de:

- Siembra de semillas, de acuerdo a la especie puede resultar ser más lento o rápido su desarrollo y tener mayor o menor exigencia.
- Uso de rizomas y esquejes: se deben realizar hoyos en la línea de nivel medio del agua e introducir ejemplares de tres en tres. De esta forma, se permite que emerja del suelo la parte aérea de especies como el junco. También, se pueden emplear las estacas, en las cuales *“se excava una zanja de 40 cm de ancho y de 30 cm de profundidad, en el borde de la zanja que limita con el cauce, se entierran unas estacas de madera de 50 cm de largo, en el fondo de la zanja se deposita algún material de relleno como piedras o gravas, luego con tierra que se retiró de la zanja se rellena, se introducen los esquejes ó estolones teniendo la precaución de dejar las yemas y extremidades de crecimiento por fuera del agua”* (Jarro, 2004).
- Plantación de plántulas provenientes de vivero: lo recomendable es plantar individuos entre 0,50 m y 1,5 m de altura, medidos desde la base del tronco hasta la parte superior de la planta. Se deben seleccionar los individuos que presenten mejores condiciones nutricionales y sanitarias. Así mismo, se deben garantizar las condiciones ambientales adecuadas en el momento de realizar el transporte desde el vivero hasta la zona a ser plantada (no exposición al aire y preferiblemente realizarlo en horas de la mañana) (Jarro, 2004). Igualmente, antes de hacer la plantación se recomienda llevar el material vegetal al terreno unas semanas antes para que pueda adaptarse a las condiciones ambientales.

A continuación se ampliará la información de las estrategias que se pueden implementar de acuerdo al objetivo que se quiere lograr:

A. REVEGETALIZACIÓN DE TALUDES

Una de las estrategias para la recuperación de áreas disturbadas por minería a cielo abierto es la revegetalización de los taludes con el fin de controlar la erosión y disminuir así, los problemas de la inestabilidad y el desprendimiento de rocas en épocas de lluvia. En estos casos, la vegetación contribuye en la retención de humedad y al amarre del suelo debido al entramado de sus raíces (Suárez, 2009).

Para el establecimiento exitoso de la vegetación en un talud es importante tener en cuenta muchos factores tales como: la época de siembra, la pendiente, la localización y la composición de los materiales del talud. Las épocas ideales de plantación son las semanas anteriores a la temporada de lluvias; sin embargo, se puede realizar la plantación en épocas secas disponiendo de un programa adecuado de riego. La pendiente de los taludes tiene un efecto importante en el esfuerzo requerido para establecer la cobertura vegetal. Para taludes de pendiente alta, se requiere colocar elementos de anclaje para los pastos y bermas para los árboles. De igual forma, se debe tener en cuenta las ventajas y desventajas que conllevan los tipos de vegetación plantada o sembrada sobre la superficie del talud (Suárez, 2009) (Tabla 6.12).

Tabla 6.12 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de vegetación para la revegetalización de taludes.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PASTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Versátiles y baratos - Variedades para escoger con diferentes tolerancias - Fácil de establecer; buena densidad de cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> - Raíces poco profundas - Se requiere mantenimiento permanente por su alta susceptibilidad al pisoteo y sequia
HIERBAS	<ul style="list-style-type: none"> - Raíz relativamente profunda 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas veces son difíciles de establecer
ARBUSTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Variedades para escoger - Existen especies que se reproducen por estaca - Raíz profunda - Buena cobertura - Poco mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas veces son difíciles de establecer
ÁRBOLES	<ul style="list-style-type: none"> - Raíces profundas que retienen más eficientemente el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - En general, su establecimiento es demorado - Generalmente, son más costosos

Fuente: Gray & Sortir, 1996 en: Suárez, 2009

Dentro de las estrategias a implementar para la revegetalización de los taludes se encuentran (Tabla 6.13):

Tabla 6.13 Diferentes estrategias de vegetalización utilizados en la protección de taludes

ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
SIEMBRA DE PLANTAS TREPADORAS	Se siembran hileras de plantas trepadoras en el pie del talud.	Muchas de estas plantas requieren de roca para ascender. La mayoría de ellas no ascienden sobre el suelo.
ESTABLECIMIENTO DE GRADERÍAS TIPO TRINCHO	Se entierran hileras de estacas verticales para sostener ramas horizontales detrás de las cuales se coloca material de relleno.	Es necesario que el suelo sea lo suficientemente blando para permitir que las estacas se puedan profundizar suficientemente.
COBERTURAS DE BIOMANTOS	Después de plantar la semilla y la fertilización, se cubre el talud con una tela o costales de fibras orgánicas rellenos de semillas, en lo posible de rápido crecimiento (biomantos)	En los taludes secos se requiere realizar riego continuo para permitir la implantación de la vegetación.

ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
HIDROSEMBRADO	La mezcla de semillas, nutrientes y pegantes se coloca a presión con una máquina de bombeo.	No resiste grandes intensidades de lluvia y no se debe colocar sobre superficies rocosas. Es costoso.
GEOMALLAS. GRAMA REFORZADA	Las mallas sintéticas u orgánicas sirven de refuerzo para sostener el Mulch y las semillas.	Son productos comerciales generalmente costosos.
CAPAS DE ENRAMADOS CON O SIN REFUERZO	Se colocan ramas de especies vivas entremezcladas con suelo y sostenidas en ocasiones por mallas de fibras sintéticas u orgánicas.	Son difíciles de establecer en los taludes muy altos y de muy alta pendiente.
CUBIERTAS VIVAS	El talud se cubre con un sistema de elementos de madera o bambú colocados horizontal y verticalmente, en forma de cajones, los cuales se rellenan con ramas vivas y suelo.	Requieren la construcción de bermas intermedias en los taludes de gran altura.
ESTRUCTURAS VEGETALIZADAS	Gaviones, vigas de concreto o muros, criba con ramas o estacas vivas.	No son estables en los taludes de muy alta pendiente.

Fuente: Suárez, 2009

- **Mantos orgánicos o mantos sintéticos** que junto con la vegetación conforman una protección integral contra la erosión en los taludes. Generalmente, estos materiales se desintegran después de que las plantas crecen y se establecen en forma permanente (Suárez, 2009). Los mantos orgánicos son una herramienta importante para la recuperación de las áreas desprovistas de suelo, debido a que preparan el terreno para el establecimiento de la vegetación más tardía, además generan condiciones de humedad y evitan el golpeteo directo de la lluvia sobre la roca. Por otra parte, enriquecen el suelo al incorporar nutrientes. Existen mantos con diferentes características, de acuerdo a los recursos pueden ser usados unos u otros.

- **Biomantos artesanales:** consisten en fibras de fique, rellenos con tamo de arroz o cebada y semillas de diferentes especies arbustivas y gramíneas de la zona (Figura 6.18). Se utilizan en áreas con pendientes entre 30° y 45° y el propósito fundamental es disminuir la erosión, debido a que mitiga el golpe de las gotas de lluvia sobre el suelo, ayuda a disminuir el arrastre de sedimentos, contribuye en la generación de un sustrato orgánico y ayuda en el proceso de colonización de especies pioneras o ruderales (Barrera *et al.* 2003; SDA, 2007; Suárez, 2009).



Figura 6.18 Biomantos artesanales instalados sobre taludes en el Aula Ambiental Soratama.

- **Agrotexiles o geomallas:** son textiles biodegradables que cubren a manera de tapete los lugares desprovistos de suelo, taludes reconfigurados y que pueden estar afectados por escorrentía superficial. El agrotexil es un tejido de fibra natural el cual puede estar reforzado con una malla de fibra o de polipropileno. Es utilizado sobre zonas con una pendiente entre 45° y 60°, tiene como propósito favorecer el crecimiento vegetal, proteger el suelo de la erosión (Miranda, 2009) e impedir el resecamiento producido por el sol y el viento, además de regular la temperatura del suelo (Foster, 1990).

• **Introducción de plantas trepadoras:** consiste en cubrir los taludes con especies vegetales trepadoras, con el objetivo de inducir la regeneración natural con el aporte de necromasa, formación de micrositios, como una estrategia de recuperación del suelo (SDA, 2007) (Figura 6.19).



Figura 6.19 Especies de plantas trepadoras para cubrir los taludes (Foto: <http://11870.com/pro/bonterra-iberica/media>).

- **Empradización:** consiste en colocar pedazos de césped o también llamados cespedones con el propósito de introducir vegetación herbácea. Esta estrategia se recomienda para recubrir de una manera rápida pequeñas áreas con fines paisajísticos (Hernández, 1996; Miranda, 2009) (Figura 6.20).



Figura 6.20 Empradizada de taludes con fines paisajísticos en el mirador Juan Rey.

- **Hidrosiembra:** es una técnica de revegetación que consiste en “*aplicar sobre el terreno, con ayuda de una manguera a presión, una mezcla de semillas, nutrientes químicos y orgánicos, microorganismos del suelo y sustancias aglutinadoras, todo ello suspendido en un medio acuoso*” (Martínez & Fernández, 2001). Con su aplicación se busca controlar la erosión del sitio y así facilitar el establecimiento y crecimiento de la vegetación debido a los aportes de materia orgánica y al enriquecimiento de nutrientes (Figura 6.21). Este método se utiliza específicamente sobre áreas de elevada pendiente (Martínez & Fernández, 2001; Miranda, 2009). Su aplicación facilita el establecimiento de especies nativas de estados tardíos de la sucesión, debido al aporte de materia orgánica y al enriquecimiento de Nitrógeno en el suelo (Martínez & Fernández, 2001).



Figura 6.21 Utilización de la hidrosiembra para la generación de cobertura en minas con fuertes pendientes (Foto: www.pastoyplantas.com.mx).

B. RECUPERACIÓN DE ÁREAS DE RONDA Y NACEDEROS MEDIANTE LA PLANTACIÓN DE ESPECIES NATIVAS

De acuerdo a las condiciones que caracterizan al área de ronda, las especies vegetales que se seleccionen para realizar su restablecimiento deben cumplir las siguientes condiciones (Jarro, 2004):

- Tener un sistema radicular adaptado a permanecer en suelos mal drenados, por largos periodos con exceso de humedad, que soporten el roce de sedimentos y otros materiales que puedan ser transportados por el agua y resistan la fuerza del caudal, cuando se presentan crecidas en época de lluvias.
- Deben ser de un rango altitudinal similar al que se encuentra el proyecto.
- Debe encontrarse en las áreas adyacentes al que no estén degradadas.
- Deben proveer recursos alimenticios y hábitat para la fauna del área.
- Debe haber disponibilidad de material apto para plantar en los viveros más cercanos.
- En lo posible, se deben conocer los resultados exitosos o no de experiencias donde se hayan empleado dichas especies.

Adicional a las características que se mencionaron anteriormente, para el caso de los nacimientos se recomienda tener en cuenta las siguientes características (Jarro, 2004):

- Que se adapten a cada una de las zonas que hacen parte del área de ronda del nacimiento de agua (Figura 6.22).

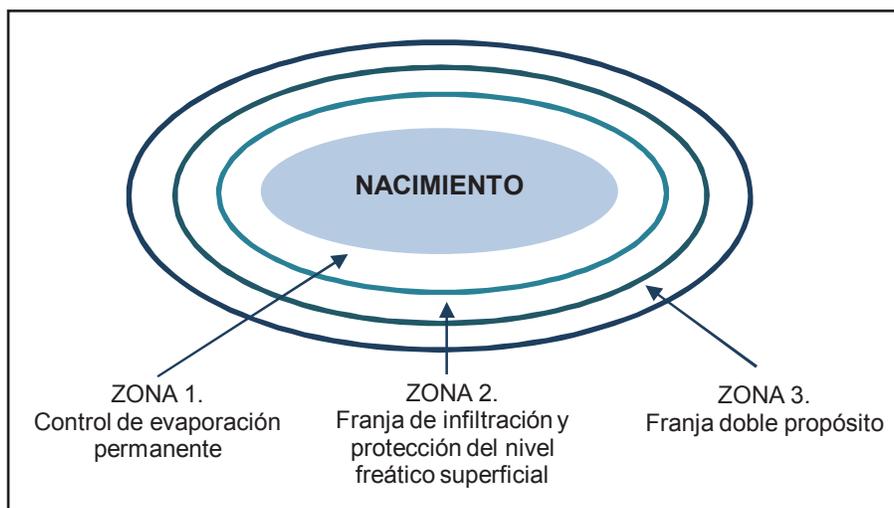


Figura 6.22 Zonificación de área de ronda de un nacedero para su restauración (Modificado: Jarro, 2004).

- Que presenten un área de copa amplia y densa, para favorecer la conformación de un microclima y reducir la tasa de evaporación.
- Que soporten la humedad de manera constante.
- Que no sean palatables y presenten estructuras que impidan el ingreso de ganado como espinas.
- Que los productos de su descomposición no alteren la calidad del agua del cuerpo hídrico y que no sean nocivos para la población.

C. LA VEGETACIÓN COMO HERRAMIENTA EN EL CONTROL DE TENSIONANTES

En los diferentes tipos de áreas disturbadas se presentan algunos tensionantes que deben ser neutralizados para lograr su restablecimiento tales como el viento, el pisoteo del ganado, el fuego, entre otros. Para lo cual, la vegetación es una muy buena herramienta.

- **Barreras cortavientos:** tiene como objetivo reducir la velocidad del viento y así evitar la erosión eólica (Figura 6.23), mantiene un microclima húmedo, ayuda en el control de la escorrentía (Salamanca & Camargo, 2002; MAVDT, 2003). Se ubican en el sentido contrario a la pendiente del terreno y en la dirección del viento (CONIF & MAVDT, 2007).

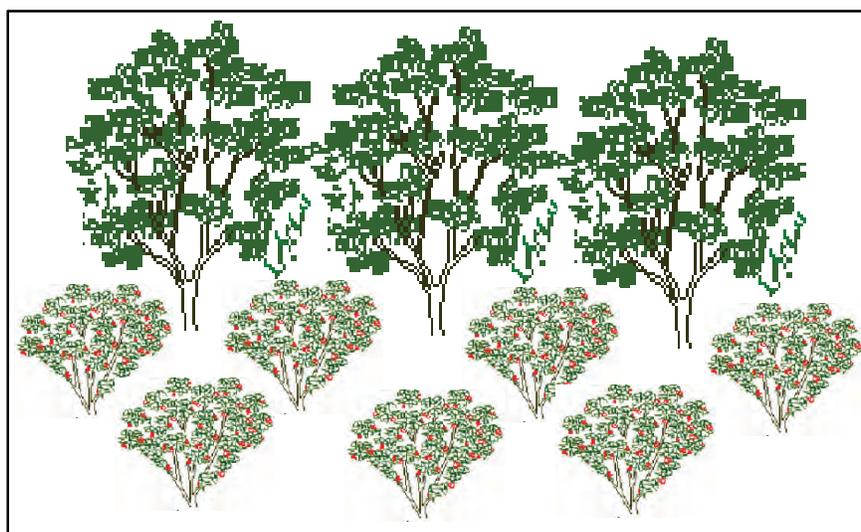


Figura 6.23 Barrera con especies arbóreas y arbustivas para disminuir la velocidad del viento.

- **Franjas cortafuegos:** son callejones anchos de aproximadamente tres (3) metros en masas boscosas, cuyo objetivo es la eliminación del material inflamable en forma de corredor, ubicado transversalmente a la dirección más probable de la expansión del fuego. Se emplean principalmente en plantaciones de especies forestales (Figura 6.24).

- **Barreras antigano:** como su nombre lo indica su objetivo es evitar el ingreso del ganado en las áreas donde se estén iniciando programas de restauración o rehabilitación (Jarro, 2005). Las especies vegetales que se deben emplear deben tener baja palatabilidad, como es el caso de algunas Asteráceas y Myrtáceas; presentar defensas físicas como espinas y bordes cortantes; que sean urticantes o que tomen formas enmarañantes como ocurre con *Rubus* (MAVDT, 2003) (Figura 6.25).



Figura 6.24 Barrera cortafuego para evitar la expansión del fuego en plantaciones forestales exóticas en el Neusa.

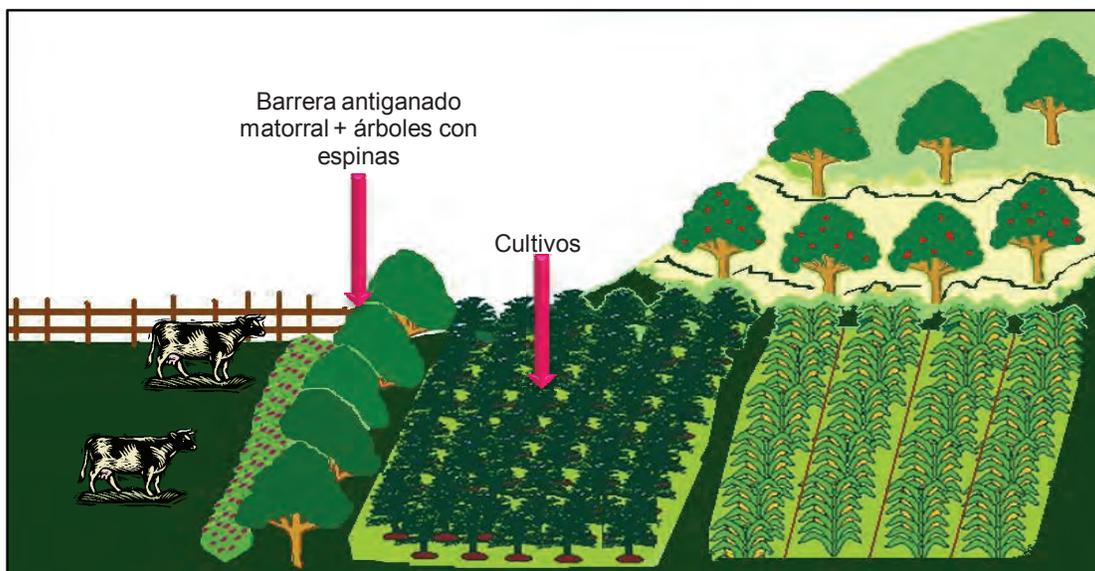


Figura 6.25 Esquema de una barrera antigano que protege un área de cultivo.

- **Barreras vivas:** se utilizan en pendientes de 15°, sin embargo esto puede variar dependiendo del clima de la zona, textura de los suelos y densidades de siembra (Cubero, 1999). Algunas especies que pueden ser usadas como barreras vivas son: el hayuelo (*Dodonea viscosa*), chilco (*Baccharis latifolia*), amargoso (*Ageratina aristei*), zarzamora (*Rubus bogotensis*), mora silvestre (*Rubus floribundum*), entre otras (Jarro, 2005). Estas especies crecen en suelos erosionados, compactados y mal drenados, son especies pioneras y heliófilas (crecen en áreas bien iluminadas) (Figura 6.26).

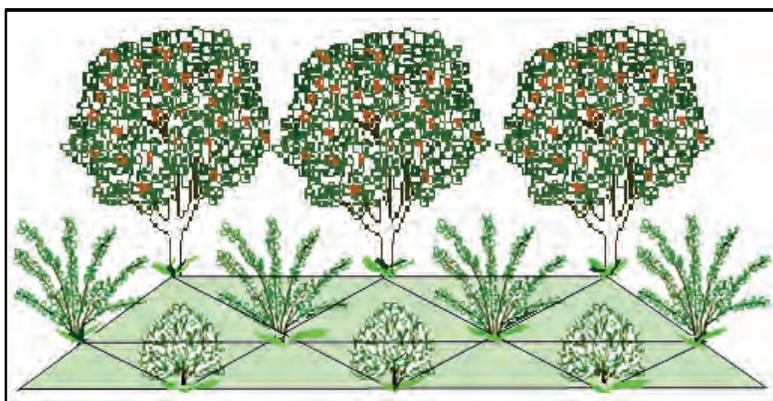


Figura 6.26 Ejemplo de barreras vivas con especies nativas.

D. CONTROL DE ESPECIES INVASORAS MEDIANTE EL CONTROL MANUAL Y LA SIEMBRA Y PLANTACIÓN DE ESPECIES NATIVAS

Dentro de las estrategias para eliminar las especies invasoras se encuentran:

- **Eliminación manual de matorrales de especies invasoras:**

En el caso de *Ulex europaeus* (retamo espinoso) y *Teline monspessulana* (retamo liso) cuando la invasión es incipiente, se recomienda realizar el corte o arranque de los individuos manualmente por medio de machetes. Se sugiere realizar la eliminación al final de la época seca, debido a que los matorrales de estas especies no se encuentran muy fuertes por déficit de agua (Vargas, 2007). Cuando se realiza el corte de los individuos adultos es necesario hacer una intervención periódica de las estructuras vegetativas (raíces, tocones). La desventaja que presenta este método es que requiere tiempo y esfuerzo excesivo (Ríos, 2005).

De igual forma, este método implica hacer quema controlada del material eliminado, para lo cual se sugiere realizar hoyos de incineración en un sitio plano próximo al área que se esté restaurando (Figura 6.27). El material cortado o eliminado debe ser transportado al hoyo de tal forma que se evite al máximo la dispersión de semillas de la especie invasora. El tamaño del hoyo puede ser entre 4 y 6 metros de diámetro con 4 metros de profundidad. A medida que se realicen las quemas se deben extraer las cenizas. Finalmente, debe taparse el hoyo de incineración con el mismo material extraído.



Figura 6.27 Hoyo de incineración realizado en El Hato, localidad de Usme.

En el caso específico del *Pteridium aquilinum* (helecho marranero), la erradicación manual no es la estrategia más recomendada, debido a que el rizoma o tallo subterráneo de esta especie, queda intacto por ser muy largo y resistente, además de presentar muchas ramificaciones, que le permiten rebrotar igual o con mayor fuerza (Ramírez *et al.* 2007). Por tal motivo, si se realiza erradicación manual es necesario contar con un programa de control y seguimiento para lograr la eliminación total de esta especie.

Otra estrategia para eliminar el helecho marranero es a través del golpe de los frondes tiernos con palos para quebrar el raquis y exponer los tejidos internos al ataque de hongos y bacterias; sin embargo se debe tener en cuenta que esta técnica es costosa y requiere de mucho tiempo (Alonso, 1999).

En matorrales densos de especies invasoras se recomienda abrir claros con el propósito de posibilitar la entrada de los propágulos de las especies nativas desde las áreas adyacentes y compitan con dichas especies. Por lo que, se sugiere eliminar los nuevos rebrotes de la especie invasora en la medida que surjan con el fin de evitar su desarrollo y posterior competencia con las especies nativas.

- **Reducción del banco de semillas:**

La mayoría de las semillas de *Ulex* se encuentran en los primeros 5 cm del suelo. Por lo cual, una estrategia que se utiliza para disminuir el banco de semillas es remover el suelo con azadón o rastrillo, y así exponer las semillas para que germinen y posteriormente controlar las plántulas (Hoshosvsky, 1989; Rees & Hill, 2001).

Así mismo, es importante tener en cuenta la profundidad del banco de semillas ya que esto permitirá estimar si se necesita mayor o menor esfuerzo para su reducción. Para estimular su agotamiento, se recomienda dejar el área descubierta de vegetación después de la primera erradicación manual con el fin de permitir su expresión (Barrera, 2010), existiendo otras alternativas de manejo, como las sugeridas por Vargas (2006). Cuando este banco se haya expresado se deben realizar controles manuales cada tres o cuatro meses en un primer momento y cada 6 meses cuando la expresión sea mínima.

Si se va a realizar plantación de especies nativas luego de las primeras erradicaciones manuales se recomienda agotar el banco de semillas para evitar su enmascaramiento. De lo contrario, si se produce un nuevo disturbio en el área, el retamo espinoso podría expresarse con mayor fuerza.

- **Trampas de semillas para el control de la dispersión de retamo espinoso:**

Las trampas de semillas son banquetas o zanjas que se pueden localizar de manera transversal a la pendiente para interceptar y capturar las semillas de retamo espinoso que son transportadas aguas abajo por efecto de la escorrentía superficial.

Las dimensiones de la banqueta así como su número, dependerán del nivel de la pendiente y del caudal de agua que desciende por escorrentía superficial. El propósito de las trampas, además de atrapar las semillas, es permitir que puedan germinar para luego extraer las plántulas de manera localizada (Figura 6.28).

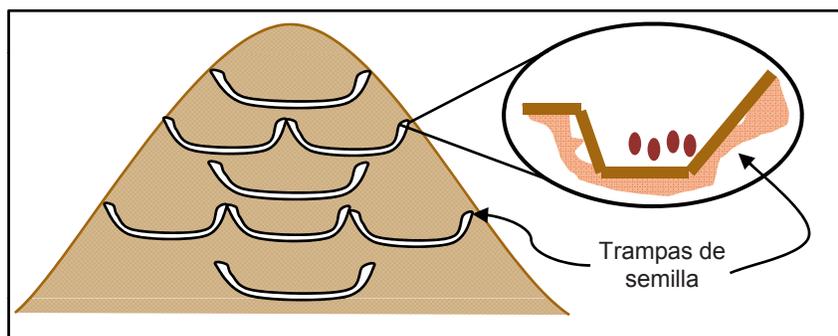


Figura 6.28 Diseño de trampa de semillas para el control de retamo.

- **Ramoneo de cabras:**

Las cabras consumen los individuos de retamo principalmente cuando se encuentran en etapas tempranas de su desarrollo (Sineiro, 1974; Vargas, 2007). Por lo cual, se recomienda que después de hacer la primera erradicación manual se implemente el pastoreo de cabras, especialmente, con el fin de erradicar los rebrotes. Este pastoreo debe ser realizado de forma rotativa para evitar la compactación del suelo.

E. GENERAR COMPETENCIA A ESPECIES NO DESEADAS PARA UN ÁREA

- **Enriquecimiento con especies nativas:**

Esta estrategia se puede realizar con el fin de generar competencia entre las especies nativas y los matorrales de las especies invasoras o plantaciones forestales exóticas, ya que estas generan sombra impidiendo el establecimiento de plántulas de especies invasoras o plantaciones. Para este enriquecimiento se propone (MAVDT, 2003; Ríos, 2005; Vargas, 2007):

- Crear varios estratos de vegetación como son: un estrato continuo con especies perennes herbáceas como *Vicia andicola* (vicia), un estrato denso arbustivo temporal de *Lupinus bogotensis* (chocho) y un estrato denso permanente de *Ricinus communis* (higuerilla).
- La plantación de los individuos debe realizarse en agregados densos.
- Las plantaciones deben presentar gran variedad de especies de crecimiento rápido que puedan crear sombrío.
- Las especies deben ser de dispersión fácil para asegurar una mayor cobertura en el área invadida.

En el caso de las áreas disturbadas por plantaciones forestales exóticas también se recomienda realizar un enriquecimiento con especies nativas, una vez se hayan hecho la apertura de claros, debido a que la regeneración natural es insuficiente en estas áreas, por lo tanto es necesario plantar especies arbustivas y arbóreas que se adapten a estas condiciones (Montagnini *et al.* 2006). Para el enriquecimiento de estos claros se recomiendan especies de rápido crecimiento como: *Alnus acuminata* (aliso), *Montanoa quadrangularis* (arboloco), *Baccharis latifolia* (chilco), *Dodonea viscosa* (hayuelo), entre otras.

- **Inducción de matorrales para control de pastos:**

La presencia de pastos en áreas disturbadas puede detener la sucesión vegetal, por lo tanto, se hace necesaria la plantación densa de árboles nativos como una herramienta para activar la formación de matorrales y así promover el proceso de sucesión vegetal mediante la reducción de la competencia vegetal, especialmente de los pastos. Además la formación de matorrales ayuda al suelo debido al aporte de materia orgánica, sirve como perchas para aves y murciélagos los cuales, a su vez, favorecen la dispersión de semillas (MAVDT, 2003; Jarro, 2005).

F. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

En gran parte de los casos, se busca que las áreas disturbadas recuperen sus propiedades perdidas y puedan seguir siendo utilizadas en actividades productivas. La

estrategia más adecuada para lograrlo es la implementación de sistemas silvopastoriles, los cuales combinan en un mismo espacio diferentes especies leñosas (arbustos y árboles) con plantas herbáceas (pastos) y producción animal (ganado). El objetivo es aumentar la productividad de las tierras conservando el agua, el suelo y la vegetación (Calle, 2003). Así mismo, el uso de sistemas silvopastoriles como cercas vivas, la siembra de árboles en potreros y bancos forrajeros mejora la calidad de la dieta nutricional y ayuda a liberar áreas degradadas para permitir en ellas la regeneración natural (Jarro, 2005). Dentro de estos sistemas se encuentran:

- **Cercas vivas:**

Las cercas vivas prestan importantes servicios a los sistemas ganaderos ya que proporcionan refugio para parásitos y predadores de organismos nocivos para estos sistemas. Además, reducen la velocidad del viento y por lo tanto la erosión eólica y la desecación del lugar; contribuyen a amortiguar los extremos de sequías y humedad; incrementan la biomasa vegetal; aumentan la riqueza y diversidad de la vegetación (Figura 6.29) (Salamanca & Camargo, 2002; Jarro, 2005).



Figura 6.29 Implementación de cercas vivas en la quebrada Porquera, vereda Mochuelo Alto, localidad Ciudad Bolívar.

Adicionalmente, las cercas vivas traen otros beneficios como son: sombrío, producción de forraje, protección contra el viento, hábitat y refugio para especies de fauna nativa y pueden conectar fragmentos de bosques aislados por potreros (Murgueitio & Calle, 1999; Calle, 2003; Jarro, 2005).

- **Plantación de árboles y arbustos dispersos en potreros activos:**

Esta estrategia contribuye a incrementar la fertilidad del suelo, favorecer la fijación de nutrientes, mejorar las condiciones de humedad, aumentar la oferta de hábitat para la fauna, generar beneficios como la obtención de postes y leña, entre otros (Sadeghian *et al.* 1999; Calle, 2003; Murgueitio & Ibrahim, 2004). Así mismo, ofrece sitios de resguardo del sol para el ganado, lo que puede incrementar su productividad al disminuir su gasto de energía.

Se recomienda emplear especies de porte arbóreo ya que los arbustos compiten por luz y nutrientes con las gramíneas, así mismo, se sugiere el uso de especies fijadoras de nitrógeno. Algunas especies arbóreas recomendadas son: aliso (*Alnus acuminata*), acacia, cordoncillo (*Piper spp.*) garrocho, sauco montañero (*Sambucus nigra*). Las especies fijadoras de Nitrógeno recomendadas son: chochos (*Lupinus spp.*) y el trébol (*Trifolium spp.*) (Jarro, 2005).



Figura 6.30 Árboles aislados en un potrero como una estrategia silvopastoril.

- **Bancos de forraje arbóreo:**

Consiste en la implementación de una plantación densa de especies arbustivas o arbóreas de alto valor proteínico con el objetivo de ser podadas y ser utilizadas como alimento para el ganado. Este tipo de plantación garantiza mejor calidad y cantidad de forraje durante todo el año y ayuda a reducir los procesos erosivos. Las especies que pueden ser utilizadas son: tuno esmeraldo, tuno chiquito, chilco, tuno gigante, aliso, arboloco (Jarro, 2005).

G. MANEJO DE VEGETACIÓN EN PIE EN ÁREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES

En las áreas disturbadas por los incendios forestales la vegetación es uno de los compartimentos más afectados por el fuego, por lo tanto es necesario realizar algunas actividades para recuperar estas zonas. Entre ellas se encuentran:

- **Tala selectiva:**

En algunos casos el fuego alcanza a penetrar en el suelo y deteriora las raíces de los árboles, por lo tanto es necesario realizar la tala selectiva de los individuos afectados para evitar problemas de volcamiento (CONIF & MAVDT, 2007). Así mismo, se debe realizar la tala rasa de los árboles en pie que fueron quemados totalmente (MAVDT, 2003).

- **Eliminación selectiva de poblaciones pirogénicas:**

Las especies pirogénicas son aquellas con atributos que aumentan la inflamabilidad de la vegetación del área, debido a las altas concentraciones de sustancias volátiles, acumulación de materiales inflamables. Entre estas especies se encuentran: *Myrica parvifolia* (laurel hojipequeño), *Pteridium aquilinum* (helecho marranero), *Ulex europaeus* (retamo espinoso) y *Pinus patula* (pino) (Salamanca & Camargo, 2002). Razón por la cual, se recomienda reducir la abundancia de estas especies por medio de entresaca (MAVDT, 2003) o eliminación manual y mediante la poda selectiva de rebrotes de estas especies (CONIF & MAVDT, 2007).

H. MANEJO DE VEGETACIÓN EN PIE EN ÁREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS

- **Entresaca:**

Es necesario realizar una entresaca gradual de los individuos, sin superar el 50%, debido a que los árboles en pie sirven de protección a las especies nativas que se vayan a plantar, ya que producen un microclima adecuado para que los nuevos individuos se establezcan. Además, esto favorece la germinación del banco de semillas de diferentes especies herbáceas, gramíneas, entre otras especies ruderales que se encuentran en el suelo (León & Vargas, 2007).

- **Apertura de claros:**

Los claros son aperturas del dosel que generan modificaciones microclimáticas como es el incremento de la radiación solar que activa la germinación del banco de semillas e impulsa el desarrollo de individuos que se encontraban latentes (Ochoa, 1998; Rodríguez, 2006). Se recomienda que los claros dentro de las plantaciones forestales exóticas, tengan formas irregulares o franjas rectangulares (León & Vargas, 2007) (Figura 6.31), con el fin de que estas presenten condiciones ambientales menos fuertes para el establecimiento de nuevas especies, al servir como barreras microclimáticas contra vientos y heladas (Manrique, 2004).



Figura 6.31 Apertura de claros para la sustitución de plantaciones forestales exóticas en el Parque Ecológico Distrital Entre Nubes.

- **Manejo silvicultural:**

Debido a que es imposible económicamente eliminar todas las plantaciones forestales del Distrito Capital es necesario realizar un manejo silvicultural, con el fin de disminuir los impactos negativos ambientales generados. Dentro de este manejo se encuentran las podas y raleos.

Las *podas* son una práctica para mejorar la forma del árbol, mejorar las condiciones sanitarias, disminuir la frecuencia de incendios al eliminar las ramas secas. Para realizar las podas se deben tener ciertas consideraciones como son (Sotomayor *et al.* 2002):

- El corte debe ser limpio, recto y apegado al fuste, evitando cortes, rajaduras y daños a la corteza.
- En cada poda se deben eliminar los brotes pequeños y ramitas adventicias que suelen producirse en la sección podada del fuste.
- La mejor época para podar los árboles es en la temporada seca, cuando el árbol está en menor actividad fisiológica.

Los *raleos* consisten en la eliminación de una porción de árboles que están interfiriendo en el crecimiento en altura o diámetro de otros individuos. Otros objetivos del

raleo, además de evitar la competencia, es disminuir el ataque de hongos desfoliadores y disminuir el peligro de incendios, por una menor continuidad horizontal de combustible en el área (Sotomayor *et al.* 2002).

Para ampliar la información acerca de la restauración de áreas con plantaciones forestales se recomienda revisar la “*Guía de técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital*” (2004) y “*Fundamentos técnicos para la restauración ecológica de áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital*” (2010).

I. CONSTRUCCIÓN DE VIVEROS PARA LA PROPAGACIÓN DE ESPECIES NATIVAS

Es evidente que para restablecer la vegetación nativa por medio de plantaciones es importante establecer viveros que se encarguen de su propagación (Figura 6.32). Los viveros albergan plantas hasta que cumplan las condiciones de altura y vigor adecuadas para que se pueda hacer su plantación en campo, exitosamente. Para su instalación es necesario tener en cuenta que el lugar sea de fácil acceso, disponga de agua, tenga una topografía favorable, que no se encuentre aislado, lo cual facilita la consecución de materiales y mano de obra (Vargas & Lozano, 2008), y que contemple el espacio suficiente para la producción y almacenamiento de material vegetal.



Figura 6.32 Viveros para la propagación de vegetación nativa en el Distrito Capital: a) Aula Ambiental Soratama (localidad de Usaquén), b) Parque Ecológico Entrenubes (localidad de San Cristóbal)

6.2.3 COMPONENTE FAUNA

Indudablemente, a nivel nacional y distrital el tema de restauración de hábitats para la fauna ha sido abordado muy incipientemente. Sin embargo, esto no le quita su importancia ni tampoco es una razón para no empezar a abordarlo de la mejor manera. A continuación se definirá qué es hábitat y cuál es el objetivo de la restauración del hábitat para la fauna, para luego plantear algunas estrategias que se puedan implementar de acuerdo al grupo objetivo.

El **hábitat** es considerado como el conjunto de recursos y condiciones presentes en un área que hacen que sea ocupada por diferentes organismos. En otras palabras, es un espacio biofísico donde se refleja la relación de la presencia de especies, poblaciones o individuos (plantas y animales) con las condiciones bióticas y abióticas del área (Morrison, 2009).

Muchas veces se cree que se restaura el hábitat de la fauna cuando se planta cierto tipo de vegetación requerida por un animal como parte de su alimento. No obstante, como se observa en la definición anteriormente descrita, el hábitat no sólo considera la vegetación sino a todos los aspectos físicos y bióticos del área. Es por esto que se debe tener mucho cuidado y contemplar la amplia gama de factores que lo comprenden, ya que en el caso de la plantación de la vegetación puede ocurrir que esta atraiga también a otras especies animales y que estas no sean precisamente las deseadas (Morrison, 2009).

El **objetivo de la restauración del hábitat** es proveer los requerimientos necesarios para maximizar a largo plazo la probabilidad de supervivencia y protección de los organismos en un área suficiente. Razón por la cual, a la hora de abordar este campo de la restauración, se requiere entender claramente cuáles son los requerimientos específicos de las especies, los cuales se enmarcan principalmente en los tipos de vegetación, sitios de apareamiento, alimentación y refugio.

Otros aspectos importantes a tener en cuenta son el tamaño y la abundancia poblacional que dependen de los procesos de **natalidad, mortalidad y supervivencia**. Es por ello que en gran parte, los objetivos de restauración se deben enfocar básicamente en aumentar la natalidad, reducir la mortalidad y favorecer la inmigración y emigración. Se puede dar el caso en el que existan hábitats con altas tasas de supervivencia pero bajos rangos de reproducción, por lo que se deben incrementar la natalidad por medio de la generación de refugios para la reproducción y el aumento de alimento disponible. Así mismo, se recomienda hacer un seguimiento a las hembras y crías para garantizar la satisfacción de sus requerimientos. Otro caso que se puede presentar es el de hábitats con alta supervivencia y reproducción pero baja tasa de migración (emigración-inmigración), por lo que se recomienda establecer corredores para promover la dispersión y así evitar que las poblaciones estén aisladas y no puedan tener un flujo de genes suficiente, que le permita tener una buena variabilidad genética al interior y entre las poblaciones.

Otros factores claves que se deben tener en cuenta para la restauración del hábitat son: **1)** aquellos que influyen el hábitat y los ambientes, **2)** la estructura de la población, **3)** el *fitness* de los organismos, **4)** los procesos ecológicos que regulan las poblaciones y **5)** la viabilidad de la población, entendida como la probabilidad de persistencia de una población que puede interactuar libremente por un periodo de tiempo futuro, generalmente un siglo o más (Morrison, 2009).

Dentro de los procesos ecológicos se encuentran los desplazamientos que realizan los animales. Estos pueden ser en un sitio más o menos definido en el cual pasan días, semanas o meses para localizar recursos (*home range*); hacia áreas cercanas y hacia áreas lejanas. A la hora de restaurar el hábitat el conocimiento de estos desplazamientos permite

analizar, por ejemplo, cuáles especies se presentan en un área durante una estación dada, y qué recursos y hábitats requieren en este periodo; así mismo, permite identificar posibles hábitats corredores usados por los animales (Morrison, 2009). De la misma manera, hay que tener en cuenta que a la hora de restaurar el hábitat se enfocan los esfuerzos en más de una especie. Es por esto que se recomienda identificar las especies sombrilla, de tal forma que al garantizar los requerimientos de esta especie se esté protegiendo a otras.

Como se puede deducir la restauración de hábitats es una tarea compleja pero no imposible. Es importante tener claro que no es suficiente colocar un bebedero, una percha o cualquier otra estructura para lograr la restauración. Como se mencionó es necesario analizar previamente los requerimientos y la dinámica de las poblaciones a restaurar, y cómo están definidos sus hábitats.

Una vez implementada una o varias estrategias se debe dar un tiempo para que las poblaciones se adapten a los tratamientos de restauración y empiecen a utilizarlos como es el caso de los artilugios artificiales (nidos, comederos, bebederos, perchas). Por ejemplo, en el trabajo realizado por Clavijo (2005) con perchas artificiales como herramienta para la restauración de la microcuenca Santa Helena (Suesca, Cundinamarca), se registró su uso por parte de las aves después de dos meses aproximadamente.

A continuación se describen algunas estrategias para el enriquecimiento del hábitat de la fauna, dejando claro que estas no son las únicas y deben adecuarse de acuerdo a los requerimientos de las especies y las condiciones del área donde se va a realizar la restauración.

A. BEBEDEROS

Los bebederos son piletas circulares de un radio de 1 m por 50 cm de profundidad con agua que se ubican en espacios escondidos de la presencia humana y rodeadas por una barrera de arbustos y árboles con presencia de frutos comestibles para la fauna (Salamanca & Camargo, 2002) (Figura 6.33).

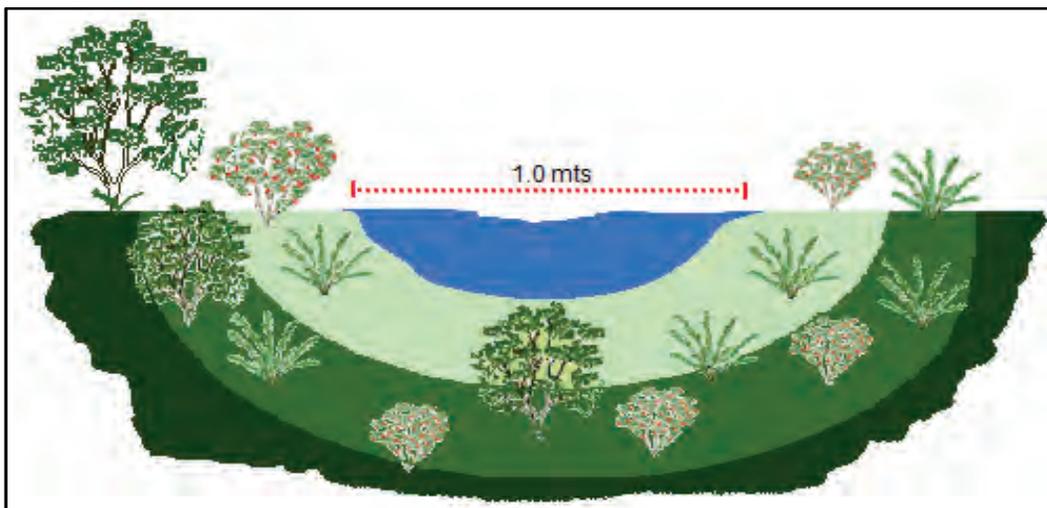


Figura 6.33 Bebederos artificiales para atraer pequeños mamíferos y aves.

B. COMEDEROS ARTIFICIALES

Son estructuras ubicadas en las partes altas y medias de los fustes de los árboles en donde se suministra alimento a los animales, especialmente aves (Figura 6.34) (Salamanca & Camargo, 2002; Jarro, 2005).



Figura 6.34 Comederos artificiales colocados en las partes altas de los árboles.

C. NIDOS ARTIFICIALES

La construcción de estas estructuras varía dependiendo del tamaño de los animales y de sus hábitos, su implementación requiere un estudio de poblaciones que demuestre que la especie requiere nidos para su supervivencia. Pedreros *et al.* (1996) realizaron una investigación con nidos artificiales en plantaciones de *Pinus radiata*, para los cuales se utilizó madera de desecho del pino y se construyó una estructura cuadrada con un tamaño de 16 x 16 cm, con una entrada circular y un diámetro de 5 cm, que fueron ubicadas en los árboles a una altura de 3 m y fijadas con alambre. Estos nidos sólo fueron atractivos para cierto tipo de aves, especialmente las insectívoras, por lo tanto la construcción de los nidos depende de los requerimientos de las especies. De igual forma, se recomienda orientar los nidos hacia la salida del sol y construirlos con materiales durables debido a las condiciones climáticas (lluvia, viento) y a prueba de depredadores (Figura 6.35).



Figura 6.35 Nidos artificiales para facilitar la anidación de la avifauna (Foto: <http://www.e-econex.com/productos-y-servicios-ver.php?idp=32>).

D. REFUGIOS

Estos refugios son espacios que les permite a los animales protegerse de sus depredadores y de condiciones climáticas adversas. De acuerdo a la especie, se pueden elaborar los refugios con madera, vegetación seca, plantación de vegetación o el uso de elementos artificiales. Por ejemplo, para ciertas aves se considera como un sitio de refugio ideal los rastrojos densos de especies nativas.

E. PERCHAS

Las perchas son estructuras que sirven para atraer a la avifauna, ya que proveen lugares de reposo y vigía para las aves (Velasco, 2007). Así mismo, favorecen el tránsito de la avifauna, por lo cual se incrementa la probabilidad de llegada de semillas a las áreas disturbadas (CONIF & MAVDT, 2007). Las perchas pueden ser artificiales o naturales:

- **Perchas naturales:** consisten en árboles o arbustos con frutos para atraer a las aves. Entre estas especies se encuentran: *Myrcianthes leucoxylla* (arrayán), *Vallea stipularis* (raque), *Clusia multiflora* (ga que), *Duranta mutisii* (espino), *Myrsine guianense* (cucharo), *Myrica parvifolia* (laurel de cera), *Oreopanax floribundum* (mano de eso), *Viburnum tinoides* (garrocho), *Berberis rigidifolia* (uña de gato), *Hesperomeles heterophylla* (mortiño), entre otras (MAVDT, 2003; CAR, 2004).

- **Perchas artificiales:** son postes de gran altura con dos varas cruzadas en forma de X ubicadas en la parte superior (Barrera *et al.* 2004) (Figura 6.36). Pueden ubicarse en lugares desprovistos de vegetación (claros), para facilitar el tránsito de las aves entre parches de bosques o rastrojos (Salamanca & Camargo 2002, MAVDT 2003, Barrera *et al.* 2008) y así aumentar la dispersión de semillas y facilitar su germinación (León & Vargas, 2007). Estudios realizados por Holl (1998) y Holl *et al.* (2000) proponen que las perchas de tipo ramificado y de poste son más útiles que las perchas en arco para aumentar la dispersión de semillas. Además la ubicación de las perchas respecto a otras estructuras es también un factor importante para la efectividad de estas (Montes, 2009). Clavijo (2005) encontró que las perchas instaladas a menos de 5 m de otras estructuras como cercos no presentan visitas por parte de las aves.

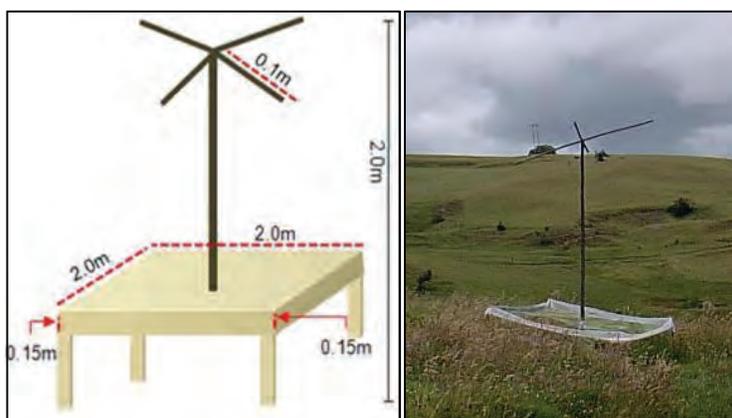


Figura 6.36 Perchas artificiales para atraer a la avifauna.

F. CORREDORES O PASOS PARA LA FAUNA

Los corredores son considerados como áreas que permiten el desplazamiento de la fauna y la flora entre áreas de mayor tamaño (Rosenberg *et al.* 1997, en: Jiménez, 2001). Su forma y viabilidad está influenciada por los requerimientos de las especies y por el grado de intervención humana en el paisaje ya que no es lo mismo un corredor para un roedor con cortos desplazamientos que para un mamífero grande, como los felinos, que requieren amplias áreas para desplazarse. Estos son considerados una estrategia útil para mantener o restaurar la conectividad de áreas aisladas, como es el caso de las áreas protegidas, que existían naturalmente en el paisaje (Jiménez, 2000).

A pesar de las grandes bondades que conlleva la generación de corredores de conectividad, es vital tener claro antes de implementarlos, cuáles son los requerimientos de las especies a las que se desea favorecer el desplazamiento, y así evitar que lleguen otras especies no deseadas, por ser poco favorables para el desarrollo de los ecosistemas. Es por esta razón, que se recomienda trabajar el tema de corredores a escala del paisaje, para obtener resultados que se prolonguen a largo plazo, ya que este enfoque permite contemplar los requerimientos de varias especies y no sólo de una, o de una especie sombrilla para favorecer el hábitat de otras; también permite identificar las presiones a las que son sometidos los hábitat de dichas especies (Jiménez, 2000).

Finalmente, se presentan algunas estrategias recomendadas para el enriquecimiento del hábitat de la fauna de acuerdo a diferentes tipos de situación que se pueden presentar (Tabla 6.14):

Tabla 6.14 Algunas estrategias para la restauración del hábitat de la fauna de acuerdo al tipo de situación presente en el área y a los objetivos planteados.

SITUACIÓN	ÁREA	OBJETIVOS	GRUPOS AFECTADOS	ACTUACIONES (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas con alta intervención humana con poco o ningún recurso para la fauna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas urbanas • Jardines • Parques urbanos 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar espacios donde se puedan albergar pequeñas poblaciones, de tal forma que encuentren alimento, refugio y lugares para la reproducción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Insectos • Anfibios • Reptiles • Aves • Mamíferos 	Artilugios artificiales como: <ul style="list-style-type: none"> • Nidos • Comederos • Bebederos • Refugios • Perchas
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas con alta intervención humana dedicadas a actividades productivas de alto impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obras públicas y privadas • Áreas con actividades extractivas • Áreas con explotaciones forestales 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar medidas preventivas o correctoras. • Mitigar los efectos de barrera y aislamiento producido por estas áreas u obras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier grupo de acuerdo al objetivo a cumplir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de ambientes • Pasos para la fauna

SITUACIÓN	ÁREA	OBJETIVOS	GRUPOS AFECTADOS	ACTUACIONES (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas con intervención humana dedicadas a actividades productivas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas agropecuarias • Humedales • Graveras • Acantilados 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar hábitats para grupos específicos de fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los grupos de fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de pequeñas charcas • Creación de islas con vegetación leñosa. • Estructuras en piedra para refugio y reproducción de peces y anfibios.
<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de especies amenazadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Especialmente, en áreas protegidas a nivel nacional, regional y local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar planes y estrategias de conservación de especies a través de la restauración de sus hábitats. 	<ul style="list-style-type: none"> • Especies amenazadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades enfocadas en el mejoramiento de su hábitat. • Actividades enfocadas en eliminar los factores que amenazan su supervivencia en el tiempo.

6.2.4 COMPONENTE AGUA

A. MANEJO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

En áreas afectadas por disturbios como la minería a cielo abierto, además de la estabilización de los taludes, es muy importante realizar obras para el manejo adecuado de las aguas superficiales, con el fin de reducir su infiltración en el talud y así evitar la erosión. Por lo tanto, es necesario establecer diferentes obras para la recolección de las aguas entre las que se encuentran: canales para redireccionar el agua de escorrentía, trinchos o cortacorrientes, galerías de drenaje, gaviones (SDA, 2007; Suárez, 2009).

B. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN INDUSTRIAL Y DOMÉSTICO

Las aguas residuales de origen industrial y doméstico se pueden exponer a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se requiere. Para esto existen diversos tratamientos, como por ejemplo:

- **Tratamientos primarios:** preparan las aguas residuales para su tratamiento biológico; eliminan ciertos contaminantes de las aguas que llegan a la planta (Rigola 1989);

hacen sedimentar los materiales suspendidos, utilizando tratamientos físicos o físico-químicos; son prácticas comunes en todos los sistemas de tratamiento, dentro de las cuales se encuentran (Seoáñez, 2005): rejas para gruesos, cribas para gruesos, tamizado, separadores de grasas y aceites, filtración, coagulación-floculación, sedimentación y neutralización (Tabla 6.15).

- **Tratamientos secundarios:** eliminan las partículas coloidales y similares. El tratamiento secundario más común es el tratamiento biológico aerobio que utiliza bacterias y otros microorganismos como algas y hongos, con el fin de remover la materia orgánica soluble y los coloides (Rigola, 1989) (Tabla 6.15).

- **Tratamientos terciarios:** consiste en procesos físicos y químicos cuyo objetivo es la eliminación total de contaminantes concretos como son: Fósforo, Nitrógeno, metales pesados, compuestos orgánicos, que permanecen después de aplicar los tratamientos primarios y secundarios. Son tratamientos específicos y costosos (Rigola, 1989) (Tabla 6.15).

Tabla 6.15 Tratamientos que se realizan a las aguas residuales de origen industrial o doméstico.

TRATAMIENTOS PRIMARIOS	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS (BIOLÓGICOS)	TRATAMIENTOS TERCIARIOS
- Rejas para gruesos	<i>a. Aerobios:</i>	- Intercambio iónico
- Tamizado	- Lodos activos	- Procesos de oxidación (destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables).
- Cribado	- Sistemas de aireación	- Proceso de precipitación química (eliminación de metales y aniones inorgánicos).
- Neutralización	- Lagunaje	- Arrastre con aire o vapor (eliminación de compuestos volátiles)
- Coagulación-Floculación	- Filtro biológicos	
- Sedimentación	- Biodiscos y biocilindros	
- Filtración	- Humedales artificiales	
	- Lechos bacterianos	
	<i>b. Anaerobios:</i>	
	- Digestión anaerobios	
	- Estanques anaerobios	
	- Filtros anaerobios	

A continuación se presentan tres de las técnicas biológicas más aplicables debido al bajo costo que tienen y por los resultados favorables que presentan para la depuración de aguas residuales.

- **Lagunaje:**

Es un tratamiento que se utiliza con aguas residuales que contienen materia orgánica y nutrientes como Fósforo y Nitrógeno. En dicho tratamiento, los microorganismos utilizados (hongos, algas y bacterias) pueden degradar o transformar los productos tóxicos (Seoáñez, 2005).

En una instalación completa de lagunas, la actividad biológica de destrucción de la materia orgánica comienza en el fondo de la primera laguna la cual contiene microorganismos anaerobios que la degradan (Figura 6.37). En la parte superior de estas lagunas se encuentran las bacterias aerobias que mineralizan la materia orgánica (Seoáñez, 2005).

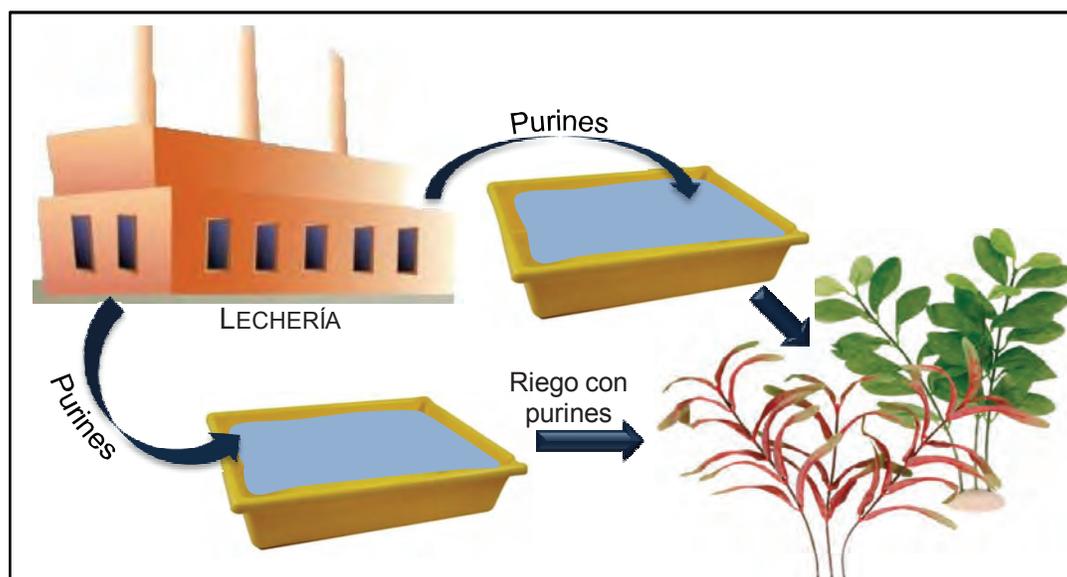


Figura 6.37 Esquema del proceso de lagunaje para el tratamiento de aguas residuales.

Este tratamiento presenta muchas ventajas entre las que se encuentran:

- No tiene límites en cuanto a poblaciones servida o caudales industriales
- Acepta grandes fluctuaciones del caudal y de carga
- Elimina cargas microbianas
- Los costos de instalación son muy inferiores
- Casi no consume energía

- No utiliza productos químicos
- No produce ruidos
- Elimina muy bien los patógenos

Sin embargo, hay que tener en cuenta que requiere grandes espacios (Rigola, 1989) y en zonas muy cálidas sufre una fuerte pérdida de agua por evaporación (Seoáñez, 2005).

- **Biodiscos y biocilindros:**

Son sistemas biológicos que constan de discos o cilindros de 2 a 7 m de diámetro y son construidos con materiales ligeros como polipropileno, PVC, Aluminio, entre otros. Están soportados en un eje longitudinal de 4 a 6 m de longitud y parcialmente sumergidos (40%) en una balsa que contiene el agua residual (Figura 6.38). Sobre la superficie de cada disco crece una biopelícula que sucesivamente se moja y entra en contacto con el aire, produciéndose la degradación de la materia orgánica (Seoáñez, 2005; Rodríguez *et al.* 2006).

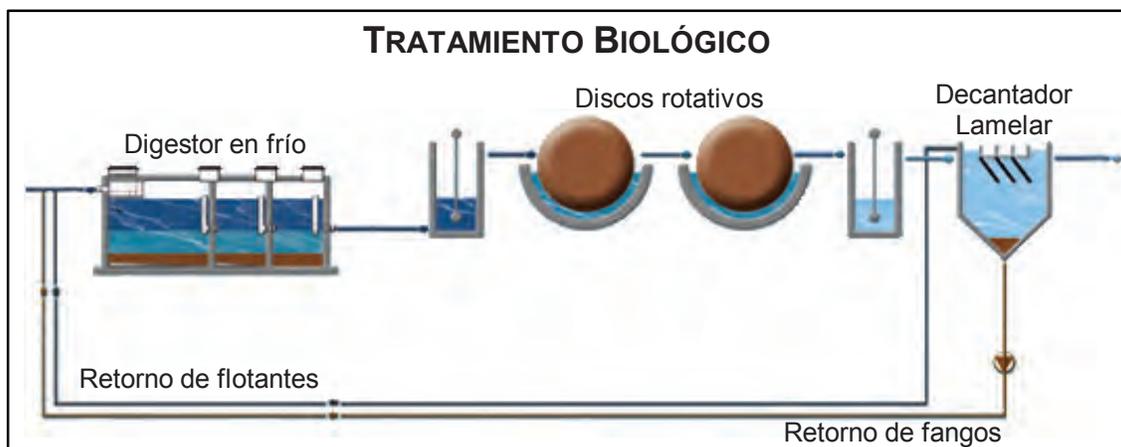


Figura 6.38 Biodiscos utilizados para el tratamiento de aguas residuales (Fuente: modificado de <http://www.aqualai.com/residual/biodiscos.html>).

Entre las ventajas que presenta este sistema se encuentran (Seoáñez, 2005):

- Admiten grandes fluctuaciones en la carga hidráulica y en la carga orgánica
- Tiene pequeñas dimensiones
- El consumo energético es bajo
- No genera malos olores
- No produce ruido

- **Humedales artificiales:**

Son construcciones que asemejan las características propias de los humedales naturales (Mogollón, 2005). El proceso consiste en la entrada de aguas residuales, en su paso y estancia en el humedal artificial y en la salida de afluentes, de los cuales han sido eliminados gran parte de los elementos tóxicos (Seoáñez, 2005).

Para realizar este proceso de descontaminación de las aguas residuales se excava la superficie donde se va a realizar la instalación, la cual debe tener un fondo impermeabilizado. Debido al aporte de las aguas residuales afluentes y por la entrada de luz y calor, se desarrollan plantas fotosintéticas o se pueden sembrar plantas acuáticas emergentes, principalmente de los géneros *Typha*, *Phragmites* y *Scirpus*. Estas son capaces de soportar variación en el nivel del agua y se reproducen en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto. Además, se desarrollan diversos microorganismos (algas, bacterias) que realizan las funciones de descomposición de las sustancias tóxicas (Mogollón, 2005; Seoáñez, 2005) (Figura 6.39).

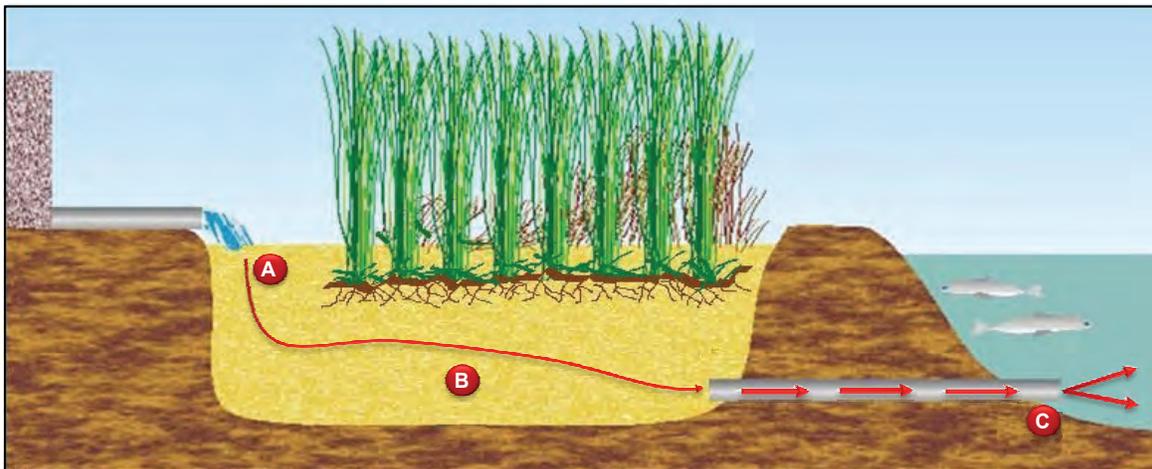


Figura 6.39 Humedales artificiales construidos para depurar las aguas residuales: a) vertimiento, b) absorción de sustancias tóxicas por las plantas, c) salida de afluente con menor carga de contaminantes¹.

Humedales de flujo superficial (SF): consiste en una cubeta poco profunda con la superficie del agua expuesta a la atmósfera. El fondo está compuesto por suelo o un sustrato para soportar las raíces de la vegetación sembrada o que se desarrolle, y una estructura que controla el agua para mantenerla a un nivel poco profundo (0,1 a 0,6 m). El tratamiento de las aguas residuales se produce por la circulación del agua a través del tallo y raíces de la vegetación emergente (Mogollón, 2005).

1

Modificado de: <http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.ecojoven.com/Ecologia/Humeral%2520artificial.jpg>

Entre las ventajas que presenta esta estructura se encuentran: los bajos costos de operación que requiere; su construcción y mantenimiento, que son simples; y favorece el establecimiento de fauna. Tiene gran parte de las propiedades de los humedales naturales, hidráulica sencilla. Sin embargo, requieren de una gran área para su instalación (Mogollón, 2005; Seoáñez, 2005).

Humedales de flujo subsuperficial (SSF): se basan en la construcción de canales o zanjas excavadas, las cuales están rellenas con un sustrato poroso de roca o grava. El nivel de agua debe estar por debajo del sustrato y el agua residual no está expuesta al aire (Mogollón, 2005).

Dentro de las ventajas que presenta este tipo de humedales se encuentran: la tolerancia a las bajas temperaturas, la minimización de las plagas de mosquitos y malos olores, y el alto potencial de asimilación por unidad de área en comparación con los humedales de flujo superficial. Esto se debe a que el medio poroso provee una mayor superficie de contacto, así el tratamiento es más rápido y requiere menos área para tratar el mismo volumen de agua (Mogollón, 2005; Seoáñez, 2005).

Entre las desventajas que estos presentan se encuentran: que su construcción es más costosa, la regulación del flujo es más difícil (hidráulica más compleja), el mantenimiento es costoso y es difícil que la fauna se establezca (Mogollón, 2005; Seoáñez, 2005).

6.3 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, S.C. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes & D.C. Rondón-Camacho (eds.). 2009. Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. 297 pp.

Barrera, J.I. 2010. Estrategias de restauración ecológica del bosque altoandino afectado por diferentes tipos de disturbios, en los alrededores de Bogotá - Colombia. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Castro-Díez, P., F. Valladares & A. Alonso. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*. 13: 61- 68.

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal –CONIF & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT. 2007. Protocolo de Restauración de Coberturas Vegetales Afectadas por Incendios Forestales. CONIF & MAVDT. Bogotá. 63 pp.

Jarro, C. 2004. Guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital. Secretaria Distrital de Ambiente. Bogotá, Colombia. 88 pp.

Jarro, C. 2005. Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por la expansión agropecuaria en el Distrito Capital. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 155 pp.

Jorba, M. & R. Vallejo. 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas* 17: 119 - 132.

Manrique, O. 2004. Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Morrison, M.L. 2009. Restoring wildlife. Ecological concepts and practical applications. Second edition. Society for Ecological Restoration International. Island Press. 351 pp.

Rey, J. M., T. Espiganes & J. M. Nicolau. 2007. Restauración de Ecosistemas Mediaterráneos. Universidad de Alcalá. 273 pp.

Ríos, H. F. 2005. Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital. Complejo invasor retamos espinoso (*Ulex europaeus* L.) y retamo liso (*Teline monspessulana* L. C. Koch). Jardín Botánico de Bogotá. José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 155 pp.

Van der Hammen T., F. G. Stiles, L. Rosselli, M.L. Chisaca, G. Camargo, G. Guillot, Y. Useche & D. Rivera. 2008. Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C. 296 pp.

Vargas, O. (Ed.). 2006. En búsqueda del bosque perdido: una experiencia de restauración ecológica en predios del embalse de Chisacá Localidad de Usme, Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 115 pp.

CAPÍTULO 7

ALGUNAS EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL DISTRITO CAPITAL



Panorámica del proyecto de restauración ecológica en la microcuenca Piedra Gorda, vereda Olarte, localidad de Usme. Convenio SDA-Asoaguasclaras

A continuación se presentan algunos proyectos que han ejecutado en Bogotá D.C. diferentes instituciones en el marco de la restauración de áreas disturbadas por minería a cielo abierto, incendios forestales, especies invasoras, uso agropecuario, plantaciones forestales exóticas y descarga de contaminantes, desde el año 2003 hasta la fecha.

7.1 ÁREAS DISTURBADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO

7.1.1 RECUPERACIÓN MORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DE LA ANTIGUA CANTERA DE SORATAMA

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

Las entidades que han participado en la recuperación morfológica y ambiental de la Antigua Cantera de Soratama, acompañando en diferentes etapas a la Secretaría Distrital de Ambiente han sido: Universidad Nacional de Colombia (consultoría inicial de diseños); Consorcio Usaquén Ambiental (sensibilización y educación ambiental); Alcaldía Local de Usaquén (apoyo financiero en la primera etapa de educación ambiental); Pontificia Universidad Javeriana (investigación básica y aplicada); Universidad Pedagógica Nacional (Proyecto Comunitario Ambiental –PROCEDA); entre tanto, las comunidades locales han sido actores permanentes y activos del proceso de forma individual y colectiva así como a través de Corposoratama, ONG conformada por los vecinos del aula (SDA, 2007).

B. LOCALIZACIÓN

La cantera Soratama se localiza en la parte alta del barrio Soratama, en la localidad de Usaquén, en el sector nororiental de la ciudad de Bogotá D.C., entre las cotas de 2 810 msnm y 2 925 msnm. Comprende un área aproximada de 5,8 hectáreas, que colinda al oriente con los cerros de La Calera, hacia el sur con la cantera Servitá y hacia el occidente con el perímetro urbano de Bogotá, exactamente 2,5 Km al oriente de la carrera séptima a la altura de la calle 167 (SDA, 2007).

C. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN

El predio hace parte de la Estructura Ecológica Principal y pertenece al área de Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, Cerros Orientales. Fue explotada desde el año de 1950 hasta finales de 1990 para la extracción de arena con destino a las obras ejecutadas en la ciudad. Luego de su clausura, el predio fue entregado a la Defensoría del Espacio Público y posteriormente en comodato al DAMA, hoy Secretaria Distrital de Ambiente, para su recuperación geomorfológica y ambiental.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR en su calidad de autoridad ambiental competente aprobó su Plan de Manejo Ambiental mediante Resolución No. 1945 del 2005 de la CAR, el cual fue ejecutado por la Secretaría Distrital de Ambiente con apoyo financiero del Fondo Nacional de Regalías, a través de MINERCOL Ltda y posteriormente INGEOMINAS para la restauración ecológica del área.

Después de su explotación y durante diez años, la antigua cantera se caracterizó por la presencia de áreas descapotadas en diferentes estados sucesionales y zonas con matorrales donde dominaban especies como el mano de oso (*Oreopanax* sp.); gaque (*Clusia multiflora*); algunas especies de la familia Asteraceae (*Eupatorium* sp., *Baccharis* sp., *Diplostephium* sp.); Ericacea (*Macleania* sp.); Myricaceae (*Morella parvifolia*) (SDA, 2007) (Figura 7.1).



Figura 7.1 Antigua cantera Soratama: a) patio de explotación en 1980, b) cantera abandonada (2000).

Cerca del 40% del área estaba invadida por el retamo espinoso (*Ulex europaeus*), especie invasora muy agresiva, lo cual genera un fuerte impacto debido a su rápida y progresiva invasión en zonas disturbadas de los Cerros desplazando la flora nativa. Esta planta originaria de Europa, fue introducida en Bogotá como barrera viva y control de erosión hacia la década de los años 50 aproximadamente (SDA, 2007) (Figura 7.2).



Figura 7.2 a) Retamo espinoso, *Ulex europaeus*, en la cantera Soratama, y b) su erradicación manual (Fotos: Unión Temporal J.C., 2005).

D. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN

Lo primero que se realizó fue una zonificación en donde se identificaron cuatro (4) zonas:

Zona 1. Se encuentra entre 2 885 y los 2 925 msnm y se caracteriza por la presencia de subpáramo y parches de bosque alto andino en diferentes estados sucesionales (SDA, 2007). En este sector se plantaron especies nativas para el enriquecimiento de las áreas carentes de coberturas vegetales, y así consolidar en el mediano plazo, una masa boscosa continua que conecte y mejore las condiciones del relicto de bosque alto andino existente en la hoy Aula Ambiental Soratama. Las fórmulas florísticas que se establecieron estaban compuestas por especies como el Chilco, Laurel, Gaque, Encenillo y Mano de oso (SDA, 2007) (Figura 7.3).



Figura 7.3 a) Agregados y b) plantaciones de especies nativas en la Cantera Soratama.

Adicionalmente en esta zona, se construyeron dos miradores para la contemplación paisajística y el desarrollo de actividades de avistamiento y estudio de las aves del aula (SDA, 2007) (Figura 7.4).



Figura 7.4 Miradores de la Cantera Soratama, para la recreación pasiva.

Zona 2. Corresponde al antiguo frente de explotación, donde se encontraban taludes de fuertes pendientes. En esta zona se efectuó la conformación del terreno mediante cortes y rellenos compactados; así mismo, se realizó el mayor movimiento de tierra para su adecuación y estabilización geomorfológica quedando con una pendiente aproximada de 30° (SDA, 2007). Otras actividades que se ejecutaron paralelamente fueron:

Obras de drenaje superficial y subterráneo para el manejo de las aguas lluvias o de escorrentía mediante la construcción de una red de cunetas, descoles, saltos hidráulicos (cascadas) que encauzan y almacenan el agua lluvia en depósitos o pocetas que a su vez sirven como acumuladores de sedimentos (SDA, 2007) (Figura 7.5 y 7.6).



Figura 7.5 Sistema de cunetas para regular, encausar y evacuar las aguas lluvias (2005) (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2005; ERE-PUJ, 2010; SDA, 2009).



Figura 7.6 Pocetas para el almacenamiento del agua (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2005).

Construcción de la galería de drenaje con el objetivo de estabilizar y evacuar las aguas lluvias hacia el sistema de cunetas y pocetas de almacenamiento temporal. Se constituye un espacio pedagógico ya que permite mostrar diferentes aspectos relacionados con la geología local y explicar cómo ha sido el proceso para la formación del relieve. Adicionalmente ofrece la opción de conocer cómo es un pequeño tramo del túnel, en una mina (SDA, 2007) (Figura 7.7).



Figura 7.7 Galería de Drenaje en zona de antiguos taludes de explotación (Fotos: SDA, 2005-2009).

- Construcción de gaviones para la estabilización de los taludes en el área, los cuales son estructuras flexibles y permeables conformadas por una malla en forma de cubo alargado que aloja en su interior piedra de la zona (SDA, 2007) (Figura 7.8).



Figura 7.8 Gaviones el control de erosivos (Fotos: SDA-Unión Temporal 2005; SDA, 2008-2009)

Establecimiento de los biomantos, que constan de costales de fique llenos de una mezcla de almidón de yuca, micorrizas, semillas de especies nativas (corono, hayuelo, chilco, ciro, tuno) y cascarilla de arroz. Los biomantos se ubicaron sobre los taludes ya estabilizados, como un manejo preventivo de los procesos de erosión y la inducción de coberturas vegetales (SDA, 2007) (Figura 7.9-7.10).



Figura 7.9 a) b) y c) Elaboración de biomantos (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2005), d) biomantos en el año 2009 en la Cantera Soratama.



Figura 7.10 a) Uso del aula y sector de galería de drenaje en procesos pedagógicos, b) activación de procesos de germinación en los biomantos que cubren el talud de la galería de drenaje (Fotos: Corposoratama, 2008; SDA, 2009).

- Introducción de plantas trepadoras, como alternativa para promover procesos de regeneración natural mediante el aporte de necromasa, formación de micrositios y microclimas. Se instalaron esquejes o estolones de curubo y calabaza en oquedades o «materas» empotradas dentro de la roca. Para ello se seleccionaron áreas en los taludes, colocando como material de mezcla tierra negra y cascarilla de arroz (SDA, 2007) (Figura 7.11).



Figura 7.11 Ensayos de adaptación de plantas de curubo en un talud en la Cantera Soratama.

- Construcción de trinchos, usados para controlar la erosión, que a su vez mejora las condiciones de humedad y retención de nutrientes del suelo y crea microambientes adecuados para el establecimiento y germinación de semillas. Esto contribuye con el desarrollo de la sucesión natural en el área (SDA, 2007) (Figura 7.12).



Figura 7.12 Trinchos en piedra establecidos en la cantera Soratama en el año 2009.

Zona 3. Localizada en el patio de la antigua cantera para el cual se desarrolló una propuesta de caracol que recrea el proceso de la sucesión ecológica, interconectada a través de un sistema de corredores o senderos naturales en piedra, de la misma cantera. Cada área, representa las principales etapas (seres) del proceso de sucesión: desde un herbazal abierto, pasando por un herbazal cerrado con algunas especies leñosas, luego por un matorral, un rastrojo hasta un bosque propiamente dicho (SDA, 2007) (Figura 7.13).

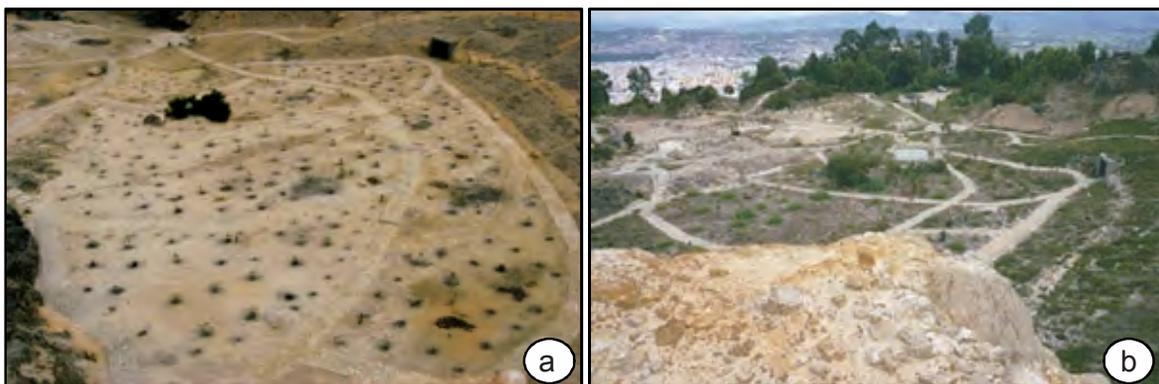


Figura 7.13 Caracol de la sucesión ecológica: a) estado inicial (2006) y b) estado actual (2010).

Zona 4. Esta área fue diseñada conjuntamente con la comunidad atendiendo a sus necesidades de recreación pasiva, para lo cual se construyó un sistema de senderos, que le permitiera al visitante visualizar las diferentes coberturas vegetales y tratamientos, así como disfrutar del espacio y apreciar cómo la naturaleza agradece las buenas acciones que hacemos por ella (SDA, 2007) (Figura 7.14).

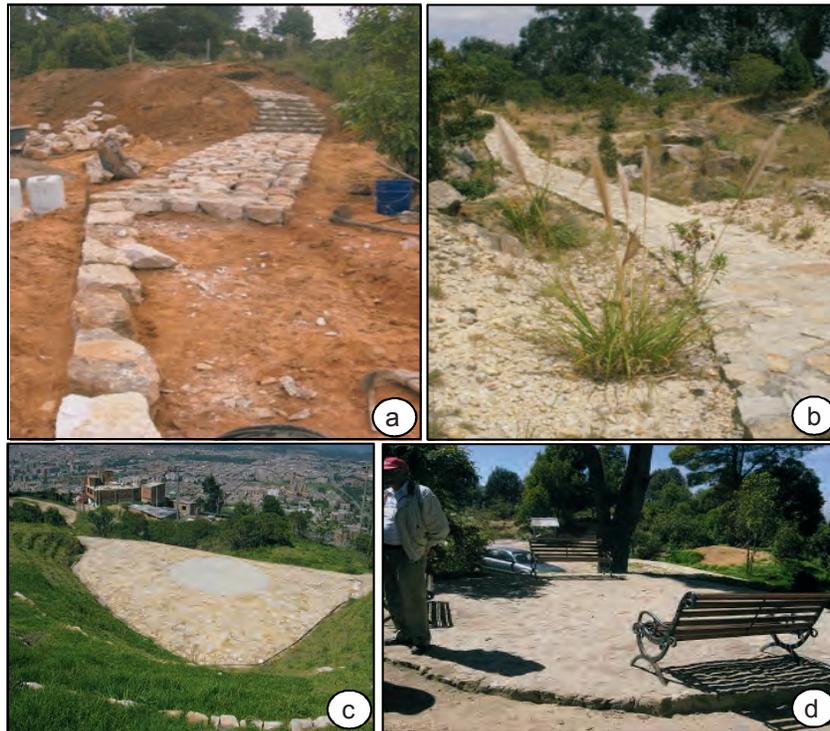


Figura 7.14 a) y b) Construcción de red de senderos para la recreación pasiva de la comunidad (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2003; ERE-PUJ, 2010), c) media torta para el desarrollo de actividades comunitarias y d) plazuelas y mobiliario para el descanso de los visitantes.

También, se construyó un vivero, cuyo objetivo es promover la producción de material vegetal nativo de bosque alto andino para los proyectos de restauración (SDA, 2007) (Figura 7.15).



Figura 7.15 a) Vivero y b) plántulas de *Lupinus spp.* en el vivero del Aula Ambiental Soratama.

En la mayoría de zonas de la cantera se realizó un control de especies exóticas invasoras (retamo espinoso, retoños de eucalipto y de acacia). En el caso del retamo espinoso se efectuó un drástico control, mediante la erradicación manual, corte y quema del material picado (Figura 7.16 y 7.17). Actualmente, las especies exóticas invasoras en el Aula Ambiental Soratama se han controlado.



Figura 7.16 a) Corte y b)-c) embolsamiento del retamo espinoso en la Cantera Soratama (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2005).



Figura 7.17 a) Barrera de protección del hoyo, b) hoyo para la quema del retamo de 6 m de profundidad, y c) quema del retamo espinoso en la Cantera Soratama (Fotos: SDA-Unión Temporal JC, 2005).

E. PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO (PEyS)

En el año 2007, mediante el convenio 072 celebrado entre la Secretaría Distrital de Ambiente y La Corporación para el Desarrollo Ambiental del Territorio Soratama -CORPOSORATAMA, se formuló el programa de evaluación y seguimiento, proponiéndose como meta la de verificar el restablecimiento de la cobertura vegetal nativa afectada por la explotación minera en la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá D.C.

El PEyS tiene como meta verificar el restablecimiento de la cobertura vegetal nativa en un área afectada por la explotación minera en la antigua cantera Soratama, Localidad de Usaquén, Bogotá D.C. y como objetivos:

- Describir la composición y estructura de la vegetación asociada a las plantaciones y biomantos en áreas afectadas por la explotación minera en la Cantera Soratama.
- Determinar los atributos vitales de la vegetación asociada a la plantación y biomantos en áreas afectadas por la explotación minera en la cantera Soratama.
- Evaluar el crecimiento de las especies nativas plantadas en los diseños implementados en la cantera Soratama.

El primer muestreo de los diseños de restauración se realizó en el año 2008. De los diseños implementados, se seleccionaron algunos individuos por especie y se marcaron con una etiqueta de Foil que presenta un código en el cual se indicaba el nombre del diseño y de la especie (Figura 7.18). A cada uno de los individuos seleccionados se les tomó medidas de altura total (cm), diámetro mayor, diámetro menor (cobertura) y CAP (arbustos y arbóreos) (Guacaneme, 2008 en: Convenio 072/07 SDA-Corposoratama). Se marcaron en total 235 árboles.



Figura 7.18 Etiqueta con el código que se le asignó a un individuo de la especie *Oreopanax floribundum* (Of) en el diseño Agregado (A) en la Cantera Soratama (Foto: Corpsoratama, 2008).

De igual forma, se registró la cobertura de las morfoespecies de vegetación asociada a las plantaciones y trinchos por medio de un muestreo por cuadrículas propuesto por Tobón (1995) contando el número de cuadros interceptados por cada especie. Se empleó una cuadrícula de 1 m X 1 m dividida en cuadrantes de 10 cm X 10 cm para el conteo de cuadros (Figura 7.19) (Guacaneme, 2008 en: Convenio 072/07 SDA-Corposoratama).



Figura 7.19 Medición de la cobertura herbácea en los diseños de restauración establecidos en la Cantera Soratama (Foto: Corpsoratama, 2008).

Posteriormente, en el año 2009 y 2010 se efectuó un segundo y tercer muestreo de los diseños restauración siguiendo los métodos propuestos por (Guacaneme, 2008 en: Convenio 072/07 SDA-Corposoratama). Estas evaluaciones se han efectuado en el marco del convenio 017/08, celebrado entre la Secretaría Distrital de Ambiente y la Pontificia Universidad Javeriana (Escuela de Restauración Ecológica) (Figuras 7.20. y 7.21).



Figura 7.20 Toma de datos en campo de las variables definidas en el programa de evaluación y seguimiento, por parte del equipo de la Escuela Restauración Ecológica de la PUJ, en la antigua Cantera Soratama (Foto: ERE-PUJ, 2009-2010).



Figura 7.21 Toma de datos en campo de las variables definidas en el programa de evaluación y seguimiento, por parte del equipo de la Escuela Restauración Ecológica de la PUJ, en la antigua Cantera Soratama (Foto: ERE-PUJ, 2009-2010).

7.2 ÁREAS DISTURBADAS POR INCENDIOS FORESTALES Y POR ESPECIES INVASORAS

7.2.1 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS AFECTADAS POR *ULEX EUROPAEUS* EN LA SERRANÍA DEL ZUQUE

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

En el 2009 se celebró el convenio 005/09 entre Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y el Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud (IDIPRON), con el objeto de aunar esfuerzos técnicos, financieros y humanos para desarrollar procesos de restauración ecológica en 10,4 hectáreas invadidas por retamo espinoso en la antigua cantera el Zuque y áreas de influencia en la localidad 4 de San Cristóbal, mediante la formación vocacional de población vulnerable.

B. LOCALIZACIÓN

La Serranía del Zuque se ubica en la localidad cuarta San Cristóbal, hace parte del sector sur de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá (artículo 61 de la Ley 99 de 1993) y conforma el sector sureste de la cuenca alta del río San Cristóbal y el sector noreste de la cuenca del río Tunjuelo (MMAVD 2005, CAR 2006, SDA 2007). La parte alta de la Serranía El Zuque históricamente ha sido un predio de propiedad del Distrito Capital de Bogotá y en la actualidad se encuentra a cargo del Departamento Administrativo de Defensoría del Espacio Público (DADEP). Allí, se distinguen dos sectores: la Cantera El Zuque con 69 ha y la antigua Planta de Asfalto con 93,8 ha (Figura 7.22)



Figura 7.22 Vista panorámica de la Serranía del Zuque.

C. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS INTERVENIDAS

Durante más de cuarenta años, la Cantera El Zuque fue explotada por parte de la Secretaría de Obras Públicas de Bogotá (SOP) con el propósito de extraer materiales como arena y piedra. En el año 1996, la cantera dejó de operar a causa de avalanchas y por los altos costos de extracción, por lo cual el predio fue entregado al DADEP, para fomentar su uso ecológico y recreativo y evitar que se continuara la explotación minera (Aguilar-Garavito 2010 en convenio 005/09 SDA-IDIPRON). Por su parte, la Planta de Asfalto, fue manejada por la SOP y Cementos Samper durante 19 años (apertura 1987 y cierre en 2006) y su clausura se debió a la incompatibilidad de uso con la Reserva Forestal de los Cerros Orientales diagnosticada por la autoridad ambiental competente, CAR.

Actualmente, la Serranía El Zuque se encuentra disturbada por la invasión de *Ulex europaeus* en un 20% de su territorio y por la ocurrencia de incendios forestales en época de verano (Figura 7.23). Ésta problemática ha generado el cambio en el régimen de disturbios; la pérdida de la biodiversidad y de suelos; la inestabilidad del terreno; crecientes y avalanchas en época de invierno; afectación de las zonas de recarga de acuíferos; disminución y pérdida de caudales; disminución en el abastecimiento del recurso hídrico; entre otros (Molina *et al.* 1997; MAVDT, 2005; CAR, 2006).



Figura 7.23 Área afectada por un incendio forestal en la cantera El Zuque a principios del año 2010.

D. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Con base en el instructivo para la formulación y ejecución de proyectos de restauración de la SDA, así como el correspondiente a los aspectos mínimos a considerar para la formulación de un Programas de Evaluación y Seguimiento, se han venido desarrollando tres fases: 1. Caracterización diagnóstica, zonificación y priorización del área a intervenir, 2. Establecimiento de estrategias de restauración y 3. Evaluación y seguimiento. Para restaurar las áreas de la Serranía El Zuque invadidas por retamo espinoso, a continuación se describen brevemente dichas fases (Figura 7.24).



Figura 7.24 Fases planteadas para el control de retamo espinoso e incendios forestales en la Finca El Zuque, localidad de San Cristóbal.

Inicialmente se desarrolló una fase de caracterización diagnóstica del sistema de referencia y de las áreas a intervenir (matorrales de *Ulex europaeus*) (Aguilar-Garavito, 2010 en: Convenio SDA-IDIPRON 05/08) (Figura 7.25). Para esto se realizaron levantamientos de vegetación del ecosistema de referencia y de las áreas invadidas y quemadas. A partir de lo anterior, se realizó la zonificación de restauración, con su respectiva cartografía temática, y la priorización de los sitios a restaurar.



Figura 7.25 a) Vista de parte del sistema de referencia y b) matorral de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) en la finca el Zuque (Fotos: Mauricio Aguilar, 2009).

En la segunda fase se procedió a la aplicación de técnicas para la eliminación manual y mecánica del retamo espinoso, a partir del desarrollo de las siguientes actividades:

1. Corte de las estructuras aéreas y subterráneas de todos los individuos de retamo espinoso, para lo cual se utilizaron herramientas de mano como: machetes, barras y picas; y mecánicas como: guadañas, motosierra y retroexcavadora (Figura 7.26 y 7.27).



Figura 7.26 Erradicación del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) con retroexcavadora en la finca El Zuque (Foto: Mauricio Aguilar, 2009).

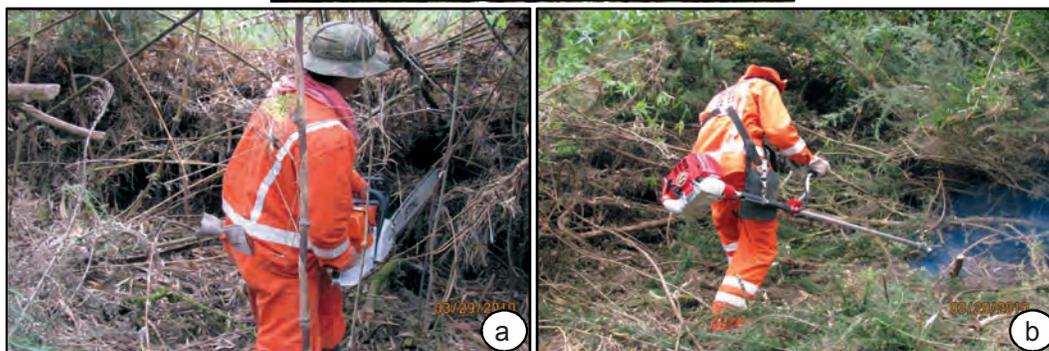


Figura 7.27 a) Erradicación manual del retamo espinoso (*Ulex europaeus*), b) operario con la motosierra y c) operario con la guadaña en la antigua cantera El Zuque (Fotos: Mauricio Aguilar, 2009).

2. Incineración controlada en hoyos de toda la biomasa extraída, previo aval de la autoridad ambiental competente (CAR). Dicho proceso se realiza en la medida en que se va realizando la extracción de la biomasa (Figura 7.28).

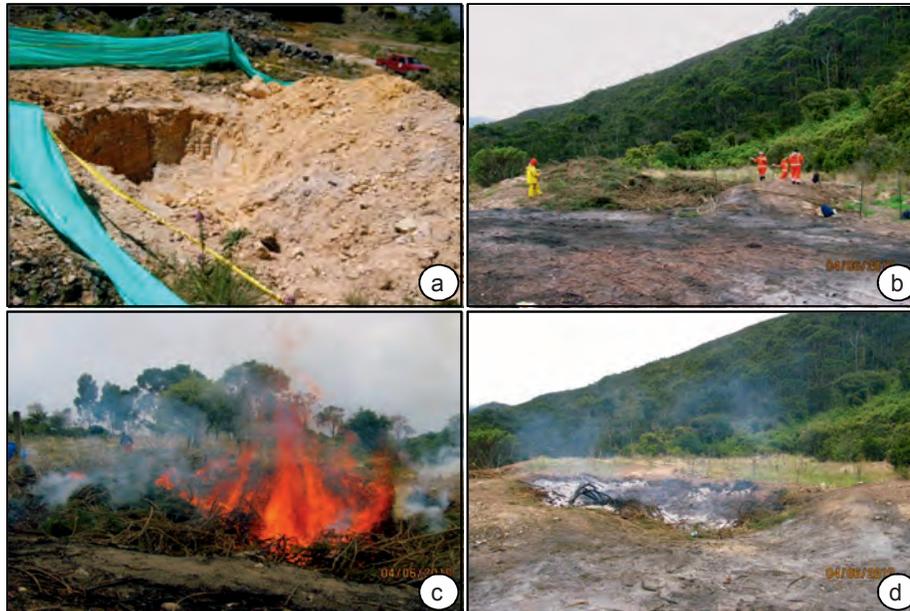


Figura 7.28 a) Apertura del hoyo de incineración, b) acumulación de residuos del retamo en el hoyo, c) y d) incineración del material en hoyos, en la Finca El Zuque.

3. Control de la dispersión de semillas por escorrentía mediante construcción de trampas de semilla (zanjas y trinchos) (Figura 7.29).



Figura 7.29 Trampa de semillas en terreno pendiente (Fotos: Mauricio Aguilar, 2009).

4. Eliminación trimestral de los rebrotes y plántulas reclutadas de retamo espinoso, para lo cual se extraen dichas estructuras manualmente con azadón y rastrillo.

5. Plantación de especies de rápido crecimiento en lugares prioritarios (1,3 ha) para controlar el reclutamiento del retamo espinoso e introducir una comunidad de partida compuesta por especies nativas de la familia Asteraceae (*Ageratina aristeii*, *Baccharis bogotensis*, *Baccharis latifolia* y *Smallantus pyramidalis*) y Fabaceae (*Lupinus mirabilis* y *Vicia* spp.). Los criterios más relevantes para la selección de las especies fueron (Aguilar-Garavito, 2010):

- Que representen competencia para *Ulex europaeus*.
- Que presenten estrategia reproductiva r y tipo de dispersión anemócora y/o barócora.
- Que sean tolerantes a la escasez de recursos como agua y nutrientes.
- Que presenten tolerancia a perturbaciones (fuego, corte, daños en partes de la planta heladas).
- Que las especies sean representativas del ecosistema de referencia según los índices fitosociológicos estimados en el estudio de vegetación.
- Que las especies sean recomendadas en otros proyectos de restauración de áreas afectadas por retamo espinoso, desarrollados en el Distrito Capital.
- Que las plantas estén disponibles (cantidad y calidad) en los viveros de la Secretaría Distrital de Ambiente.

6. Control de la erosión y de remociones en masa con implementación de trinchos en zonas prioritarias.

Para el desarrollo de las anteriores actividades se cuenta con un equipo conformado por población vulnerable en proceso de resocialización, vinculados en los programas del IDIPRON; un profesional social y un técnico coordinador de campo especialista en restauración de ecosistemas.



Figura 7.30 a) Área invadida por retamo espinoso y b) área después de la erradicación del retamo espinoso en la Serranía El Zuque (Fotos: Mauricio Aguilar, 2009).



Figura 7.31 Proceso de transporte del retamo espinoso hacia los hoyos de incineración en la finca El Zuque.

E. PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO (PEYS)

Finalizadas las labores de erradicación de retamo espinoso y la extracción de la madera quemada, se propone instalar en cada área intervenida seis (6) parcelas permanentes de 4 m² (2 x 2 m): tres (3) en lugares donde se haya efectuado la plantación y tres (3) en lugares donde no (Figura 7.32). En dichas parcelas, con ayuda de una cuadrícula de 0,10 m x 0,10 m se realizará un censo de las plántulas y/o raíces de retamo que germinen o rebroten, anotando en formatos de campo los siguientes datos: número de individuos de retamo germinados y rebrotados, porcentaje de cobertura, estado fenológico, estado fitosanitario, número y porcentaje de otras especies que germinen, y fecha de realización del último control del banco de semillas. Se propone realizar estos levantamientos de información durante el primer año con una periodicidad de tres meses; el segundo año cada seis meses, y a partir del tercer año anualmente (Aguilar, 2010).



Figura 7.32 Parcelas de seguimiento en la Finca El Zuque (Fotos: Mauricio Aguilar, 2009).

Este programa de evaluación y seguimiento aún se encuentra en discusión con el equipo de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Pontificia Universidad Javeriana, institución encargada del asesoramiento de los proyectos para el control de retamo espinoso efectuados por la SDA durante 2009-2010 (adición convenio 017/08)

7.3 ÁREAS DISTURBADAS POR USO AGROPECUARIO

7.3.1 LA GESTIÓN SOCIAL Y LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL, UN APOORTE PARA LA CONSERVACIÓN DEL PÁRAMO DE SUMAPAZ. EXPERIENCIA MICROCUENCA JERICÓ.

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

Las entidades que han participado en la realización de este proyecto son: la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB ESP), la Corporación Suna Hisca y la Secretaría Distrital de Ambiente.

B. LOCALIZACIÓN

La microcuenca de la quebrada Jericó se encuentra ubicada en el macizo de Sumapaz (localidad 20, corregimiento de Jericó), tiene un área de 928 ha y presenta cinco ecosistemas que van desde el bosque andino, a los 2 600 msnm, hasta el súper páramo, a los 3 700 msnm. A lo largo del tiempo, en la microcuenca se han desarrollado actividades productivas como la ganadería extensiva, la cual ha afectado seriamente el componente vegetal, el suelo y el agua, comprometiendo la oferta potencial de servicios ambientales para las comunidades.

C. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS INTERVENIDAS

En el año 2001, la Corporación Suna Hisca en convenio con la Secretaria Distrital de Ambiente y la Alcaldía Local de Sumapaz, inician un proceso de planeación con la comunidad de la microcuenca Jericó. Durante esta intervención se resaltó la importancia de la producción de agua y el valor de las fincas desde esta perspectiva. Así mismo, se promovió la construcción colectiva de alternativas de manejo que permitieran transformar la actividad productiva tradicional en un manejo sostenible con el ecosistema. En este sentido, se trazó una línea de trabajo que determinó el estado en el que se encontraba el territorio por medio de recorridos y consensos, se identificó su problemática y finalmente se plantearon alternativas que permitían lograr el territorio con el que se soñaba y que debería ser.

Después de seis años, en 2007, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB ESP- en asocio con la Corporación Suna Hisca retoma el trabajo realizado en la microcuenca Jericó. A través de dos convenios desarrollados en los años 2007, 2008 y 2009, *se establece y fortalece un proceso de gestión social para el ordenamiento participativo de la microcuenca Jericó, mediante procesos de restauración ambiental participativa, asociados a asistencia técnica agropecuaria*. Por lo cual, se formuló el Plan de Gestión Social y Ambiental (PGSA) y se diseñaron unos modelos de conservación para la protección de nacimientos, humedales y rondas, dentro de los cuales se encuentran los corredores arbóreos y las prácticas de reconversión agropecuaria. Actualmente, estas obras muestran avances significativos en la restauración de áreas de importancia para el mantenimiento sostenible del ecosistema.

D. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Fase I - Planeación

Se estructuró en dos pasos: el análisis espacial, utilizando herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG), y el análisis de la comunidad, a través de indicadores de sostenibilidad. Dentro del *primer paso* se evaluaron los cambios que se han producido en los recursos de la zona de estudio, definiendo metodologías basadas en técnicas de evaluación multicriterio y modelamiento espacial en SIG.

En un *segundo paso*, se implementó con los propietarios de fincas y sus familias la planeación predial que incorporó indicadores de sostenibilidad como herramienta de evaluación de los componentes ambiental, productivo y socioeconómico. Con este análisis se realizó la planeación predial de veintidós (22) fincas de las treinta y ocho existentes (38) en la microcuenca.

Fase II – Evaluación y formulación del Plan de Gestión Social y Ambiental

Se generaron “alertas” sobre el territorio y estas alertas se volvieron el marco de la planeación de las fincas, que involucran actividades de restauración, reconversión y manejo de actividades agropecuarias lo que permitió definir el Plan de Gestión Social y ambiental de la microcuenca.

Fase III - Modelos de conservación

A partir de los resultados de la planeación se realizó el aislamiento y establecimiento de corredores arbóreos en los cursos de agua. Así mismo, se instalaron bebederos y “pasos” sobre los cursos de agua para impedir la entrada de ganado a los mismos; se realizó el aislamiento de humedales y nacimientos para permitir la regeneración de estos ecosistemas; y se incorporaron las cercas vivas, estableciendo corredores vivos a través de las cercas que dividen potreros y linderos de fincas. Dentro de esta práctica se optimizó el uso de cerca eléctrica, como herramienta para disminuir el pisoteo (Figura 7.33, 7.34 y 7.35).

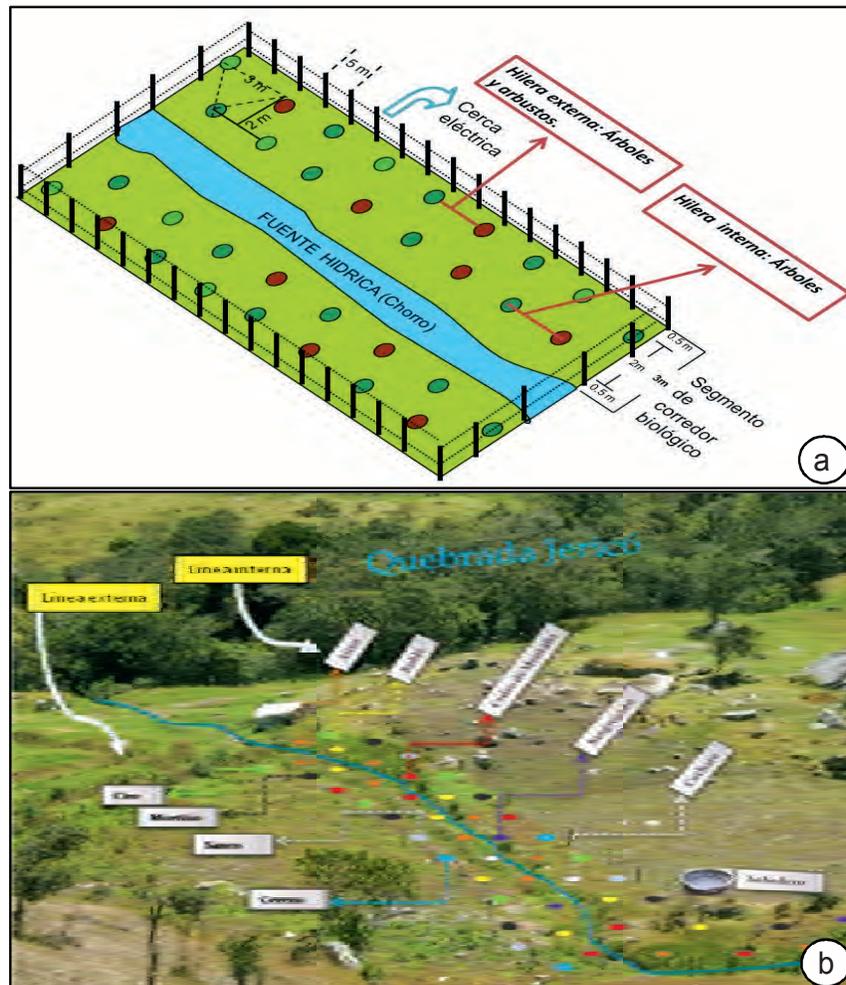


Figura 7.33 Arreglo de plantación de corredores biológicos en la quebrada Jericó, localidad de Sumapaz (Fotos: Corporación Suna Hisca, 2009).

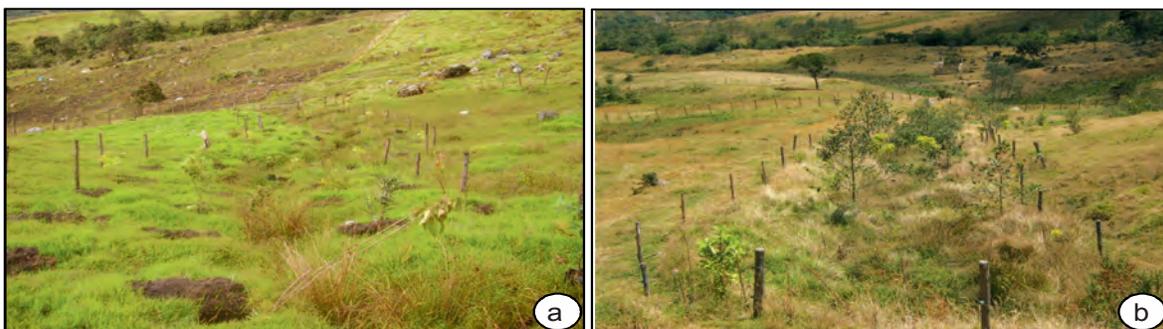


Figura 7.34 Corredores biológicos implementados en la quebrada Jericó, localidad de Sumapaz: a) finca Santa Teresa 2008, b) finca Santa Teresa 2010 (Fotos: Corporación Suna Hisca, 2010).

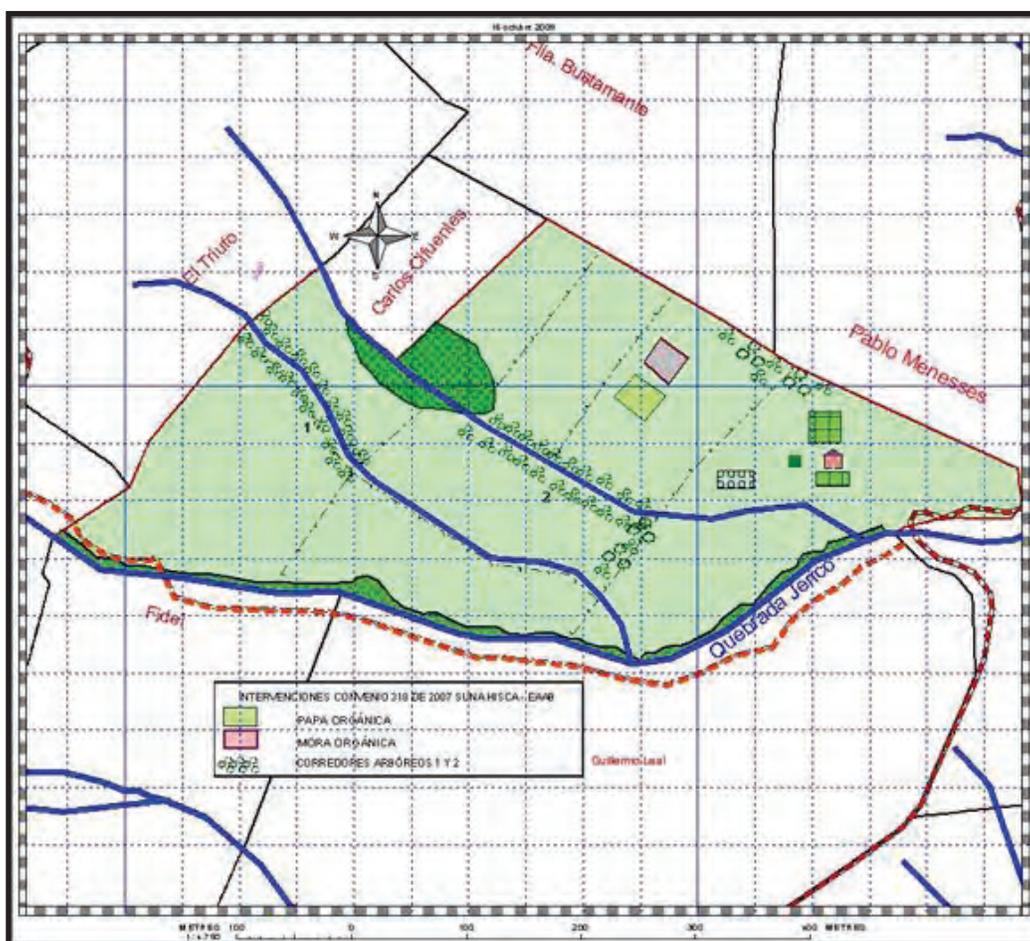


Figura 7.35 Mapa de las intervenciones que se realizaron en la finca Santa Teresa, quebrada Jericó, localidad de Sumapaz (Fuente: Corporación Suna Hisca, 2010).

Fase IV - Acciones de restauración ambiental y reconversión agropecuaria

Se establecieron 11,3 km (3,8 ha) de corredores sobre el borde de los afluentes hídricos. En reconversión agropecuaria se establecieron cercas vivas, bebederos automáticos, pasos de ganado y protección de humedales y nacimientos.

La instalación y mantenimiento de las diferentes prácticas de restauración y reconversión agropecuaria se asumieron por la comunidad como aporte al proceso de acciones de restauración ambiental y reconversión agropecuaria. Actualmente se discute con algunos productores el establecimiento de coberturas arbóreas en potreros para establecer una matriz continua de árboles en el paisaje.

Dentro de las especies que se utilizaron para las coberturas arbóreas se encuentran: aliso (*Alnus acuminata*), cedro de alta montaña (*Cedrela montana*), pino romeron (*Retrophyllum rospigliossi*), laurel de peña (*Myrica pubescens*), corono (*Xylosma spiculiferum*), tibar (*Escallonia paniculata*), sangregado (*Croton funckianus*), mano de oso (*Oreopanax floribundum*), cucharo (*Rapanea guianensis*), ciro (*Baccharis macrantha*), cerezo (*Prunus serotina*), uva camarona (*Macleania rupestris*), mortiño (*Hesperomeles goudotiana*), amargoso (*Ageratina aristei*) y sauco (*Sambucus nigra-S*) (Figura 7.36).



Figura 7.36 Vivero provisional establecido en la quebrada Jericó (localidad de Sumapaz) para la adaptación del material vegetal a las condiciones del área antes de su plantación (Fotos: Corporación Suna Hisca, 2008).

7.3.2 PROYECTO PILOTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARTICIPATIVA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRA GORDA, UBICADA EN LAS VEREDAS EL DESTINO Y OLARTE, LOCALIDAD DE USME

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

En el año 2007, se celebró el convenio 054 entre la Secretaria Distrital de Ambiente, la Asociación de Usuarios del Acueducto de la Vereda Olarte (ASOAGUASCLARAS) y el Fondo de Desarrollo Local de Usme.

B. LOCALIZACIÓN

La cuenca de la quebrada Piedra Gorda tiene una superficie de 1 700 hectáreas y una variación altitudinal que va de 3 050 a 3 700 msnm, lo cual determina la presencia de tres tipos de ecosistemas en el área de la cuenca: bosque altoandino, subpáramo y páramo. Pertenece a la subcuenca del río Curubital la que a su vez hace parte de la cuenca alta del río Tunjuelo (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007) (Figura 7.37).



Figura 7.37 a) laguna de los Patos en el segmento alto de la Cuenca de la quebrada Piedra Gorda dentro del predio del Ejército, b) Límite entre la finca El Danubio y el Batallón de Instrucción y Entrenamiento Militar, antiguo y c) segmento alto de la cuenca de la quebrada Piedra Gorda dentro del predio del Ejército y al fondo las Cuchillas de Bocagrande (CIE), predios que hacen parte de la quebrada Piedra Gorda (Fotos: SDA-Asoaguasclaras, 2008).

C. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS INTERVENIDAS

En desarrollo del subprograma “Restauración con participación de la SDA, se priorizó la intervención de la cuenca de la quebrada Piedra Gorda, por su importancia en el abastecimiento de agua a varias veredas de la localidad de Usme y por hacer parte de un área protegida del Distrito. El proyecto se desarrolló bajo los criterios para la formulación y ejecución de proyectos de restauración de la SDA.

Las técnicas de restauración se establecieron en dos predios: finca El Danubio propiedad de Yesid Darío Vargas y Centro de Instrucción y Entrenamiento adscrito a la Brigada XIII del Ejército Nacional de Colombia, hoy BITER (Batallón de Instrucción y Entrenamiento Militar). Las zonas intervenidas en cada predio presentan conectividad entre sí de modo que en términos físicos se puede hablar de un sólo sitio en restauración con un rango altitudinal entre 3 100 y 3 200 m (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007).

En su sector suroriental el sitio presenta una topografía con laderas de un grado de inclinación entre 30 y 45° con 3 tipos de coberturas: pastizales abandonados de falsa poa (*Holcus lanatus*), grama de olor (*Anthoxantum odoratum*) y plegadera (*Lachemilla orbiculata*); pajonales de *Calamagrostis effusa* y matorrales no consolidados de romeros y chites (Asteraceae e *Hypericum strictum*, respectivamente) (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007).

En el sector central sobre el margen izquierdo de la quebrada Piedra Gorda, la cobertura corresponde a un rastrojo alto de encenillo (*Weinmannia microphylla*), té de bogotá (*Symplocos theiformis*) y chusque (*Chusquea weberbauerii*). Un poco más al occidente sobre una topografía plana correspondiente al fondo del valle de la quebrada, se presentan dos tipos de cobertura: un rastrojo de charne (*Bucquetia glutinosa*) y romeros (Asteraceae) con algunos claros, y potreros de plegadera, kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y grama de olor (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras 2007).

Los suelos presentan limitantes como exceso de aluminio, deficiencia de bases intercambiables (Ca, Na, K y Mg), contenido bajo de algunos metales menores y de Boro, así como de Azufre con lo cual se puede modificar la dinámica del Nitrógeno. En los pajonales de *Calamagrostis* el pH (3.87) clasifica al suelo como fuertemente ácido. También hay algunas ventajas como textura suelta, condiciones propicias para almacenamiento de humedad en la zona de raíces, buenos contenidos de materia orgánica y aceptable capacidad de retención temporal de nutrientes. Algunas relaciones iónicas guardan buena proporción con desequilibrio en contra del magnesio (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007).

En los sitios más alterados correspondientes a los pastizales, el uso histórico fue ganadería de baja intensidad con una duración de alrededor de 30 años con un tiempo de abandono correspondiente a 4 años, en el caso de los pastizales de Yesid Vargas. En este caso la regeneración natural leñosa se presentó muy incipientemente destacándose sólo el hecho que bajo la cerca que se estableció con fines de protección en el 2003, se presentó el establecimiento de una línea de *Miconia ligustrina*, sugiriendo que ésta cerca sirvió como percha para aves. Los potreros y rastrojos del Centro de Instrucción y Entrenamiento tuvieron presencia de ganado hasta el momento en que se levantó el cercado durante el presente trabajo (abril 2008) (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007).

D. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN

Para la ejecución del proyecto se contemplaron las siguientes actividades:

Caracterización y diagnóstico: se realizó la descripción de los diferentes componentes abióticos (clima, la geología, suelos y geomorfología) y bióticos (vegetación y aves) de la zona (Figura 7.38).



Figura 7.38 Muestreo de la vegetación en la quebrada Piedra Gorda. (Foto: Garibello, J., 2008)

Zonificación: se estableció a partir de la combinación de los potenciales físico, biótico y de la factibilidad social para la restauración. Tuvo como resultado final la definición y distribución del potencial de restauración en la zona de estudio (Figura 7.39).

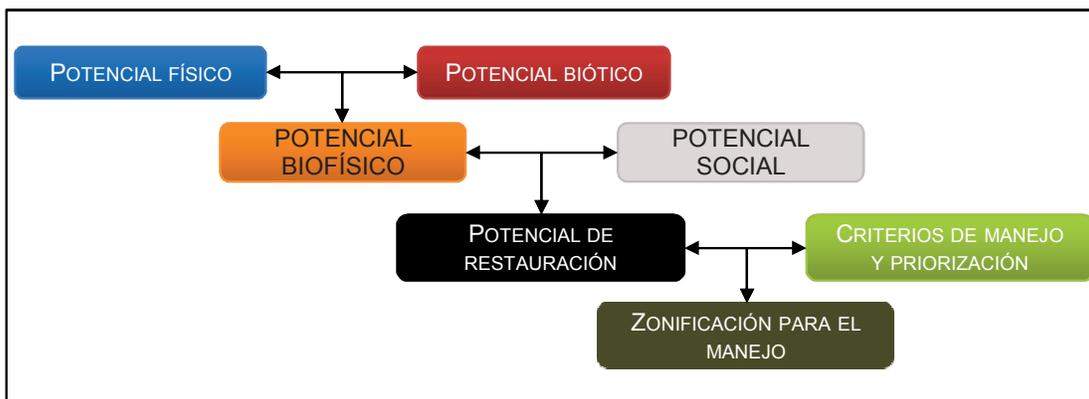


Figura 7.39 Cruces temáticos para generar una zonificación de manejo para la restauración ecológica en la quebrada Piedra Gorda (Garibello *et al.* 2008 en Convenio SDA-Asoaguasclaras).

Plantación de especies nativas: se conformaron arreglos florísticos con especies nativas como el encenillo (*Weinmannia tomentosa*), gaque (*Clusia multiflora*), cucharo (*Myrsine guianensis*), garrocho (*Viburnum tinoides*), tibar (*Escallonia paniculata*), cordoncillo (*Piper bogotense*), raque (*Vallea stipularis*) y mano de oso (*Oreopanax floribundum*) (Figura 7.40). Se utilizó una distancia de plantación de 2,5 m al tresbolillo para que hubiera suficiente espacio entre individuos plantados y a la vez tener un aprovechamiento adecuado del espacio disponible (Garibello *et al.* en Convenio 054/07 SDA-Asoaguasclaras, 2007).

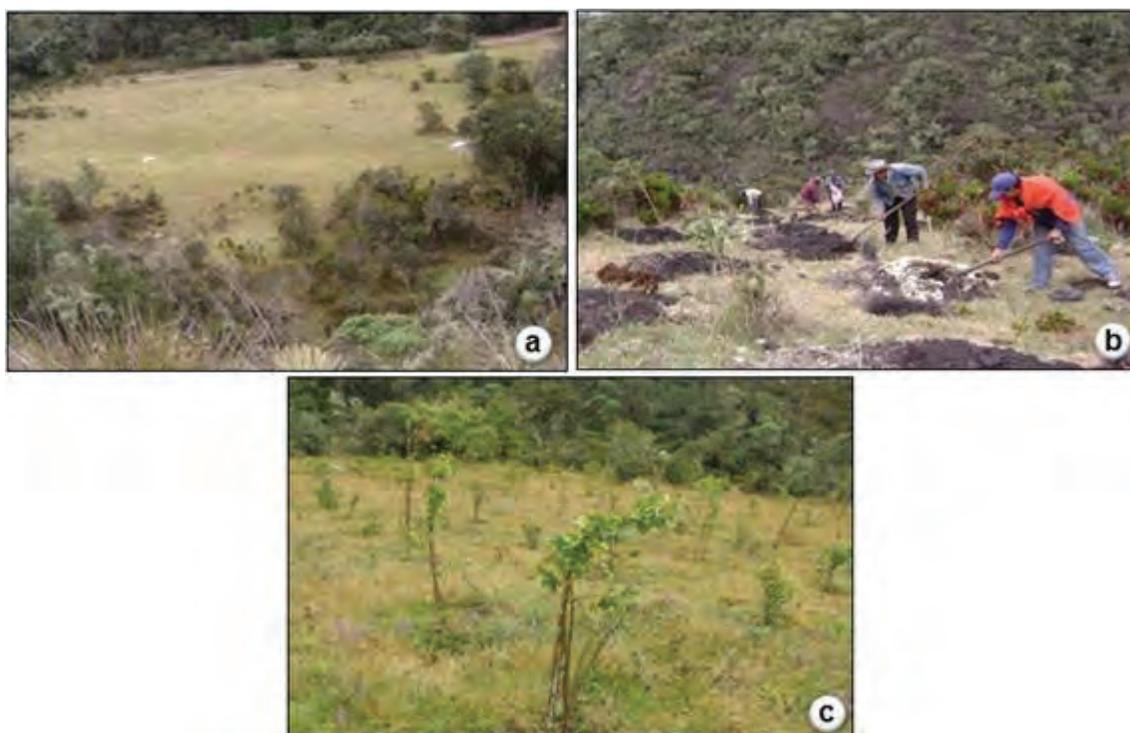


Figura 7.40 a) Vista del área antes de la plantación de especies nativas, b) campesinos realizando el ahoyado para la siembra de árboles (Foto: Garibello, 2008) y c) plantación de especies nativas en el año 2009 (Foto: ERE-PUJ, 2009).

E. PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO (PEyS)

En el año 2008 se propuso el programa evaluación y seguimiento con la meta de verificar el incremento de la cobertura vegetal arbórea y arbustiva nativa en la microcuenca de la quebrada Piedra Gorda. Durante este mismo año se efectuó la primera evaluación de las plantaciones establecidas en la quebrada. Para esto se escogieron algunos individuos por especie y se les colocó una etiqueta de plástico que tiene un número (Figura 7.41). A cada uno de los individuos seleccionados se les tomó medidas de altura total (cm), diámetro mayor, diámetro menor (cobertura) y CAP (arbustos y arbóreos) (Garibello *et al.* 2008). En total se marcaron y midieron 1 200 árboles.



Figura 7.41 Vista de un área seleccionada para el desarrollo del Programa de Evaluación y Seguimiento (Fotos: Garibello, J., 2008).

En desarrollo del convenio 017/08 celebrado entre la Secretaría Distrital de Ambiente y la Pontificia Universidad Javeriana (Escuela de Restauración Ecológica), en el año 2009 y 2010, se realizó la segunda evaluación del estado de las plantaciones siguiendo los métodos propuestos por Garibello *et al.* (2008) (Figuras 7.42 y 7.43). Durante el 2010, se efectuaron evaluaciones del proceso ecológico en desarrollo.



Figura 7.42 Etiqueta de plástico con el código que se le asignó a un individuo de la especie *Clusia multiflora* (Foto: Ana Carolina Moreno, 2008).



Figura 7.43 Toma de datos de la vegetación plantada en la quebrada de Piedra Gorda por el equipo de la Escuela de Restauración Ecológica.

7.4 ÁREAS DISTURBADAS POR PLANTACIONES FORESTALES EXÓTICAS

7.4.1 SUSTITUCIÓN DE PLANTACIONES DE PINO Y EUCALIPTO POR ESPECIES NATIVAS PARA LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE ALTO ANDINO EN LA QUEBRADA HOYA DEL RAMO, CERRO JUAN REY, PARQUE ECOLÓGICO ENTRE NUBES

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

En el año 2007 se celebró el contrato No. 031 entre la Secretaria Distrital de Ambiente y la Cooperativa de Trabajo Asociado de Bogotá, con el objeto de sustituir una parte de las plantaciones forestales de eucalipto y pino por especies nativas, en el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes-PEDEN.

B. LOCALIZACIÓN

El sector intervenido está ubicado en la quebrada la Hoya del Ramo en el Cerro Juan Rey. El PEDEN se encuentra en los cerros surorientales de Bogotá, comprende las localidades de San Cristóbal, Usme y Rafael Uribe, y hace parte del Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital. Posee un área de 626,4 hectáreas ubicada entre los 2 600 a 3 100 msnm y comprende los cerros Guacamayas, Juan Rey y Gavilán, de las cuales 320 ha son propiedad del Distrito. Su temperatura media anual es 12,3° C, las precipitaciones promedio son de 800 mm al noroccidente y de 1 200 mm al suroriente y su humedad relativa es aproximadamente del 75% (Patiño & Moncada, 2008) (Figura 7.44).

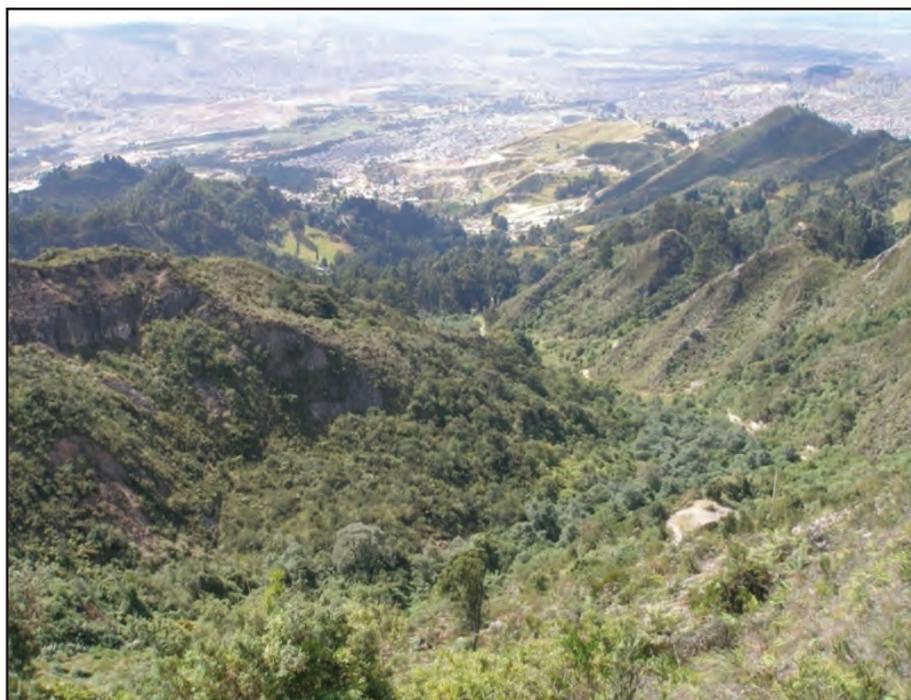


Figura 7.44 Vista panorámica del sector de la Hoya del Ramo en el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes.

C. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS INTERVENIDAS

En las décadas de los 50's y 60's, la Alcaldía de Bogotá en convenio con los municipios de su jurisdicción acometió la actividad de reforestación masiva con especies forestales exóticas, especialmente de pinos y eucaliptos con el fin de garantizar la protección de las fuentes hídricas que abastecen los cuerpos de agua (Patiño & Moncada, 2008).

La hoy Secretaria Distrital de Ambiente, en cumplimiento de una de sus funciones institucionales, conservación de ecosistemas, ha venido adquiriendo varios predios de los que conforman el complejo hídrico constituido por las quebradas la Hoya del Ramo, Quebrada Seca, el Encenillal, entre otras. Hacia el año 2003, se formuló el Plan de Ordenamiento y Manejo del área protegida urbana más grande de Bogotá, PEDEN, con el propósito de consolidar procesos de preservación, restauración, educación ambiental y recreación pasiva para las comunidades del suroriente de la ciudad.

El parque corresponde a un mosaico de ecosistemas inmersos en la matriz urbana que ofrece una alta oferta de bienes y servicios ambientales y constituye un espacio para la recreación pasiva tanto de los habitantes de las localidades vecinas así como para los visitantes de otros puntos de la ciudad que en gran cantidad visitan esta reserva

Cuenta con infraestructura habilitada para la realización de salidas ecológicas, recorridos guiados, talleres de educación ambiental, sensibilización y encuentro con la naturaleza; conferencias, charlas y cursos; constituye además un centro de encuentro de gestión social comunitaria (SDA, 2010).

Conforme a lo establecido en el Plan de Manejo y Ordenamiento del Parque para el sector de preservación y conservación se formuló, posteriormente, "El Plan Maestro de Restauración Ecológica" como guía fundamental para el desarrollo de los proyectos que de allí se generen. Entre estos se encuentra el proyecto "Sustitución de Pino y Eucalipto por Especies Nativas en la Quebrada la Hoya del Ramo en el Cerro de Juan Rey - PEDEN" (Patiño & Moncada, 2008 en: Coopbogotá).

De acuerdo al inventario, las plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Pino (*Pinus patula*) se encuentran establecidas en un área aproximada de siete hectáreas (7 ha). Estas se encuentran localizadas en manchas dispersas en el área del parque que en la actualidad está conformada por 1 982 árboles, sin ningún manejo silvicultural, en terrenos con topografía inclinada y pendientes fuertes. En su primera etapa de los 1 982 árboles se priorizaron 162 individuos para tala selectiva por alto riesgo de volcamiento, correspondientes a 45 pinos y 117 eucaliptos (Patiño & Moncada, 2008 en: Coopbogotá).

D. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Inicialmente, se realizó un inventario y zonificación de cuatro (4) hectáreas de plantación de eucalipto y media (½) hectárea de bosque de pino en la quebrada de Hoya del Ramo (Figura 7.45). Posteriormente, se elaboró y ejecutó un plan de aprovechamiento forestal, dentro del cual se efectuó la entresaca en franja, mediante la tala de 162 árboles de pino y eucalipto, en un total de cinco (5) parches (Figura 7.46).



Figura 7.45 a) Plantación de pinos en la quebrada Hoya del Ramo y b) inventario de los individuos de eucalipto en la quebrada la Hoya del Ramo (Foto: Coopbogotá, 2007).



Figura 7.46 Tala de árboles de eucalipto en la quebrada Hoya del Ramo (Fotos: Coopbogotá, 2007)

La otra actividad que fue necesario efectuar fue el destocoado de los árboles talados, ya que era necesario despejar el área intervenida para la posterior plantación de material vegetal (Patiño & Moncada, 2008 en: Coopbogotá) (Figura 7.47).

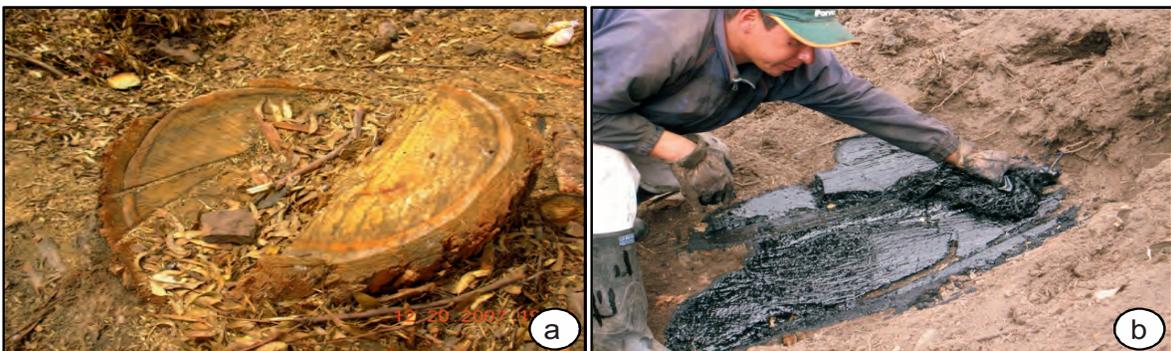


Figura 7.47 a) Tocón luego de realizadas las labores de corte de las raíces y b) aplicación del aceite quemado, el fungicida y el herbicida para finalmente quedar cubiertos con tierra (Fotos: Coopbogota, 2007).

Dentro de las actividades complementarias desarrolladas se conformaron cuatro (4) mil metros lineales de banqueta de infiltración (Figura 7.48); se efectuó el bloqueo y traslado de material nativo propio del aula hacia los sectores intervenidos, coadyuvando en los procesos de rehabilitación ecológica; y se efectuó el mantenimiento de las áreas intervenidas.



Figura 7.48 Construcción de las banquetas de infiltración en la quebrada Hoya del Ramo (Fotos: Coopbogotá, 2007).

Una vez realizada la entresaca, se implementaron los diseños de rehabilitación ecológica con especies nativas propias del ecosistema de bosque alto andino; la plantación de 1 400 individuos se realizó al tresbolillo, a una distancia aproximada de 2 m, entre individuos, y entre líneas de 1,7 m, dependiendo de la localización de las banquetas y la pendiente del terreno (Figura 7.49).



Figura 7.49 a) Plantación de especies nativas en la quebrada Hoya del Ramo y b) individuo de *Baccharis latifolia* plantado en la quebrada Hoya del Ramo (Fotos: Coopbogotá 2007).

También, se realizó un proceso de participación comunitaria, simultáneamente al desarrollo de cada una de las actividades efectuadas; se realizaron exposiciones fotográficas del proceso en instalaciones educativas y barriales del sector, lo que permitió formalizar el proyecto como un proceso de capacitación ambiental (Figura 7.50).



Figura 7.50 Exposiciones fotográficas del proceso de sustitución de plantaciones de pino y eucalipto realizado en la quebrada Hoya del Ramo (Fotos: Coopbogotá, 2007).

E. PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO (PEyS)

Se formuló el programa de evaluación y seguimiento con la meta de verificar el restablecimiento de la cobertura vegetal arbórea y arbustiva nativa, en el área de intervención en la quebrada Hoya del Ramo. Para esto se identificaron y delimitaron diez parcelas de seguimiento; de estas parcelas tres son parcelas control (Figura 7.51). En las siete restantes, se marcaron en total 350 individuos plantados con etiquetas de papel foil, y se evaluó la sobrevivencia de los individuos plantados y su tasa de crecimiento.

Cada parcela fue identificada con una placa acrílica de 20 cm por 25 cm, anclada con un soporte metálico de 50 cm, con un número consecutivo, con información del esquema del diseño florístico realizado, la fecha de plantación, las especies utilizadas y la información institucional, como se muestra en la Figura 7.51 a.



Figura 7.51 a) Señalización y b) parcela de seguimiento de las especies plantadas en el proyecto de sustitución (Fotos: Coopbogotá, 2007).

En el año 2009, en cumplimiento del convenio 017/08 celebrado entre la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Pontificia Universidad Javeriana (Escuela de Restauración Ecológica), se realizó el segundo muestreo en las parcelas de seguimiento (Figura 7.52). Se midieron todos los árboles y arbustos presentes en las parcelas de seguimiento, se les tomó la altura total (cm), diámetro mayor, diámetro menor (cobertura) y CAP (arbustos y arbóreos); y para la vegetación herbácea y rasante, se registró la cobertura por medio del uso de cuadrículas propuesto por Tobón (1995), en donde se cuenta el número de cuadros

interceptados por cada especie. Se utilizó una cuadrícula de 1 x 1 m dividida en cuadrantes de 10 x 10 cm para el conteo de cuadros (Figura 7.53). En el 2010 se efectuó la tercera evaluación en las parcelas de seguimiento.



Figura 7.52 Vista de una parcela de seguimiento de la plantación de especies nativas en el año 2009, en la quebrada Hoya del Ramo.

En el segundo muestreo (2009) en total se midieron 324 árboles de 350 que se habían plantado en el año 2007 y se hallaron 26 árboles muertos de las especies: *Baccharis latifolia* (9 individuos), *Eupatorium oblongifolium* (5 individuos), *Hesperomeles* sp. (7 individuos), *Macleania rupestris* (1 individuo); *Prunus serotina* (1 individuo); *Solanum* sp. (individuo) y *Viburnum triphyllum* (2 individuos) (Figura 7.53).



Figura 7.53 a) Medición de los árboles plantados y b) toma de la cobertura a las especies herbáceas encontradas en las parcelas de seguimiento en la quebrada Hoya del Ramo (Fotos: ERE-PUJ, 2009).

7.5 SUELOS Y CUERPOS DE AGUA DISTURBADAS POR DESCARGAS DE CONTAMINANTES

7.5.1 RECUPERACIÓN ECOLÓGICA DEL HUMEDAL SANTA MARÍA DEL LAGO

A. ENTIDADES Y ORGANIZACIONES QUE HAN PARTICIPADO

En el año 1999, la SDA inició la ejecución de acciones para su recuperación, con la contratación del Plan Maestro y los diseños detallados para este proyecto, el cual hasta el año 2000 era un área abandonada y muy insegura para los habitantes. Durante la ejecución del mismo, se contó con la participación de la comunidad de los barrios aledaños (Van der Hammen *et al.* 2008).

B. LOCALIZACIÓN

El humedal Santa María del Lago cuenta con un área total de 10,8 ha, se encuentra al noroccidente de la ciudad, en la localidad de Engativá, en el barrio Santa María del Lago, entre las carreras 76 y la 73 A y la calle 75 y 78 (Van der Hammen *et al.* 2008) (Figura 7.54).



Figura 7.54 Vista del humedal Santa María del Lago (Foto: Mario Mora, 2006).

C. ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

En la primera etapa del proyecto de recuperación (2000) se plantaron aproximadamente 2 600 árboles y arbustos nativos de la Sabana de Bogotá, y se extrajo gran cantidad de vegetación flotante en el sector norte del humedal, que estaba incidiendo en la disminución del área efectiva del cuerpo de agua. Se llevó a cabo la construcción de la infraestructura requerida para la administración del humedal, se construyeron plazoletas de descanso y

se instaló mobiliario urbano (sillas, señalización, canecas, entre otros), se adecuaron áreas para desarrollar procesos pedagógicos de educación ambiental; se construyó un circuito de senderos para el uso de los visitantes. En agosto 2001, se finalizaron las obras que dieron inicio al proceso de recuperación del humedal y la SDA asumió su administración y manejo como “Aula ambiental” (Van der Hammen *et al.* 2008). Dentro de las actividades para el mantenimiento del cuerpo de agua que se adelantan por parte de la SDA se encuentra la extracción manual de las macrófitas flotantes y sumergidas del sector norte del humedal, con las cuales se produce compost y el material producido es usado para fertilizar los árboles y arbustos del humedal (Figura 7.55).



Figura 7.55 a) Macrófitas flotantes en el humedal Santa María del Lago, b) extracción manual de las macrófitas en el humedal Santa María del Lago (Fotos: Mario Mora, 2006).

Se trabajó 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 generaron espacios para las aves acuáticas (Figura 7.56).

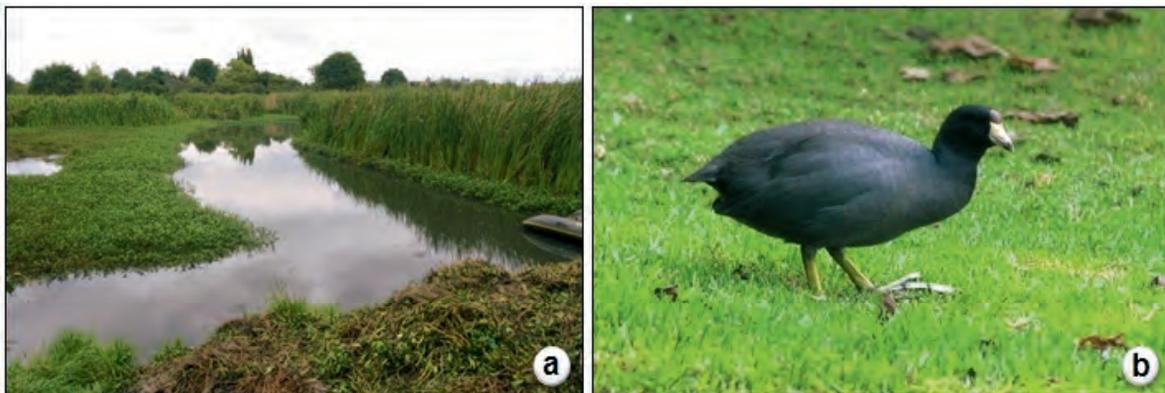


Figura 7.56 a) Apertura de canales perimetrales y al interior de las masas de Enea (*Typha* sp.), para la conformación de espejos de agua que generen espacios para las aves acuáticas. b) Tingua o focha (*Fulica americana*) en el humedal Santa María del Lago (Fotos: Mario Mora, 2006).

7.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Aguilar, M. 2010. Memoria. Restauración ecológica en áreas afectadas por *Ulex europaeus* en la Finca El Zuque. Convenio 005/09 IDIPRON-SDA. Bogotá. 82 pp.

Barrera, J.I., M.A. Aguilar & D.C. Rondón. 2008. Experiencias de restauración ecológica en Colombia. “Entre la sucesión y los disturbios”. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 274 pp.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. 2006. Plan de Manejo Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. En línea www.car.gov.co

Corporacion Suna Hisca. 2000. Caracterización y zonificación de tres microcuencas localizadas en las quebradas Jericó, Capitolio y Tabaco en la localidad de Sumapaz. FDLS, DAMA. Bogotá. D.C.

Corporacion Suna Hisca. 2003. Plan de ordenamiento y Manejo- POMA del Parque Ecológico Distrital Entre Nubes. Contrato DAMA. 299 pp.

Corporacion Suna Hisca. 2007. Adelantar un proceso de gestión social para el ordenamiento ambiental participativo de una microcuenca abastecedora de acueductos veredales en la localidad de Sumapaz, a través de la asistencia técnica agropecuaria. EAAB. Bogotá. D.C.

Corporacion Suna Hisca. 2008. Fortalecer la implementación del proceso de ordenamiento y gestión ambiental en la microcuenca Jericó abastecedora de dos acueductos veredales de la localidad de Sumapaz, mediante procesos de restauración ambiental participativa, asociados a asistencia técnica agropecuaria. EAAB. Bogotá. D.C.

Guacaneme, S. M. 2005. Efecto de la aplicación de biosólidos en diferentes proporciones en la recuperación de un suelo disturbado por actividad extractiva. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Ecología.

Guacaneme, S.M. 2008. Primer muestreo de la vegetación en los diseños de restauración ecológica implementados en el Aula Ambiental Soratama “En La Tierra del Sol” Convenio 072/08. Convenio Corporación para el Desarrollo Ambiental del Territorio Soratama – Corposoratama – Secretaria Distrital de Ambiente. Bogotá. D. C. 106 pp.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005. Documento técnico de soporte re delimitación y zonificación de la reserva forestal protectora “Bosque Oriental de Bogotá”. En línea www.minambiente.gov.co

Molina, P., L. F. Osorio & E. Uribe. 1997. Cerros, humedales y áreas rurales. Santa Fe de Bogotá D.C. DAMA 190 pp.

Patiño, P. & M. Moncada. 2008. Sustitución de Plantaciones de Pino y Eucalipto por Especies Nativas en la Quebrada La Hoya Del Ramo en El Cerro Juan Rey – Parque Ecológico Entre Nubes. Contrato N° 0031 de 2007. Secretaría Distrital de Ambiente – COOPBOGOTA. Bogotá. 87 pp.

Secretaría Distrital de Ambiente. 2008. Informe Final de Actividades. Septiembre 18 de 2007 – Agosto 17 de 2008. Convenio Interadministrativo No. 050 de 2007. En línea www.secretariadeambiente.gov.co

Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Informe Final de Actividades. Febrero de 2005 – Octubre de 2006. Convenio Interadministrativo No. 023 de 2004. En línea www.secretariadeambiente.gov.co.

Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Programa de evaluación y seguimiento. Contrato N° 054-07. Asociación de Usuarios Acueducto Aguas Claras Vereda Olarte y Fondo de Desarrollo Local de Usme. Bogotá. D. C. 53 pp.

Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Aula Ambiental SORATAMA en la Tierra del Sol. Bogotá, Colombia.

Van der Hammen T., F. G. Stiles, L. Rosselli, M.L. Chisaca, G. Camargo, G. Guillot, Y. Useche & D. Rivera. 2008. Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C. 296 pp.

CAPÍTULO 8

PLANTAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



Flor de mano de oso (*Oreopanax bogotensis*)

A continuación se presentan 37 especies vegetales, distribuidas en 31 géneros y 21 familias, consideradas como especies potenciales para la restauración ecológica de áreas disturbadas.

No.	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	AUTOR
1	ARALIACEAE	<i>Oreopanax</i>	<i>Oreopanax bogotensis</i>	Cuatrec.
2			<i>Oreopanax floribundus</i>	Decne & Planch.
3	ASTERACEAE	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina aristei</i>	(B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
4		<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis latifolia</i>	Pers.
5			<i>Baccharis bogotensis</i>	Benth.
6		<i>Diplostephium</i>	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	Wedd.
7		<i>Pentacalia</i>	<i>Pentacalia pulchella</i>	(Kunth) Cuatrec.
8	BORAGINACEAE	<i>Cordia</i>	<i>Cordia lanata</i>	Kunth
9	CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum</i>	<i>Viburnum tinoides</i>	L. f.
10			<i>Viburnum triphyllum</i>	Benth
11	CLUSIACEAE	<i>Clusia</i>	<i>Clusia multiflora</i>	Kunth
12		<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum juniperinum</i>	Kunth
13	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>Weinmannia tomentosa</i>	L. f.
14	ELAEOCARPACEAE	<i>Vallea</i>	<i>Vallea stipularis</i>	L. f.
15	ERICACEAE	<i>Bejaria</i>	<i>Bejaria resinosa</i>	L. f.
16		<i>Cavendishia</i>	<i>Cavendishia cordifolia</i>	(Kunth) Hoerold
17		<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria anastomosans</i>	Kunth
18		<i>Macleania</i>	<i>Macleania rupestris</i>	A. C. Sm.
19	FABACEAE	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus bogotensis</i>	Benth.
20	FLACOURTIACEAE	<i>Xylosma</i>	<i>Xylosma spiculifera</i>	Triana & Planch.
21	LORANTHACEA	<i>Gaiadendron</i>	<i>Gaiadendron punctatum</i>	(L. f.) DC.
22	MELASTOMATACEAE	<i>Bucquetia</i>	<i>Bucquetia glutinosa</i>	(L. f.) DC.
23		<i>Miconia</i>	<i>Miconia squamulosa</i>	Triana
24	MYRICACEA	<i>Morella</i>	<i>Morella parvifolia</i>	(Benth) Parra-O
25	MYRSINACEAE	<i>Myrsine</i>	<i>Myrsine coriacea</i>	(Sw.) R. Br. Ex Roem. & Shult.
26			<i>Myrsine guianensis</i>	(Aubl.) Kuntze
27	PIPERACEAE	<i>Piper</i>	<i>Piper bogotense</i>	C. DC.
28	POLYGONACEAE	<i>Muehlebeckia</i>	<i>Muehlebeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.
29	ROSACEAE	<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles heterophylla</i>	(Ruiz & Pav.) Hook.
30		<i>Prunus</i>	<i>Prunus buxifolia</i>	Koehne.
31		<i>Rubus</i>	<i>Rubus bogotensis</i>	Kunth
32			<i>Rubus floribundus</i>	Weihe
33	SAPINDACEAE	<i>Dodonaea</i>	<i>Dodonaea viscosa</i>	Jacq.
34	SAXIFRAGACEAE	<i>Escallonia</i>	<i>Escallonia myrtilloides</i>	L. f.
35			<i>Escallonia paniculata</i>	(Ruiz & Pav.) Roem. & Shult.
36	VERBENACEAE	<i>Duranta</i>	<i>Duranta mutisii</i>	L. f.
37	WINTERIACEA	<i>Drymis</i>	<i>Drymis granadensis</i>	L. f.

Oreopanax bogotensis Cuatrec.



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: ARALIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): amarillo, higerillo, higerón.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 20 m de alto, tronco liso, con la corteza de color gris claro y amarilla, con lenticelas, copa de forma ovalada o aparasolada, con el follaje de color verde herrumbroso; la ramificación se inicia a los 3 m de altura, las ramas son gruesas, abundantes y crecen de forma oblicua. *Hojas* simples, alternas, margen antera o con salientes, haz verde oscuro y envés ocre a pardo rojizo, de 20 cm de largo por 12 cm de ancho, cactaceas, con una sola lámina o dividida en 3 a 5 lóbulos (palmatilobada), nerviación palmeada, pecíolos largos y curvos. *Inflorescencias* en racimos terminales, con ejes de color herrumbroso. *Flores* blancas, de 8 mm de diámetro, con el cáliz verdoso, agrupadas en cabezuelas. *Frutos* en bayas de color morado, de 3 a 4 cm de largo, con una semilla, dura, amarilla.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la cordillera Oriental colombiana. Se distribuye en altitudes comprendidas entre los 2 300 y los 3 300 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie importante del bosque de encenillo y mano de oso de altura (*Weinmannia tomentosa* más *Oreopanax bogotensis*). Reemplaza a *Oreopanax floribundus* en las partes altas más frías y húmedas. Presente en laderas, pies de laderas, cañadas y coluvios, de atmósferas húmedas y frías. Crece en suelos profundos orgánicos, francos a pesados, bien drenados. Especie ornitócora, umbrófila moderada, de etapa sucesional tardía que aprovecha los claros en matorrales de precursores leñosos, donde emerge y se establece, manteniéndose como subordinada en los

bosques que se desarrollan a partir de estos matorrales acompañando especies dominantes como el cedro (*Cedrela montana*), el chuwacá (*Prunus buxifolia*) o el encenillo (*Weinmannia tomentosa*).

Usos: útil para proteger zonas de ribera y como inductor de bosques sobre subpáramos secundarios por debajo de los 3 100 msnm, funciona como cortafuegos en matorrales pirófilos de *Morella parvifolia*. Puede usarse para conformar matorrales ornitócoros. Los frutos son alimento de avifauna y de murciélagos. La madera es empleada en carpintería, elaboración de cajas para frutas, palillos, cabos de escobas, cajas de resonancia de instrumentos musicales, baja lenguas y palos para helados. De uso ornamental para jardines y parques.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se colectan cuando se tornan casi negros, se parten y se secan al sol, se extraen las semillas y se siembran en almácigo a 0.5 cm de profundidad y cubiertos con una capa delgada de paja húmeda. Antes de la siembra las semillas pueden dejarse inmersas en agua hirviendo acidulada, se baja el fuego enseguida y se deja sumergida 24 horas. Es una especie que presenta crecimiento rápido, requiere alta incidencia de luz solar, puede adaptarse a condiciones de páramo. Las plantas pierden totalmente las hojas por períodos (caducifolia).

FUENTES: Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Oreopanax floribundus Decne & Planch.



N. Hernández.

N. Hernández.



N. Hernández.

FAMILIA: ARALIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): candelero, higerón, mano de oso, papayo montañero, pata de gallina.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol o arbolito de hasta 25 m de alto, tronco con corteza lisa de color gris parduzco; la ramificación se inicia a los 2 m de altura, ramas gruesas, con cicatrices anilladas, creciendo de forma horizontal a oblicua; copa de forma aparasolada o redondeada, con el follaje de color verde amarillento. *Hojas* simples, alternas, digitado lobuladas (5 a 7 lóbulos), coriáceas, lisas, borde dentado, haz verde oscuro lustroso y envés amarillento o anaranjado, de 15-25 x 20-46 cm, base cordada, ápice de los lóbulos acuminado a largamente acuminado, palmatinervias, dispuestas helicoidalmente, agrupadas al final de las ramas; el pecíolo de 10 a 28 cm de largo con la base abrazadora; presencia de estípulas lineales. *Inflorescencias* en panículas grandes, terminales de hasta 35 cm de largo, con los ejes amarillo tomentosos. *Flores* sésiles, apétalas, pequeñas (3 mm), poco vistosas, de color crema, agrupadas en cabezuelas pequeñas y esféricas, poco compactas. *Frutos* en bayas subglobosas, de color pardo a violáceo, rojizas al madurar, de 6 mm de diámetro, con 4 a 5 semillas de forma poligonal.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana, presente también en las cordilleras occidental y central, distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 1 300 y 3500 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en bosques húmedos andinos, en robledales, encenillales y bosques secundarios, donde llega a formar parte del dosel, Habita laderas, pies de laderas, cañadas y coluvios. Es una especie frecuente riparia, umbrófila moderada, crece en suelos orgánicos profundos, francos a pesados y bien drenados. Algunas veces presente en bordes de caminos. Contribuye a la formación de suelo gracias a que es una planta productora de buena hojarasca. Tiene dispersión ornitócora, florece durante los meses de diciembre hasta febrero y fructifica desde febrero hasta julio. Pierde parcialmente las hojas después de fructificar.

Usos: puede usarse para proteger zonas de ribera, como inductor de bosques sobre subpáramos secundarios por debajo de los 3 100 m de altitud, funciona como cortafuegos en matorrales pirófilos de *Morella parvifolia*. Útil para conformar corredores y matorrales ornitócoros. Los frutos son alimento para aves, que dispersan sus semillas. La madera es empleada para trabajos de carpintería, elaboración de guitarras, cajas y cucharas, también en construcción y como leña. De uso ornamental para jardines, parques y prados campestres, al igual que para generar sombrío gracias a la forma aparasolada de su copa.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y por regeneración natural. Se colectan los frutos cuando se tornan de color casi negro, se parten y se secan al sol durante 12 horas, luego se extraen las semillas, las cuales pueden dejarse sumergidas en agua durante 24 horas, luego se siembran en semilleros a 1 cm de profundidad, en hileras separadas 10 cm entre sí y cubiertas con una capa delgada de paja y con riego normal. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplanta a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas miden 20 cm de

altura se llevan al lugar definitivo. Cuando la propagación es por regeneración natural, la planta se extrae con 10 cm³ de tierra y se siembra en bolsas de polietileno, luego se llevan a un lugar abierto. Es una especie que crece rápidamente, exige buenos suelos y alta incidencia de luz solar.

FUENTES: Mahecha *et al.* 2004; Montes & Eguiluz, 1996; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 2002 y Toro & Vanegas, 2002.

Ageratina aristei (B.L.Rob.) R.M. King & H. Rob.



N. Hernández.



M. Mora - G.

FAMILIA: ASTERACEAE.

NOMBRE (s) COMÚN (ES): amargoso.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto de hasta 3.5 m de alto; la ramificación se inicia desde la base. Las *hojas* son simples, opuestas, ovadas, verde oscuras, resinosas, de margen aserrado, trinervadas, con los nervios traslúcidos de coloración amarillenta, miden aproximadamente 8 cm de longitud. Presentan un fuerte olor mentolado.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: distribuida en altitudes comprendidas entre los 3 000 y 3 300 m. Se encuentra en subpáramos primarios y secundarios.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en pantanos y fondos de cañadas. Frecuente riparia. Crece en suelos anegados a mal drenados. Es una especie heliófila estricta, de dispersión anemócora. Se comporta como un precursor leñoso del ascenso del bosque en cañadas de subpáramo secundario, precediendo a los chuscales y a especies leñosas como *Tibouchina grossa*, *Drymis granadensis*, *Weinmannia rolletii*, *Vallea stipularis*, *Myrica dugandii*, entre otras. Se presenta como codominante en subpáramos pantanosos arbustivos, asociada a *Hypericum goyanesii*, *Espeletia grandiflora*, *Bucquetia glutinosa*, *Pentacalia pulchella*, entre otras. De gran aptitud para colonizar potreros mal drenados en subpáramo. Gracias al sabor amargo de su follaje es poco palatable para el ganado.

Usos: útil para proteger nacederos y márgenes de quebradas y como barrera para evitar el paso de ganado. De probable uso medicinal como tónico en infusión.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se recogen cuando se desprenden fácilmente de los capítulos y cuando el vilano se encuentra bien desarrollado. Antes de la siembra se recomienda dejar las semillas inmersas en agua durante un período de 48 horas, luego se siembran en almácigo al voleo cubiertas con una capa delgada de paja húmeda.

FUENTES: Mahecha *et al.* 2004.

Baccharis latifolia Pers.



M. Mora - G.



N. Hernández.

FAMILIA: ASTERACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): algodóncillo, ciro, chilco o chilca, con variantes como chirco, chilco blanco, chilco negro, chilca blanca, chilca rucia. También se registran, gurrubo (Cundinamarca), buéntsamo (Putumayo) y sanalotodo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de 2 m de alto, con el tallo glabro, fisurado. *Hojas* alternas, pecioladas, de forma ovado-lanceoladas o anchamente lanceoladas, margen aserrulado, ápice acuminado y base atenuada, subcoriáceas, triplinervias, glabras por ambas caras, de 60-150 x 20-60 mm. *Inflorescencias* en capítulos terminales muy numerosos, pedicelados, formando cimas corimbiformes densas, los capítulos femeninos acampanados; filarias en 3 a 4 series, las externas ovadas, las internas lanceoladas, con nervadura central oscura. *Flores* muy abundantes, con corola filiforme; aquenios oblongos, glabros, de 1-2 mm de largo; papus blancuzco; capítulos masculinos con involucreo semejante al femenino, flores con el ápice de la corola diminutamente 5-dentado.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: es una especie de distribución tropoandina, se extiende desde los Andes de Mérida (Venezuela) hasta Tucumán (Argentina). En Colombia es abundante en un rango altitudinal comprendido entre los 2 000 y 2 800 m y con menor frecuencia hasta los 3 400 m, ocasionalmente puede encontrarse hasta los 1 500 m. Se ha registrado en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Tolima y Valle.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: hace parte del

bosque andino y de los matorrales de subpáramo; se encuentran como arbolitos esparcidos o formando matorrales subserales más o menos grandes que invaden páramos alterados y zonas deforestadas. Presente en terrenos de pendientes suaves a moderadas, en suelos erosionados y húmedos, en parajes abiertos de quebradas y en pastizales. Beneficiosa para el establecimiento de otras especies bajo ella, gracias a la formación rápida de dosel. Puede conformar áreas riparias junto con *Vallea stipularis*, *Myrcianthes leucoxylla*, *Berberis rigidifolia*, *Viburnum tinoides* y *Duranta mutisii*, pero es desplazada por otras especies leñosas que le generan sombra cuando las sobrepasan en altura. Considerada una especie precursora leñosa con gran aptitud para colonizar pastizales de kikuyo y suelos de laderas compactados por el pastoreo, al igual que en zonas escarpadas (50 % de inclinación) por deslizamientos. Es una especie perenne, de dispersión anemócora. Contribuye a la formación de suelo gracias a la alta producción de hojarasca.

Usos: especie útil para protección de rondas hídricas, recuperación de suelos desnudos y suelos compactados por el sobrepastoreo, así como para el control de taludes y surcos. Se usa medicinalmente en lisiaduras, colocando en una hoja unguento mentolado y cebo de res aplicándose en el lugar afectado. También se usa en baños para convalecientes, haciendo una infusión de la planta junto con el sauco (*Cestrum megaphyllum*). Y para el dolor de muela o de cabeza, se soasa la hoja y se aplica. Las hojas aplicadas en forma de cataplasma se usan para calmar los dolores reumáticos y de la cintura. La planta también se usa como buen tónico antidiabético para favorecer la digestión y para enfermedades hepáticas. Otros usos medicinales son: emoliente, desinfectante, para diarrea, inflamación y afecciones pulmonares. Aparentemente es tóxica en dosis elevadas.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas,

las cuales se recogen cuando los frutos se desprenden fácil de los capítulos y el vilano está bien desarrollado (conjunto de pelos del fruto que facilitan su diseminación por medio del aire). Se dejan en estado pregerminativo durante 48 horas de inmersión, luego se siembran en almácigo al voleo cubierto con una capa de paja húmeda.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Correa & Bernal, 1992; Cuatrecasas, 1967; Cuatrecasas, 1969; García-Barriga, 1975; García *et al.* 2006; Lozano *et al.* 2008; Ríos, 1996 y Salamanca & Camargo, 2002.

Baccharis bogotensis Benth



N. Hernández.



N. Hernández.

FAMILIA: ASTERACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): ciro, chilca, chilco.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto erecto o con ramas decumbentes que inician de la base, las juveniles rojizas, a menudo, cubiertas por un exudado resinoso, blanco o verde amarillento, también crece como bejuco de largos tallos sarmentosos trepadores, ramificados en los extremos; cuando son arbustivos la copa tiene forma redondeada, de follaje ligero de color verde claro, persistente. De *hojas* simples, alternas, brillantes, elípticas obovoideas, de margen aserrado, 4 cm de longitud. *Flores* blancas en capítulos, dispuestas en corimbos. *Frutos* en aquenios café claro, de 7 mm, con una sola semilla.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: originaria de la Cordillera Oriental, presente en los departamentos de Cundinamarca, Santander y Norte de Santander. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 1 800 y 3 800 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se encuentra principalmente en bosques húmedos y secundarios. Es una especie ruderal, suele encontrarse como arbustiva pionera, típica en pasturas y canteras abandonadas y en ambientes subxeróticos. Es capaz de resistir las heladas, suelos pobres, poco profundos, erosionados y en áreas con baja precipitación (700 – 1 000 mm). Tiene buena regeneración natural cuando el suelo no presenta vegetación herbácea competitiva.

Usos: empleada para control de erosión y para instaurar planes de recuperación de suelos. Ornamental para antejardines, parques, avenidas y linderos, y como cerca viva.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan los frutos cuando se tornan de color café claro, se secan al sol durante 1 o 2 días y se extraen las semillas, las cuales se siembran a 5 mm de profundidad y en hileras separadas 10 cm entre sí. Cuando la planta alcanza una altura de 5 cm se trasplanta a bolsas medianas de polietileno, posteriormente, cuando éstas alcanzan 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. Es una planta que requiere riego moderado y aplicación de fungicidas para el control de patógenos. Presenta una abundante regeneración natural y soporta sequía y suelos pobres.

FUENTES: Bartholomaus *et al.* 1998 y Cuatrecasas, 1969.

Diplostegium rosmarinifolium Wedd.



M. Mora - G.



S. Contreras-R.

FAMILIA: ASTERACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): guasguín, romero, romero blanco, romero cenizo, romero de monte, romero de páramo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 10 m de alto, de corteza escamosa, color grisáceo; copa redondeada, blanquesina, con aroma a trementina; de ramificación abundante y delgada, con las ramitas delgadas, verdosas; médula de color blanco. *Hojas* simples, alternas, de forma lineal, con la margen entera y revoluta, el haz de color verde, pubescente, el envés con tomento blanquecino, el ápice acuminado y la base cuneada, de longitud variable desde 1 a 3 mm de largo por 1 a 2 mm de ancho, dispuestas en forma helicoidal. *Inflorescencias* terminales en corimbos, casi siempre sobrepasando las hojas, con capítulos ligulados e involucro en forma de embudo. *Flores* de color crema, varían en tamaño y el escaso indumento de los ovarios, los cuales son esencialmente glabros, pero suelen llevar algunos pelos en las del disco, las marginales femeninas, liguladas de color blanco, las del disco hermafroditas, tubulares y blancas o con tonos púrpura. *Fruto* en aquenio, diminuto, de forma obovoide y con pappus blanco o rosado.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: distribuido a lo largo de la Cordillera Oriental de Colombia, desde Cundinamarca hasta Norte de Santander y Magdalena entrando en Venezuela por el páramo de Tamá. Se ha registrado también para el extremo norte de la cordillera Occidental en el departamento de Bolívar, en la Cordillera Central, en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la

Serranía del Perijá. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2000 y 4 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie integrante de los matorrales de vegetación nativa del subpáramo y matorrales de bosque andino. De aptitud pionera, es posible encontrarla en suelos arenosos bien drenados, pesados, en afloramientos rocosos de arenisca y en areneras abandonadas. Presente en matorrales que preceden a encenillales típicos. Tiene dispersión anemófila.

Usos: útil para restauración de encenillales a partir de matorrales, potreros y eriales en laderas arenosas y para recuperación de focos de erosión severa, areneras y canteras. De uso potencial ornamental para jardines. Su decocción se usa como champú o tónico capilar.

PROPAGACIÓN: por semillas, las cuales se recogen cuando el vilano se encuentra bien desarrollado y los frutos se desprenden fácilmente de los capítulos. Antes de la siembra se recomienda una inmersión de las semillas durante 48 horas, luego se depositan en almácigo al voleo cubriéndolas con una capa de paja húmeda. Es una especie de rápido crecimiento, requiere de abundante luz solar.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Cuatrecasas, 1969; García *et al.* 2006; Mahecha, *et al.* 2004, Montes & Eguiluz, 1996; Salamanca & Camargo, 1993 y Salamanca & Camargo, 2002.

Pentacalia pulchella (Kunth) Cuatrec



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: ASTERACEAE.

NOMBRE (s) COMÚN (ES): guasquin, romero, romero de monte.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbustos de hasta 3 m de alto, con los tallos muy ramificados, ramas erectas, glabras, estriadas, dispersas y negruzcas. *Hojas* simples, alternas, de forma obovada a angosto-obovadas, subcoriáceas, glabras, con el haz brillante, la margen entera, el ápice agudo y la base cuneada, con el nervio prominente por el envés, miden 1.3-6 x 0.4-1.4 cm; pecíolo acanalado de 4 mm, dispuestas helicoidalmente. *Inflorescencias* terminales en corimbo; los capítulos con todas las *flores* hermafroditas, las cuales son tubulares, glabras y amarillas. Los *frutos* son aquenios de forma ovoide y con el pappus blanco.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie conocida de las Cordilleras Oriental y Central y en el Macizo Colombiano, presente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Santander y Norte de Santander, en altitudes comprendidas entre los 2 100 y los 3 700 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se puede encontrar frecuentemente en el bosque altoandino, formando matorrales altos. Típica en ambientes rocosos, de laderas y escarpes. Crece en suelos ligeros a francos, bien drenados y pobremente desarrollados, también en suelos ligeramente turbosos de subpáramo y en bordes de carretera. Es un precursor leñoso en encenillales medios, dinamiza el ascenso del límite superior del bosque altoandino. Se puede presentar como una especie codominante en bosques de subpáramo. Especie anemócora.

Usos: útil en restauración de encenillales con suelos degradados y en bosques enanos de subpáramo. La siembra en potreros genera condiciones favorables para la reintroducción de plantas de bosque altoandino, siempre y cuando se siembren protegidos con mallas metálicas para evitar la herbivoría. Con buena aptitud para conservar suelos. Se emplea macerado y en infusiones como champú y tónico capilar para prevenir la caída del cabello y contra la caspa.

PROPAGACIÓN: la propagación se hace por semillas. Los frutos se colectan cuando se desprenden fácilmente de los capítulos y el vilano se encuentra bien desarrollado. Se recomienda dejar en inmersión durante 48 horas antes de la siembra, luego se llevan a almácigo al voleo cubriéndolas con una capa delgada de paja. Las plantas crecen rápidamente, requieren alta incidencia de luz solar.

FUENTES: Díaz-Piedrahita & Cuatrecasas, 1999; Díaz-Martín *et al.* 2008; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004; Montenegro & Vargas, 2008 y Salamanca & Camargo, 2002.

Cordia lanata Kunth



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: BORAGINACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): gomo, salvio, salvio negro, palo real.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbolito de hasta 6 m de alto en condiciones aisladas y de hasta 10 m en bosques riparios; de copa redondeada, densa, de follaje oscuro. *Hojas* simples, alternas, de forma elíptica a oblanceolada, membranosas, rugosas, glabras o hirsutas por el haz y aterciopeladas por el envés, de 8 a 12 cm. *Flores* blancas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Distribuida en altitudes comprendidas entre los 2500 y los 2 900 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se encuentra en matorrales no consolidados y bosques riparios de cañadas por debajo de los 3 000 m de altitud. Especie generalmente riparia, heliófila, con poca tolerancia a la sombra, puede inducir a bosques de cañadas bajas. Conformar matorrales junto con *Xylosma spiculifera*, *Vallea stipularis*, *Viburnum triphyllum*, *Oreopanax floribundus*. Asociada a bosques de cañada de *Alnus acuminata* y *Oreopanax floribundus*. Crece en suelos pesados y drenaje lento.

Usos: útil para restaurar bosques riparios y de cañadas. Con aplicabilidad para la rehabilitación de bosques de cedro y de chuacás (*Prunus buxifolia*). La madera es empleada para la elaboración de lanzas de arados, postes, cabos y bordones. Especie melífera.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se colectan cuando se tornan negros, se despulpan y se extraen las semillas, las cuales se dejan inmersas en agua durante 48 horas, posteriormente se siembran en germinadoras a 1 mm de profundidad.

FUENTES: García-Barriga, 1992 y Salamanca & Camargo, 2002.

Viburnum tinoides L.f.



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: CAPRIFOLIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): chucua, cuje, garrocho, sauco montañero.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 8 metros de alto; con los tallos compactos; las ramas hirsutas con pelos estrellados. De *hojas* simples, opuestas, de forma obovada a ovado-oblongas, glabras y coriáceas, con el margen entero. *Inflorescencias* en umbelas compuestas terminales, con los ejes pubescentes. *Flores* hermafroditas de color blanco, de 4 mm de diámetro, perfumadas. *Fruto* una drupa globosa, de color morado oscuro a negro al madurar.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: se encuentra en toda la región Andina y en la Serranía del Perijá. Presente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Santander. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 1 450 y 3 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie típica de la vegetación del bosque andino, presente en bordes de quebradas junto con *Alnus acuminata* y *Vallea stipularis*. También presente en matorrales riparios de pie de ladera y vegas, asociada al espino (*Duranta mutisii*). Generalmente, se encuentra conformando el sotobosque disperso de bosques de alisos. Crece en suelos pesados con pendientes suaves a moderadas. Especie perenne, ornitócora, heliófila, umbrófila facultativa. De moderada aptitud pionera.

Usos: útil para restauración de nacimientos de agua, márgenes de quebradas y ríos y zonas de recarga de acuíferos. Especie tintórea, los frutos al madurar contienen

jugos con los que se puede teñir de color violáceo. Tanto la corteza como las hojas y los frutos se usan en medicina popular para calmar los nervios, como diurético y astringente, esto último gracias a su contenido en taninos. De uso ornamental para jardines y como cerca viva.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan y despulpan los frutos cuando se tornan negros, luego se extraen las semillas y se escarifican, se recomienda dejar dos días en inmersión. Posteriormente, se siembran en almácigo a 2 mm de profundidad en hileras separadas.

Fuentes: Bernal & Correa, 1990; García-Barriga, 1975; García *et al.* 2006; Pérez-Arbeláez, 1996 y Salamanca & Camargo, 2002.

Viburnum triphyllum Benth



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: CAPRIFOLIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): bodoquero, chucua, chuque, cuje, garrocho, juco, morochillo, pelotillo, pitá, ruque, sauco montañero, sauco de monte.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o árbol de hasta 8 m de alto, con el tallo algo torcido, acanalado, corteza de color grisáceo o negro, escamoso; la copa de forma redondeada o globosa, algunas veces irregular, de color verde oscuro brillante, la ramificación es gruesa, dispuesta horizontal o ascendentemente, se inicia a baja altura (1 m aproximadamente), las ramitas redondeadas, pubescentes, con pelos simples o estrellados, hasta glabras. *Hojas* simples, opuestas y/o verticiladas, ovadas u ovado-oblongas, con haz verde oscuro lustroso y envés verde pálido, coriáceas, lustrosas, glabras o usualmente pubescentes hacia las axilas de las nervaduras, margen entero, de 4-8 x 2-3 cm, con la nerviación bien marcada. *Inflorescencias* en umbelas compuestas, terminales. *Flores* abundantes, perfumadas, de color blanco, cáliz glandular punteado; la corola de 4 a 5 mm de ancho, con los pétalos libres y caedizos. *Frutos* en drupas, ovoides, carnosas, de color vino tinto, casi negros al madurar, de 10 mm de diámetro, con una semilla algo aplanada, dura, de color crema, de 7 mm de largo por 4 mm de ancho.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana. Se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú. En Colombia está presente en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2 400 y 3400 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: habita ambientes húmedos y semihúmedos, en subpáramos, sobre franjas riparias, cañadas, colinas bajas, y pies de ladera. Se comporta como una especie subordinada en los bosques de aliso (*Alnus acuminata*) junto a los raques (*Vallea stipularis*), también asociada a los matorrales de espino (*Duranta mutisii*). Suele encontrarse en matorrales bien consolidados precediendo la conformación de cedral y/o encenillales de laderas bajas. Es frecuente ruderal, crece en suelos fértiles, profundos, ácidos y húmedos, de drenaje lento a anegados. Requiere buena incidencia de luz, resiste bajas temperaturas y vientos fuertes. Con un nicho afín al de *Miconia squamulosa*. Especie melífera, perenne, ornitócora. Florece en los meses de mayo hasta junio y desde octubre hasta diciembre. La fructificación ocurre desde agosto hasta septiembre y desde enero hasta febrero.

Usos: útil en restauración de nacimientos de agua, márgenes de quebradas y ríos, y zonas de recarga de acuíferos, especialmente en altitudes entre los 2800 a 3 000 m. Fuente de alimento para fauna silvestre. Usada medicinalmente al igual que *V. tinoides* para calmar los nervios, así como para desórdenes uterinos y en la dismenorrea. La madera tiene gran resistencia, por lo que se emplea para construcción en general y en ebanistería por la calidad y veteado de su madera. Es una especie tintórea, los frutos al madurar contienen jugos con los que se puede teñir de color violáceo, pudiéndose emplear en trabajos artesanales. Por la presencia de taninos en la corteza de los tallos, ésta planta fue destinada para la industria de las curtiembres. Tiene uso ornamental para jardines, amplias zonas verdes como parques y separadores viales y como cerca viva y barrera contra vientos. Puede emplearse para corredores y matorrales ornitócoros.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan y despulpan los frutos de los árboles más grandes y frondosos, cuando se tornan vino tintos a negros al madurar, luego se extraen las semillas, se dejan al sol sin llegar a secarlas completamente, posteriormente se siembran en semillero a 5 mm de profundidad, en hileras separadas y cubiertas con una capa delgada de paja, con riego normal. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura, se trasplantan a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas alcanzan alrededor de 20 cm de alto se llevan al lugar definitivo. Es una especie de crecimiento rápido que exige buenos suelos, soporta exposición al viento, bajas temperaturas, requiere baja sombra cuando son juveniles y alta incidencia de luz al madurar.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Bernal & Correa, 1990; García-Barriga, 1975; Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Clusia multiflora Kunth



M. Mora - G.



N. Garzón.

FAMILIA: CLUSIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cape, capé, caucho, chagualo, chagualón, copey, cucharo, cucharo, gaque, himpano, incienso, manduro, moque, rapancho, sape, sombrero, tampaco.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de 10 a 12 m, en algunas ocasiones hasta 20 m de alto; el tronco posee una corteza lisa de color gris con nudosidades; el follaje es denso, verde oscuro, en forma de cono, aunque en individuos aislados puede ser irregular; las raíces son poco profundas, algunas veces pueden presentarse en forma de zancos o colgadas de las ramas; el tronco, las hojas y aún el fruto exudan un látex de color blanco que se torna amarillo al oxidarse. *Hojas* simples, opuestas, de forma ovalada, hasta 18 cm de largo, margen entera, coriáceas, gruesas, de color verde oscuro lustroso por el haz y verde pálido y opaco por el envés, en donde se observan muchas venas ligeramente prominentes y derechas; el pecíolo es corto. *Inflorescencias* en panículas cortas, en las partes terminales de las ramas. *Flores* dioicas (individuos con flores masculinas e individuos con flores femeninas), grandes, blanco rosadas, aromáticas y carnosas, con un pedúnculo corto; el cáliz presenta cinco sépalos; la corola seis u ocho pétalos de forma oval alargada. *Fruto* capsular, carnoso, de forma globosa o elipsoidea, de 3 cm de longitud, al madurar se abre en valvas de consistencia leñosa; presenta varias semillas (10 a 40) de 3 x 1 mm, recubiertas por una envoltura de color anaranjado o rojo.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de los Andes centrales de Colombia, ampliamente distribuida en todas las zonas húmedas del país. Registrada para los departamentos de Antioquia, Boyacá,

Cundinamarca, Santander y Putumayo. Se distribuye en un rango altitudinal desde el nivel del mar hasta 3 300 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: por lo general se encuentra hacia el interior de bosques húmedos. Tiene alta afinidad por los boquerones y pasos de niebla, frecuente en rastrojos atmosféricamente húmedos en pendientes de moderadas a fuertes; puede soportar alta radiación en ambientes atmosféricamente húmedos. Presenta en matorrales transicionales hacia otros tipos de bosque y algunas veces como subdominante del encenillal, es favorecida por la facilitación del matorral y rastrojo bajo. Frecuente en zonas de ecotonos y orillas de caminos. Crece en suelos ácidos, profundos, muy bien drenados, con alta humedad. Es resistente a heladas y vientos fuertes y se encuentra con buena regeneración natural. Es una especie ornitócora, umbrófila moderada, puede formar áreas de parches o manchones clonales muy densos, que se inician sobre matorrales y se conservan hasta cuando alcanzan el estadio de bosque mediano. Su sombra puede generar cambios en los matorrales que la preceden. Fructifica a mediados y finales de cada año, coincidiendo con las etapas tardías de cada floración.

Usos: útil para protección de rondas de cuencas hidrográficas, estabilización de taludes y escarpes, prevención de incendios forestales en franjas y núcleos de especies pirolásticas. Igualmente útil como corredores ornitócoros. La resina extraída de esta planta fue usada como incienso o sahumerio para perfumar los templos de las tribus indígenas americanas. Medicinalmente, las flores en infusión se emplean para combatir los resfriados. El cocimiento de la corteza se usa en baños para tratar dolencias reumáticas, también es usada como astringente y purgante. La resina como cicatrizante y purgante. Las hojas después de hervidas y sancochadas se usan para envolver

los envueltos de maíz. Artesanalmente, la madera de este árbol es usada para la realización de bateas, molinillos, cucharas y cucharones. Las raíces subterráneas se usan para cestería, las hojas para elaborar sombreros y la resina para tinturar lanas. Tiene uso ornamental en parques y jardines y para sombrío. Los frutos y semillas son consumidos por fauna silvestre.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas, por estacas (las cuales deben tratarse previamente con enraizantes) o por acodos. La recolección de frutos se realiza generalmente a mediados y finales de cada año, cuando se tornan de color verde amarillento o de color púrpura. Posteriormente, se secan al sol para estimular la dehiscencia y se extraen las semillas, las cuales se dejan inmersas en agua durante 24 a 48 horas, luego se siembran en almácigo a 0.5 cm de profundidad y en hileras separadas 10 cm entre sí. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplantan a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas llegan a medir 20 cm se plantan en el lugar definitivo. Es importante un buen riego y moderada exposición solar.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Acero, 2000; Correa & Bernal, 1993; García-Barriga, 1975; Montes & Eguiluz, 1996; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca y Camargo, 2002; Linares *et al.* 2008 y Mahecha *et al.* 2004.

Hypericum juniperinum Kunth



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: CLUSIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): chite, escobo, guardarocío, pino.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto de hasta 1 m de alto, erecto, con ramificación adpresa, desde la base; copa de forma ovalada, con el follaje de color verde oscuro. *Hojas* simples, opuestas, adpresas o ascendentes, de forma lineal lanceolada, cimbiformes, retorcidas, coriáceas, con puntos pelúcidos inconspicuos, de ápice agudo y base recta, 6.3-10 x 0.6-0.8 mm, agrupadas al final de las ramas. *Flores* hermafroditas, axilares o terminales, con cinco pétalos libres de color amarillo, ápice oblicuo con un diente lateral, sépalos de forma ovada, ápice acuminado, con numerosos estambres. *Fruto* capsular, ovoide, de color café, 1.6 a 2 mm de longitud, con varias semillas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana. Presente en la región Andina, distribuida en altitudes comprendidas entre los 2 500 y los 4 100 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: crece formando matorrales bajos de subpáramo, en bordes de bosque de robles y coloraditos (*Polylepis* sp.), áreas pedregosas, márgenes de turberas y en sitios alterados como potreros, bordes de caminos, canteras y en áreas afectadas por incendios. Florece y fructifica entre los meses de mayo a septiembre y diciembre a marzo.

Usos: los frutos y botones florales son consumidos por aves. Aparentemente el follaje resulta tóxico para el ganado. Especie usada para la elaboración de escobas y como combustible en hornos de alfarería.

PROPAGACIÓN: por regeneración natural. Se trasplantan individuos juveniles al lugar de establecimiento definitivo. Requiere abundante riego, soporta suelos ácidos.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; García *et al.* 2006; Montes & Eguiluz, 1996 y Pedraza-Peñalosa *et al.* 2004.

Weinmannia tomentosa L.f.



M. Mora - G.

FAMILIA: CUNONIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cáscaro, chinche, curtidor, encenillo, huichullu, machi, negrito, pelotillo, roble encenillo, say, tarco, tiaca, tinel, tinque.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol que alcanza 25 m de altura; el tronco recto o curvo, con la corteza lisa; la copa de forma irregular algo aparasolada, ascendente, abundante y ligero follaje de color verde oscuro, con manchas café claras cuando está fructificando; la ramificación inicia aproximadamente a los 2 m de altura. *Hojas* compuestas, opuestas e imparipinnadas, de 2 a 7 cm, con 5 a 11 folíolos, asimétricos, verde lustrosos por el haz, con bordes curvados hacia el envés, el cual se encuentra cubierto con una pubescencia suave de color blanco, con raquis alado de

borde dentado. *Inflorescencias* axilares en espiga o racimos alargados y abundantes. *Flores* pequeñas, en racimos terminales alargados y abundantes, color blanco-crema a rojizas y café oscuro cuando fructifican, de hasta de 7 cm de longitud, con los ejes ferrugíneos y pubescentes. *Frutos* cápsulares ovoides, café oscuros, de 9 mm de largo por 2 mm de ancho, dehiscentes, se abren en dos valvas, presentan pocas semillas de color café, con pelos en su alrededor que le sirven para desplazarse por efecto del viento.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana, presente también en la Cordillera Central. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2400 y 3 500 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: después de *Escallonia myrtilloides* y *Polylepis quadrijuga*, es una de las especies mejor adaptadas a las condiciones de subpáramo. Crece en laderas de suelos arenosos, orgánicos, profundos y bien drenados, ocasionalmente rocosos. Su mayor desarrollo se presenta en áreas de núcleos de condensación y con menos crecimiento en áreas expuestas. Especie que caracteriza al encenillal, precedida por especies como los tunos (*Miconia* spp.), romeros (*Diplostephium* sp.), uvas camaronas (*Macleania rupestris*), cucharos (*Myrsine* spp.) y raques (*Vallea stipularis*). Es anemófila, perennifolia y umbrófila. Florece en los meses de mayo, agosto y desde septiembre hasta octubre; fructifica en junio, septiembre y desde octubre hasta noviembre.

Usos: especie inductora de rastrojos con aplicación para recuperar bosques de ladera. La cocción de la corteza y las

hojas se usa para aliviar la fiebre y para el tratamiento de hematurias (orina junto con sangre) en el ganado. La madera se emplea para torno, vigas, tablas, columnas y postes de cerca, también se usa como leña por su alto poder calórico y para hacer carbón vegetal. De uso como ornamental en avenidas, parques y jardines y como barrera contra vientos. Empleada como tintórea para teñir lana, también para curtir pieles gracias a la presencia de taninos en la corteza de los tallos, práctica que en la actualidad no se realiza debido al devastador impacto que han sufrido inmensas comunidades de encenillo hasta el punto que muchas de éstas han desaparecido por completo y ahora solo subsisten a manera de relictos de bosques.

PROPAGACIÓN: la propagación es por semillas y vegetativamente. Se colectan los frutos cuando se tornan café claros, se dejan secar y se desmenuzan, posteriormente se siembran en semillero a 5 mm de profundidad (se recomienda antes dejar en inmersión durante 48 horas) en hileras separadas de 10 cm, cubiertos con una capa delgada de paja con riego diario. Cuando las plántulas alcanzan 3 cm de altura se trasplantan a bolsas de polietileno medianas y cuando éstas llegan a medir 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. Es una especie de crecimiento lento, requiere suelos buenos, poco profundos, con sombra cuando son juveniles y expuestas a alta intensidad de luz solar al madurar. Es resistente a las heladas.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 2002 y Torres, 1983.

Vallea stipularis L.f.

FAMILIA: ELAEOCARPACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): campano, chaque, raque, rosolino, roso, san juanito.



M. Mora - G.



M. Mora - G.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol muy ramificado de hasta 15 m de alto, con el tallo subredondeado, la corteza muerta con estrías verticales reticuladas, el interior de la corteza muerta es de color marrón, corteza viva externa verde con ramas angulosas, rectas y rojizas cuando jóvenes; copa globosa, irregular, de follaje denso, de color verde-rojizo o verde-amarillento que cae antes de la floración. *Hojas* simples, alternas, dispuestas helicoidalmente, de textura lisa, forma acorazonada, de 7 por 4 cm, verde-amarillentas por el envés, con la base cordada, casi truncada, de color rojizo cuando maduran, con estípulas conspicuas, libres, reniformes. *Inflorescencias* en racimos cortos terminales. *Flores* pequeñas con pétalos de color rosado intenso. *Frutos* globosos, capsulares, dehiscentes, verrugosos, de 1 cm de grosor, con el interior rojizo.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: presente en los andes desde Venezuela hasta Bolivia, en Colombia en las tres cordilleras y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 2 400 y 3 400 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie típica del bosque alto andino. Se encuentra como subordinada de la vegetación leñosa de las laderas bajas, franjas riparias, cañadas, pies de ladera y coluvios. Abundante en las zonas transicionales de los bosques de encenillo. Se desarrolla en ambientes húmedos, asociado a especies de los géneros *Rapanea*, *Bucquetia*, *Bejaria*,



H. Hernández

Miconia y otras especies arbustivas de áreas intervenidas de bosques nublados. Crece en suelos fértiles, pesados y mal drenados hasta francos y de drenaje medio, notoriamente ausente en suelos arenosos. Especie con un comportamiento poco social, forma agregados muy laxos. Al igual que *Clusia multiflora* marca el paso de matorral al bosque joven a través de los distintos tipos de rastrojo. Con buena capacidad para resistir condiciones en zonas de potreros, tolerante a la herbivoría. Planta melífera, de floración llamativa, heliofita en la adultez y esciófita cuando joven, de larga vida, caducifolia. Florece durante los meses de abril hasta junio y fructifica en abril y desde junio hasta agosto. Pierde parcialmente el follaje en el mes de agosto y desde diciembre hasta marzo y lo renueva desde abril hasta junio.

Usos: para proteger los márgenes de quebradas y nacimientos. La madera de uso industrial para carpintería, empleada para la elaboración de marcos, postes de cercas, como leña y carbón. Especie alimenticia para colibríes e insectos, gracias a su carácter melífero. También tiene uso ornamental por sus vistosas flores, para jardines, parques y separadores viales.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y estacas. Se recogen los frutos cuando se tornan parduzcos, se dejan secar a la sombra y luego se extraen las semillas, las cuales se dejan inmersas en agua durante 24 horas, posteriormente se siembran a 5 mm de profundidad en hileras separadas, 10 cm entre sí. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplantan a bolsas medianas de polietileno, cuando éstas alcanzan los 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. La propagación por estaca no es muy recomendada por presentar bajo rebrote. Es una especie de crecimiento lento, requiere suelos fértiles y sombra durante el primer año, luego abundante luz solar. Puede soportar suelos ácidos y poco profundos, es poco resistente a las heladas.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Díaz *et al.* 2008; Mahecha *et al.* 1984; Mahecha *et al.* 2004; Montes & Eguiluz, 1996; Pérez-Arbeláez, 1996; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 2002 y Toro & Vanegas, 2002.

Bejaria resinosa L.f



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: ERICACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): angucho, carbonero, matamosca, pegamosca o pegamosco, pegapega.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 6 m de alto, tallos secundarios erectos, leñosos, la corteza agrietada de color marrón oscuro, bien ramificados, las ramas frecuentemente tomentosas. *Hojas* simples alternas, coriáceas, planas, revolutas, usualmente de forma ovada a elíptica, de 1-2.5 x 0.3-1.6 cm, margen entera, ocasionalmente ciliada, la base es obtusa a redondeada y el ápice agudo a acuminado, ambas superficies son glabras, algunas veces tomentosas o hispidas, verde claras por el haz y blanco-grisáceas por el envés. *Inflorescencia* en racimos terminales, de 5 a 12 flores, de color marrón a marrón oscuro, tomentosas y usualmente hispidas, con brácteas florales ovadas a ovado elípticas, de 2.3-12.5 x 0.8-2.5 mm. *Flores* vistosas, con un cáliz de color marrón a marrón rojizo, de 3.6-9.0 mm de longitud, con los lóbulos ovados y el ápice agudo a obtuso; la corola es tubular o fusiforme, de color rojo a púrpura, ocasionalmente rosada o blanca, con 7 pétalos libres, frecuentemente undulados, resinosos, de 20-40 x 4-10 mm; los estambres son subiguales a la corola o levemente exsertos; el ovario es glabro con el estilo exserto y el estigma capitado. *Fruto* capsular globoso algo aplastado, de color marrón, de 9.2-11 x 5.5-9 mm.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de las cordilleras colombianas, presente en páramos y subpáramos de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Se distribuye en altitudes comprendidas entre los 2 500 a 3 700 m. En Colombia se encuentra en las zonas altas de las tres cordilleras y en la Sierra Nevada de Santa Marta, entre los 2 700 y 3 700 m de altitud.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se ha registrado en páramos de las Cordilleras Central y Oriental conformando matorrales bajos, en ambientes transicionales suele encontrarse junto a otras especies dominantes como *Calamagrostis effusa*, *Hypericum baccharioides*, *Chaetolepis perijaensis* y *Arcytophyllum nitidum*, también en matorrales bajos con relictos de bosque andino; matorrales bajos con relictos de bosque andino intervenido junto con *Weinmannia tomentosa*; y en matorrales bajos donde dominan igualmente *Arcytophyllum nitidum* y *Vaccinium floribundum*. Crece en afloramientos rocosos, litosoles, en escarpes y agregados de subpáramo, en suelos bien drenados. Puede soportar condiciones extremas de viento, frío y radiación. Especie característica de los estadios tempranos de la sucesión después de la dominancia de pastos y hierbas, luego de disturbios por quemas y pastoreo, suele estar acompañada de especies como *Macleania rupestris*. Es una planta con aptitud pionera en sustratos arenosos y afloramientos rocosos, en cuchillas y terrenos muy expuestos, drenados y erosionados, suele encontrarse en canteras abandonadas. Esporádica del estrato subarbóreo del encenillal medio. En época de floración es visitada por insectos del subgénero *Bombias* (Apidae), coleópteros (Staphylinidae), colibríes (*Chlorostilbon mellisugus*, *Colibri coruscans*) y pinchaflores (*Diglossopsis cyanea*, *Diglossopsis caerulescens*, *Diglossa humeralis*, *Diglossa albilatera*) que aprovechan del néctar producido por las flores y sirven como polinizadores.

Usos: útil para restauración de areneras y como ornamental en antejardines y parques. Las flores en infusión o en jarabe con miel, son empleadas en medicina popular contra la tos.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se recogen los frutos antes de que abran las valvas, luego se secan en vivero y se extraen las semillas, las cuales se dejan

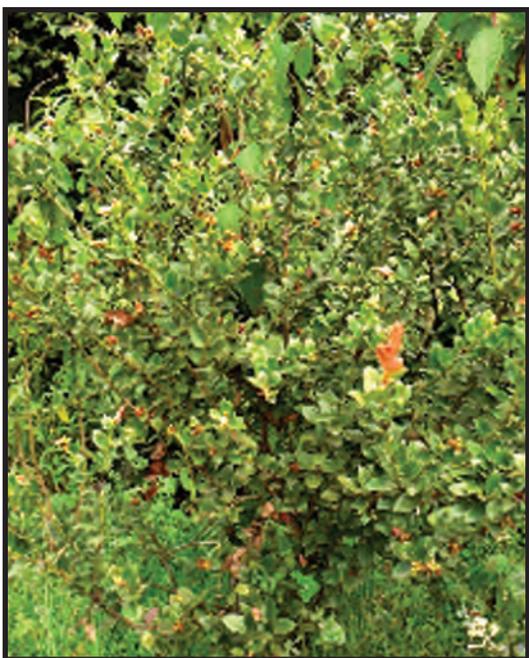
inmersas en agua durante 48 horas y posteriormente se siembran en surcos a 1 mm de profundidad.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Arellano & Rangel-Ch, 2008; Camargo, 1979; García-Barriga, 1992; Luteyn *et al.* 1995; Salamanca & Camargo, 1993; Salamanca & Camargo, 2002; Rodríguez & Peña, 1984; Rojas-Nossa, 2007 y Toro & Vanegas, 2002.

Cavendishia bracteata (Ruiz & Pav. ex J. St. - Hil) Hoerold



N. Hernández



N. Hernández

FAMILIA: ERICACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): anís, botón botón, coral, chaquilulu, esmeraldo, guaricón, mycha, quino, siete cueros, uva de anís, uvo y zarcillejo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto de hasta 7 m de alto; de copa globosa, poco densa, follaje color verde-rojizo, la ramificación inicia desde la base, ramas pubescentes de color verde-amarillentas. Cuando se asocia a otras especies puede presentarse en forma bejucosa con un solo tallo. *Hojas* simples, alternas, oblongas, coriáceas, rígidas, de margen entera, 5 cm de largo por 3 cm de ancho, de ápice agudo y base redondeada, nerviación notoria y curva, dispuestas helicoidalmente; peciolo cortos y gruesos. *Inflorescencias* en racimos terminales cortos, con *flores* tubulares, rosadas, de 5 cm de largo, cubiertas por brácteas imbricadas rojizas. *Frutos* en bayas redondas de color morado, glabros o pilosos, de 10-15 x 7 a 12 mm, de agradable sabor a anís; con muchas semillas café.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: originaria de la región Andina colombiana, presente en altitudes comprendidas entre los 2000 y los 3 500 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: habita en ambientes húmedos y subhúmedos. Presente en laderas, escarpes y cañadas; frecuente en taludes de carreteras. Predomina en encenillales húmedos y muy húmedos o en claros de bosque cercanos al ecotono entre subpáramo. En bosques bajos se asocia con *Myrsine guianensis* y *Weinmannia tomentosa*. Es una especie ruderal vistosa por el color rojizo de su follaje. Crece en suelos húmedos, pesados pero bien

drenados, ácidos y franco arcillosos. Especie heliófila, de notable aptitud pionera cuando cuenta con condiciones edáficas húmedas. Hace parte de las etapas sucesionales que preceden a los bosques típicos de cedros, prunus y encenillos. Constituye el cordón de ericáceas que facilitan el ascenso del bosque altoandino en áreas de subpáramo secundarios. Especie valiosa como amortiguador de fuego, gracias a su crecimiento en ramadas sofocantes que aumentan la acumulación de humedad en matorrales que poseen especies pirófilas.

Usos: útil para conservar suelos, rehabilitar márgenes de cañadas, recuperar y estabilizar taludes de carreteras, focos de erosión o deslizamientos. Los frutos son comestibles, jugosos, de sabor agradable, también consumidos por aves. Las hojas y frutos se emplean medicinalmente como antireumáticos y astringentes. De uso ornamental en antejardines, jardines y parques, también como setos y macizos.

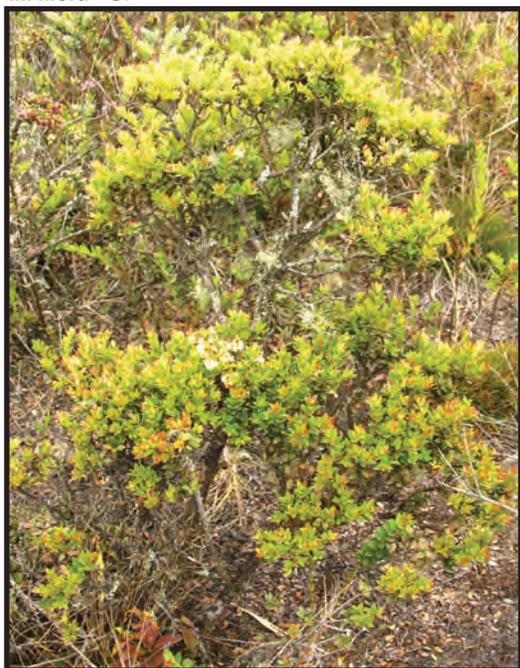
PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y estacas. Se colectan los frutos cuando se tornan morados claros, se extraen la semillas y se dejan sumergidas en agua 48 horas, luego se siembran a 5 mm de profundidad en hileras separadas 10 cm entre sí, se cubren con una capa delgada de paja y se riegan cuidadosamente; cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplantan a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas logran una altura de 20 cm se llevan al lugar definitivo. Cuando la propagación es por estacas, éstas se obtienen en longitudes de 20 a 30 cm a partir de ramas de edad mediana, luego se siembran en bolsas de polietileno con aplicación de hormonas que estimulen el enraizamiento. Requiere alta incidencia de luz solar, soporta suelos ácidos, poco profundos.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Gautheria anastomosans Kunth



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: ERICACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): borrachera, chirriadera, maíz de perro, mortño, reventadera, totiadera blanca, uvito y veneno.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbustos erectos muy variables en tamaño, desde 0.2 hasta 5 m de alto; tallos maduros cilíndricos, glabros y de corteza dura y fina de color gris a rojizo-marrón, a menudo muy ramificados. *Hojas* simples, alternas, usualmente ascendentes, de forma ovada a lanceolada, de 0.7-1.6 x 0.4-1 cm, de ápice agudo a acuminado y base redondeada, obtusa, o ampliamente cuneada, margen levemente revuelto, tenue a agudamente aserrado, con la superficie del haz glabra o inconspicuamente puberulenta y el envés glabro o algo strigoso. *Inflorescencia* en racimos axilares o en las ramas terminales. Las *flores* presentan un cáliz de 3 a 4 mm de longitud, con los lóbulos triangulares a ovados, de 1.5-3 x 1.5-2 mm, acuminados; la corola es urceolada a cilíndrica-urceolada, de 4-6 x 3-5 mm, de color blanco o tenuemente rosadas, usualmente glabra o esparcidamente pilosa por dentro, con los lóbulos ovados, obtusos, de 1 mm de longitud; ovario densamente a corto piloso. *Fruto* globoso de 4 a 7 mm de diámetro, de color azul oscuro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 1 875 y 4 020 m. Registrada para los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Caquetá, Cesar, Magdalena, Santander y en el Macizo Colombiano. Muy abundante en los alrededores de Bogotá.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: es una planta común en matorrales bajos y de manera dispersa entre pajonales de páramo y subpáramo, también en áreas de etapas sucesionales tempranas leñosas del encenillal alto, en bordes de caminos y en claros de plantaciones forestales. Crece en suelos pesados atmosférica y edáficamente húmedos, haciendo parte de matorrales y bosques enanos, frecuentemente después del encenillal mixto de altura y en bosques con presencia de *Drymis granadensis*. También se encuentra presente en matorrales de subpáramos secundarios por debajo de los 3 200 m de altitud, asociada a especies como *Pentacalia pulchella*, *Ageratina aristei*, *Macleania rupestris*, *Swallenochloa tessellata*, *Bucquetia glutinosa*, entre otras. Es una planta ornitócora, perenne, heliófila moderada, florece todo el año y sus flores son visitadas por colibríes. Produce frutos en gran abundancia.

Usos: de aplicabilidad como precursor del bosque altoandino sobre áreas alteradas por pastoreo en la franja de subpáramos húmedos. Puede emplearse en la protección de nacimientos de agua, y puede usarse en restauración en el diseño de corredores. De uso ornamental en jardines y como setos. Todas las partes de esta planta son usadas medicinalmente a partir del macerado de las plantas frescas en alcohol como disolvente o en decocción (preparación obtenida por la acción del agua sobre la planta a temperatura de ebullición) para el reumatismo articular e igualmente para los dolores reumáticos. Se ha empleado en afecciones de la garganta cuando hay propensión involuntaria a la deglución; la afonía de los oradores y en la causada por la gripe. Los frutos y las hojas se registran como venenosos.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se recogen cuando se tornan de color morado oscuro a negros y

suculentos, se extraen las semillas, se escarifican y sumergen durante 48 horas, luego se siembran en almácigo a 2 mm de profundidad.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Camargo, 1979; Correa & Bernal, 1992; García-Barriga, 1992; García *et al.* 2006; Hernández, 1992; Luteyn *et al.* 1995; Pérez-Arbeláez, 1996; Salamanca & Camargo, 2002 y Toro & Vanegas, 2002.

Macleania rupestris A. C. Sm



M. Mora - G.



M. Mora - G.



N. Hernández

FAMILIA: ERICACEA.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): uva camarona, uvo, uvo de monte.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto terrestre o epífita, de hasta 2 m de alto, con ramas subteretes, glabras. *Hojas* simples, alternas, de forma oblonga a ovado oblonga, raramente elípticas, de 4-8 x 2-5 cm, ápice ampliamente redondeado a agudo y base cuneada, de consistencia coriácea, margen subentera algo revoluta, usualmente glabras tanto por el haz como por el envés; peciolo rugoso, usualmente glabros, de 4 a 10 mm de longitud. *Inflorescencias* en racimos axilares hacia el final de las ramas, con 4 a 20 flores de color rojo oscuro, o rojo rosado, con el cáliz de 2 a 5 mm de longitud, con cinco lóbulos de aproximadamente 1 mm de longitud; la corola de forma cilíndrica, de 18 a 22 mm de longitud por 6 mm de diámetro, con los lóbulos oblongos, agudos; presenta 10 estambres con filamentos glabros. *Frutos* en bayas carnosas, pedunculadas, globosas, de color negro azuladas oscuras, de hasta 2 cm de longitud, con el estilo persistente; semillas numerosas, pequeñas, elipsoides, de testa amarilla y estriada.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: registrada en el occidente de Nicaragua, Costa Rica y occidente de Panamá y desde Venezuela y Colombia hasta el sur del Perú. En Colombia se distribuye en la región Andina, en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Santander y la Sierra Nevada de Santa Marta, en un rango altitudinal comprendido entre los 2100 y 3900 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie común de los bosques andinos y en los matorrales

de subpáramo y páramo, frecuente en zonas alteradas como bordes de caminos, alrededor de cultivos y potreros, en bordes o claros de bosques de eucaliptos y en áreas con erosión severa. Abunda en zonas transicionales desde el bosque de encenillo al subpáramo. Crece en suelos húmedos, bien drenados, pedregosos, en suelos ricos, arenosos, en áreas abiertas, sobre piedras. Es una especie importante como precursora del bosque de encenillo y en la consolidación de matorrales transicionales. La consolidación del bosque de encenillo desplaza esta especie hacia las zonas de borde y escarpes donde hay más incidencia de luz. Planta de notable aptitud pionera, heliófila moderada, perenne, ornitócora, con flores melíferas. Florece desde febrero hasta junio y fructifica de agosto hasta noviembre.

Usos: útil para restauración de canteras, estabilización de taludes y focos de erosión severa, también en la implementación de sistemas agroforestales, barreras cortavientos y contra heladas, al igual que para cercas vivas y corredores ornitócoros. En medicina popular los frutos en maceración o comidos como fruta se emplean como astringentes, en la disentería y en diarreas crónicas; los frutos también se usan para la elaboración de brevajes, que se toma como laxante suave y para hacer mermelada y tortas. Las hojas en decocción son utilizadas como antidiarreicas y para las fiebres tifoideas. Los pétalos son comestibles y con ellos se elaboran dulces en almíbar. Es ornamental para Jardines Botánicos, parques y avenidas, antejardines y separadores arquitectónicos. De uso industrial potencial, para fabricación de brevajes de buena calidad.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas, estacas y rebrotes. Los frutos se colectan cuando se tornan oscuros, se abren y secan al sol, luego se extraen las semillas y se siembran (se recomienda inmersión de 48 horas antes de sembrar) al voleo en

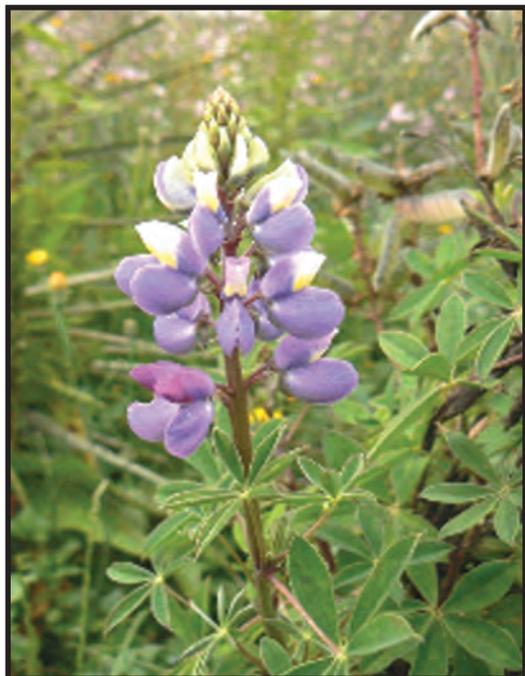
almácigo a 5 mm de profundidad y en hileras separadas 10 cm entre sí, posteriormente se cubren con una capa delgada de paja y se riegan. Cuando las plántulas miden 5 cm de altura se trasplantan a bolsas medianas de polietileno y cuando alcanzan los 20 cm se llevan al lugar definitivo.

La propagación por estacas se realiza a partir del material vegetativo que se obtiene de individuos mayores a 1.5 m de altura, bien ramificados y durante la fase lunar de cuarto menguante; se cortan estacas de 25 cm de longitud, con cortes oblicuos en las puntas y se siembran directamente en bolsas hundiendo 8 cm de la estaca.

Cuando se realiza por rebrote, éstos son tomados de la base de la planta, siendo necesaria la aplicación de hormonas que estimulan el enraizamiento antes de la siembra. Es una especie de rápido crecimiento, requiere de abundante luz y soporta suelos pobres, ácidos y bien drenados.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Bartholomaeus *et al.* 1998; Correa & Bernal, 1992; García-Barriga, 1992; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004; Romero, 1991; Salmanca & Camargo, 2002 y Wilbur & Luteyn, 1978.

Lupinus bogotensis Benth



N. Hernández.



N. Garzón

FAMILIA: FABACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): altramuz, chocho, chochos de flor, lupino.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto de hasta 1 m de alto, con el tallo erecto o postrado, abundante ramificación que inicia desde la base, con el follaje de color verde grisáceo. *Hojas* compuestas, alternas, palmadas, con cerca de 10 folíolos de forma oblanceolada, margen entera, ciliada, haz verde opaco y envés verde blancuzco veloso, con el pecíolo abrazador; presenta estípulas libres. *Inflorescencias* en racimos terminales, verticales. *Flores* agrupadas, papilionadas, hermafroditas, de color morado con blanco y azul, miden 2 cm diámetro. *Frutos* en legumbres, oblongas, aplanadas, café, vellosas, de 3-5 x 1-1.5 cm, con varias semillas globosas y lisas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana. Se distribuye en altitudes comprendidas entre los 1 700 y los 3 900 metros.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: común en vegetación secundaria, y en áreas disturbadas como potreros y orillas de caminos, en donde se presenta de forma dispersa. Es precursora de comunidades herbáceas de la sucesión temprana. Especie melífera, dispersada por aves. Con buena adaptabilidad para crecer en condiciones de potreros.

Usos: es una especie fijadora de nitrógeno, por lo que es útil para recuperar suelos. Apta para procesos de restauración gracias a su rápido crecimiento en altura y cobertura, lo cual favorece la colonización de otras especies herbáceas y el crecimiento de especies tolerantes como los raques

(*Vallea stipularis*), aunque es susceptible a herbivoría por babosas y larvas de mariposas. Los frutos son alimento para aves y tiene uso ornamental para jardines y parques.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan los frutos, se secan al sol y se extraen las semillas, las cuales se dejan sumergidas en agua durante 24 horas, luego se siembran a 2 cm de profundidad en hileras separadas 10 cm entre sí. Cuando las plántulas alcanzan los 20 cm de altura se trasplantan al lugar definitivo. Es de rápido crecimiento, requiere alta incidencia de luz solar, soporta suelos ácidos y pobres, posee buena regeneración natural; en algunas ocasiones puede formar pequeñas asociaciones puras. Se recomienda sembrar en época de lluvias con el fin de controlar la herbivoría. Es una especie tolerante a las heladas.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Díaz *et al.* 2008; García *et al.* 2006; León *et al.* 2008; Mahecha *et al.* 2004 y Salamanca & Camargo, 2002

Xylosma spiculifera Triana & Planch.



N. Hernández



N. Hernández

FAMILIA: FLACOURTIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cacho de venado, corono, espino, espino enconoso, espino puyón, tachuelo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 12 m de alto, tallo y ramas principales con espinas axilares de 2 cm de longitud; de copa amplia redondeada y follaje denso, persistente, de color verde intenso, lustroso, rojizo cuando joven; se ramifica desde la base. *Hojas* simples, ampliamente elípticas, ápice ampliamente atenuado a redondeado, base obtusa-truncada o algunas veces subcordada, coriáceas o subcoriáceas, algo rígidas, glabras, superficie del haz brillante, 5 cm de longitud, márgenes aserradas, nervios prominentes por el envés; pecíolo pubescente de 3 a 5 mm de longitud. *Inflorescencia* en fascículos axilares, con muchas *flores* de color blanco-amarillentas, de 1 cm de diámetro, con abundancia de néctar, cubiertas con pelos rígidos; pedicelos alargados pubescentes; sépalos 4 a 5, ovados, obtusos, de color amarillo-verdoso, laxamente pubescentes hacia el exterior y densamente pubescentes al interior, de 3 mm de longitud; flores masculinas con numerosos estambres. *Frutos* en bayas globosas, rojas, negro purpúreas al madurar, de 6 a 7 mm de diámetro; 4 a 5 semillas de forma ovoide, de color crema, comprimidas, de aproximadamente 3 mm de longitud por 2 mm de ancho

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la cordillera Oriental colombiana, presente también en Venezuela. En Colombia se registra para los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2000 y 3 100 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en bosques primarios y secundarios, en ambientes húmedos. Es una especie frecuente riparia, presente en cañadas, colinas, laderas deposicionales, pies de laderas, dispersos en zonas de potreros, cercas de fincas, al borde de caminos y carreteras. Se comporta como dominante en matorrales de cañadas en laderas bajas. En muchas ocasiones asociada con *Cordia lanata*, *Vallea stipularis*, *Myrcianthes leucoxylo* y *Viburnum triphyllum*. Crece en suelos pesados, fértiles y profundos. De moderada aptitud pionera. Actúa como facilitador de la regeneración de los bosques de cedro (*Cedrela montana*), almanegra (*Buddleja americana*) y tibar (*Escallonia paniculata*). Es una especie perennifolia con moderada tolerancia a la sombra. La floración se da a partir de los 5 años de sembrado y fructifica en los meses de enero a febrero.

Usos: es una planta importante por su aplicabilidad en la protección y conservación de suelos erosionados o degradados, gracias a su resistencia a crecer en suelos poco fértiles. De aplicabilidad en procesos de restauración de bosques primarios, también para restaurar nacederos y rondas y recuperar focos de erosión en suelos pesados, en zonas húmedas. Útil en la industria casera de miel gracias a sus características melíferas. Los frutos son alimento de avifauna. Se recomienda no consumirlos porque se cree son tóxicos para el hombre. Usado como ornamental en parques y como setos por lo atractivo de su follaje y colorido de sus frutos, aunque debe excluirse de zonas recreativas o transitables por niños debido a la presencia de espinas, también empleado como cercas para evitar el paso de ganado, y como corredores y matorrales ornitócoros.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y por brotes de raíces. Se colectan los frutos cuando se tornan negros, se dejan secar y se extraen las semillas, las cuales se recomienda mantener dos horas en agua

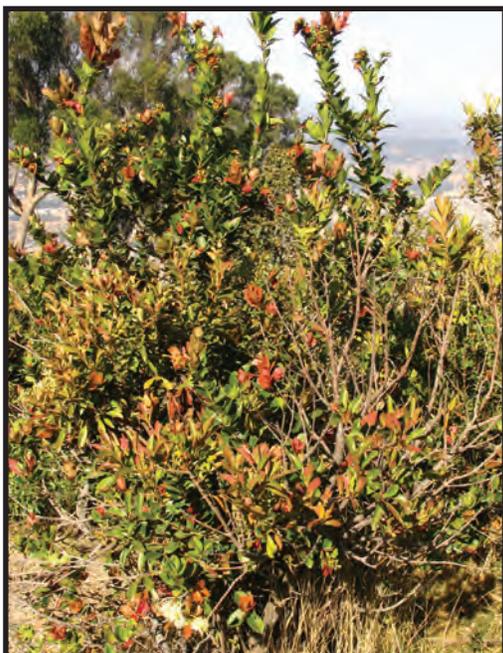
caliente o cinco en agua fría, luego se llevan al semillero y se siembran en hileras separadas a 0.5 cm de profundidad. Cuando las plántulas alcanzan los 7 a 10 cm de altura son trasplantadas a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas logran los 20 cm se siembran en el lugar definitivo en hoyos de 40 x 40 x 60 cm, rellenándolos con tierra negra. Es una especie de lento crecimiento, requiere riego una vez por día, sombra cuando son juveniles y alta exposición solar cuando maduran. Prefiere suelos fértiles pero puede soportar suelos pobres.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 2002 y Sleumen, 1980.

Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pavon) G. Don



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: LORANTHACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): platero, tagua.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 15 m de alto, en su mayoría terrestre, algunas veces epifito parasitando otros árboles, con el follaje de color verde oscuro algo rojizo y las ramas casi teretes. *Hojas* simples, opuestas, ampliamente lanceoladas a ovadas, de 8 x 4 cm, ápice levemente atenuado, coriáceas, poseen abundantes puntos glandulares notorios, amarillentos u oscuros por el envés, con pecíolos de aproximadamente 1 cm de longitud. *Inflorescencia* solitaria en las axilas de las hojas y en las ramas terminales, compuestas por triadas, con la flor central sésil y las laterales con un pecíolo corto. *Flores* medianas, sésiles, bisexuales, tubulares, blancas, verdosas o amarillas-quemado, con 6 a 7 pétalos de 8 a 25 mm de longitud, estambres epipétalos con las anteras dorsifijas. *Fruto* en baya elipsoide, de 1 cm de diámetro, rojos al madurar; con una sola semilla.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: se distribuye en los Andes de Colombia y Ecuador, en el país se encuentra en las zonas altas de las tres cordilleras incluyendo la Sierra Nevada de Santa Marta. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2 200 y 3700 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: especie presente en áreas abiertas, rastrojos altos del bosque altoandino y del subpáramo, en bosques secundarios y bordes de carretera y caminos. Es una planta típica en ambientes transicionales del bosque altoandino a subpáramo. Puede conformar matorrales en áreas de pastizales de ladera o suelos de pendientes suaves y mal drenados. Crece en suelos ligeros a

francos, superficiales y poco desarrollados. Prefiere humedad atmosférica alta. Se ha observado junto con *Myrica parvifolia* como especies codominantes en matorrales. Puede comportarse como especie pionera o como precursor leñoso. Forma parte del cordón de Ericáceas, junto a *Macleania rupestris* y *Cavendishia*. Es una especie nectarífera por lo que atrae numerosa avifauna, la cual además se alimenta de sus frutos y dispersa sus semillas. Florece desde el mes de febrero a marzo y de agosto hasta septiembre, fructifica desde abril hasta mayo y desde octubre a noviembre.

Usos: especie útil para la restauración de áreas afectadas por erosión severa y para inducir matorrales y rastrojos del subpáramo secundario y para facilitar el restablecimiento de los límites del bosque altoandino. Es una planta tintórea y fuente dendroenergética. Sus frutos son alimento para aves. La madera de color blanco es usada en artesanías y para la elaboración de yuntas. También se usa como ornamental en antejardines, jardines, parques, separadores y linderos o cercas vivas. En Ecuador la savia de las flores se toma para tratar los nervios y las mujeres se bañan con el agua producto de la decocción para curarse después del parto.

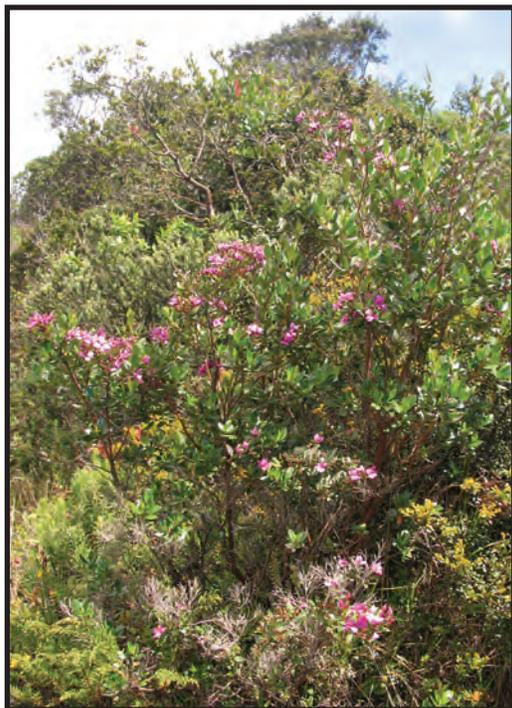
PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se colectan al madurar (mayo y noviembre), se dejan durante 3 días en agua fría y se secan a la sombra, posteriormente se extraen las semillas y se siembran en semillero a 1 cm de profundidad. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se transplantan a bolsas medianas de polietileno que luego de lograr una altura de 25 cm se plantan en el lugar definitivo. Las plantas requieren de abundante luz solar para su crecimiento que es más o menos rápido, acepta ambientes húmedos y se adapta en suelos arcillosos y arenosos.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Alzate *et al.* 2008; Bartholomaeus *et al.* 1998; Camargo, 2002; García *et al.* 2006; Kuijt, 1986; Mahecha *et al.* 2004; Ríos *et al.* 2007; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 1993 y Salamanca & Camargo, 2002.

Bucquetia glutinosa (L. F.) DC.



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: MELASTOMATACEAE.

NOMBRE (s) COMÚN (ES): angelito, canelo, charne, chispeador, chíspero, pajarito, quebrolo, quiebraoyo, saltón.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 4 m de alto, con el tallo retorcido, desprende escamas alargadas de color rojizo, con ramas cuadrangulares rojizas. *Hojas* simples, opuestas, de forma elíptica, coriáceas, con la margen entera y de nerviación pronunciada y curva. *Inflorescencias* terminales grandes, muy llamativas. *Flores* hermafroditas, largamente pediceladas, con un par de brácteas cóncavas que cubren el botón y caen al abrirse la flor; corola con 4 pétalos libres de color rosado a morado; presenta ocho estambres amarillos. *Fruto* capsular de 1 cm de longitud, encerrado por el cáliz, con múltiples y minúsculas semillas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana, presente desde el departamento de Cundinamarca hasta Santander, distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 2 100 y 3 700 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: elemento típico de los matorrales de páramo y subpáramo, igualmente común en los límites superiores y áreas abiertas de encenillales, robledales y bosques de “coloraditos” (*Polylepis* sp.). En los subpáramos de los alrededores de Bogotá forma parte del mosaico de los bosques enanos, junto con *Clethra fimbriata*, *Pentacalia pulchella* y *Hesperomeles* spp. Especie frecuente en zonas alteradas. Crece en suelos pesados a francos, bien a moderadamente drenados, profundos. Tolerancia a suelos superficiales y puede crecer

en los intersticios de suelos rocosos. Es una especie estrictamente heliófila, esporádica, con poca tendencia a agregarse, inductora de matorrales de subpáramos húmedos. Con buena capacidad para resistir condiciones en zonas de potreros, tolerante a la herbivoría.

Usos: útil para restauración de subpáramos. Los troncos son empleados como postes para cercas, gracias a su alta resistencia a la humedad, también se usan para leña. Posee un gran potencial como ornamental en jardines, parques, plazoletas, avenidas y separadores viales.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se colectan en períodos de pocas lluvias y cuando se tornan de color carmelito o café, luego se secan al sol y se extraen las minúsculas semillas, las cuales se siembran en tierra negra con buena humedad (se recomienda inmersión de 48 horas en un plato con poca agua antes de la siembra) a un 1 cm de profundidad en hileras separadas de 10 cm, posteriormente se cubren con una capa delgada de paja. Cuando las plántulas alcanzan entre 3 y 5 cm de altura (seis a siete meses después de la siembra) se trasplantan a bolsas de polietileno medianas, luego cuando alcanza una altura de 20 cm se llevan al lugar definitivo. Es una especie que puede soportar acidez en el suelo.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Bernal *et al.* 2006; Bartholomaeus *et al.* 1998; Camargo 1969; Díaz *et al.* 2008; García *et al.* 2006; Montes & Eguiluz, 1996; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 1993 y Salamanca & Camargo, 2002.

Miconia squamulosa Triana



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: MELASTOMATACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): esmeraldo, tuno, tuno esmeraldo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 8 m de alto, tallos con corteza gris, escamosa; abundante ramificación ascendente que inicia desde la base; copa de forma irregular, con el follaje de color verde grisáceo. *Hojas* simples, opuestas, elípticas, haz verde oscuro, envés blanquecino a beige o carmelito, de 6 cm de longitud; curvinervias. *Flores* agrupadas en panículas, de color blanco, de aproximadamente 5 mm de longitud. *Frutos* en bayas redondas, de 1 cm de diámetro, de color verde esmeraldino en la madurez, con numerosas semillas blanquecinas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie endémica de la Cordillera Oriental colombiana, se encuentra desde Venezuela hasta Perú. Se distribuye en un rango altitudinal entre los 2 500 y 3500 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: frecuente entre matorrales y rastrojos bajos de subpáramo a 2 800 m de altitud, en laderas, coluvios y cañadas bajas. Se presente de manera dispersa o asociada a arrayanes (*Myrcianthes leucoxylla*), jomes (*Eupatorium angustifolium*). Es una especie muy resistente a las heladas y vientos fuertes. Prefiere suelos profundos con alto contenido de materia orgánica, francos a ligeramente pesados y húmedos. Puede soportar suelos poco fértiles, semiáridos y ácidos. Capaz de colonizar pastizales de kikuyo o falsa poa y mantenerse formando matorrales desde las primeras etapas de la sucesión hasta etapas tardías, haciendo parte del sotobosque. También es capaz de colonizar helechales dominados

por el helecho marranero (*Pteridium aquilinum*). Presente en las primeras etapas sucesionales que preceden al cedral, encenillal de laderas bajas y a los bosques de aliso perturbados por pastoreo. En el primer caso, acompañada de *Myrcianthes leucoxylo*, *Xylosma speculifera*, *Viburnum* spp., entre otras; en el segundo, acompañada por *Myrsine guianensis*, *M. coriacea* y *Vallea stipularis* y hacia las laderas mejor drenadas, junto con *Diplostegium rosmarinifolium*. Retoña muy bien después de ser afectada por incendios forestales. En ambientes atmosféricamente secos puede encontrarse acompañado de hayuelos (*Dodonea viscosa*). Es dispersada por avifauna y al parecer también por el ganado. Florece con frecuencia entre marzo y agosto.

Usos: de aplicabilidad para inducir a bosques sobre potreros de kikuyo. Recomendada para protección de cuencas hidrográficas y control de focos de erosión superficial. Puede usarse en el establecimiento de corredores y matorrales ornitócoros. Los frutos, de sabor agridulce, son comestibles, alimento para aves. La madera es empleada para la elaboración de cabos de herramientas y postes. Tiene uso ornamental, por su porte y por el tamaño mediano de su copa, como seto y para embellecer áreas verdes como antejardines, avenidas y parques, también puede usarse como barrera y cerca viva.

PROPAGACIÓN: la propagación es por semillas. Se colectan los frutos de arbustos bien desarrollados, se parten y se secan al sol, luego se extraen las semillas y se siembran en germinadoras a 5 mm de profundidad, en hileras separadas y cubierto con una capa delgada de paja y se riegan, cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplantan a bolsas

medianas de polietileno, con cobertizo y riego adecuado; finalmente, cuando éstas logran los 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. Es una especie de crecimiento lento, soporta suelos pobres y poco profundos.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Montes & Eguiluz, 1996; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Morella parvifolia (benth) C. Parra-O.



N. Hernández



N. Hernández.

FAMILIA: MYRICACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cruz de mayo, laurel, laurel de cera, olivo de cera, laurel hojipequeño, olivo de mayo, laurel de mayo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto de alta capacidad fenotípica, de hasta 4 m de alto, ocasionalmente 8 m, alcanzando los 12 a 15 m en zonas transicionales del bosque andino a altoandino; ramificado, tallo con corteza externa lisa, de copa redondeada; ligero follaje de color verde amarillento, las ramas nuevas rojizas. *Hojas* simples, alternas, de forma elíptica, glabras, coriáceas, de márgenes enteras, revolutas, algunas veces serradas en su parte distal, el haz verde lustroso y envés verde amarillento, ambas caras con abundantes puntos negros, el ápice mucronado y la base atenuada, nerviación pinnada, con las nervaduras secundarias prominentes por el envés, de 2.5 a 4.5 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho, con los pecíolos de 2 a 5 mm de largo, dispuestas helicoidalmente. *Inflorescencia* en espigas axilares, con los ejes densamente pubescentes. *Flores* pequeñas, amarillentas, de aproximadamente 2 mm de longitud. *Frutos* sésiles, en drupas globosas que se tornan de color morado al madurar, con una sola semilla.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: presente en los Andes de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, entre los 2 000 y 4 000 m. En Colombia en las tres cordilleras y distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 1 300 y 3 800 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: muy abundante en los Cerros Orientales de Bogotá. Presente en la vegetación arbustiva de los páramos y subpáramos, en áreas abiertas, también en zonas erosionadas de pendientes fuertes

e inestables, taludes de carreteras, y en áreas altamente degradadas. En bosques secundarios de regiones como el Sumapaz, se ha encontrado compartiendo el dosel junto con *Weinmannia tomentosa*. Crece en suelos pesados, en laderas y micrositos húmedos. Forma extensos matorrales pirogénicos en laderas atmosféricamente secas. Induce procesos sucesionales que preceden al encenillal. Es una especie melífera, fijadora de nitrógeno. Altamente inflamable por la gran cantidad de cera que posee en las hojas y frutos. Tiene facilidad de rebrote luego de los incendios. Es una especie altamente tolerable a las sequías.

Usos: de gran potencial para recuperación de suelos por su función como fijador de nitrógeno y para restaurar suelos altamente degradados de zonas altas, en sustratos pesados y húmedos y para control de erosión. También puede usarse en corredores ornitócoros. En zonas rurales de clima frío, las familias campesinas utilizan las ramas de laurel como símbolo religioso para celebrar el 3 de mayo, día de la santa cruz. Del cocimiento de los frutos, se extraía la grasa sobrenadante, que se utilizaba como combustible para alumbrar o para la elaboración de velas, velones, barniz y betún. Los frutos son fuente de alimento para torcazas y mirlas. Empleada como ornamental por su bello follaje, para setos, jardinería y como cerca viva.

PROPAGACIÓN: por semillas. Se colectan los frutos cuando se tornan grisáceos, se dejan imersos en agua pre hervida durante 24 horas, con el fin de desprender la cera, luego se secan al sol y se siembran en almácigo a 0.5 mm de profundidad y en hileras separadas. Las plántulas se trasplantan a bolsas medianas de polietileno cuando alcanzan entre 5 a 7 cm de altura y cuando éstas llegan a medir 20 cm se llevan al lugar definitivo. Requiere alta incidencia de luz solar.

FUENTES: Acero, 2005; Bartholomaeus *et al.* 1998; García *et al.* 2006; Parra-O, 2002; Mahecha *et al.* 2004; Salamanca & Camargo, 2002 y Toro & Vanegas, 2002.

Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. Ex Roem & Shult



M. Mora - G.



M. Mora - G.

FAMILIA: MYRSINACEAE

NOMBRE (S) COMÚN (ES): changuelito, chaque, cucharo, cucharo blanco, cucharo rosado, espadero, garrocho, manteco.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol u arbolito de hasta 21 m de altura, de raíces profundas; tallo torcido, con la corteza externa lisa; copa globosa, densa, las ramas son largas, flexibles, dispuestas de manera horizontal, con indumento ferruginoso. *Hojas* simples, alternas, lustrosas, glabrescentes, coriáceas, de forma oblongo-elípticas, margen entero, de 7 a 20 cm de largo por 3 a 8 cm de ancho, nervio central, pecíolos y ramitas con tomento fino ferrugíneo, la nerviación secundaria poco visible, el envés con puntos negros y la vena media de color marrón, se disponen helicoidalmente y se agrupan al final de las ramas. Las *flores* son pequeñas, pubescentes, blanquesinas, con tonos cafés, se agrupan en fascículos densos y caulinares, sostenidas por brácteas pequeñas. *Fruto* en drupa globosa que se torna de color morado oscuro al madurar, de 2 a 3 mm de diámetro, produce una semilla redonda, de color crema, de 1 a 1.5 mm de diámetro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: se encuentra en Costa Rica, Panamá, Venezuela, Ecuador y Perú. En Colombia se presenta en la región Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 1 000 y 3 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en los bosques altoandinos secundarios y riparios, sobre terrazas y colinas. Común en matorrales de subpáramo. Es una planta frecuente ruderal, crece en suelos de ligeros a francos, tolera los suelos pesados bien drenados y erosionados. En zonas frías se encuentra asociado

a tunos, arrayanes, encenillos, raques y robles. Especie ornitócora, heliófila, umbrófila facultativa, resistente a heladas, con aceptable regeneración natural. En condiciones pobres de nutrientes adopta forma enanas. Las plantas fructifican entre los meses de enero y febrero.

Usos: útil como precursor leñoso en potreros y como percha para inducir matorrales y bosques enanos. Aprovechado como alimento por gran cantidad de avifauna silvestre en época de fructificación, las cuales también usan la planta a manera de perchas para descanso. De uso ornamental por las características de su follaje y arquitectura, empleada para decoración de interiores de habitaciones u oficinas, en áreas bien iluminadas. La madera es empleada como tabla de pared en construcción o como viga y en algunas ocasiones para postes de cercas. Artesanalmente se usa para elaborar bateas, cucharas y cucharones. También es usada como leña. La decocción de las hojas se emplea medicinalmente para tratar las lesiones (picaduras) ocasionadas por el árbol de chiraco (*Toxicodendron striatum*).

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan los frutos, se despulpan, escarifican y se extrae la semilla, la cual se recomienda dejar en inmersión de agua durante 48 horas, posteriormente se siembra en surcos o en germinadores artificiales. Cuando las plántulas alcanzan 5 a 10 cm de altura, se trasplantan a bolsas medianas de polietileno. Requiere riego normal, una vez por día y buena exposición solar. También se pueden obtener individuos a partir de plántulas que provienen de regeneración natural de la especie en su habitat.

FUENTES: Acero, 2005; García *et al.* 2006; Rodríguez & Peña, 1984; Mahecha *et al.* 2004; Salamanca & Camargo, 2002 y Toro & Vanegas, 2002.

Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze



N. Hernández

FAMILIA: MYRSINACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): chagualo, changelito, cucharo, cucharillo, espadero.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 20 m de alto, tallo con la corteza externa de color gris; la copa de forma cónica, en algunas ocasiones globosa u ovalada, con follaje denso de color verde oscuro, las ramas largas, delgadas y flexibles que se tornan castañas al madurar. Las *hojas* son simples, alternas, de forma elíptica u oblanceoladas, lisas y algo brillantes, de margen entero, con puntos glandulares en la lámina foliar, de 5 a 15 cm de largo por 3 a 10 cm de ancho, dispuestas helicoidalmente, los nervios secundarios son poco vivibles; los pecíolos son anchos. Las *flores* son blancas o crema, agrupadas en racimos. El *fruto* es una drupa verdosa, de color negro brillante al madurar, de 5

mm de diámetro, agrupados densamente a lo largo de las ramas; con una sola semilla negra, de 2 mm de diámetro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: distribuida en Bolivia, Brasil, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela. En Colombia se encuentra en la región Andina y el Piedemonte Llanero.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: crece en laderas, en suelos de ligeros a francos. Puede tolerar suelos moderadamente erosionados. Induce procesos sucesionales en etapas tardías de la transición al encenillal y la formación de matorrales y bosques enanos de subpáramo. Es una especie ornitócora, heliófila, umbrófila facultativa y frecuente ruderal. Usada por las aves como percheros gracias a las características de su follaje, lo cual favorece la dispersión de semillas en áreas muy deterioradas para agilizar el tráfico de dispersores, a su vez crean micrositios favorables para la germinación y supervivencia de especies que no logran establecerse en dichas áreas.

Usos: útil como precursor leñoso en potreros, al igual que para proteger riberas y controlar erosión. Es fuente de alimento para aves. La madera es muy resistente y pesada, de color rojo, empleada como vigas en construcción, también se usa como postes para cercas y como cerca viva. De uso ornamental en jardines y parques gracias por su arquitectura y bello follaje.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos son colectados cuando presentan una coloración amarillenta, se despulpan, escarifican, se extrae la semilla, la cual se recomienda dejar inmersa en agua 48 horas, posteriormente se siembran a 5 mm de profundidad en hileras separadas. El

trasplante se realiza cuando las plántulas alcanzan los 20 cm de altura. Es una planta de rápido crecimiento, requiere buena exposición solar durante su desarrollo. Tolera suelos pobres y arcillosos y soporta sequía.

FUENTES: Bartholomaus *et al.* 1998; Carvajal *et al.* 2008; Esquivel & Calle, 2002; Mahecha *et al.* 2004 y Montes & Eguiluz, 1996.

Piper bogotense C. DC.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: PIPERACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cordoncillo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 6 m de alto, ocasionalmente árbol de hasta 15 m de alto; los tallos con ramificación basal, huecos, con nudos engrosados y corteza granulosa de color verde; de copa redondeada algunas veces cónica y follaje brillante. *Hojas* simples, alternas, ovadas y cordadas, coriáceas, de base desigual o asimétrica, con la margen entera, el haz de color verde oscuro y el envés verde blanquesino y pubescente; la nerviación palmeada marcada, de 15 a 25 cm, dispuestas helicoidalmente. *Inflorescencias* agrupadas en amentos verdes opaco o pálido, de hasta 9 cm de longitud por 1 cm de ancho, generalmente opuestos a las hojas. *Flores* muy pequeñas de aproximadamente 3 mm de diámetro, sin sépalos ni pétalos, de color crema. *Frutos* en drupas diminutas, con una sola semilla de forma elíptica y de color café.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana, presente en toda la región Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 1 200 y 3 100 m.

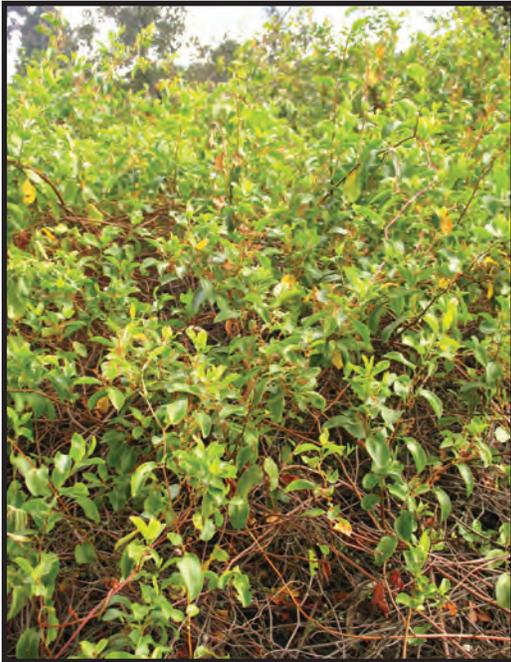
ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en bordes de fragmentos de bosques degradados, en matorrales y en bordes de quebradas y caminos. Prefiere suelos húmedos, pesados y profundos, con drenajes deficitarios. Es una especie quirócora, ornitócora, heliófila, umbrófila facultativa, riparia, funciona como precursor leñoso en potreros de suelos húmedos. Florece durante el segundo semestre del año, en los meses de pocas lluvias. Puede perder parcialmente sus hojas en épocas secas y renueva su follaje en épocas lluviosas.

Usos: útil como inductor de bosques riparios y encenillales, para restaurar márgenes hídricas y nacimientos de agua. También, es útil en la conformación de cordones ornitócoros. Las hojas se emplean medicinalmente en baños para contrarestar las inflamaciones causadas por golpes; en infusión para alivios estomacales, contra hemorragias pulmonares y afecciones renales; trituradas en polvo para detener hemorragias nasales. Los frutos son fuente de alimento para aves y murciélagos. Como ornamental se usa en espacios interiores y en zonas verdes urbanas como antejardines; también para cercas vivas.

PROPAGACIÓN: por estacas, las cuales se cortan en longitudes de 20 a 25 cm, se dejan en inmersión durante 24 a 48 horas y se siembran en bolsas medianas de polietileno con hormonas enraizadoras. Posteriormente, cuando las plantas logran una altura de 40 cm se trasplantan al lugar definitivo. Otra forma de propagación, a partir de las plántulas obtenidas por regeneración natural al pie de los individuos adultos y de los bancos de semillas. Requiere buenos suelos, riego y alta exposición solar.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004 y Salamanca & Camargo, 2002.

Muehlenbeckia tamnifolia (Kunth) Meisn.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: POLYGONACEAE.

NOMBRE (s) COMÚN (ES): bejuco coloradito, bejuco colorado, coronillo, pajarito, tripepollo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: es una planta trepadora, ocasionalmente decumbente; los tallos son cilíndricos a levemente cuadrangulares, de color rojizo, glabros o pilosos; ócreas membranáceas, café-rojizas, de ápice agudo a truncado, glabras a pubescentes, de 0.2 a 2 cm de longitud. *Hojas* simples, alternas, de forma ovada a elípticas, de ápice acuminado y base cordada, glabras, de margen entero, de color verde con tintes rojizos, de 3.5-7 x 2-4 cm, dispuestas de forma helicoidal, con el pecíolo de color verde rojizo, de 4 a 7 mm de longitud. *Inflorescencias* axilares o terminales, en racimos, con brácteas lanceoladas a ovadas, acuminadas, membranáceas. *Flores* hermafroditas, pequeñas, de 2.5 a 3 mm de longitud, con los tépalos libres, suborbiculares, rojizos, de ápice cuculado (en forma de capucha). *Fruto* en baya, de 5 a 7 mm de largo, rojizo al madurar, con semillas negras y brillantes, entre 2 y 3 mm de longitud, con un arilo blanco.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie presente en toda la región Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. Distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 1 500 y 3 900 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se encuentra en hábitats abiertos de matorrales de páramo, claros y bordes de bosque y potreros. Crece en suelos pesados con drenaje lento a deficitario y ricos en materia orgánica. Es una planta heliófila poco tolerante a la sombra, de notable aptitud pionera en etapas sucesionales de encenillales bajos,

laderas bajas y pies de laderas. Logra formar herbazales densos y cuando crecen pueden llegar a sofocar arbolitos de las primeras fases leñosas de la sucesión. Especie ornitócora que florece y fructifica en el mes de agosto. Pierde parcialmente sus hojas. En la región de Chisacá (Parque Nacional Natural de Sumapaz) se registra su floración-fructificación entre los meses de diciembre-marzo y julio.

Usos: útil en restauración de sustratos desnudos de canteras, taludes de vías, desplomes y otros focos de erosión severa, también para sofocamiento de matorrales de retamo espinoso. Las semillas son consumidas por algunas aves, los frutos son tintóreos, los cuales se emplean para elaborar gargantillas que según el decir popular preservan del coto.

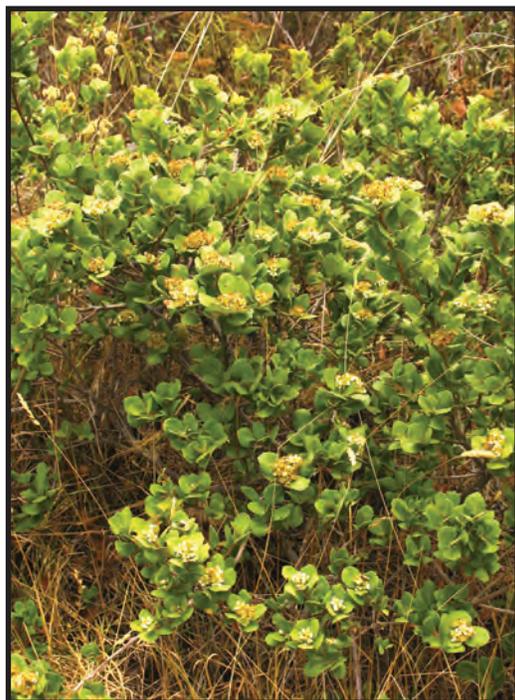
PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y esquejes. Se colectan las semillas y se siembran a 6 mm de profundidad, en hileras separadas 10 cm entre sí. Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se trasplantan a bolsas medianas de polietileno, luego, cuando alcanzan entre 20 y 30 cm se llevan al lugar definitivo. Es una planta de crecimiento rápido, requiere abundante luz y no es exigente de buenos suelos. Se recomienda hacer control cuando crece de forma abundante ya que puede cubrir con facilidad la copa de arbustos y árboles hasta secarlos.

FUENTES: Andersson, 1989; Caldas, 1979; García *et al.* 2006; Harling & Andersson, 1989; Mahecha *et al.* 2004 y Salamanca & Camargo, 2002.

Hesperomeles heterophylla (Ruis & Pav.) Hook.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: ROSACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): espino de páramo, lano, noro, mortíño, mote.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 6 m de alto, generalmente muy ramificados y con algunas ramas espinosas. *Hojas* simples, alternas, de forma elíptica o redondeada, ápice redondeado y base cuneada, margen crenada, nerviación pinnada con las venas secundarias poco notorias, papiráceas, glabras, el haz verde opaco, el envés verde pálido muy reticulado, de 2-3.5 x 1-2.5 cm, dispuestas helicoidalmente, se agrupan al final de las ramas en nudos cortos formando rosetas, con estípulas pareadas, libres, de forma lineal; el pecíolo rojizo, de 4 a 6 mm de longitud. *Inflorescencias* en cimas cortas terminales o subterminales, de hasta 3 cm de largo, con los ejes y botones pubescentes. *Flores* de olor desagradable; cáliz en forma de copa con cinco apéndices filiformes; la corola con cinco pétalos libres, de forma oblonga, amarillentos o verdosos, numerosos estambres. El *fruto* es una baya globosa de color rojo al madurar, con una abertura coronada con una serie de apéndices, presenta un diámetro de 6 a 7 mm.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: presente en los Andes desde Colombia hasta Perú. En Colombia se encuentra en las tres cordilleras y se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 2 000 y 3600 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: habita bosques secundarios, frecuente en matorrales de subpáramo y en relictos de matorrales dispersos de diferentes tamaños en potreros de zonas frías y húmedas. Suele encontrarse en ambientes ruderales como bordes de carreteras. Crece en

suelos francos a pesados de pendientes moderadas. Especie típica de ambientes transicionales del límite superior del bosque de encenillo al subpáramo. Precursor leñoso frecuente en pastizales de áreas de subpáramo degradado por pastoreo y dominado por *Holcus lanatus*. Especie ornitócora y heliófila moderada.

Usos: puede usarse como inductora del bosque altoandino en las zonas degradadas por pastoreo, para la conformación de corredores ornitócoros, como barrera para evitar el paso de ganado, contra heladas, para proteger nacederos y márgenes de quebradas. Los frutos son muy apetecidos por las aves, también son consumidos por el hombre. La madera es empleada para la elaboración de cabos para herramientas, para leña, obtención de carbón y en construcción en general. El cocimiento de las hojas se usa medicinalmente para curar problemas renales. De uso ornamental en setos y cercas vivas.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Los frutos se colectan cuando se tornan de color rojo oscuro, se secan al sol y luego se extraen las semillas, las cuales se escarifican y se dejan en inmersión en agua durante 48 horas, posteriormente se siembran en almácigo a 2 mm de profundidad y en hileras separadas. De crecimiento lento, exige buena humedad y materia orgánica del suelo, requiere sombra en su estado juvenil y alta incidencia de luz solar al madurar.

FUENTES: Mahecha *et al.* 2004; Toro & Vanegas, 2002 y Salamanca & Camargo, 2002.

Prunus buxifolia Koehne.



M. Mora-G.

FAMILIA: ROSACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cerezo, cerezo de monte, cerezo montañoero, cerezo salvaje, chuwuacá, duraznillo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol que alcanza los 15 m de alto, puede llegar a medir 30 m al interior de bosques; de tronco erecto, con la corteza externa café; la copa de forma globosa; follaje verde rojizo, con las ramas flexibles, las ramitas verdes expiden un olor a almendra. *Hojas* simples, alternas, ovoides o elípticas, coriáceas, de ápice acuminado, verde oscuras por el haz y verde blancuzco por el envés, con pocos nervios secundarios, de tamaño variable entre 6 y 25 cm, se disponen helicoidalmente; presenta estípulas libres. *Inflorescencias* en pequeños racimos laxos y péndulos. *Flores* con pétalos blancos, libres; sépalos verdes y numerosos estambres. *Frutos* en

drupas, de forma redondeada, apiculados, de color rojo negruzco cuando maduran, de 1 cm de diámetro; con una semilla de color café claro, ovoide con estrías, mide 7 mm de diámetro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: esta especie se encuentra en la Cordillera Oriental colombiana, distribuida en altitudes comprendidas entre los 2 300 y 3 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en laderas bajas, ocasionalmente en cañadas, en ambientes con humedad atmosférica media a alta. Puede encontrarse en las franjas bajas transicionales del encenillal. Presente en etapas tardías de la sucesión en la que conforman bosques de Lauráceas, normalmente presentes en laderas bajas. Puede convertirse en especie dominante cuando éstos bosques son sometidos a entresaca selectiva de *Nectandra* spp., *Aiouea* spp. y *Ocotea* spp. Crece en suelos franco arcillosos a pesados, es una especie ornitócora, umbrófila y heliófila facultativa. Puede presentarse como individuos aislados en zonas de postreros donde no logra su máximo desarrollo. Florece en el mes de junio y fructifica en julio. Pierde parcialmente sus hojas después de que fructifica y las renueva en época de lluvias.

Usos: especie apta para la protección de rondas en cuencas hidrográficas. Útil como inductor de matorrales de laderas y cañadas bajas, y para matorrales y corredores ornitócoros. Los frutos son alimento de avifauna. La madera es empleada para leña y como carbón, también se usa en ebanistería, gracias al atractivo de su vetado en tonalidades que van del rojo al naranja y porque se pule muy fácil.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se colectan los frutos cuando están negros,

luego se despulpan y se secan durante 48 horas, se recomienda dejar en inmersión en agua por otras 48 horas, posteriormente, se extraen las semillas y se siembran en almácigo a 1 cm de profundidad en hileras separadas 10 cm entre sí, cuando las plántulas alcanzan 5 cm de altura son trasplantadas a bolsas medianas de polietileno y cuando éstas llegan a medir 15 cm de alto se llevan al lugar definitivo.

FUENTES: Mahecha *et al.* 2004 y Salamanca & Camargo, 2002.

Rubus bogotensis Kunth



M. Mora-G.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: ROSACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): mora, zarza blanca.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto erguido o trepador, espinoso de ramas escandentes, las cuales presentan pelos rojizos y glandulares. *Hojas* compuestas, alternas, con tres folíolos ovado-elípticos, membranáceas, de margen

aserrada y superficie cubierta de pelos rojizos y glandulares. *Inflorescencias* en racimos terminales, sin espinas. *Flores* hermafroditas, con 5 sépalos verdes, con pelos rojizos y glandulares, tan largos o más que los pétalos, 5 pétalos de color blanco o rosado; presenta numerosos estambres. El *fruto* lo conforman numerosas drupas agregadas, carnosas, se torna de color rojo oscuro a morado al madurar.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: se encuentra en la región Andina. Presente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Santander, Norte de Santander y Valle. Se distribuye en un rango altitudinal comprendido entre los 1700 y 4 600 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en el bosque altoandino y el subpáramo, creciendo en ambientes que han sido degradados por pastoreo, quema, agricultura. Especie típica de la transición del herbazal al matorral. Frecuente ruderal, ya que puede encontrarse en bordes de caminos y carreteras, también en márgenes de quebradas o ríos. En potreros abandonados conforman densas agrupaciones bejucosas que pueden evitar el crecimiento de otras especies. Muchas veces se encuentra asociado a especies como *Tibouchina grossa*, *Ageratina aristei*, y *Vallea stipularis*. Crece en suelos muy ácidos, pesados y mal drenados. Especie ornitócora, heliófila. Funciona como precursor leñoso en suelos mal drenados, formando agrupaciones por encima de los 3 000 m de altitud.

Usos: útil para proteger nacimientos de agua, márgenes de quebradas y ríos, como barrera para evitar el paso de ganado. Para generar barreras contra especies invasoras como el retamo espinoso (*Ulex*

europaeus) y para conformar corredores ornitócoros. Los frutos son consumidos directamente por el hombre, en jugos y en mermeladas. También son consumidos por aves, las cuales usan la planta como refugio y anidación. Medicinalmente se ha usado en infusiones o gargarismos para curar las anginas.

PROPAGACIÓN: por semillas y estacas. Se colectan los frutos en el momento de la maduración, cuando se tornan de color morado-oscuro, se extraen las semillas, se secan, escarifican y se siembran al voleo en almácigo húmedo.

FUENTES: García-Barriga, 1992; García *et al.* 2006; Pérez-Arbeláez, 1996; Romero, 1991; Salamanca & Camargo, 2002 y Vélez, 1990.

Rubus floribundus Weihe



M. Mora-G.



M. Mora - G.



M. Mora-G.

FAMILIA: ROSACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): mora, mora silvestre, zarza, zarzamora.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbustos rastreros a trepadores; tallos y pecíolos muy espinosos y pubescentes, con abundante ramificación que inicia desde la base. Las *hojas* son compuestas, ásperas, con tres folíolos pequeños (4 a 7 cm), largamente peciolados, de forma ovada, ápice agudo y base redondeada, margen aserrado y nerviación marcada. *Flores* blancas o rosadas, de aproximadamente 1.5

cm, agrupadas en racimos compactos, terminales. *Frutos* en drupas agrupadas, carnosas, de color púrpura oscuro y sabor muy ácido, ligeramente astringente; con múltiples semillas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: es una especie originaria de la Cordillera Oriental colombiana. En Colombia se encuentra distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 2 200 y 3 000 m. En Venezuela es posible encontrarla hasta los 500 m o menos de altitud.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: presente en laderas y márgenes de quebradas y ríos. Especie típica de la transición del herbazal al matorral. Frecuente riparia y ruderal, crece en suelos muy ácidos, pesados, mal drenados. Puede encontrarse aislada o conformando densas agrupaciones (zarzales), que por sus espinas impiden su penetración. Actúa como precursor de bosques de aliso, presente en bordes de bosques de cedro. Es una especie heliófila. Puede encontrarse florecida a lo largo de todo el año, pero en ciertos meses a mediados del año (mayo-julio) la producción de flores es más abundante.

Usos: eficiente como barrera viva para evitar el paso de ganado. Para protección de nacimientos de agua, márgenes de quebradas y ríos. Para generar barreras contra especies invasoras como el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y corredores ornitócoros. Los frutos son consumidos crudos por el hombre, también se emplean para la elaboración de jugos, mermeladas, jarabes, y como elementos tintóreos de alimentos y bebidas: paletas, helados, salsas y vinos. En jarabe se usa para curar aftas y en infusiones o gargarismos para curar las anginas. Los frutos también son consumidos por aves dispersoras que además usan la planta como refugio y para anidación.

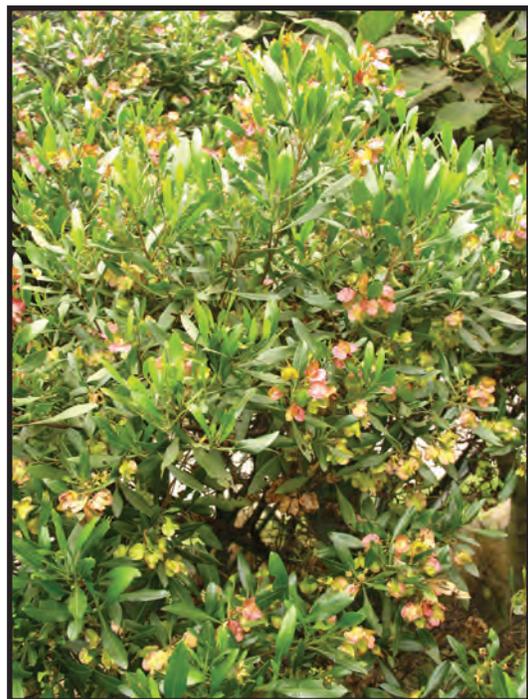
PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y estacas. Los frutos se colectan cuando se tornan de color morado oscuro, se secan al sol y luego se extraen las semillas, las cuales se siembran a 5 mm de profundidad y en hileras separadas. Cuando la planta alcanza 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. Puede soportar suelos arcillosos.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; García-Barriga, 1992; Pittier, 1978; Salamanca & Camargo, 2002; Torres, 1983 y Vélez, 1990.

Dodonea viscosa Jacq.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: SAPINDACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): chamana, chamisa, chanamo, hayuelo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 3 m de alto (en algunas ocasiones hasta 7 m), resinoso; con la copa aparasolada o globosa, de 3 a 6 m, de ramificación densa que inicia desde la base; ramas extendidas, arqueadas y terminales, angulosas, de color café rojizo; el tronco curvo, con corteza escamosa; follaje verde claro. *Hojas* simples, alternas, elíptico-lanceoladas, ápice acuminado y base cuneada, glabras, coriáceas, de 7 cm de longitud por 2.5 cm de ancho, margen entera y nerviación marcada, la inserción en las ramas es esparcida y se disponen helicoidalmente. *Inflorescencias* en racimos axilares o terminales. *Flores* de color naranja, de 8 mm de diámetro, con 4 sépalos, sin pétalos, disco nectarífero vestigial, ovario con 3 lóculos, el estilo trifido; 6 a 7 estambres verde rojizos. *Frutos* abundantes, tricapsulares y dehiscentes, de 1.5 cm de diámetro, con alas membranosas, de color rojizo, secos y algo transparentes cuando jóvenes, de color café claro al madurar; de una a tres semillas por fruto, las cuales son de consistencia dura, de color negro y brillantes, miden 2 mm de diámetro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: originario de la Cordillera Oriental colombiana, se encuentra en el norte de Suramérica. En el país se ha registrado para las tres cordilleras, en altitudes comprendidas entre los 2 200 y 2 900 m y en las islas de San Andrés y Providencia.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: habita en ambientes semihúmedos. Se asocia con especies de la vegetación típica de la sucesión ecológica

xérica en áreas erosionadas, como el ciro y el cucharo. Puede encontrarse aislada, precediendo a matorrales de *Duranta mutisii* y *Xylosma spiculifera*. Se encuentra frecuentemente acompañada con tunos (*Miconia squamulosa*), uvas camaronas (*Cavendishia cordifolia*) y otros arbustos de laderas bajas altoandinas. Crece en suelos bien drenados, en faldas y pie de laderas, coluvios, en zonas atmosféricamente secas. Se encuentra de manera frecuente en ambientes rocosos y ruderal. Precursor leñoso en suelos muy pobres y ambientes atmosféricamente secos. Especie heliófita, de longevidad media y crecimiento rápido, puede adaptarse a suelos de variada condición, soporta sequía, es resistente a heladas y vientos fuertes. Contribuye a la formación de suelos por la abundante producción de hojarasca. Florece durante los meses de enero a marzo y agosto a septiembre y fructifica desde enero hasta marzo y desde octubre hasta noviembre.

Usos: útil como inductor de procesos de restauración para bosques secundarios. Igualmente, en restauración de suelos con estado avanzado de erosión, afloramientos rocosos, zonas secas y para afirmar taludes. De uso ornamental por la forma de su copa y su follaje lustroso. Empleada medicinalmente en el control de hemorragias. En Bolivia las hojas trituradas se aplican para fracturas, como fuente de leña y para proyectos de reforestación. Se usa como separadores de avenidas y linderos de caminos en parques o zonas verdes. Los frutos son alimento de aves, pero su contenido en saponinas los convierte en tóxico para los peces.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas. Se recogen los frutos, se secan al sol hasta eclosionar y se extraen las semillas, éstas se dejan inmersas en agua durante 24 a 36 horas y posteriormente se siembran en semilleros con tierra abonada a 5 mm de profundidad, en hileras separadas 10 cm entre sí. Cuando las plántulas alcanzan de 10 a 15 cm de altura se trasplantan

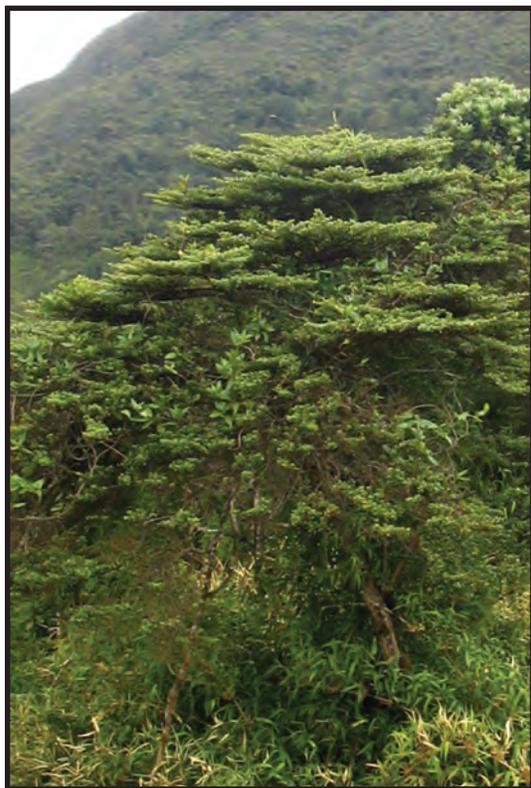
en bolsas de polietileno. Se recomienda riego permanente para el mejor desarrollo. Requiere de suelos poco profundos, ácidos y de buena exposición solar.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Borja & Lasso, 1990; Bartholomaeus *et al.* 1998; Killeen *et al.* 1993; Mahecha *et al.* 2004; Pérez-Arbeláez, 1996; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Escallonia myrtilloides L.f.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: SAXIFRAGACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cochinito, pagoda, pagoda china, rodamonte, tíbar.

GRADO DE AMENAZA: considerada una especie en peligro de extinción (Mahecha *et al.* 2004).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto, arbolito o árbol, de hasta 15 m de alto, de tallos curvos y corteza fibrosa; las ramas estratificadas, dispuestas de forma horizontal, de aspecto aparasolado; con ligero follaje de color verde oscuro, brillante. *Hojas* simples, alternas, glabras, de forma obovada, margen aserrada, ápice redondeado, nerviación poco marcada, de 7-25 x 4-12 mm, dispuestas helicoidalmente y agrupadas hacia las partes terminales de las ramas. *Flores* hermafroditas, solitarias, axilares y/o terminales, de color verde-amarillento, de 8 a 14 mm, con los sépalos unidos hacia la base y formando una especie de corona estrellada con 5 lóbulos. El *fruto* es una cápsula redonda, dehiscente, de 6 mm de longitud, con el cáliz persistente; con múltiples semillas diminutas, duras, lisas y de color negro.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie nativa, se encuentra en toda la región Andina, incluyendo la Sierra nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Presente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Putumayo y Valle. Distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 2400 y 4 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: elemento característico de los bosques altoandinos y del subpáramo; puede encontrarse agrupado formando pequeños bosques, llamativos por la forma de sus copas. Crece en turberas, a orillas de pantanos y riachuelos o en suelos pedregosos de ambientes muy húmedos. Especie perennifolia, resistente a las condiciones

de ambientes abiertos como áreas de potreros, donde se puede encontrar como individuos aislados. Puede observarse en relictos de bosque típicos resguardados del subpáramo. Gracias a su adaptabilidad en éstos ambientes se presenta como una especie dominante del rodal con poca competencia por parte de otras especies. Se puede encontrar integrada con los bosques de *Polylepis quadrijuga* o en cordones riparios edáficamente húmedos junto a *Swallemochloa tessellata*. También, forma bosques de ladera por encima del encenillal.

Usos: puede usarse para inducir procesos de restauración de relictos de bosque de páramos y cordones riparios de subpáramos, localizados generalmente sobre las cañadas. Útil para proteger pantanos, nacederos y márgenes hídricas por encima de los 3 200 m de altitud. El cocimiento de las hojas se usa en medicina para tratar afecciones bronquiales y pulmonares y para dolores reumáticos. Empleado como ornamental para parques, antejardines, jardines, bordes de piletas, plazuelas y humedales. Usado también como setos, cercas vivas, para leña y para la elaboración de postes. La madera es empleada en ebanistería gracias a las características de su coloración carmelito rojizo, su fina textura y alta duración.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas, estacas y yemas terminales. Se colectan los frutos y se secan al sol, luego se extraen las semillas y se siembran a 2 mm de profundidad, en hileras separadas, se cubren con una paja delgada y se riegan dos veces al día. Cuando las plántulas alcanzan los 20 cm de altura se trasplantan al lugar definitivo. Cuando la propagación es por estacas, éstas se siembran directamente en bolsas de polietileno con suelo fértil. Se recomienda aplicar hormonas enraizadoras. La planta requiere suelos ácidos y húmedos.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; Bayón,

2007; Borja & Lasso, 1990; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Escallonia paniculata (Ruiz & Pav.) Roem. & Shult



N. Hernández

FAMILIA: SAXIFRAGACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): chilco colorado, tibar, tobo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: árbol de hasta 9 m de alto, en algunos casos hasta 18 m; tronco con la corteza rojiza fisurada; copa de forma redondeada; follaje bien ramificado, de textura fina y apariencia péndula, color verde claro, rojizo hacia los extremos. *Hojas* simples, alternas, lanceoladas, margen entero glabras, de 8 por 3.5 cm, se tornan de color amarillo cuando maduran, con el nervio central prominente por el envés y nerviación secundaria poco marcada; el pecíolo es rojizo de 1.3 cm de largo, las hojas están dispuestas de forma helicoidal. *Flores* numerosas, dispuestas en panículas apicales de raquis rojo; cáliz

gamosépalo de color verde con cinco lóbulos; presenta cinco pétalos blancos a rosados, de aproximadamente 3 x 2 mm; con cinco estambres y el estigma capitado de color verde. *Fruto* capsular, de 4 mm de diámetro, de color pardo, con el estilo persistente; presenta varias semillas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: esta especie es originaria de la Cordillera Oriental Colombiana. Presente en los departamentos de Boyacá, Santander, Cundinamarca, Cauca, Magdalena, Antioquia. Distribuida en un rango altitudinal comprendido entre los 1 800 y 3 200 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se encuentra en bosques húmedos altoandinos relictuales y en ambientes colinados. También presente en bordes de bosques, rastrojos, cañadas, de manera aislada o en pequeñas agrupaciones en algunos cercos, bordes de caminos, en potreros atmosféricamente húmedos. Crece en suelos pesados de pie de ladera y laderas sobre materiales arcillosos. Es una especie que se encuentra frecuentemente como riparia y ocasionalmente como ruderal. Es heliófila, perennifolia, de rápido crecimiento, florece en los períodos de poca lluvia.

Usos: útil para restauración de nacimientos de agua, rondas y cañadas y para la rehabilitación de bosques de cedros. Especie de madera fina, empleada artesanalmente para la elaboración de trompos, cucharones, varas para corrales de ganado, y especialmente para yugos para las yuntas de bueyes. También, se usa para bigas de construcción y postes de cercas. De uso ornamental en parques y avenidas por su floración llamativa.

PROPAGACIÓN: se propaga por semilla. Se colectan los frutos cuando las flores

pierden sus pétalos, luego se secan al sol y se extraen las semillas que se siembran a 5 mm de profundidad en hileras separadas y cubiertas con una capa delgada de paja. Cuando las plantas alcanzan 20 cm de altura se trasplantan al lugar definitivo. Es una planta que exige suelos profundos, moderadamente tolerante a la sombra.

FUENTES: Acero, 2005; Bartholomaeus *et al.* 1998; Espinal, 1980; Rodríguez & Peña, 1984; Vargas, 2004 y Salamanca & Camargo, 2002.

Duranta mutisii L. f.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: VERBENACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): cruceto, espino, espino garbanzo, espino negro, garbanzo, cucuña, cucas, guapanto.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 8 m de alto, con raíces medianamente profundas; los tallos con espinas fuertes y corteza blanquecina; copa de forma irregular, con abundante ramificación que inicia desde la base; el follaje es denso, persistente, de color verde claro y brillante. *Hojas* simples, opuestas, de forma ovada a elíptica, coriáceas, de margen entera, ápice agudo y base atenuada, con escasa pubescencia, de aproximadamente 6 x 3 cm, se encuentran frecuentemente reunidas en ramilletes. *Inflorescencias* en racimos axilares y terminales. *Flores* hermafroditas, actinomorfas, pequeñas, tubulares, de color blanco-rosadas o azul violáceo pálido, de 1 cm de largo. *Frutos* en drupas pequeñas, elipsoideas o subglobosas, de 1 cm por 0.7 cm de diámetro, de color amarillo claro y anaranjado a negro cuando maduran, con la pulpa amarilla y una sola semilla.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de la Cordillera Oriental, presente en las tres cordilleras colombianas, registrada para los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Huila. Se distribuye en un gradiente altitudinal comprendido entre los 2 000 y 3 500 m.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: se encuentra en el Sistema Andino Oriental, en bosques primarios y secundarios de laderas y cañadas, asociada con tunos (*Miconia*), alisos (*Alnus*) y rodamontes (*Escallonia*). Crece en zonas de ambientes secos o con poca humedad, en suelos pesados, coluvios y colinas, en suelos no anegados de orillas de quebradas y erosionados

de drenaje lento, también presente en sitios abiertos como bordes de carretera. De aptitud pionera moderada. Puede encontrarse formando matorrales junto con hayuelos (*Dodonea viscosa*) y coronos (*Xylosma spiculifera*). Es una especie heliófila, melífera. Florece en el mes de abril y fructifica en julio. Pierde parcialmente sus hojas.

Usos: puede usarse para la formación de matorrales altoandinos de ambientes secos a semihúmedos. Es una planta apta para el control de erosión, recomendada para conservación de suelos, protección de nacederos y márgenes no anegados, también como barreras para evitar paso de ganado. Tiene aplicabilidad en restauración de potreros compactados o terraceados con focos de erosión. Puede usarse para conformar matorrales ornitócoros. Todas las partes de la planta se usan medicinalmente en decocción o en forma de zumo para cataplasmas, como emoliente, desinfectante y desirritante de úlceras varicosas. Sus flores y frutos son fuente de alimento para aves. Las hojas sirven de alimento para las larvas de *Rothschildia aricea*, una mariposa nocturna de cuyo capullo se extraía seda de buena calidad, con la cual se bordaban elementos religiosos. De uso ornamental para antejardines, parques, separadores y cercas vivas; muy empleada en parques de Bogotá como setos podados.

PROPAGACIÓN: se propaga por semillas y estacas. Se recogen los frutos en los meses de diciembre y enero, se secan al sol y se extraen las semillas, luego se dejan en agua durante 7 a 9 días o se ponen a hervir e inmediatamente se retiran del calor dejándolas inmersas durante 24 horas, posteriormente se siembran en semillero a 2 cm de profundidad en hileras separadas o directamente en bolsas medianas de polietileno, regándolas dos veces al día. Cuando las plántulas alcanzan 20 cm de altura se llevan al lugar definitivo. Para la propagación por estacas se recomienda

emplear hormonas enraizadoras. Es una especie que crece más o menos rápido, soporta suelos pobres, requiere de buena iluminación y es resistente a heladas.

FUENTES: Bartholomaeus *et al.* 1998; García-Barriga, 1992; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004; Pérez-Arbeláez, 1996; Rodríguez & Peña, 1984 y Salamanca & Camargo, 2002.

Drimys granadensis L.f.



M. Mora-G.



M. Mora-G.

FAMILIA: WINTERIACEAE.

NOMBRE (S) COMÚN (ES): ají, canelo (Antioquia), canelo de páramo (Popayán), palo de ají (Bogotá), quinón (Pamplona).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA: arbusto o arbolito de hasta 13 m de alto, algo ramificado, con los tallos glabros. *Hojas* simples, alternas, elíptico-oblongas a oblanceoladas, largamente pecioladas, de margen entero, con el ápice obtuso a redondeado y la base cuneada o atenuada, de aproximadamente 17.5 cm de largo por 5.5 cm de ancho, coriáceas o subcoriáceas, glaucas y de color grisáceo por el envés, nervio principal muy pronunciado por el envés y de color ferrugíneo. *Inflorescencias* axilares, umbelladas o fasciculadas, con 2 a 5 flores o algunas veces solitarias. *Flores* hermafroditas blancas, con el cáliz de 4.5 a 12 cm de longitud, 8 a 25 pétalos de forma oblonga a elíptica u ovado-oblonga de 5 a 25 mm de longitud, con 25 a 65 estambres. *Frutos* múltiples, apocárpicos, en bayas subglobosas, agrupados al final del pedúnculo, se tornan de color morado o azul oscuro al madurar, 0.5 a 1 cm de largo.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: especie originaria de Ecuador y Colombia, distribuida en América desde el sur de México hasta Argentina y Chile, también presente en Oceanía. En Colombia se encuentra en bosques altoandinos y subpáramos de las tres cordilleras, en un rango altitudinal comprendido entre los 2000 y 3 600 m. Registrada en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Quindío, Norte de Santander, Santander y Putumayo.

ASPECTOS ECOLÓGICOS: abunda en bosques medianos y altos, siendo un elemento característico del ecotono entre el límite superior del bosque altoandino

y el subpáramo húmedo, asociado a *Tibouchina grossa*, *Myrcia dugandii*, *Vallea stipularis* y *Weinmannia* spp., entre otras. Soporta bajas temperaturas, suelos mal drenados y altas humedades, por lo que es frecuente encontrarla junto a los cursos de agua. De igual manera, puede crecer en suelos francos a pesados, se desarrolla mejor en franco-arenosos, en donde forma el bosque de Encenillo (*Weinmannia tomentosa*) y Canelo (*Drymis granadensis*). También puede encontrarse asociada con especies de los géneros *Brunellia*, *Clusia* y *Hediosmum*.

Es una especie perennifolia, umbrófila, capaz de colonizar rastrojos bajos. Gracias a la producción de estolones puede crecer bajo densas coberturas de precursores leñosos y emerger a través del dosel cuando se generan claros. Logra su consolidación al generar una densa sombra sobre sus precursores. Es un elemento importante de ascenso del bosque altoandino sobre los subpáramos húmedos. Su floración se da en los meses de junio y diciembre y los frutos se producen entre los meses de septiembre hasta noviembre y desde febrero hasta junio. Pierde sus hojas parcialmente.

Usos: especie con aplicabilidad como inductor de bosques sobre subpáramos secundarios húmedos. Útil para proteger nacederos, márgenes hídricas y barreras contra heladas. Usada como ornamental en antejardines y jardines. Las hojas y la corteza son empleadas como condimento, la corteza como tónico. También es estimulante en la alimentación humana y del ganado. Se usa contra el escorbuto, como diurético y para calmar los dolores reumáticos. La madera se usa en construcción de interior y para muebles y cajas. En el Sur de Chile los indígenas la emplean en sus ceremonias mágico-religiosas.

PROPAGACIÓN: la propagación es por semillas. Los frutos se recogen cuando se tornan amarillentos y alcanzan su mayor tamaño (aproximadamente 1.5 cm), luego se secan al sol y se extraen de 3 a 6 semillas, las cuales pueden someterse a un tratamiento pregerminativo por inmersión 24 horas, posteriormente se siembran en semillero a 5 mm de profundidad y en hileras separadas 10 cm entre sí. Las plántulas son trasplantadas cuando alcanza los 20 cm de altura. Requiere sombra durante el primer año.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS: Agudelo, 2006; Bardi, 1987; Bartholomaeus *et al.* 1998; García-Barriga, 1992; García *et al.* 2006; Mahecha *et al.* 2004; Montes & Eguiluz, 1996; Pérez-Arbeláez, 1996; Rodríguez & Peña, 1984; Salamanca & Camargo, 1993; Salamanca & Camargo, 2002; Soler, 2006; Toro & Vanegas, 2002 y Woodson & Schery, 1962.

GLOSARIO

ATRIBUTO: en ecología se hace referencia a todas y cada una de las características de los ecosistemas como clima, geoforma, vegetación, fauna, etc.

AMENAZA: probabilidad de que un fenómeno, originado por la naturaleza o la especie humana, se produzca en un tiempo y zona determinada no adaptada para enfrentarlo sin traumatismos.

ÁREA DISTURBADA: es aquella que ha perdido total o parcialmente sus atributos, entendidos estos como su función y estructura, por lo que a su vez ha perdido su capacidad de ofrecer bienes y servicios ecosistémicos.

BANCO DE PLÁNTULAS: conjunto de plántulas en estado latente en el estrato rasante. Generalmente, su crecimiento se activa por algún tipo de estímulo, como el incremento de la intensidad lumínica que se genera a partir de un disturbio.

BANCO DE SEMILLAS: acumulación de semillas en el suelo en estado latente (dormancia) que usualmente germinan a partir de un determinado estímulo.

BIENES ECOLÓGICOS: son recursos proveídos por los ecosistemas con un valor directo en el mercado como la alimentación, los materiales de construcción, las medicinas, el turismo y la recreación.

CAPITAL NATURAL: son las reservas, ganancias e intereses generados a partir de los bienes naturales existentes en un determinado territorio; es decir, los flujos de bienes y servicios de los cuales dependen las sociedades y economías para su supervivencia. De acuerdo a Costanza y Daly (1992), hace referencia a las reservas que producen un flujo sostenible de bienes y servicios de valor a futuro. Se conocen dos tipos de capital natural: el capital natural renovable o activo, que se mantiene a si mismo usando la energía del sol y pueden producir bienes y servicios (los ecosistemas) y el capital natural no renovable o pasivo que no produce un servicio sino hasta ser extraído (combustible fósil y depósitos minerales).

COMPARTIMENTO: son los sitios del ecosistema donde se almacena la energía y la materia, dentro de los cuales se encuentran: el suelo, la fauna y la vegetación.

COMPOSICIÓN: variable que contempla los componentes físicos de los sistemas biológicos. Por ejemplo, la composición de una población es el número de especies que la constituyen, o la composición de una comunidad son las poblaciones, etc.

COMUNIDAD: es el conjunto de individuos de diferentes especies en el tiempo y espacio, que interactúan entre sí.

CONECTIVIDAD: vínculos o conexiones entre parches de un paisaje, puede ser funcional o estructural. Una “conexión funcional” depende claramente del proceso de interés y qué se busca conectar: los parches que están conectados para la dispersión de aves podrían no estarlo para las salamandras o para el flujo hidrológico.

CORREDOR BIOLÓGICO: tipo de cobertura continua que se genera para conectar fragmentos de bosque.

DAÑO: pérdida de uno o varios elementos fundamentales para el funcionamiento de un ecosistema.

DEGRADACIÓN: se relaciona con cambios graduales o sutiles que reducen la integridad y la salud ecológica. Es considerado como el peor estado de alteración al que puede llegar un sistema ya que pierde su capacidad de generar bienes y servicios al perder uno o varios compartimentos donde se almacena materia o energía (suelo, nutrientes, banco de semillas y biomasa).

DESARROLLO SOSTENIBLE: es el desarrollo de una nación, región o pueblo satisfaciendo las necesidades de la presente generación sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Considera el crecimiento económico como un proceso necesario.

DESARROLLO SUSTENTABLE: es el proceso mediante el cual se busca cambiar los paradigmas de producción y consumo de las sociedades actuales, responsables de los desequilibrios ambientales; a partir de la generación de mecanismos que posibiliten el establecimiento de relaciones políticamente fuertes entre el Estado y la sociedad civil. La clave del desarrollo alternativo (sustentable) no es la forma como se maneja el medio ambiente, sino quién tiene el poder para decidir cómo se maneja.

DESASTRE: conjunto de daños o pérdidas generadas a partir de un fenómeno que por sus características se convierte y materializa en una amenaza íntimamente relacionada con la(s) vulnerabilidad(es) presente en un lugar y momento determinados.

DETERIORO: pérdida de uno o más de los atributos del sistema (suelo, biota, geomorfología, hidrología) de tal forma que no se pueda regenerar por sí solo.

DESTRUCCIÓN: se refiere a los casos en los cuales la degradación o el daño elimina toda la vida macroscópica y, por lo general, también arruina el ambiente físico.

DISTURBIO: eventos discretos en el tiempo que alteran la estructura y función de los ecosistemas al cambiar los recursos, el sustrato u otros elementos del medio físico. De acuerdo al origen los disturbios pueden clasificarse en naturales y antrópicos.

ECOCLINA: hace referencia a cambios graduales de las especies en áreas geográficas que contemplan diferentes características físicas.

ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN: ciencia que brinda las bases conceptuales, los modelos (conceptuales, empíricos, matemáticos), los métodos para las mediciones y las herramientas (matemáticas y estadísticas) para que los técnicos puedan realizar restauración ecológica. cabe aclarar que la ecología de la restauración y la restauración ecológica se retroalimentan. en la medida en que se avance en la investigación se precisará y mejorará la restauración ecológica y viceversa.

ECOSISTEMAS: espacios o áreas en los que interactúan los componentes bióticos entre sí (vegetación, fauna y hongos), y los bióticos-abióticos. están compuestos por organismos productores (plantas), consumidores (fauna) y descomponedores (fauna, hongos, bacterias), a través de dichos organismos fluye y se almacena la energía, y también circula, se transforma y se almacena la materia.

ENRIQUECIMIENTO: técnica de manejo de rodales subserales (matorrales, rastrojos, bosques secundarios) consistente en la plantación de poblaciones que se quiera fomentar durante la sucesión.

ENSAMBLE DE ESPECIES: agrupamiento de especies que puede ser permanente o desaparecer a lo largo de la sucesión con base en los tipos de interacciones.

ESCORRENTÍA SUPERFICIAL: se refiere al agua que circula sobre los horizontes superiores de una superficie.

ESTRUCTURA: disposición u ordenamiento físico de cada nivel de organización. Por ejemplo, a nivel de poblaciones un indicador de la estructura puede ser la proporción de sexos.

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL: red de espacios y corredores que permiten asegurar la preservación y restauración de la biodiversidad a diferentes niveles (especie, comunidad, ecosistema y paisaje), además de permitir el desarrollo de procesos ecológicos esenciales que garanticen el mantenimiento de los ecosistemas, la conectividad ecológica y la disponibilidad de servicios ambientales en un territorio.

EROSIÓN: proceso por el cual se remueve la capa superficial del suelo por medio de agentes móviles como el agua y el viento.

ESPECIE (BIOLÓGICA): es un conjunto de individuos aislado reproductivamente que pueden cruzarse entre sí.

ESPECIES INDICADORAS: son aquellas cuya distribución, abundancia o dinámica poblacional puede servir como una medida del estado de otras especies o atributos ambientales.

ESPECIE EXÓTICA: es aquella especie de flora o fauna que se ha introducido, por actividades humanas, en una zona en la que no existía previamente.

ESPECIE INTRODUCIDA: es aquella que ha sido transportada fuera de su rango de distribución natural de forma accidental o intencional por actividades humanas.

ESPECIE INVASORA: especie capaz de producir descendencia reproductiva en áreas distantes a los sitios de introducción, mostrando una clara expansión, y cuya presencia y distribución genera efectos negativos sobre su entorno.

ESPECIE NATURALIZADA: especie introducida que comienza a reproducirse hasta mantener poblaciones estables sin la intervención del hombre.

ESTABILIDAD DEL ECOSISTEMA: es la capacidad de un ecosistema de mantener una determinada trayectoria a pesar del estrés. La estabilidad se logra en parte gracias a la capacidad de resistencia y a la resiliencia de un sistema.

EVALUACIÓN: valoración del estado del sistema restaurado en un instante del tiempo determinado.

FACTORES LIMITANTES: condiciones propias del sistema que impiden o dificultan su desarrollo natural, pueden generar limitaciones sobre las diferentes especies que tratan de colonizar un lugar.

FACTORES POTENCIADORES DE LA RESTAURACIÓN: elementos internos y externos al sistema disturbado que pueden favorecer su restablecimiento.

FACTORES TENSIONANTES: son estímulos externos que pueden deflexionar (dañar) o no el desarrollo o estado de un sistema. Los factores tensionantes generan tensiones de diferente intensidad sobre los sistemas que pueden o no afectarlos negativamente.

FILTROS ECOLÓGICOS: condiciones bióticas, abióticas y sociales que permiten el establecimiento, crecimiento y desarrollo o no de una especie en una comunidad.

FRAGMENTACIÓN: acción de generar fragmentos a partir de un ecosistema o paisaje continuo no disturbado, cuya consecuencia es el aislamiento genético de las especies y en ocasiones la pérdida total de hábitat de algunas de ellas.

FRAGMENTO: área discontinua que se forma por acción de un disturbio a partir de una cobertura continua.

FUNCIÓN: contempla la variedad de procesos e interacciones que ocurren entre los componentes biológicos (organismo-organismo y organismo-ambiente), estos pueden ser ecológicos, biogeoquímicos o evolutivos. Por ejemplo, a nivel de ecosistemas se pueden presentar múltiples procesos de dispersión de semillas en los cuales pueden interactuar aves o mamíferos con un sin número de plantas.

GRUPO FUNCIONAL: colecciones de organismos agrupados por el papel funcional que desempeñan en el ecosistema (productores primarios, herbívoros, carnívoros, descomponedores, fijadores de nitrógeno, polinizadores).

HÁBITAT: zona o parte de un ecosistema que reúne las condiciones de vida que una determinada especie necesita para sobrevivir.

HELIOFILO: plantas que requieren áreas bien iluminadas para desarrollarse.

INDICADORES ECOLÓGICOS: variables que presentan el estado ecológico de un recurso de interés, en un tiempo y lugar determinado.

INTEGRIDAD ECOLÓGICA: habilidad de un sistema ecológico para soportar y mantener una comunidad de organismos que tienen una composición de especies, diversidad y una organización funcional comparable a hábitats naturales en una región. La integridad ecológica está gobernada por tres factores principales: demografía de las poblaciones de especies que la componen; procesos internos y estructuras entre estos componentes; y la integridad de los procesos a escala del paisaje que sustentan a la comunidad o sistema.

INVASIÓN BIOLÓGICA: movilización de organismos vivos desde sus lugares de origen hasta lugares fuera del rango de su distribución natural, en donde se establecen y generan poblaciones con efectos negativos para los sistemas receptores (poblaciones, comunidades, ecosistemas).

LIMITACIÓN: condiciones propias de los sistemas generadas por los factores o agentes limitantes que impiden su normal desarrollo. Por ejemplo, en áreas donde se ha alterado el pH del suelo se presenta como limitación la movilidad de los nutrientes.

MANEJO ADAPTATIVO: hace referencia a los correctivos que se deben implementar en los casos en los que el sistema restaurado se desvía de la trayectoria deseada. Para verificar la trayectoria del sistema restaurado es indispensable evaluar y seguir los efectos de las estrategias de restauración sobre el área.

META: es la condición o estado ideal que se busca conseguir a través del alcance de los objetivos al final de un proyecto, en un periodo de tiempo definido.

MITIGACIÓN: es una acción cuya intención es compensar los daños ambientales o minimizar el impacto generado por alguna acción externa al sistema.

MODELO CONCEPTUAL: abstracción teórica del funcionamiento de un sistema, expresa ideas sobre sus compartimentos y procesos. En el campo de la restauración se constituye como una herramienta útil para los planes de evaluación y seguimiento, ya que si el sistema restaurado lleva una trayectoria muy diferente a la planteada en el modelo se pueden realizar medidas o manejos adaptables para redireccionar la trayectoria del sistema.

OBJETIVO: enunciado claro y preciso de los propósitos por los cuales se lleva a cabo un proyecto, sin ellos es imposible definir acertadamente los métodos a desarrollar.

PAISAJE: es una extensión geográfica compuesta por componentes abióticos, bióticos y humanos que interactúan y que se repiten a través del espacio. También es considerado como un mosaico de dos o más ecosistemas que intercambian organismos, energía, agua y nutrientes.

PARCHE: área homogénea que difiere en apariencia y atributos de las áreas contiguas, es considerado un elemento del paisaje.

PERTURBACIÓN: manipulaciones planeadas que afectan la estructura y función de los ecosistemas y que son producto de un proceso de experimentación.

PIONERA: especies, poblaciones y comunidades que se establecen en los primeros momentos de la sucesión.

POBLACIÓN: colección de organismos de la misma especie que interactúan entre si y se encuentran en un área definida.

RECUPERACIÓN: restablecimiento de algunos atributos perdidos o que han sido transformados completamente en el sistema disturbado con respecto a su estado original. Generalmente, el sistema final recuperado es diferente al predisturbio y no es autosostenible, por lo cual requiere una asistencia permanente para mantenerse.

REHABILITACIÓN: mejoramiento del ecosistema de tal forma que recobre su estructura y función, teniendo como fin último la recuperación de su productividad. Aunque el sistema de referencia es la guía para el restablecimiento no necesariamente se llega a este, por lo que algunos autores consideran a la rehabilitación como una restauración incompleta.

REMOCIÓN EN MASA: desplazamiento de bloques de suelo sin ningún agente de transporte, sólo por efectos de la gravedad.

RESILIENCIA: capacidad de un sistema de recobrar los atributos estructurales y funcionales que han sufrido daño debido a estrés o perturbaciones.

RESISTENCIA: describe la capacidad de un ecosistema de mantener sus atributos estructurales y funcionales al verse enfrentado a un disturbio.

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: proceso de asistir al restablecimiento de áreas que han sido degradadas dañadas o destruidas, por medio de la aplicación de diferentes técnicas y estrategias que analizan el área como un sistema.

RESTAURACIÓN ACTIVA: asistencia al restablecimiento de un área disturbada en la cual se amerita realizar una intervención sobre los componentes.

RESTAURACIÓN PASIVA: asistencia al restablecimiento de un área disturbada por medio de la neutralización de los factores limitantes y tensionantes, también es conocida como restauración espontánea.

RIESGO: coexistencia en un lugar y tiempo determinado de una(s) amenaza(s) y una(s) vulnerabilidad(es), que interdependiente una de la otra y manejadas inadecuadamente pueden provocar daños y pérdidas.

RIQUEZA DE ESPECIES: es el número de diferentes especies presentes en un área y en un periodo de tiempo determinado.

SALUD DEL ECOSISTEMA: es el estado o la condición de un ecosistema en el cual los atributos dinámicos se expresan dentro de valores “normales” de actividad en relación a su fase ecológica de desarrollo.

SEGUIMIENTO: evaluación temporal de un proceso de restauración por medio de la recolección y análisis de la información obtenida en las evaluaciones realizadas a lo largo del tiempo.

SERVICIOS AMBIENTALES: son aquellos servicios que son prestados por personas naturales y empresas para el mejoramiento de la calidad ambiental. Dentro de estos se encuentran el manejo de residuos, de aguas residuales, el control de la contaminación del aire y auditiva, la potabilización del agua, entre otros.

SERVICIOS ECOLÓGICOS: condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que hacen parte de ellos sostienen y satisfacen los requerimientos de la vida humana, mantienen la biodiversidad y la producción de los bienes ecológicos. Dentro de estos se encuentran la formación de los suelos, el ciclaje de nutrientes, la producción primaria, el secuestro de carbono, entre otros.

SISTEMA: conjunto de elementos que interactúan entre sí. Las interacciones se traducen en entradas y salidas de materia y energía.

SISTEMA DE REFERENCIA: representa un punto avanzado de desarrollo al que se quiere conducir al sistema disturbado. Su elección y análisis se requiere cuando se quiere rehabilitar o restaurar un área, más no cuando sólo se quiere recuperar atributos perdidos o alterados.

SUCESIÓN: proceso a través del cual se reemplazan las especies y las comunidades a través del tiempo y en el espacio.

SUCESIÓN PRIMARIA: proceso de reemplazamiento de especies y comunidades en un área que no cuenta con un legado genético previo, es decir, no presenta un banco de semillas, por lo que el éxito de la sucesión dependerá de la oferta de propágulos que puedan arribar desde las áreas adyacentes, así como de las condiciones microclimáticas y características del sustrato.

SUCESIÓN SECUNDARIA: proceso de reemplazamiento de especies y comunidades en áreas que se caracterizan por presentar un banco de semillas (legado genético), que unido a los nutrientes del suelo y a los propágulos que arriban desde las áreas adyacentes permiten un restablecimiento mucho más rápido.

TENSIÓN: estímulo que tiene la capacidad de desviar la trayectoria de un ecosistema. Por ejemplo, en un área degradada por actividad agropecuaria, una de las tensiones es el pisoteo de la vaca (estímulo), el cual genera compactación en el suelo reduciendo así su porosidad y con ello la capacidad de infiltración de agua. En este caso el factor tensionante es la vaca, mientras que la tensión es el pisoteo.

TRAYECTORIA ECOLÓGICA: es aquella que describe la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo. En la restauración, la trayectoria empieza con el área degradada y progresa hacia el estado deseado.

VULNERABILIDAD: condición propia de un sistema para ser afectado por la materialización de una amenaza y por la incapacidad local para recuperarse de sus efectos.

BIBLIOGRAFÍA

Acero, D. 2000. Árboles, gentes y costumbres. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Plaza & Janes, Editores Colombia S. A. Primera edición.

Acero, L. 2005. Plantas útiles de la Cuenca del Orinoco. B.P. Exploration Company (Colombia) Limited, Ecopetrol y Corporinoquía. Zona Ediciones. Primera edición.

Acosta, A., A.M. Zapata & G. Fagua. 2009. Técnicas de campo en ambientes tropicales. Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. Pontificia Universidad Javeriana. 215 pp.

Acuerdo 9 de 1090. Creación del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Concejo de Bogotá.

Acuerdo 34 de diciembre 30 de 1993. “Por el cual se organiza la Personería de Santafé de Bogotá, se establece su estructura básica, se señalan las funciones de sus dependencias, la planta de personal y se dictan otras disposiciones”.

Acuerdo 257 de noviembre 30 de 2006. “Por el cual se dictan normas básicas sobre la estructura, organización y funcionamiento de los organismos y de las entidades de Bogotá, Distrito Capital, y se expiden otras disposiciones”.

Acuerdo 305 de 2008. Por el cual se adopta el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas para Bogotá, D. C., 2008 - 2012. Concejo de Bogotá.

Acuerdo 333 de 2008. Por el cual se desarrolla la política de reducción de costos ambientales en las entidades del Distrito Capital y se crea la figura de gestor ambiental.

Agudelo, C. 2006. Riqueza Biótica Quindiana. Universidad Del Quindío. Armenia.

Aguilar, M. 2009. El papel de las caracterizaciones diagnósticas en la restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa, S.C. Perilla, N. Garzón-Yepes & D.C. Rondón (eds.). Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por Minería a Cielo Abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Alcaldía Mayor de Bogotá. 2003. Decreto 472 del 2003. Por medio del cual se reglamenta la arborización, aprovechamiento, tala, poda, trasplante o reubicación del arbolado urbano y se definen las responsabilidades de las entidades distritales en relación con el tema.

Alcaldía Mayor de Bogotá. 2004. Decreto 190 del 2004. Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 del 2000 y 469 del 2003.

Alcaldía Mayor de Bogotá, Subdirección Ambiental Sectorial. 2006. Diagnóstico de la calidad del aire en Bogotá, D. C. En línea: <http://observatorio.dama.gov.co/anexos/pdf/memorias/4.pdf>. Consulta junio 2009.

Alcaldía Mayor de Bogotá & Corporación Arco Iris. 2004. El desplazamiento en Bogotá, una realidad que clama atención. Bogotá, Colombia. 90 pp.

Alcaldía Mayor de Bogotá & Departamento Administrativo de Medio Ambiente - DAMA. 2006. Política de Humedales del Distrito Capital. 120 pp.

Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente -SDA & Secretaría Distrital de Planeación -SDP. 2010. Plan de gestión para el desarrollo rural sostenible de Bogotá D.C. Cartilla Divulgativa. 64 pp.

Alcaldía Mayor de Santa Fé de Bogotá & Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Plan de Ordenamiento Territorial. Documento técnico de soporte. Bogotá, 462 pp.

Alcañiz, J.M., O. Ortiz & V. Carabassa. 2009. Utilización de fangos de depuradora en restauración. Manual de aplicación en actividades extractivas y terrenos marginales. Ed. Agència Catalana de l'Aigua, DMAH, Generalitat de Catalunya, (1ª edición española, junio 2009), 114p. ISBN 978-84-393-7936-2.

Allen-Wardell, et al. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12(1):8-17.

Alonso, M. 1999. Helecho macho, salud animal y salud humana. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia.* 16: 528-541.

Álvarez, C. & A. Lara. 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. *Bosque.* 29: 181- 191.

Alvarez, G.D., G. Tovar, F. Bocanegra, J. Chaparro, G. Caicedo, D.A. Rodríguez & L.E. Cardoso. 2009. Manual de silvicultura urbana para Bogotá. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 182 pp.

Alzate, F., Gómez, M. C. & S. L. Rodríguez. 2008. Especies vegetales del Altiplano del Oriente Antioqueño en peligro de Extinción. International Tropical Timber Organization – ITTO, Corporación Autónoma Regional de Rionegro-Nare – Cornare, Universidad Católica de Oriente. Editorial Lealon.

Andrés, P. 2009. La restauración ecológica: objetivos y aspectos generales. Págs: 21-33 en: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa, S.C. Perilla, N. Garzón-Yepes & D.C. Rondón (eds.). *Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por Minería a Cielo Abierto.* Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Araujo, I., N. Angulo, C. Cárdenas, M. Méndez, M. Morante & M. Machado. 2005. Biorremediación de suelos con consorcio bacteriano, compostaje y fertilización. *Biológicos.* 38: 1-14.

Arellano, H. & J. O. Rangel-Ch. 2008. Patrones en la distribución de la vegetación en áreas de páramo de Colombia: heterogeneidad y dependencia espacial. *Caldasia* 30(2):355-411.

Aronson, J., S.J. Milton & J.N. Blignaut (eds.). 2007. *Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice*. Island Press, Washington. 384 pp.

Aronson J., D. Renison, J. Rangel, S. Levy Tacher, C. Ovalle & A. Del Pozo. 2007. Reconstrucción del capital natural: sin reservas no hay bienes y servicios. *Ecosistemas* 16(3) 15-24.

Asociación Red Colombiana De Reservas Naturales De La Sociedad Civil, Asociación Para El Estudio Y La Conservación De Las Aves Acuáticas En Colombia- Calidris & WWF Colombia. 2004. Manual para el monitoreo de aves migratorias. Fortalecimiento de capacidades para la conservación de aves migratorias neotropicales en la Red de Reservas Naturales de la Sociedad Civil. Cali, Colombia. 54 pp.

Bai, Z.G., D.L. Dent, L. Olsson & M.E. Schaepman. 2008. Global assessment of land degradation and improvement 1: identification by remote sensing. Report 2008/01, FAO/ISRIC – Rome/Wageningen.

Bardi, J. C. 1987. *Plantas medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica*. Editorial América, C. A. Caracas, Venezuela.

Barlow, J.T. Haugassen, C.A. Pérez. 2002. Effects of ground fires on understory bird assemblages in Amazonian forest. *Biological Conservation* 105:157-69.

Barredo, J.I. 1996. *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. RA-MA. Madrid. 264 pp.

Barredo, J.I., Annetty Benavides, Javier Hervás & Cees J. van Westen. 2000. Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. *JAG*, volume 2 – Issue 1, p. 9 – 23.

Barrera, J.I., F. Ríos & C.A. Pinzón. 2002. Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los Cerros de Bogotá. *Pérez Arbelaezia* 13: 55 - 71.

Barrera, J.I. EtAl. Metodología para abordar la restauración ecológica, en el marco de la sostenibilidad, de la microcuenca Santa Helena, municipio de Suesca, departamento de Cundinamarca-Colombia. [en línea]. Cuba. 2005. ISBN 959-250-156-4. Disponible en: www.dama.gov.co. [Última consulta: Diciembre 2009].

Barrera, J.I., G. Camargo & S. Montoya. 2004. Diseños para la restauración ecológica de la Cantera Soratama, Localidad de Usaquén, Bogotá, D.C., Colombia. Pontificia Universidad Javeriana y Departamento Técnico Administrativo. En línea: www.secretariadeambiente.gov.co/sda/.../restauracion/1_ar10.pdf. [Última consulta: Diciembre 2009]

Barrera, J.I. & C. Valdés C. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas

disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum* Edición Especial II, 12:11- 24.

Barrera, J. I., C. Campos & S. Montoya. 2007. Experiencias piloto de restauración ecológica de canteras mediante el uso de biosólidos como enmienda orgánica en Bogotá. *Universitas Scientiarum*. 12: 5-11. Edición Especial II.

Barrera, J.I. 2008. Modelos teóricos y experimentales en ecología de la restauración. Págs.: 23-36 en: Barrera-Cataño, J.I., M. Aguilar & D.C. Rondón-Camacho (eds.). Experiencias de restauración ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. 274 pp.

Barrera-Cataño, J.I., C. Valdés-López, A.C. Moreno-Cárdenas, A. Cárdenas, A. Clavijo & V. Corso. 2008. Estrategias de restauración ecológica en la microcuenca Santa Helena (vereda El Hatillo), municipio de Suesca, departamento de Cundinamarca-Colombia. Págs.: 185-197 en: Barrera-Cataño, J.I., M. Aguilar & D.C. Rondón-Camacho (eds.). Experiencias de restauración ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. 274 pp.

Barrera, J.I. 2009. Barreras al establecimiento natural y a la restauración ecológica de áreas afectadas por minería a cielo abierto. Págs: 35-44. en: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, S.C. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Barrera, J.I. 2010. Estrategias de restauración ecológica del bosque altoandino afectado por diferentes tipos de disturbios, en los alrededores de Bogotá - Colombia. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Bartholomaeus, A., A. De La Rosa, J.O. Santos, L.E. Acero & W. Moosbrugger. 1998. El Manto de la Tierra. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez (CAR), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Panamericana Formas e Impresos, S.A. Tercera edición.

Bayon, F. 2007. Ensayo de filología colombiana. Unimedios. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Beeby, A. 1993. *Applying Ecology*. First edition. Chapman and Hall. London - England. 441 pp.

Begon, M., J. Harper & C. Towsed. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Edit. Omega. Tercera Edición. 1148 pp.

Benavides, J., G. Quintero, A. Guevara, D. C. Jaimes, S. M. Gutiérrez & J. Miranda. 2006. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. *Nova*. 4: 82:90.

Bernal, R., G. Galeano, Z. Cordero, P. Cruz, M. Gutiérrez, A. Rodríguez & H. Sarmiento. 2006. Diccionario de nombres comunes de las plantas de Colombia. Versión en línea. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/diccionario/>. [Última consulta: Diciembre 2009].

Bernier, R. & M. Alfaro. 2006. Acidez de los suelos y efectos del encalado. Instituto de Investigaciones agropecuarias, INIA. Osorno, Chile. Boletín No.151, 46 pp.

Bersier, L.F. & D.R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forest – the relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. *Acta Oecology International Journal of Ecology* 15:561-76.

Borja, C. & S. Lasso. 1990. Plantas nativas para reforestación en el Ecuador. Fundación Natura (EDUNAT III) – AID. Quito Ecuador.

Bradshaw, A.D. 1987a. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: Jordan WR, Gilpin ME and JD Aber (eds). *Restoration ecology*. Cambridge University Press. 53-74 pp.

Breimer, R.F., A.J. Van Kekem & H. Van Reuler. 1986. Guidelines for soil survey and land evaluation in ecological research. MAB Technical Notes 17, UNESCO.

Brewer, J.S. & T. Menzel. 2008. A Method for Evaluating Outcomes of Restoration When No Reference Sites Exist. *Restoration Ecology* 17(1):4-11.

Brown, S. & A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to Sustaining development. *Restoration Ecology* 2(2):97-111.

Brown Jr., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. Págs.: 349–404. En: N. M. Collins & J. A. Thomas (Eds). *The conservation of insects and their habitats*. R.E.S. Symposium XV. Academic Press. London.

Caldas, L. 1979. La flora ornamental tropical y el espacio urbano. Textos universitarios, Biblioteca Banco Popular. Cali, Colombia.

Calle, Z. 2003. Restauración de suelos y vegetación nativa: Ideas para una ganadería andina sostenible. Cipav. Cali, Colombia. 96 pp.

Camargo, L.F. 1969. Catálogo ilustrado de las plantas de Cundinamarca. Volumen II. Tomos IV-V. Santafé de Bogotá-Colombia. 297-413 pp.

Camargo, L.F. 1979. Catálogo ilustrado de las plantas de Cundinamarca. Primera edición. Volumen VII. Santafé de Bogotá-Colombia. 250-317 pp.

Carballas, T. 2000. Los incendios forestales. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España. 55 pp.

Cárdenas, A. 2005. Efecto de la plantación de chilco (*Baccharis latifolia* R. & P.) y corono (*Xylosma spiculiferum* Tr. & PL.) a diferentes densidades sobre la sucesión vegetal en fases iniciales en áreas afectadas por pastoreo en la microcuenca Santa Helena. Suesca. Cundinamarca. Trabajo de grado. Biología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. 129 pp.

Cárdenas, J. 1995. Descentralización y Ambiente: Construcción de Capacidad Municipal para la Gestión Ambiental Local en Colombia. En Revista Nómadas – Departamento de Investigaciones Universidad Central. Bogotá. Pp. 18.

Carpena, R. & P. Bernal. 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. Ecosistemas. 16: 1-4.

Carrizosa, J. 2002. Altiplanicies, páramos y bosques cundiboyacences: su papel en la concentración de poder, la guerra y la paz. En Montañez, G., F. Cubidez, S. Ramírez, N. Suarez, G. Ardila, J. Carrizosa, F. Zambrano, F. Franco & J. Arocha (eds). Dimensiones territoriales de la guerra y la paz, Colombia. 826 pp.

Carvajal, L., D. Puentes & J. Valero. 2008. Catálogo Ilustrado de Especies del Piedemonte Llanero en el Departamento del Meta. Corporación para el desarrollo sostenible del área de Manejo especial la Macarena, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Detrominerales Colombia, Ltda.

Cipollini, K.A., A.L. Maruyama & C.L., Zimmerman. 2005. Planning for Restoration: A decision analysis approach to prioritization. Society for Ecological Restoration International Vol 13, No. 3, 460 – 470 pp.

Clark, D. 2002. Factores edáficos y la distribución de las plantas. Pág. 194-220. En Guariguata M. & G. Kattan (eds). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Costa Rica.

Clavijo, A. 2005. Dispersión de semillas por aves como herramienta de restauración en un área degradada por uso agropecuario en la microcuenca Santa Helena, municipio de Suesca (Cundinamarca-Colombia). Trabajo de grado. Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 93 pp.

Clewell, A. 2005. "Guidelines for developing and managing ecological restoration projects". 2 Edition. En línea: www.ser.org. Tucson: Society for Ecological Restoration Internacional. [Última consulta: Diciembre 2009]

Connel, J. & R. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. American Naturalist 111: 1119-1144

Concejo de la tierra, Universidad para la Paz, Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Centro Internacional de Defensoría del Ambiente y el Desarrollo (OmCED), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2002. La cumbre de la tierra: ECO 92, visiones diferentes. San José de Costa Rica. Pp. 454.

Conservación Internacional Colombia & Secretaría Distrital de Ambiente. 2010. Formulación de la Política Distrital de Biodiversidad, sus lineamientos de conectividad y su plan de acción. Tercer Informe. 20 pp.

Constitución Política de Colombia. 1991. Asamblea Nacional Constituyente.

Contraloría de Bogotá. 2006. Informe sobre el estado de los recursos naturales y del medio ambiente de Bogotá D.C. 236 pp.

Corporación Autónoma Regional de Caldas - Corpocaldas. 2006. Taller Internacional Sobre Gestión del Riesgo a Nivel Local el Caso De Manizales, Colombia. Obras de Reducción y Mitigación de Riesgos en el Departamento de Caldas. 34 pp.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. 2004. Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Primera edición. Bogotá, Colombia. 872 pp.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2006. Plan De Manejo Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental De Bogotá. En línea www.car.gov.co [Última consulta: Enero 2010]

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. 2009. Por medio de la cual se prohíbe la plantación, trasplante, venta, distribución y comercialización de las especies Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*) y Retamo Liso (*Teline monspessulana*) y se adoptan otras disposiciones. Resolución 469 de 2009.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. 2010. Plan de gestión Social para la compra de áreas y derechos adquiridos sobre los terrenos que requiere el Proyecto de adecuación Hidráulica del río Bogotá. 116 pp. En línea http://www.car.gov.co/documentos/3_5_2010_3_03_38_PM_PLAN_GESTI%C3%93N_ADEC_HIDR_R%C3%8DO%20BOGOT%C3%81.pdf [Última consulta: Marzo 2010].

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal –CONIF. 2003. Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Guía metodológica. 98 pp.

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal –CONIF & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT. 2007. Protocolo de Restauración de Coberturas Vegetales Afectadas por Incendios Forestales. Bogotá. 63 pp.

Correa, A. 2000. La explotación racional de canteras y su incidencia en el medio ambiente. CER- Restauración de ecosistemas alterados por la explotación minera. Bogotá. 13 pp.

Correa, J. & H. Bernal. 1992. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo VII. Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello. Bogotá.

Costanza, R., R. D'Arge, R. Groot, S. Farber, M. Grason. B. Hunnon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton & M. van den Belt. 1997. The value of world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Corso, V. & J.I. Barrera. 2008. Efecto de la plantación de ciro (*Baccharis bogotensis* H.B.K) y espino (*Duranta mutisii* L.F) a dos edades diferentes sobre las primeras etapas sucesionales de la vegetación en la microcuenca Santa Helena (Municipio de Suesca, Cundinamarca). Págs: 199-212. En: Barrera-Cataño, J.I., M. Aguilar- Garavito y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Cuatrecasas, J. 1967. Revisión de las especies colombianas del género *Baccharis*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. 13: 5-102. Bogotá.

Cuatrecasas, J. 1969. Prima Flora Colombiana. 3. Compositae-Astereae. Webbia 24(1): 1-335.

Cubero, D. 1999. Barreras vivas y su aplicación en la agricultura conservacionista. XI Congreso nacional Agronómico / III Congreso nacional de suelo.

Curry, J. 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. Cap: 3. Págs. 37- 64 En: Edwards, C (ed). 1998. Earthworm Ecology. St. Lucie Press. USA.

Daily, G. 2000. Management objectives for the protection of ecosystem services. Environmental Science & Policy 3: 333-339

Decreto 2811 de diciembre 18 de 1974. “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”.

Decreto 619 de julio 28 de 2000. “Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital”

Decreto 1729 de agosto 6 de 2002. “Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.

Decreto No. 61 de marzo 13 de 2003. “Por el cual se adopta el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital”.

Decreto 190 de junio 22 de 2004. “Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003”.

Decreto 625 de 2007. Por el cual se organizan las Comisiones Ambientales Locales en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.

Decreto 456 de diciembre 23 de 2008. “Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental y se dictan otras disposiciones”

Decreto 509 de 2009. Por el cual se adopta el Plan de Acción Cuatrienal Ambiental PACA 2009 - 2012.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. 2008. Censo general Nacional 2005. Presidencia de la República

Departamento Administrativo para la Función Pública, Defensoría del Pueblo, Veeduría Distrital & Ministerio de Interior y Justicia. 2003. Plan Nacional de Formación para el control

social de la gestión pública: participación en el control social a la gestión pública. Módulo 1: Momento de Sensibilización.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA. 2005. Memorias de Capacitación en Incendios Forestales. Alcaldía Mayor de Bogotá. 89 pp.

Departamento Administrativo del Medio Ambiente- DAMA. 2004. Política de humedales del Distrito Capital de Bogotá. Plan estratégico para su restauración, conservación y manejo. Bogotá. 73 pp.

Díaz, A. M., León, O. A. & O. Vargas. 2008. Supervivencia y crecimiento de plántulas de *Lupinus bogotensis*, implicaciones para la restauración. En: Vargas, O. (Ed.). Estrategias para la restauración Ecológica del Bosque Altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colección de textos 57: 151-172.

Díaz-Martín, R., Velasco-Linares, P. & O. Vargas. 2008. Los parches de especies pioneras colonizadoras de potreros y su papel en la reintroducción de plantas leñosas del bosque altoandino. En: Vargas, O. (Ed.). Estrategias para la restauración Ecológica del Bosque Altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colección de textos 57: 186-204.

Díaz-Piedrahita, S. & J. Cuatrecasas. 1999. Asteráceas de la Flora de Colombia. Senecioneae – I, Géneros *Dendrophorbium* y *Pentacalia*. Academia colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, Colombia.

Drury W. & I. Nisbet. 1973. Succession. *Journal of the Arnold Arboretum* 54(3): 331-368

Ehrenfeld, J.G. 2000. Defining the limits of restoration: the need of realistic goals. *Restoration Ecology* 8(1):2-9.

Emerton, L. & E. Bos. 2004. Valor. Considerar a los ecosistemas como un componente económico de la infraestructura hídrica. UICN. 88 pp.

Espinal, L.S. 1980. Apuntes sobre la flora de la Region Central del Cauca. Universidad del Valle, Cali. Primera edición.

Esquivel, M. & Z. Calle. 2002. Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en la Cordillera Occidental Colombiana. *Agroforestería en las Américas* 9: 33-34

Eswaran, H., R. Lal & P.F. Reich. 2001. Land degradation: an overview. In: Bridges, E.M., I.D. Hannam, L.R. Oldeman, F.W.T. Pening de Vries, S.J. Scherr & S. Sompatpanit (eds.) Responses to land degradation. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. Oxford Press. New Delhi, India.

Etter, A. 1991. Introducción a la ecología del paisaje. Bogotá, Colombia.

Falk, D.A., M.A. Palmer & J.B. Zedler (eds.). 2006. *Foundations of Restoration Ecology*. Island Press, Washington. 364 pp.

Ferrera, R., N. Rojas, H. Poggi, A. Alarcón & R. Cañizales. 2006. Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 48: 179- 187.

Flórez, A. 2002. Movilidad altitudinal de páramos y glaciares en los Andes Colombianos. Congreso Mundial de Páramos, Memorias. Paipa, Boyacá. 30 pp. En línea en: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/movilidad.pdf> [Última consulta: Diciembre 2009]

Foster, A. 1990. *Métodos aprobados en conservación de suelos*. Editorial Trillas. México. 411 pp.

Frouz, J., B. Keplin, V. Pižl, K. Tajovský, J. Starý, A. Lukešová, A. Nováková, B. Balík Vladimír, L. Háněl, J. Materna, C. Düker, J. Chalupský, J. Rusek & T. Heinkele. 2001. Soil biota and upper soil layer development in two contrasting post-mining chronosequences. *Ecological Engineering* 17:275-284.

García, M. 2005. Influencia de la tala rasa en el medio ambiente a través de un estudio realizado en la localidad de San Andrés. En línea: www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/.../1_ar17.pdf [Última consulta: Noviembre 2009]

García-Barriga, H. 1975. *Flora Medicinal de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Talleres Editoriales de la Imprenta Nacional. Bogotá, Colombia.

García-Barriga, H. 1992. *Flora medicinal de Colombia*. Tomo II. Segunda edición. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia.

García, N., O. Vargas & Y. Figueroa. 2006. *Los Cerros Orientales y su flora – El Acueducto de Bogotá, sus reservas y su gestión ambiental*. Acueducto de Bogotá. Bogotá.

Garzón, A., D. Vélez, A. Morales & E. Salazar. 2006. *Plan de restauración y manejo ambiental para las lagunas de Meridor*. Informe Final. 152 pp.

Giraldo, F., J. García, A. Bateman & A. Alonso. 2006. *Hábitat y Pobreza, los objetivos de desarrollo del milenio desde la ciudad*. ONU Hábitat. 178 pp.

Glenn-Lewin, D.C., R.K. Peet & T.T. Veblen (editors). 1992. *Plant Succession: Theory and Prediction*. Chapman and Hall, London, UK.

Gleason, H.A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53: 7-26.

Gómez, J., G. Dávila, R. Saavedra & C.O. Gómez. 2006. *Guía práctica para el manejo y conservación de suelos de ladera en los municipios de Restrepo y Dagua, Valle del Cauca*. Corpoica y Corporación

Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC-. 22 pp.

González, T. 1995. Manual de obras civiles. Primera edición. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 88 pp.

Green, K. 1992. Spatial imagery and GIS. *Journal of Forestry* 90(11):32-36.

Guacaneme, S.M. 2005. Efecto de la aplicación de biosólidos en diferentes proporciones en la recuperación de un suelo disturbado por actividad extractiva. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Ecología.

Guacaneme, S.M. 2008. Primer muestreo de la vegetación en los diseños de restauración ecológica implementados en el Aula Ambiental Soratama “En La Tierra del Sol” Corporación para el Desarrollo Ambiental del Territorio Soratama – Corposoratama – Secretaria Distrital de Ambiente. Bogotá. D. C. 106 pp.

Harling, G. & L. Andersson. 1989. Flora de Ecuador (No. 38), Polygonacea. Department of Systematic Botany. University of Goteban. Stockholm. Suecia.

Harris J.A., R.J. Hobbs, E. Higgs & J. Aronson. 2006. Ecological restoration and global climate change. *Restoration ecology* 14(2): 170 -176.

Helmens K. & T. Van der Hammen. 1995. Memoria explicativa para los mapas del Neógeno-Cuaternario de la Sabana de Bogotá – Cuenca Alta del Río Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia). En: van der Hammen, T. (Eds.). 1995. Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y alrededores. *Rev. Análisis Geográficos* 24:91-142.

Hernández, M. 1992. Plantas Colombianas, su aplicación medicinal. Biblioteca Banco Popular. Colección Textos Universitarios.

Hernández, E. 1996. Programa de restauración y usos futuros de terrenos alterados por labores mineras. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 12 pp.

Heyer, M., R. Donnelly, L. Mcdiarmid, C. Hayek & M. Foster (eds.). 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

Hobbs R.J. & D.A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration ecology* 4:93 - 110.

Hobbs, R.J. & J.A. Harris. 2001. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration ecology* 9(2):239-246.

Holl, K. 1998. Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture?. *Restoration ecology*. 6: 253- 261.

Holl, K., M, Loik, E. Lin & I. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Cost Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration ecology*. 8:339- 349.

Holling, C.S. 1973. "Resilience and stability of ecological systems". *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol 4:1-23

Hooghiemstra, H. 1995. Los últimos tres millones de años en la Sabana de Bogotá: Registro continuo de los cambios de vegetación y clima. En: van der Hammen, T. (Ed. Cien.). 1995. Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y alrededores. *Rev. Análisis Geográficos* 24:34-50.

Howe, H. & J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematic* 13:201-28.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM. 2001. El medio ambiente en Colombia. Volumen 3: La Atmósfera, el tiempo y el clima, I Parte. 91 pp. En línea: <http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap3-i.pdf>. [Última consulta: Noviembre 2009]

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM & Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE. 2007. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. Milenio (Eds). 118 pp.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM. 2008. Registro histórico de precipitaciones para Bogotá. En línea www.ideam.gov.co [Última consulta: Diciembre 2009]

Instituto Alexander von Humboldt - IAvH. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa inventarios de Biodiversidad. Grupo de exploración y monitoreo ambiental GEMA. Bogotá, Colombia. 235 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 1997. Evaluación de la vulnerabilidad. Informe especial de impactos regionales del cambio climático. Resumen para responsables de política.

Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis” – JBBJCM. 2008. Censo arbolado urbano. En línea: <http://www.jbb.gov.co/jardinbotanico/censo/> [Última consulta: Julio 2010].

Jarro, C. 2004. Guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 88 pp.

Jarro, C. 2005. Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por la expansión agropecuaria en el Distrito Capital. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 155 pp.

Jones, G., K. Sieving, M. Avery & R. Meagher. 2005. Parasitized and no-parasitized prey selectivity by an insectivorous birds. *Crop protection* 24:85-9.

Jorba, M. & R. Vallejo. 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas* 17 (3): 119-132. En línea: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=577>

Jordan, W.R., M.E. Gilpin & J.D. Aber. 1987. Restoration ecology: ecological restoration technique for basic research. In *Restoration Ecology*, eds. W.R. Jordan, M.E. Gilpin & J.D. Aber, pp. 3-21. Cambridge University Press.

Killeen, T., E. García, & E. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. Saint Louis.

Kopta, F. 1999. Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba. Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo – ACUDE. Córdoba, Argentina. 203 pp.

Kremen, C., R. Colwell, T. Erwin, D. Murphy, R. Noss & M. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology*. 4: 796-807.

Kuijt, J. 1986. Loranaceae. En: Harling, G. & B. Sparre (eds.). *Eremolepidaceae, Viscaceae, Loranaceae*. Department of Systematic. University of Göteborg and Swedish Museum of Natural history. Göteborg and Stockholm. *Flora of Ecuador* 24: 113–194.

Lema, M. & P. Rodríguez. 2006. Encalado de suelos ácidos. Aluminio como criterio. Respuesta de la cebada. *Revista Agropecuaria*. 75: 784- 791.

León, O.A. & O. Vargas. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica de áreas con plantaciones de pino. En: Vargas, O. (ed.). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C

León, O. A. Díaz, A. M., & O. Vargas. 2008. Generación de doseles, un primer paso para la restauración ecológica. En: Vargas, O. (Ed.). *Estrategias para la restauración Ecológica del Bosque Altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca)*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colección de textos 57: 173-204.

Ley 99 de diciembre 2 de 1993. “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”. Congreso Nacional de la Republica. Colombia.

Ley 195 de noviembre de 1994. “Por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”

Ley 388 de julio 18 de 1997. “Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones”.

Linares, E., G. Galeano, N. García & Y. Figueroa. 2008. Fibras vegetales empleadas en artesanías

en Colombia. Artesanías de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Lomas, P.L., B. Martín, C. Louit, D. Montoya, C. Montes & S. Álvarez. 2005. Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Universidad Autónoma de Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 78 pp.

Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*. 11: 397-409.

Longino, J. & R. K. Colwell. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest: *Ecological Applications* 7:1263-1277.

López, R. & J. Cervantes. 2002. Unidades del paisaje para el desarrollo sustentable y manejo de los recursos naturales. *Cultura Estadística y Geográfica* No. 20: 43-49.

López, S., M. Gallegos, L. Pérez & M. Gutiérrez. 2005. Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. *Revista Int. Contam. Ambient.* 21: 91 -100.

Lozano, P., Bussman, R., Kupers, M., & D. Lozano. 2008. Deslizamientos naturales y comunidades pioneras de ecosistemas montañosos al occidente del parque nacional Podocarpus (Ecuador). *Caldasia* 30(1): 1-19.

Luken, J.O. 1990. *Directing Ecological Succession*. Chapman and Hall, London, UK.

Luteyn, J., S. E. Clemants, G.M. Diggs, L.J. Dorr, W.S. Judd, P.D. Sørensen, P.F. Stevens & G.D. Wallace. 1995. Ericaceae, Part II. The Superior-Ovaried Genera (Monotropeoideae, Pyroloideae, Rhododendroideae, and Vaccinioideae P.P.). En: Luteyn, J. (ed.). *Flora Neotropica, Monograph 66*. Organization for Flora Neotropica, The New York Botanical Garden, New York.

Mahecha, G.E., R. Rodríguez, & L. E. Acero. 1984. Estudio dendrológico de Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

Mahecha, G. E., A. Ovalle, D. Camelo, A. Roza & D. Barrero. 2004. Vegetación del Territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Primera edición. Bogotá, D. C. Colombia.

Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Primera edición. Princeton University Press. New York. . 200 pp.

Manrique, O. 2004. Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

- Margalef, R.** 1963. On certain unifying principles in ecology. *American Naturalist* 97: 357 - 374.
- Margalef, R.** 1968. Perspectives in Ecological theory. University of Chicago Press, Chicago.
- Márquez, G.** 2003. Ecosistemas estratégicos de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Martín, M. & A. González.** 2004. Tratamientos biológicos de suelos contaminados: contaminación por hidrocarburos: Aplicaciones de hongos en tratamientos de biorrecuperación. *Revista Iberoamericana de Micología*. 21: 103 – 120.
- Martínez, C. & B. Fernández.** 2001. Papel de la hidrosiembra en la revegetación de escombreras. *Informes de la construcción*. 53: 27-37.
- Matteucci, S. & A. Colma.** 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía N° 23. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken & K.S. White.** 2001. Climate change: Impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- McGeoch, M.A.** 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*. 73:181-201.
- Medina, C. & G. Kattan.** 1996. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva forestal de Escalerete. *Cespedesia*. 21: 89-102.
- Mesa ambiental de Cerros Orientales.** 2008. Territorios populares, ambiente y hábitat. Propuestas de política pública desde los Cerros Orientales de Bogotá. Primera edición. Ediciones Gente Nueva. Bogotá. 64 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.** 2002. Plan Nacional de Prevención Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas. Bogotá. 64 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.** 2003. Restauración de ecosistemas. A partir del manejo de la vegetación. Guía metodológica. Banco Mundial. MAVDT, CONIF. 96 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.** 2005. Documento técnico de soporte redelimitación y zonificación de la reserva forestal protectora "Bosque Oriental de Bogotá". En línea www.minambiente.gov.co. [Última consulta: Diciembre 2009]
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.** Por publicar. Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas. República de Colombia. 117 pp.

Ministerio de Minas y Energía - Ministerio del Medio Ambiente - MAVDT. 2002. Guía Minero Ambiental. Bogotá. Colombia. 109 pp.

Miranda, B.T. 2009. Estrategias para la restauración del componente suelo en áreas afectadas por minería. Págs: 161- 173. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, S.C. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Mogollon, M. 2005. Caracterización fisicoquímica de los humedales artificiales. Trabajo de grado. Especialista en Química Ambiental. Universal Industrial de Santander. Bucaramanga. 138 pp.

Molina P., L. F. Osorio & E. Uribe. 1997. Cerros, humedales y áreas rurales. Santa Fé de Bogotá D.C. DAMA 190 pp.

Montagnini, F., B. Eibl, R. Fernandez & M. Brewer. 2006. Estrategias para la restauración de paisajes forestales. Experiencias en Misiones, Argentina. II Congreso Forestal Latinoamericano. Chile. 13 pp.

Montenegro, A. L. & O. Vargas. 2008. Atributos vitales de especies leñosas en tres tipos de borde de bosque altoandino. En: Vargas, O. (Ed.). Estrategias para la restauración Ecológica del Bosque Altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colección de textos 57: 231-265.

Montes, N. 2009. El papel de la fauna en la restauración ecológica de áreas degradadas. Págs: 139 – 150. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, S.C. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Montes, L. & P. Eguiluz. 1996. El Cerro, frontera abierta. Recorrido ecológico por el Cerro de Usaquén. Primera edición. Embajada de España, Fondo FEN Colombia. Editorial Santillana, S.A. Santafé de Bogotá – Colombia.

Montoya–Villarreal, S. & O. Manrique. 2005. Gestión Ambiental en Restauración Ecológica para Bogotá D.C, Colombia. (En línea). Cuba. ISBN 959-250-156-4. *Disponible en: www.dama.gov.co* [Última consulta: Diciembre 2009]

Montoya, S. 2007. Retrospectiva y desafíos de la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA- frente a la restauración ecológica en Bogotá, D.C. Págs: 51 -66. En: Barrera, J. I, D. C. Rondón y M. Aguilar-Garavito (eds.). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.

Moreno-Peñaranda, R., F. Lloret & J.M. Alcaniz. 2004. Effects of sewage sludge on plant community composition in restored limestone quarries. *Restoration Ecology*, 12, 290-296.

Moreno, S. & O. Molina. 2008. Plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas Bogotá, D.C., 2008 – 2012. “Bogotá Positiva: Para vivir mejor”. Alcaldía Mayor de Bogotá y Secretaria Distrital de Planeación. Bogotá. 115 pp.

Moreno V., J. García & J. Villalba. 2006. Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C. Sociedad Geográfica de Colombia. En línea: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>. [Última consulta: Diciembre 2009]

Muñoz, R. 2008. El Diagnóstico participativo. Universidad Estatal a Distancia -EUNED, (Editores). San José de Costa Rica. 164 pp.

Munasinghe M. & R. Swart. 2005. Primer on climate change and sustainable development. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Murgueitio, E. & Z. Calle. 1999. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. Págs: 55- 88. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal. En: Sánchez, M. y M. Rosales. Roma.

Murgueitio, E. & M. Ibrahim. 2004. Ganadería y medio ambiente en América Latina. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal.

Narváz G. & G. León. 2001. Caracterización y zonificación climática de la región Andina. Meteorología Colombiana, Vol. 4:121-126.

Noble, I. & R. Slatyer. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5-21.

O'Brien, K. L. & R. M. Leichenko. 2000. Double Exposure: Assessing the Impacts of Climate Change Within the Context of Economic Globalization. *Global Environmental Change* 10, 221-232.

Ochoa, J. 1998. Análisis preliminar de los efectos Del aprovechamiento de maderas Sobre la composición y estructura de bosques en la Guayana Venezolana. *Interciencia*. 23: 197- 207.

Ochoa, A.C. & J.I. Barrera-Cataño. 2007. Efecto de la aplicación de biosólidos, sobre el desarrollo de la vegetación en las primeras etapas sucesionales, en la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. *Universitas Scientiarum*. Edición especial II, Vol. 12, 57-72.

Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262 - 270.

Onaindia, M. 2007. Sostenibilidad Ecológica. Forum de Sostenibilidad, UNESCO, 11 pp.

Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1992. Declaración De Río Sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro. 7 pp.

Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro.

Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas

sobre el Cambio Climático. New York. 27 pp.

Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1997. Protocolo De Kyoto De La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático. Kyoto. 25 pp.

Ortega, J. 2010. Participación ciudadana en la gestión ambiental. Web de Psicología Ambiental: análisis, reflexión y aplicaciones. 2 pp. En línea: http://psicologia-ambiental.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=48. [Última consulta: Julio 2010].

Ortíz, L. & O. Vargas. 2008. Crecimiento y supervivencia de especies nativas en bordes de avance. En: Vargas, O. (Ed.). Estrategias para la restauración Ecológica del Bosque Altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colección de textos 57: 307-320.

Parmesan C. & G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37 - 42.

Parra-O, C. 2002. New combinations in South American Myricaceae. *Brittonia* 54(4): 322-326.

Pearman, P. 2002. The scale of community structure: habitat variation and avian guilds in tropical forest understory. *Ecology Monographs* 72:19-39.

Pedraza-Peñalosa, P., J. Betancur & P. Franco-Roselli. 2004. Chisacá, un recorrido por los páramos Andinos. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición. Bogotá, Colombia.

Pedrero, A., A. Gantz & M. Saavedra. 1996. Nidos artificiales en plantaciones de *Pinus radiata* en el sur de Chile: ¿una herramienta para mitigar impactos ambientales negativos? *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 393- 400.

Pérez, A. 2000. Estructura Ecológica Principal de la Sabana de Bogotá. Sociedad geográfica de Colombia. Disertación en los Martes del Planetario. 37 pp. en línea www.sogeo.edu.co. [Última consulta: Mayo 2010]

Pérez-Arbeláez, E. 1996. Plantas útiles de Colombia. Fondo FEN Colombia.

Pérez, A., C. Fontecoba, D. Grassi & A. Fernández. 2007. Eficiencia de plantas acuáticas para la biorremediación de aguas contaminadas con elementos tóxicos. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Universidad de Buenos Aires.

Pérez, J., G. García & E. García. 2002. Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avance y Perspectiva*. 21: 297- 300.

Perfecto et al. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident Neotropical birds. *Ecology* 85:2677-81

Perrow, M.R. & A.J. Davy (eds). Handbook of ecological restoration: restoration in practice. Cambridge University Press. Cambridge UK. 444 pp.

Pickett, S.T.A., S.L. Collins, & J.J. Armesto. 1987. A hierarchical consideration of causes and mechanisms of Succession. *Vegetation* 69: 109-114.

Pittier, H. 1978. Manual de las plantas usuales de Venezuela y su implemento. Fundación Eugenio Mendoza. Editorial Ariel, S. A. Caracas.

Pluspetrol Perú Corporation- Pluspetrol & Transportadora de Gas del Perú - TGP. 2004. Protocolos detallados de monitoreo de indicadores biológicos. Modulo 2. Cap. 2. Pags.1-59. En Pluspetrol & TGP (eds). Programa de Monitoreo de Biodiversidad. Proyecto de Gas de Camisea Zona de Selva. Informe final. Perú.

Prado-Castillo, L.F, J.I. Barrera & S.P. Montoya. 2005. Programa de Evaluación y Seguimiento a proyectos de restauración ecológica del Distrito Capital. Pontificia Universidad Javeriana y Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá D.C., Colombia.

Prakash V. et al. 2003. Catastrophic collapse of Indian white-backed *Gyps bengalensis* and long-billed *Gyps indicus* vulture populations. *Biological Conservation* 109:381-90.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. 2008. Bogotá una apuesta por Colombia: informe de desarrollo Humano 2008. 344 pp.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD & A. Alzate. 2009. Mapeo Institucional: actores relacionados con el abordaje del cambio climático en Colombia. Proyecto Integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en programación por países de las Naciones Unidas. 31 pp.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA & Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA. 2003. Informe Geo Bogotá.

Ramírez, A. 1999. Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá. Colombia. 325 pp.

Ramírez, M. R., B. Pérez & A. Orozco. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. *Ciencias*. 85: 17- 25.

Ramos, R., G. Díaz & A. Domínguez. 2002. Macrófitas acuáticas: ¿contaminantes o soluciones de la contaminación por metales pesados? XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún-México. 8 pp.

Rangel-Ch, J.O. & Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Págs: 59-87. En: J.O. Rangel-Ch (ed). Colombia Diversidad Biótica II. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad nacional de Colombia. IDEAM. Bogotá.

Rees, M. & R. Hill. 2001. Large scale disturbances, biological control and the dynamics of gorse populations. *Journal of Applied Ecology*. 38: 364- 377.

Resolución 076 de marzo 31 de 1977. “Por la cual se aprueba un Acuerdo de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente –INDERENA”.

Resolución 247 de 2007. Por la cual se establece el Protocolo para el desarrollo de la estrategia de restauración ecológica participativa (REP) al interior de las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales y se toman otras determinaciones. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 10 pp.

Ricklefs, R. & G. Miller. 1999. *Ecology*. 4th ed, W.H. Freeman. New York.

Rigola, M. 1989. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona, España. 157 pp.

Ríos, H.F. 2001. Eliminación de la especie invasora *Ulex europaeus* L. (Fabaceae), como estrategia experimental de restauración de la vegetación en el cerro de Monserrate (Bogotá - Colombia). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia.

Ríos, H.F. 2005. Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital. Complejo invasor retamos espinoso (*Ulex europaeus* L.) y retamo liso (*Telina monspessulana* L. C. Koch). Jardín Botánico de Bogotá. José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 155 pp.

Ríos, H.F. & O. Vargas. 2003. Ecología de las especies invasoras. *Perez-Arbelaezia*. 14: 119 – 148.

Ríos, M. 1996. Plantas útiles del noroccidente de la Provincia de Pichincha. Segunda edición. Ediciones ABYA-YALA. Quito, Ecuador.

Ríos, M. Koziol, M. Borgstoft & G. Granada (eds.). 2007. Plantas útiles de Ecuador, aplicaciones, retos y perspectivas. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Herbario AAU, Universidad de Aarhus (Dinamarca), The Exotic Blends Company, Quito – Ecuador. Editorial Abya Yala.

Rivera, C.A. & A.M. Zapata. 2009. 6. Criterios generales para la recolección, preservación, manejo de muestras y monitoreo de ecosistemas acuáticos epicontinentales. Págs: 191-215 en: Acosta, A., A.M. Zapata & G. Fagua (eds.). Técnicas de campo en ambientes tropicales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Rivera, H. & J.A. Sinisterra. 2006. Uso social de la bioingeniería para el control de la erosión severa. Fundación Cipav. Valle del Cauca. 110 pp.

Rivera, C., A. Zapata, L.T. Valderrama, V. Páez, C. Barón, R. García, F. Vélez & D.C. Rondón. 2008. Evaluación de alternativa para el control de floraciones algales en el humedal Juan Amarillo. Págs: 233- 248. En: Barrera-Cataño, J.I., M. Aguilar- Garavito y D.C. Rondón-Camacho (eds.). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Rodríguez, D. 2006. Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. Revista Chapingo. 12: 111- 123.

Rodríguez, J.M. 2007. Rehabilitación de suelos contaminados. Págs: 227 – 249. En: Rey, J., T. Espigares & J. M. Nicolau (eds). Restauración de ecosistemas Mediterráneos. Universidad de Alcalá. España.

Rodríguez J.O. & J.R. Peña. 1984. Flora de los Andes, cien especies del Altiplano Cundi-Boyacense. Departamento Nacional de Planeación, Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suarez, CAR. Primera edición.

Rodríguez, A., P. Letón, R. Rosal, M. Dorado, S. Villar & J. Sanz. 2006. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid. España. 137 pp.

Rodríguez, N., D. Armenteras, M. Morales & M. Romero. 2004. Memoria técnica del Mapa de Ecosistemas de los Andes Colombianos 2000. Instituto Alexander von Humboldt. 154 pp.

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua. Uso del método BMWP/Col. Primera edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.

Roldán, G. & J.J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Colombia. 440 pp.

Rondón, J. & R. Vidal. 2005. Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas (Principios y Métodos). Revista Forestal de Latinoamerica. 38: 63- 82.

Rojas-Nossa, S. 2007. Estrategias de extracción de néctar por pinchaflores (Aves: *Diglossa* y *Diglossopis*) y sus efectos sobre la polinización de plantas de los altos Andes. Ornitología Colombiana 5: 21-39.

Romero, R. 1991. Frutas silvestres de Colombia. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Revista el mirador del Sabio Mutis. Segunda edición actualizada. Bogotá.

Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rozenzweig & J.A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57 - 60.

Sabroso, M. C. & A. Pastor. 2004. Guía sobre suelos contaminados. España. 109 pp.

Sadeghian, S. J. M. Rivera & M.E. Gómez. 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Págs: 77- 95. En:

Sánchez, M y M. Rosales (eds.). Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal. Roma.

Sakercioglu, C.H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *TREE* 21(8):464-471

Salamanca, B & G. Camargo. 1993. Sucesión vegetal y revegetalización estratégica en la conservación y restauración de los ecosistemas altoandinos del corredor del Teusacá. Cuenca Alta y Media del Río Teusacá, municipio de la Calera, Cundinamarca, Colombia). Santa Fe de Bogotá.

Salamanca, B & G. Camargo. 2002. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA. Fundación Estación Biológica Bachaqueros. Segunda edición. Bogotá, D.C. – Colombia.

Sánchez, L. El helecho macho: daños y consideraciones sobre su control. Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira.

Sánchez, G. 2002. Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. *Economía y Desarrollo* 1(1):79-98.

Sánchez, F., P. Sánchez & P. Cadena. 2004. Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes Centrales de Colombia. *Caldasia* 26(1): 291-309

Sánchez, K., F. Jiménez, S. Velásquez, M. Piedra & W. Romero. 2004. Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo de recurso hídrico de la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica.

Sarmiento, Y.C. & N.Y. Torres. 2008. Restauración en Explotaciones de Minas Caliza. *Revista Lunazul*. 27:75- 84.

Saunders, D.A., R.J. Hobbs & C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5(1): 18-28.

Secretaría Distrital de Ambiente - SDA. 2007. Atlas Ambiental de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. 156 pp.

Secretaría Distrital de Ambiente - SDA. 2007. Informe Final de Actividades. Febrero de 2005 – Octubre de 2006. Convenio Interadministrativo No. 023 de 2004. En línea www.secretariadeambiente.gov.co. [Última consulta: Diciembre 2009]

Secretaría Distrital de Ambiente – SDA. 2008. Informe Final de Actividades. Septiembre 18 de 2007 – Agosto 17 de 2008. Convenio Interadministrativo No. 050 de 2007. En línea www.secretariadeambiente.gov.co. [Última consulta: Diciembre 2009]

Secretaría Distrital de Planeación –SDP. 2009. Reloj de la población de Bogotá. En línea http://www.sdp.gov.co:8443/www/formula_contador.php. [Última consulta: Julio 2010]

Sen, A. 2002. Desarrollo y libertad. Debate, Barcelona. 440 pp.

Seoáñez, M. 2005. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. Madrid, España. 464 pp.

Serrada, R., I. Muñoz & J. Martínez. 2004. Incendios forestales: tratamiento de superficies quemadas. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible - CONAMA. España. 89 pp.

Sierra, R. 2006. Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial. Trabajo de Grado. Ingeniero Agrícola y Ambiental. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México. 51 pp.

Simmons, J.E. & Y. Muñoz-Saba. 2005. Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Conservación Internacional. 288 pp.

SINTRAPAB, B. Miranda, A. Fajardo, C. Ardila, G. Ardila & M. Perilla. 2008. Informe Final. Diseño de los procesos de restauración ecológica con participación de la comunidad. SINTRAPAB & Secretaria Distrital de Ambiente. 48 pp.

Sleumen, H.O. 1980. Flacourtiacea. Flora Neotropica, Monographs 22. Organization for Flora Neotropica. The New York Botanical Garden, New York.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas, 2004. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 16 pp.

Soler, M. 2006. Mil maderas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Sotomayor, A., E. Helmke & E. García. 2002. Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* Chile. 56 pp.

Stiling, P. 1996. Ecology: Theory and applications. Prentice International Inc. USA. 539 pp.

Suárez, J. 2009. Deslizamientos. Técnicas de Remediación. Volumen 2. Primera edición. Colombia. 413 pp.

Sutherland, J.P. 1974. Multiple stable states in natural communities. *American Naturalist* 108 (964): 859-873.

Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16(3):284–307.

Temperton, V.M., R.J. Hobbs, T. Nuttle & S. Halle. 2004. Assembly rules and restoration ecology: Bridging the between theory and practice. Society for ecological restoration international. Island Press, Washington. 439 pp.

Tilman, D. 1988. Dynamics and structure of plant communities. Princeton University Press.

Toro, J. & G. Vanegas. 2002. Flora de los páramos y bosques altoandinos del noroccidente medio de Antioquia. Corantioquia. Medellín.

Torres, J. Plantas tintóreas en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Vadillo, F. 1991. Problemas específicos de industrias sometidas a E.I.A.: Minería a cielo abierto. Evaluación y corrección de impactos ambientales. España. Págs: 197-213

Vadillo, L., C. López, M. Escribano, S. Manglano, C. Mataix & J. Toledo. 2000. Guía de restauración de graveras. Segunda edición. Madrid. 208 pp.

Van der Maarel, E & M.T. Sikes. 1993. Small-scale plant species turnover in alimestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. *Journal of vegetation Science* 4: 179 - 188.

Van Andel J & J. Aronson (Eds.). 2006. Restoration Ecology: The New Frontier. Blacwell publishing, Oxford - UK. 319 pp.

Van Andel, J. & A.P. Grootjans. 2006. Concepts in restoration ecology. In: Van Andel Jelte and Aronson J. (eds.). Restoration Ecology. Blackwell Publishing. USA. Págs: 16-28.

Van der Hammen, T. 2000. Aspectos de historia y ecología de la biodiversidad norandina y amazónica. Academia Colombiana de Ciencias. Exactas. 24 (91) 231-245.

Van der Hammen T., F. G. Stiles, L. Rosselli, M.L. Chisaca, G. Camargo, G. Guillot, Y. Useche & D. Rivera. 2008. Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C. 296 pp.

Vargas, G. & C. Peña. 2003. La agricultura orgánica. Sinchi, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Gobernación del Guaviare. San José del Guaviare. 71 pp.

Vargas, O. & S. Zuluaga. 1980. Contribución al estudio fitoecológico de la región de Monserrate. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (inédito). Bogotá.

Vargas O. (ed.). 2006. En búsqueda del Bosque perdido: una experiencia de restauración ecológica en predios del embalse de Chisacá Localidad de Usme, Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 115 pp.

Vargas, O. 2007. Guía metodológica para la restauración de áreas invadidas por retamo espinoso. En: Vargas, O. (ed.). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C.

Vargas, O. & F. Mora. 2008. I. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. Págs: 19-40. En: Vargas, O. (ed.). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Segunda edición.

Velasco, P. 2007. Utilización de las perchas artificiales para las aves. Págs: 96-99. En: Vargas, O. (ed.). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C.

Velasco, P. & O. Vargas. 2008. Problemática de los bosques altoandinos. Págs: 41 – 56. En: Vargas, O. (ed.). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. El Caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C.

Vélez, F., & G. Valery. 1990. Plantas alimenticias de Venezuela, autóctonas e introducidas. Fundación Bigott – Sociedad de Ciencias Naturales de la Salle. Caracas, Venezuela.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A.M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Villota, H. 1997. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. Revista CIAF 15(1):83-117.

Yahner, H.R. 1988. Changes in wildlife communities near edges. *Conservation Biology* 2: 333-339.

Watson, R.T. & The core Writing Team (editors). 2001. Climate change 2001: Synthesis report. IPCC, Geneva, Switzerland.

Wilson, J. 1999. Assembly rules in plan communities. Pág. 130 – 164. En: *Ecological Assembly Rules: Perspectives, advances, retreats.* Ed. Weiher E. & Keddy. Cambridge University Press.

Whittaker, R.H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological Monographs* 23: 41-78.

White, P.S. & S.T.A. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics. An introduction. In: Pickett STA and PS White (eds.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.* Academic Press, Orlando. Págs: 3-13.

White, P.S. & A. Jentsch. 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany* 62: 399

Wilbur, R. & J. Luteyn. 1978. Flora de Panamá: Ericaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65(1): 27-143.

Wolffhugel, G. 2007. Empleo de endomicorrizas en procesos de restauración ecológica. Págs: 106-108. En: Vargas, O. (ed.). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional. Grupo de Restauración Ecológica. Bogotá, D.C.

Woodson, R.E. & R.W. Schery. 1962. Flora of Panamá. Part IV, Fascicle 5. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 49(3-4):137-256.

ANEXOS

ANEXO 1. Zonas climáticas distribuidas a lo largo de Bogotá D.C.

ZONAS CLIMÁTICAS	UBICACIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	CARACTERÍSTICAS
SEMISECA (C1)	Oeste de Bogotá, sectores de Bosa-Barreno, Quíba, Techo y Santa Lucía.	600 - 700 mm	Épocas secas: diciembre-mayo y junio-septiembre; fluctuaciones fuertes de temperatura diaria, principalmente durante el primer periodo seco.
SEMIHÚMEDA (C2)	Sectores: centro-norte, occidente, noroccidente y sur occidente, correspondiente a las zonas de Fontibón, Engativa, Aeropuerto El dorado, El Cortijo, Guaymaral y Relleno Sanitario Doña Juana.	700 - 800 mm	Se presentan las mismas características <u>estacionales</u> de la zona climática C2; con una mayor presencia de niebla, temperaturas bajas y heladas.
LIGERAMENTE HÚMEDAS (B1)	Ubicada en el sector noroccidental de La Conejera (Suba), Escuela de Ingeniería al norte, Centro Nariño, La Picota y los sectores de Pasquilla y El Hato en la cuenca del Tunjuelo.	700 - 900 mm	Dos períodos secos en la zona urbana y sólo uno en la porción de la cuenca del río Tunjuelo, debido a la influencia del régimen climático de los Llanos Orientales.
MODERADAMENTE HÚMEDAS (B2)	Franja que se extiende en sentido norte-sur a lo largo del centro de la ciudad, con mayor incidencia sobre el flanco oriental. Cuenca alta del río Tunjuelo, en los sectores de Contador, Usaquén, Jardín Botánico, Ciudad Universitaria, San Diego, Cantarrana y Escuela la Unión.	900 – 1 000 mm	Mantiene los períodos secos de la zona climática B1; sin embargo, presenta mayor incidencia de las precipitaciones por su cercanía a los cerros que rodean la ciudad.
ZONAS HÚMEDAS (B3)	Al noroccidente, área aislada del centro de Suba; en el sector suroriental una banda estrecha y alargada sobre la ladera oriental desde Serrezuela, quebrada La Vieja, Los Rosales, Venado de Oro, Vitelma, parte media de las quebradas Chiguaza, Santa Librada y Yomasa, barrio Olarte, La Regadera y cuenca alta del río Tunjuelo.	1 000 – 1 100 mm	Dos períodos secos en la parte urbana y en la parte rural (cuenca del río Tunjuelo) un solo período (diciembre-marzo).
ZONAS MUY HÚMEDAS (B4)	Cerros Orientales (2 800 – 3 200 msnm), desde Usaquén hasta la cuenca alta del río Tunjuelo.	1 100 – 1 300 mm	Los procesos de mayor precipitación están relacionados con la ubicación de esta zona en la ciudad, la cual, básicamente cubre los Cerros, en donde la condensación de las nubes es mayor.
ZONAS SUPERHÚMEDAS (A)	En sectores como Torca, porción central de los cerros orientales, divisoria de aguas del Verdón, La Alemana, El Bosque (salida antigua a Villavicencio), cuenca alta del río Tunjuelo en el río Chisacá a 3 400 msnm, y estaciones de Bocagrande, Salitre y Laguna de Los Tunjos.	1 200 – 1 400 mm	

ANEXO 2. Formaciones geológicas presentes en Bogotá

FORMACIÓN		DESCRIPCIÓN	
ROCAS CONSOLIDADAS	CHIPAQUE (KSC)	Constituida por arcillolitas de color gris oscuro a negro; blandas, laminadas e intercaladas con calizas, calizas arenosas y areniscas de grano fino; su espesor varía entre 300 y 900 metros, se formaron en un ambiente marino y dan origen a una topografía suave	
	GRUPO GUADALUPE	ARENISCA DURA (KGD).	Capas gruesas de arenisca de grano fino a medio, cuarzosas, duras e intercaladas con limolitas silíceas muy cementadas y niveles blandos de lodolitas grises claras en capas delgadas. Su espesor varía entre 120 y 450 m
		PLAENERS (KGPL).-	Costituida por lodolitas silíceas, arcillositas y liditas, compactas, de color gris a blanco; presentan estratificación fina y fracturas romboedricas. Ocasionalmente, están interestratificadas con capas de areniscas finas a muy finas, cuarzosas y bien cementadas. Genera relieves de topografía suave y su espesor oscila entre 60 y 160 metros.
		LABOR Y TIERNA (KILT).	Conformada por areniscas pardo amarillentas, variable en granulometría y con intercalaciones menores de arcillositas y limolitas. En la parte basal, las areniscas son de grano fino a medio y en la parte superior son de grano grueso a conglomeráticas. Origina relieves escarpados debido a su resistencia a los agentes erosivos y cuenta con un espesor de hasta 220 metros.
		GUADUAS (TKGU).-	Integrada por arcillositas grises a rojizas, con intercalaciones de areniscas friables, amarillentas a pardo rojizas, cuarzosas, de grano fino a medio y, en ocasiones, conglomeráticas. Presenta mantos de carbón intercalados, genera topografías deprimidas; se originó en un ambiente de transición continental-marino y tiene un espesor aproximado de 600 metros.
		ARENISCAS DE CACHO (TPC).	Compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas amarillentas a rojizas, subangulares a subredondeadas, moderadamente calibradas, muy friables, cementadas con materiales ferruginosos; presenta intercalaciones de arcillositas amarillo rojizas, se generó en un ambiente continental y un espesor aproximado de 120 metros.
		BOGOTÁ (TEB).-	Arcillolitas abigarradas y limolitas, plásticas, de color gris oscuro a negro, alternando con areniscas friables de color gris claro a verdosas, cuarzo-feldespáticas, altamente friables. Generadas en ambiente continental, poseen un espesor total de 1 600 metros.
		REGADERA (TER).-	Compuesta por areniscas amarillo-rojizas a grises, de grano medio a grueso y niveles conglomeráticos lenticulares, de composición feldespática a lítica, moderadamente cuarzosa, con una matriz arcillosa; son friables, ocasionalmente consolidadas y regularmente seleccionadas, inter estratificadas con arcillolitas amarillas y grises, y delgados niveles de limolitas rojas a gris oscuros. Se formaron en ambiente continental y presentan un espesor entre 450 y 600 metros.
		USME (TUS)	Su parte inferior constituida por lutitas arcillosas y arenosas, grises, amarillas y azules, alternando a amarillas y rojas, muy blandas, con delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso, grises y amarillas, con abundante matriz arcillosa. En su parte superior hay predominio de areniscas amarillo rojizas y grises claras, de grano medio a grueso, cuarzosas y con pobre selección. Se formó en ambiente de transición continental-marino, con un espesor de 300 metros.
ROCAS NO CONSOLIDADAS	MARICHUELA (TMA).-	Constituida por gravas, arenas compactas y arcillolitas orgánicas. Se presentan intercalaciones de capas con fragmentos subangulares que pueden llegar a ser grandes bloques de arenisca. Tiene un espesor máximo de 40 m; presenta un grado de deformación tectónica relativamente alto. Se presenta como un gran sistema de abanicos que descienden desde el lado oriental, por lo que corresponde a depósitos de flujo torrenciales y gravitacionales	
	BALSILLAS (TBA).	Se encuentra en los cerros a lo largo del borde suroeste. Aflora en superficie o está cubierta por la formación Mondoñedo y siempre que aflora está sobre sustrato rocoso. La constituyen arcillas caoliníticas intensamente rojizas, blancas/grises y verde/azules y su espesor máximo es de 30 m. Muestran una deformación incipiente y se formaron probablemente en condiciones tropicales cálidas de tierras bajas, justo antes del comienzo del levantamiento final de la Cordillera Oriental, en el Plioceno Temprano. Cubre grandes extensiones y se encuentran en pendientes y cimas de los cerros.	

FORMACIÓN		DESCRIPCIÓN
ROCAS NO CONSOLIDADAS	SAN MIGUEL (QSM).-	Se encuentra localmente en el Valle de Usme donde yace sobre la Formación Marichuela. Está constituida por arcillas (limosas/arenosas) colínicas abigarradas y areniscas arcillosas que a menudo contienen clastos subangulares muy meteorizados, que alterna con arcillas orgánicas, arenas y gravas. El espesor máximo es de 15 m y se ubica temporalmente en el Pleistoceno Temprano a Medio. Los depósitos de pendiente de la Formación San Miguel probablemente se originaron a partir de antiguos productos de meteorización tropical, aparentemente transportados pendiente abajo durante períodos fríos más importantes del Pleistoceno por soliflucción periglacial.
	SABANA (QSA).	De origen lacustre, cubre la parte más o menos plana de la Sabana. Está constituida por arcillas y hacia los márgenes de la cuenca existe un incremento en las intercalaciones de arcilla orgánica, turba/lignita, arcillas arenosas y arenas arcillosas. En el centro de la cuenca, esta formación representa los 320 m superiores del espesor total del relleno sedimentario. Su datación indica una edad de Plioceno Medio y Tardío. La superficie de esta formación está disectada por el río Bogotá y sus afluentes. Los datos palinológicos indican que esta formación fue depositada en un lago con fluctuaciones en el nivel de agua, explicadas por diferencias de evaporación entre las condiciones climáticas frías y cálidas, y por diferencias en la interceptación, evapotranspiración y acumulación de agua en bosques y vegetación abierta. El nivel del lago pasó el área de la parte marginal de la cuenca hace 40000 años y, hace 28000 años, la parte central de la cuenca. El descenso en el nivel de agua pudo haber tenido su origen en la erosión fuerte del punto de salida del agua, cuando el lago tenía un nivel muy alto durante el Pleniglacial medio de la última glaciación, cuando el clima era de alta pluviosidad, entre 60000 y 27000 años A.P.
	RÍO TUNJUELITO (QRT).-	Bordea el río Tunjuelito y aflora en superficie o está cubierta por una delgada capa de sedimentos fluviales de grano fino, relativamente recientes (Formación Chía). Está constituida por gravas con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y turba. El espesor máximo es de, por lo menos 80 m y tiene una edad Pleistoceno. Se presenta en áreas de llanuras de inundación (valles marginales), en diferentes niveles de terrazas fluviales y, localmente, en partes de terrazas adyacentes en las Formaciones Subachoque y Sabana. Los datos obtenidos de esta formación sugieren que durante los intervalos más fríos del Pleistoceno Temprano-Medio, los valles marginales de la cuenca de Bogotá fueron ocupados por extensas llanuras de inundación arenosas, donde las gravas fueron depositadas en canales menores (Formación Subachoque) y a lo largo de ríos principales, tal como conocemos hoy en día (parte inferior de la Formación río Tunjuelito). Durante episodios interestadiales, el lago se extendió desde el centro de la cuenca hacia los valles y con ello, también las acumulaciones de sedimentos turbosos y arcillosos. Al parecer, durante los períodos interglaciales cálidos hubo acumulación de turba en el centro de la cuenca y predominó el encajamiento fluvial en los valles marginales. Durante el Pleistoceno Medio y Tardío grandes cantidades de gravas siguieron acumulándose hacia la parte sureste de la cuenca, a lo largo del Río Tunjuelito, en el centro de un gran delta que se adentraba varios kilómetros en el lago. Durante los episodios interestadiales-interglaciales, la depositación de gravas fue interrumpida por acumulación de arcillas lacustres y sedimentos turbosos muy parecidos a la Formación Sabana.
	CHÍA (QCH).-	Corresponde a sedimentos fluviales de grano fino a lo largo de los principales ríos que cruzan la Sabana de Bogotá. Está constituida principalmente por arcillas; localmente contiene limos y, en áreas fangosas, arcillas orgánicas diatomíticas. El espesor máximo es de 5 metros. Típicamente se forma en la llanura de inundación del Río Bogotá; presenta afloramientos en la llanura de inundación del río Tunjuelito y en una terraza fluvial adyacente, donde presenta limos de más de 5 metros, al tope de la Formación río Tunjuelito. Las arcillas de la Formación Chía pueden ser interpretadas como arcillas de inundación y la parte superior puede tener un origen coluvial-fluvial. Esta formación tiene una edad de Holoceno hasta Pleistoceno Tardío; durante los últimos miles de años los ríos depositaron localmente mayor cantidad de sedimentos limosos, que se han relacionado con el incremento del desgaste de las pendientes por acción de la deforestación por el hombre.

FORMACIÓN		DESCRIPCIÓN
ROCAS NO CONSOLIDADAS	RÍO SIECHA (QRS).-	Esta formación se encuentra en el Páramo de Sumapáz reposando sobre el sustrato rocoso. Está constituida por gravas y cantos con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas, paleosuelos húmicos negros y, localmente, capas gruesas que contienen una mayor cantidad de clastos subangulares. El espesor máximo es de 25 metros y se ubica temporalmente en el Pleistoceno Medio-Tardío. En el sistema de abanicos del Páramo de Sumapáz, las gravas están intercaladas con capas espesas que contienen desde fragmentos pequeños a grandes de roca, sub-angulares a sub-redondeados, dentro de una abundante matriz arcillosa; una capa delgada de arcillas presente en una intercalación y un suelo húmico con cenizas volcánicas, que cubre la formación, permite asignarle una edad mayor de 30000 años. La formación ha sido interpretada como depósitos fluvioglaciares con intercalación de depósitos de solifluxión. La depositación de estos sedimentos de grano grueso fue interrumpida por períodos, dando paso a la depositación de suelos. Las gravas y cantos fluvioglaciares, constituyen una transición entre depósitos morrénicos (Formación Chisacá) a gran altitud, en la cadena de montañas de los Páramos Palacio y sumapáz, y las arenas y gravas fluviales de la cuenca sedimentaria de Bogotá (Formaciones Subachoque, Sabana y río Tunjuelo).
	MONDOÑEDO (QMO).-	Se encuentra en las regiones más secas, en la parte inferior de la pendiente del valle de Usme. La formación cubre varios sedimentos de la secuencia Plio-Cuaternario o reposa directamente sobre el sustrato rocoso.. Está constituida por limos y arenas, a menudo con fragmentos de roca subangulares, que están intercaladas con paleosuelos. El espesor máximo es de 10 metros y se ubica en el Cuaternario Tardío (última glaciación y Holoceno), pero es probable que una parte tenga edades Pleistocénicas anteriores. La formación representa una secuencia de depósitos coluviales de grano fino intercalados con paleosuelos, que localmente gradan a sedimentos lacustrinos. Los colores rojizos de la parte más baja están relacionados con condiciones de relativa humedad durante la parte intermedia del último período glacial; los sedimentos limosos verdosos suprayacentes, probablemente representan cenizas volcánicas meteorizadas. Los sedimentos arenosos marrones en la parte media están relacionados con inestabilidad geomórfica inducida por condiciones climáticas frías y secas en la parte superior del último período glacial. Finalmente, la parte superior de la formación, con sedimentos coluviales, frecuentemente intercalados con paleosuelos negros/grises, se atribuye a procesos de erosión inducidos por cambios climáticos del Tardiglacial y Holoceno, por caída repetitiva de cenizas volcánicas y por actividades del hombre.

ANEXO 3. Características de los suelos del Distrito Capital (Modificado de Pérez, 2000)

RELIEVE	POSICIÓN GEOMORFOLÓGICA	ASOCIACIÓN	CARACTERÍSTICAS	PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ASOCIADOS
ZONA QUEBRADA Y ONDULADA	Escarpes y laderas escarpadas	Monserate	Suelos superficiales, frecuentemente litosólicos, en pendientes escarpadas (30-50%); drenaje rápido, muy ácidos, baja fertilidad natural.	Escurrimiento difuso normal
	Laderas a más de 3 500 msnm	Páramo - Usme - Guasca	Moderadamente profundos, en pendientes de 7-25%, drenaje rápido, fuertemente ácidos y baja fertilidad	Soliflucción lenta
	Laderas y depresiones anticlinales	Cabrera - Cruz Verde	Son suelos profundos a poco profundos, en pendientes de 12-30%, con drenaje moderado, fuertemente ácidos y de baja fertilidad natural.	Soliflucción y deslizamientos
	Laderas de cerros	Cabrera-Cogua	Poco a moderadamente profundos en pendientes de 12-50%, drenaje lento a rápido; fuerte a moderadamente ácidos, con fertilidad natural baja.	Soliflucción y deslizamientos
	Colinas	Facatativá-Cabrera	Profundos a moderadamente profundos; pendientes 3-25%; bien drenados; medianamente ácidos y de fertilidad moderada.	Escurrimiento difuso normal
	Laderas de cerros Colinas	Bojacá-Cogua-Techo	Profundos a moderadamente profundos; horizontes endurecidos (clay pan); pendientes 25-50%; drenaje externo rápido, interno lento; fuertemente ácidos y de fertilidad baja.	Escurrimiento difuso intenso a concentrado. Erosión acelerada (laminar, surcos y cárcavas)
	Piedemontes Pequeños valles intercolinarios	Coluvios	Suelos profundos a moderadamente profundos y pedregosos; pendientes de 12-25%; drenaje externo e interno rápido; fuertemente ácidos y de fertilidad baja.	Escurrimiento difuso normal e intenso Erosión acelerada
ZONA PLANA	Planicie fluviolacustre (Terrazas)	Techo - Gachancipa	Suelos de profundidad moderada a baja; pendiente menor de 2%; presencia de horizonte compacto (clay-pan); drenaje pobre; ácidos en superficie; fertilidad moderada	Escurrimiento difuso normal Erosión laminar
	Planicie lacustre	Tiabitata - Zipaquirá - Corzo	Profundidad variable; presencia de cenizas volcánicas; pendiente menor de 1%; drenaje moderado; ligeramente ácidos; fertilidad natural medianamente alta.	Escurrimiento difuso normal Arcillas expansivas
	Plano aluvial de inundación	Bogotá - Nemocón	Moderadamente profundos a profundos; pendiente menor de 1%; drenaje pobre; ligeramente ácidos; fertilidad natural moderada a muy baja.	Sedimentación por inundaciones
	Otras áreas no especificadas		Suelos anegados o urbanos	

ANEXO 4. Índice de desarrollo humano para Bogotá y sus localidades

LOCALIDAD	ÍNDICE DE INGRESO DISPONIBLE	ÍNDICE DE EDUCACIÓN	ÍNDICE DE SOBREVIVENCIA DE LOS NIÑOS	ÍNDICE URBANO	IDH
TEUSAQUILLO	0,97	0,912	0,989	0,84	0,93
CHAPINERO	0,995	0,886	0,99	0,65	0,88
BARRIOS UNIDOS	0,928	0,877	0,981	0,67	0,864
USAQUÉN	0,934	0,893	0,986	0,61	0,856
SANTA FE	0,884	0,827	0,981	0,67	0,84
LOS MÁRTIRES	0,864	0,853	0,982	0,6	0,825
PUENTE ARANDA	0,865	0,867	0,986	0,58	0,824
FONTIBÓN	0,907	0,884	0,898	0,51	0,822
ENGATIVÁ	0,86	0,872	0,987	0,55	0,817
CANDELARIA	0,897	0,862	0,974	0,5	0,808
SUBA	0,917	0,881	0,986	0,44	0,806
ANTONIO NARIÑO	0,867	0,864	0,991	0,5	0,805
KENNEDY	0,825	0,86	0,986	0,41	0,77
TUNJUELITO	0,792	0,858	0,986	0,43	0,766
SAN CRISTÓBAL	0,761	0,849	0,98	0,41	0,75
RAFAEL URIBE	0,753	0,844	0,98	0,36	0,734
USME	0,706	0,839	0,985	0,4	0,732
BOSA	0,752	0,851	0,986	0,33	0,73
CIUDAD BOLÍVAR	0,714	0,83	0,981	0,33	0,714
TOTAL	0,891	0,863	0,985	0,5	0,81

Tomado de: PNUD (2008)

ANEXO 5. Coberturas vegetales para el Distrito Capital

Con base en los estudios previos realizados por la Secretaria Distrital de Ambiente en temas de cobertura vegetal, se establecen los siguientes criterios para la estructuración de las bases de datos asociadas a los polígonos de cobertura vegetal elaborados a escala 1:10 000

Formación vegetal y rango altitudinal:

FORMACIÓN VEGETAL	RANGO ALTITUDINAL	TIPO
PÁRAMO	3 400 – 4 000	Frailejonal
		Frailejonal matorral
		Frailejonal pajonal
		Pajonal
		Matorral
SUBPÁRAMO	2 800 – 3 400	Bosque Enano de subpáramo
		Matorral
BOSQUE ALTO ANDINO	2 750 – 2 800	Bosque
		Chuscal
		Plantación forestal

Estructura de la capa:

TEMA: COBERTURA VEGETAL		GRUPO: Comunidad Vegetal
Código del Objeto	Nombre del objeto Cobertura vegetal	
Nomenclatura BOSQ	Tipo de Objeto: POLÍGONO	
Definición: La cobertura vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado; es decir, es el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales.		

TEMA: COBERTURA VEGETAL	GRUPO: Comunidad Vegetal	
<p>Atributos del objeto</p> <p>1. Tipo de Cobertura:</p> <p>Definición: Se refiere a la cobertura identificada como unidad vegetal o cobertura del suelo</p> <p>Estructura: Alfanumérico</p> <p>Longitud: 100 caracteres</p> <p>Dominio:</p> <p>Bosque alto</p> <p>Bosque bajo</p> <p>Bosque enano de subpáramo</p> <p>Chuscales</p> <p>Construcción de infraestructura</p> <p>Cordones riparios</p> <p>Cuerpo de agua</p> <p>Cultivo transitorio</p> <p>Erial</p> <p>Explotación minera</p> <p>Frailejónal</p> <p>Frailejónal matorral</p> <p>Frailejónal pajonal</p> <p>Matorral</p> <p>Pajonal arbustivo</p> <p>Pastizal</p> <p>Pastizal arbolado</p> <p>Plantación Forestal</p> <p>Vegetación Casmófito</p> <p>Vegetación de Turbera</p> <p>Vegetación xerofítica</p> <p>Vías</p> <p>Retamo espinoso</p> <p>Nacederos</p>	<p>Atributos del objeto</p> <p>2. Esp. dominante</p> <p>Definición: Se refiere a la especie dominante dentro del parche de cobertura vegetal</p> <p>Estructura: Alfanumérico</p> <p>Longitud: 100 caracteres</p> <p>Dominio:</p> <p>3. Características</p> <p>Definición: Se refiere a las características físicas de la cobertura tales como altura promedio, densidad entre otras</p> <p>Estructura: Alfanumérico</p> <p>Longitud: 100 caracteres</p> <p>Dominio:</p> <p>4. Densidad</p> <p>Definición: describe la abundancia de los individuos por unidad de área.</p> <p>Estructura: carácter alfanumérico</p> <p>Longitud: 10</p> <p>Dominio:</p> <p>Abierto</p> <p>Cerrado</p> <p>5. Altura promedio</p> <p>6. Área</p> <p>7. Leyenda</p> <p>8. Valor ambiental</p>	
Fuente:	Observaciones:	
	Actualización:	

ANEXO 6. Tabla para la organización y análisis de los datos de campo en las parcelas de vegetación.

Nº levantamiento:							
Localización (vereda, sector, puntos de referencia):							
Área							
Fecha:							
Latitud (N):		Longitud(W):		Altitud(m):			
Pendiente (grados):							
Tipo fisonómico:							
Profundidad del suelo y observaciones:							
% herbáceas		% <i>Chusquea</i> :					
% de musgos en el suelo:		% <i>Pteridium</i> :					
% de hojarasca:		% enredaderas:					
% de suelo descubierto:		% Epífitismo:					
% de roca:		% bejucos:					
Particularidades del lugar:							
NºColecampo	ESPECIE	Ht(m)	H1ªrama(m)	CAP(cm)	Diámetro mayor	Diámetro menor	Observ.NºColector
CONVENCIONES:							
Ht: Altura total en metros							
Htª: Altura de la primera rama							
CAP: Cintura a la altura del pecho							
Cobertura: Diámetro mayor y diámetro menor m ²							

