

Cítese como:

Colombia - DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE (DAMA). Protocolo Distrital de restauración ecológica. Bogotá D.C. Disponible en: Centro de Documentación del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA, Carrera 6 N° 14-98, Bogotá



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



El Protocolo Distrital de Restauración, es una guía para la restauración de los ecosistemas nativos que se encuentran o encontraban comúnmente en las áreas rurales del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá y en áreas vecinas o similares del cinturón altoandino.

Si bien, sus principios generales son aplicables en cualquier lugar del país, este manual ha sido diseñado específicamente para los ecosistemas típicos del centro de la Cordillera Oriental, por encima de los 2300 msnm, haciendo énfasis en la franja de los 2600 a los 3400, que corresponde al bosque altoandino y el subpáramo, como franja en la que se concentran la mayoría de las necesidades de restauración del Distrito.

A continuación se presenta todo el protocolo, dividido en secciones:

- 1. **Introducción**
- 2. **Marco conceptual de la restauración ecológica**
- 3. **Clave de especies dinamogenéticas**
- 4. **Fichas técnicas por especie**
- 5. **Clave de tipos de vegetación**
- 6. **Cuadros de restauración: introducción**
- 7. **Cuadros de restauración: (1 al 6)**
 - I Pérdida de caudales en nacimientos y microcuencas abastecedoras.
 - II Agricultura y ganadería semiextensiva de ladera
 - III Desplome de márgenes de cursos de agua
 - IV Inestabilidad de taludes de vías
 - V Suelos degradados por actividad minera
 - VI Asentamientos subnormales en zonas geoinestables
- 8. **Cuadros de restauración: (7 al 12)**
 - VII Expansión urbana subnormal sobre áreas de vocación forestal
 - VIII Incendios forestales
 - IX Urbanización campestre
 - X Degradación de humedales por urbanización
 - XI Deterioro de plantación Inadecuada de forestales introducidas
 - XII Infestación de retamo espinoso
- 9. **Cuadros de restauración: (13 al 18)**

XIII Fragmentación de ecosistemas

XIV Extinción de flora nativa

XV Reducción de habitats para la fauna nativa

XVI Falta de espacios naturales autóctonos para educación y recreación.

XVII Alteración mesoclimática

XVIII Destrucción sociocultural del modo de vida rural

10. Tratamientos de restauración (1 al 9)

- 1.** Plantaciones forestales y protectoras
- 2.** Inducción de matorrales y rastrojos
- 3.** Restauración de bordes de ecotonos
- 4.** Restauración de bosques de claros
- 5.** Rescate de especies amenazadas
- 6.** Restauración de nacimientos de aguas
- 7.** Restauración de microcuencas abastecedoras
- 8.** Cordones protectores de márgenes de ríos y quebradas
- 9.** Barreras cortaviento

11. Tratamientos de restauración (10 al 18)

- 10.** Barreras contra heladas
- 11.** Barreras antigando
- 12.** Cercas vivas
- 13.** Modelos agroforestales
- 14.** Desinfestación de invasión de retamo espinoso
- 15.** Manejo de sucesiones pirogénicas
- 16.** Restauración de ecosistemas en plantaciones forestales de exóticas
- 17.** Jardinería amable
- 18.** Setos y agregados formadores de suelo

12. Tratamientos de restauración (19 al 27)

- 19.** Cubierta protectora
- 20.** Control de focos de erosión severa
- 21.** Protección y estabilización de taludes en vías
- 22.** Cordones ruderales
- 23.** Corredores y estribones de dispersión ornitócora
- 24.** Enriquecimiento de habitats para la fauna silvestre
- 25.** Generación de espacios autóctonos para la recreación
- 26.** Selección de especies para los tratamientos
- 27.** Aplicación local de tratamientos.



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



1. INTRODUCCIÓN

El Protocolo Distrital de Restauración, es una guía para la restauración de los ecosistemas nativos que se encuentran o encontraban comúnmente en las áreas rurales del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá y en áreas vecinas o similares del cinturón altoandino.

Si bien, sus principios generales son aplicables en cualquier lugar del país, este manual ha sido diseñado específicamente para los ecosistemas típicos del centro de la Cordillera Oriental, por encima de los 2300 msnm, haciendo énfasis en la franja de los 2600 a los 3400, que corresponde al bosque altoandino y el subpáramo, como franja en la que se concentran la mayoría de las necesidades de restauración del Distrito.

El Protocolo está dirigido a todas aquellas personas y entidades públicas o privadas, que de una u otra manera se ven interesadas o necesariamente involucradas en la recuperación de nuestros ecosistemas nativos y los valores, bienes y servicios que estos encierran. Debe ser útil para aquellos interesados en recuperar una microcuenca abastecedora o embellecer una finca del modo más natural y también para aquellos que deben tomar a su cargo la prevención, mitigación y reposición de los impactos ambientales ocasionados por los grandes proyectos de desarrollo públicos y privados.

La restauración ecológica es la ciencia y tecnología de apoyo a la regeneración natural de los ecosistemas, para recobrar cualquiera de sus atributos, desde un servicio ambiental o una apariencia, hasta la recomposición de ecosistemas primarios, réplica de los existentes previamente a su destrucción.

Los principios y métodos aquí planteados pueden no coincidir con los de la forestería convencional. Vale la pena aclarar que este no es un manual de reforestación, sino de restauración ecológica, con énfasis en el manejo de la vegetación para tal fin. Algunos agradecerán encontrar aquí alternativas a la monótona reiteración del pino, el eucalipto y la acacia, útiles pero no únicas herramientas.

Se ha hecho un esfuerzo, para exponer el complejo tema de la restauración ecológica en términos y con instrumentos que lo hagan accesible a todos los interesados, procurando no ofender la sensibilidad de los especialistas ni abrumar la buena voluntad de los profanos, que tanto pueden hacer y hacen por conservar habitable el mundo y hasta mejorarlo. Cada día cobra mayor importancia el tema de la restauración y ello es debido tanto al aumento del conocimiento y sensibilidad del público y las instituciones hacia los problemas derivados de la alteración de los ecosistemas, como a la presión que los efectos de dicha alteración ejercen sobre todos, incluso sobre los menos percatados.

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente del Distrito (DAMA) y la Fundación Estación Biológica Bachaqueros colocan esta guía a disposición del público en

general, con el ánimo de encontrar réplicas y asociados dentro del Programa Distrital de Restauración Ecológica, un esfuerzo colectivo por devolver diversidad y balance al desarrollo de Bogotá y su región. La guía trata de no profundizar innecesariamente en detalles técnicos especializados, los cuales, no obstante, pueden ser consultados en los documentos internos del Convenio DAMA - Fundación Bachaqueros. El plan de lectura del Protocolo es simple:

- 1. E**mpieza con un marco conceptual (Sección 2) que da a conocer las definiciones y enfoques más esenciales, de los cuales se derivan las técnicas, estrategias y tratamientos que se presentan en las secciones posteriores.
- 2. A**ntes de reconocer ecosistemas y situaciones, conviene identificar las principales especies vegetales que los constituyen. Para ello se incluye una clave dendrológica (Sección 3) que permite determinar a qué especie pertenece una planta nativa, aunque ésta se encuentre sin flores ni frutos.
- 3. D**ado que la clave anterior le permite reconocer las especies, se añade otra clave (Sección 4) que le permitirá diagnosticar en qué tipo de vegetación se encuentra, según formas, tamaños y especies presentes, así como establecer cuál es su significado en términos ambientales.
- 4. A** modo de caja de herramientas, se presentan en la Sección 5, fichas técnicas que resumen los datos básicos y de manejo de varias de las principales especies nativas bogotanas más importantes para restauración, junto con imágenes para facilitar su reconocimiento.
- 5. P**ara comenzar con la restauración en sí, la Sección 6 presenta dieciocho cuadros de restauración o situaciones típicas, con un diagnóstico de los principales aspectos que hay que tener en cuenta para abordar su restauración.
- 6. E**n correspondencia con estos diagnósticos breves, se presentan en la Sección 7, las fichas técnicas de los tratamientos de restauración a aplicar, con sus diseños y especies recomendadas.
- 7. E**s inevitable emplear varios términos especializados, por lo que al final se adjunta un Glosario (Sección 8), que además de facilitar la lectura puede por sí mismo ser interesante en la aclaración de ciertas nociones fundamentales.

Se espera que esta guía le sea de la mayor utilidad y que usted encuentre muy ameno llevarla a la práctica para que ambas, la guía y la práctica, se mejoren mutuamente.



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



2. MARCO CONCEPTUAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

En este marco se reúnen conceptos fundamentales de la ecología general y del campo especializado de la ecología de la restauración. La mayoría de las definiciones están ampliamente homologadas y son tomadas de autores reconocidos. Este marco se ha compuesto pensando en suministrar una base conceptual apenas suficiente al usuario no especializado del protocolo y puede resultar un repaso demasiado somero para el especialista.

En el documento «Mapa - Plan de Restauración Ecológica para las áreas rurales del Distrito Capital», se ha incluido una versión más detallada y extensa de este marco conceptual.

¿Qué es y qué comprende la restauración ecológica?

La sucesión ecológica es el proceso de desarrollo del ecosistema en la dirección de una mayor productividad, biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente por los seres vivos.

La sucesión se caracteriza por el reemplazamiento de unas especies por otras en un lugar a través del tiempo. Aunque en los ecosistemas terrestres la sucesión vegetal es la más evidente, la sucesión es un proceso de desarrollo y reemplazamientos a todo nivel: físico, biótico y social.

La sucesión puede ser primaria, cuando ocurre sobre un sustrato desnudo, como en el caso de rocas, islas recién formadas o playas meándricas recién depositadas. En estos casos la sucesión discurre desde un medio totalmente físico hasta uno predominantemente biótico. La sucesión secundaria es la que se da en ecosistemas perturbados, comenzando por los remanentes que la perturbación ha dejado, como en el caso de incendios forestales, caídas de árboles en el bosque, talas, etc. En tales casos la sucesión parte del potencial biótico superviviente (semillas, retoños, plántulas, adultos, huevos, larvas, esporas, etc.) y pasando por diferentes estados, recompone el ecosistema en una semblanza del original. Este proceso puede en alguna medida considerarse análogo de la cicatrización, a nivel del ecosistema, que es la forma fácil de entenderlo, para empezar, aunque tal simplificación implica mucha inexactitud.

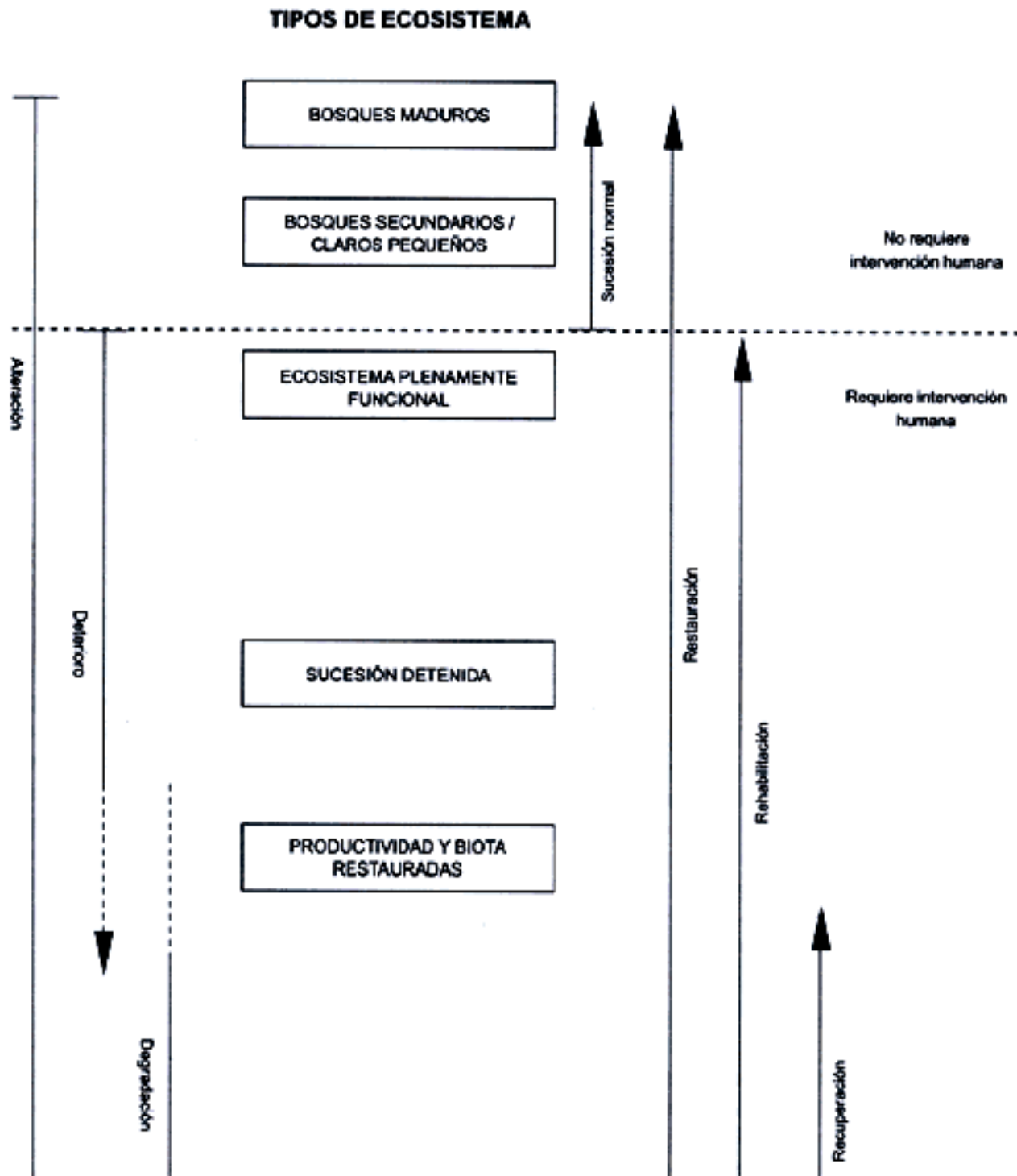
Shantz (citado en Van Dersal, 1938), afirma que: «una profunda comprensión del clímax de la vegetación natural y de los estados secundarios que conducen a su restablecimiento cuando aquél ha sido destruido, es la mejor base para un programa de revegetalización y control de la erosión», luego añade: «Dondequiera uno mira, la naturaleza ha señalado la vía para la recuperación».

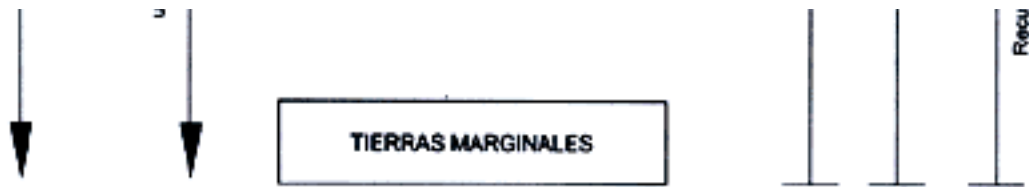
Restauración ecológica es sinónimo de sucesión asistida (o regeneración asistida). La restauración ecológica es el restablecimiento artificial, total o parcial de la estructura y función de ecosistemas

deteriorados por causas naturales o antrópicas. Opera por medio de la inducción de transformaciones ambientales en apoyo a y en la dirección de las tendencias generales de la sucesión, lo que implica el manejo de factores físicos, bióticos y sociales.

En la figura 1, (tomada de Brown & Lugo, 1994) se exponen los conceptos internacionalmente homologados en lo tocante a restauración ecológica. Esta terminología corresponde al consenso internacional que intenta construirse en torno a los conceptos fundamentales de la ecología de la restauración. A continuación los anotamos, acompañados (entre paréntesis) de sus equivalentes originales en inglés.

Figura 1, Conceptos Asociados a la Restauración Ecológica





La alteración (conversión) es cualquier pérdida funcional o estructural del ecosistema a consecuencia de una perturbación. Como se aprecia, los ecosistemas maduros pueden ser alterados en diversos grados. El término empleado por Brown & Lugo, literalmente "conversión", hace referencia al cambio en el uso del suelo y la transmutación de bosques tropicales en terrenos agrícolas o de estos en tierras marginales.

Más allá de cierto punto (línea segmentada), los ecosistemas no pueden regenerar por sí solos en el tiempo requerido por los objetivos de manejo, necesitándose la intervención humana. En tal grado de alteración se habla de deterioro (damage) del ecosistema. Muchos agroecosistemas y sistemas urbanos son ecosistemas profundamente deteriorados y, sin embargo, productivos. Las tierras o ecosistemas deteriorados son incapaces de la recuperación normal hasta las condiciones originales debido a que uno o más de sus atributos clave (suelos, biota, geomorfología, hidrología, etc.) han sido modificados. Pueden producir sin embargo bienes y servicios para la sociedad (Brown & Lugo, 1994).

Cuando la alteración del ecosistema llega más lejos, se pierde la capacidad del mismo para generar bienes o servicios ambientales, lo que se conoce como degradación (degradation) ecosistémica; en el extremo de la alteración, la degradación conduce a la creación de tierras marginales y su salida del ciclo productivo socioeconómico (abandono parcial o total) impulsa la alteración de nuevos ecosistemas vírgenes para satisfacer las demandas de poblaciones crecientes.

La rehabilitación (rehabilitation) es la restauración de ecosistemas deteriorados, hasta el punto en que puedan regenerarse sin apoyo en un tiempo adecuado a los objetivos de manejo. Lo esencial de la rehabilitación es el restablecimiento de los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta.

La recuperación (reclamation) es la restauración del potencial ambiental de un área dada para un uso o conjunto de usos predeterminado, pudiendo tratarse de usos consumidores (ej: agricultura, caza de subsistencia, abastecimiento hídrico) o usos no consumidores (ej: recreación pasiva, ecoturismo, investigación). La recuperación es el intervalo de la restauración que va de ecosistemas degradados a ecosistemas productivos para la obtención de bienes o servicios ambientales y sus métodos y alcances dependen del objetivo económico. La agroforestería, por ejemplo, tiene gran aplicación en la recuperación ambiental.

En un sentido amplio, recuperación ambiental enmarca las estrategias, acciones, técnicas y tecnologías aplicadas a un ecosistema para restablecer en alguna medida los daños económicamente significativos, generados en su estructura (bienes) o su función (servicios ambientales), bien por causa de las actividades humanas o por la ocurrencia de fenómenos naturales.

La restauración (restoration) abarca todo el espectro y cualquier segmento del proceso inverso a la alteración, como actividad humana en apoyo al restablecimiento de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema.

Aunque la restauración implica, por definición, un modelo de ecosistema original no alterado, como meta, no siempre se conduce exactamente así. En ciertos casos el objetivo puede ser la rehabilitación de una función del ecosistema (ej: ciclado de nutrientes) o la recuperación de un servicio ambiental (ej: regulación hídrica) o el rescate de un elemento biológico o cultural (ej: especie amenazada, escenario histórico, práctica tradicional de aprovechamiento, etc.).

Puede ocurrir también que no tenga caso restaurar una vegetación potencial, o un ecosistema primitivo, pues las condiciones ecológicas en general se hallen tan profunda e irreversiblemente alteradas que tal ecosistema no sería viable. Este es el caso cuando el régimen de alteridad (relación hombre-Naturaleza) es tal que no provee el espacio y tiempo necesarios para el desarrollo de la cabal expresión de un ecosistema primitivo.

Schreckenberg *et al.* (1990) definen la restauración como una táctica participativa empleada para devolver áreas degradadas a su condición original y distinguen dos tipos de restauración: activa y pasiva.

La restauración pasiva es la regeneración de un ecosistema por sí mismo cuando se suprimen los factores generadores de la degradación, un ejemplo de este caso es la regeneración natural de ecosistemas que son abandonados luego de recurrentes alteraciones, verbigracia los parches de aprovechamiento forestal en una gran masa boscosa.

Dado que gran parte de la restauración de los ecosistemas terrestres tiene que ver con la regeneración de la cobertura vegetal, suele confundirse restauración con revegetalización, que es el restablecimiento de la cobertura vegetal en la que se emplean diversos biotipos, desde herbáceos y arbustivos hasta trepadores y árboles. La revegetalización estratégica es un enfoque y tecnología de restauración basados en la inducción sucesional y el manejo de factores bióticos y abióticos determinantes de la regeneración natural de la vegetación nativa.

Por otra parte, la reforestación es el restablecimiento de cobertura forestal, independientemente de las especies, métodos y fines con que se haga. La arborización es sencillamente la acción de plantar árboles, con o sin pretensión de conformar cobertura forestal continua.

Enfoque científico y enfoque empírico de la restauración

La restauración ecológica, entendida como el proceso asistido de reparación de los ecosistemas, con distintos métodos y estados finales, de acuerdo con los objetivos del manejador, puede abordarse de dos maneras: científica y empírica, ambas válidas en sus apropiados contextos.

De modo empírico, la restauración puede ser abordada con base en un robusto sentido común, una cuidadosa observación de la naturaleza, una aguda sensibilidad para reconocer sus elementos y procesos (inclusive bajo conceptos vernáculos) y el seguimiento estrecho al proceso de sanación del ecosistema. Esto es viable a pequeña escala, tratándose de un predio, un pequeño humedal, un pequeño foco de erosión, un jardín, etc.

Como puede quedar claro para el que lo haya intentado, la restauración tiene una afinidad más notoria con la jardinería que con la silvicultura industrial o la ingeniería civil. Desde los enfoques naturalistas de la jardinería hasta la restauración ecológica como campo científico-técnico hay una

gama amplia y continua de posibilidades y matices.

Cuando el proyecto de restauración afecta mayor territorio, mayor población, más inversión, más organización e involucramiento interinstitucional, se hace necesario la formalización de los métodos y técnicas, poniendo más énfasis en los modelos y en la investigación formal, que en la intuición y la sensibilidad.

Finalmente, debe recalcar que la exigencia de un profundo conocimiento del ecosistema no pone todo en manos de especialistas ni descarta el aporte de las comunidades locales, pues frecuentemente es en el diálogo de saberes donde puede armarse el rompecabezas de la restauración.

Nativas Vs. exóticas

Los elementos naturales, y particularmente las especies silvestres, evolucionadas y establecidas naturalmente en un medio dado, presentan adaptaciones diversas y únicas a las condiciones del mismo. Este acervo adaptativo representa para el hombre, directamente, una reserva de soluciones al manejo del ambiente, e, indirectamente, surgiendo de la relación de uso, una reserva de medios diversos para su bienestar (materiales, medicamentos, etc.)

Una población vegetal nativa es aquella cuya presencia dentro del territorio se remonta a antes de la conquista europea y que, gracias a ello, cuenta con una adaptación a las condiciones ecológicas locales que le permite sostener sus funciones de mantenimiento, crecimiento, reproducción y variabilidad con los flujos de materia y energía locales, sin subsidio directo por el hombre.

Existen nativas locales, nativas regionales, nativas nacionales y especies exóticas. De acuerdo con todos los autores consultados, en la restauración ecológica debe darse prioridad a la selección de herramientas vegetales en ese mismo orden. Las razones son muchas, pero principalmente el hecho de que la especie nativa, plantada en su posición ambiental y sucesional correcta, es capaz de automantenerse y reproducirse.

Restaurar no es reforestar, es estimular los procesos de regeneración natural, para lo cual es preciso que todas las acciones tengan un efecto multiplicativo. Un pino plantado será siempre un pino hasta que desaparezca, pero un cucharo bien ubicado puede ser un foco expansivo de restauración y, eventualmente, un bosque de cucharos.

Sin embargo, en la literatura sobre restauración ecológica es común la recomendación de acudir a herramientas vegetales exóticas cultivadas o naturalizadas, en ciertas tareas dentro de un proceso de restauración, especialmente en ambientes severamente degradados, donde dichos vegetales pueden contribuir al restablecimiento de la vegetación nativa.

Ninguna especie puede ser "buena" o "mala" si no es por el manejo que se le da. Utilizar el exótico eucalipto en la protección de fuentes de agua, es tan inteligente como emplear el nativo corono (*Xylosma spiculiferum*), con sus bajas y gruesas espinas ramificadas, en la arborización de un parque infantil. Los dos yerros son frecuentes. Si se invirtiera la ubicación, estaría haciéndose un manejo más adecuado a las necesidades sociales y no habría árbol bueno ni malo.

Finalmente, el abuso de cualquier monocultivo, incluso forestal, tiene efectos negativos en la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a mediano y largo plazo (Poore & Fries, 1987), trátese de plantaciones forestales de exóticas como las de *Eucalyptus globulus* o de nativas como las de *Cordia gerascanthus*.

Conceptos fitoecológicos básicos

La vegetación es la matriz estructural y funcional de los ecosistemas terrestres y anfibios. Las funciones vegetales son determinantes de la entrada de energía al ecosistema y la sucesión vegetal genera las estructuras que ordenan los demás elementos y flujos dentro del mismo.

Dada la importancia de la vegetación en la restauración y el correspondiente énfasis del presente protocolo, conviene revisar algunos conceptos fundamentales de ecología vegetal (fitoecología). Las definiciones aquí propuestas pretenden ser útiles al manejo del protocolo, sin que agoten el tema a satisfacción de los especialistas.

La especie es el conjunto de seres vivos que pueden espontáneamente reproducirse entre sí, intercambiando genes para producir descendencia fértil y viable. Aunque parezca sobrar la definición, es frecuente en informes de revegetalización encontrar que "se plantaron 10.000 especies" en un lote de terreno, lo cual, de ser cierto lo pone a la altura de los tres más grandes jardines botánicos del planeta, pero es más probable que se refieran a individuos, pertenecientes a una docena o menos de especies.

El conjunto de individuos pertenecientes a una misma especie que habitan en un área determinada, pudiendo efectivamente intercambiar genes (reproducirse) entre sí, se considera la población de esa especie en esa área: los robles del Virolín, los romeros de Sumapaz, etc. El conjunto de distintas poblaciones vegetales que coexisten en un área determinada, sus interacciones y dinámica constituyen la comunidad vegetal o fitocenosis, que es sinónimo de vegetación, un ente dinámico que cubre la tierra convirtiéndola en biosfera.

La composición de la vegetación por especies se denomina flora. La comunidad puede describirse florísticamente, según las poblaciones que la componen, definiendo distintas asociaciones, comunidades dominadas por dos o más poblaciones, o consociaciones, comunidades con una sola población dominante (ej: asociación de encenillo y canelo, consociación de aliso). Los nombres de las asociaciones suelen darse en latín, derivándolos de los nombres científicos de las dominantes; así el bosque de encenillos (*Weinmannia*) es un *Weinmannietum*, el bosque de alisos (*Alnus*) es un *Alnetum*, frailejonal-pajonal es un *Espeletion-Calamagrostietum effusae* (derivado de *Espeletia* y *Calamagrostis effusa*), lo cual sirve a nivel internacional para homologar términos entre investigadores con el latín taxonómico como código común y, a nivel nacional, para preservar la ciencia del envilecedor contacto con el pueblo y mantener el status pitagórico de los investigadores. Lástima que este aislamiento le resta gloria a la ciencia y servicio a la patria. El presente texto intenta servir de manual aunque no impresione a nadie, por lo que toda vez que sea posible se dirá "encenillal" y no *Weinmannietum*.

El aspecto que la vegetación asume como resultado de la combinación de biotipos (hierbas, arbustos, lianas, árboles, etc.) se denomina fisonomía. La comunidad también puede ser descrita fisonómicamente, según los biotipos que la conforman, definiendo formaciones: el matorral está formado por arbustos, el bosque está dominado por árboles, el pajonal por macollas, el frailejonal por caulirrósulas (biotipo del frailejón). Un tipo de vegetación queda descrito fisonómicamente y

florísticamente, por ejemplo, cuando decimos: bosque de Lauráceas.

Es relativamente fácil definir grandes asociaciones, pues corresponden a comunidades vegetales que mantienen su composición a través de grandes espacios y por extensos intervalos de tiempo, repitiéndose reconocibles en otras áreas con ambientes similares. Estas grandes fitocenosis, se corresponden con los biomas, divisiones más o menos naturales de la biosfera, correspondientes a comunidades de organismos asociados a un ambiente, determinado por el clima (principalmente altitud y latitud) y en menor jerarquía por el sustrato (litología, geoformas y suelo).

Cuando se intenta definir asociaciones menores, que sólo ocurren muy local o transitoriamente, entonces resulta bien difícil definir la identidad y los límites, pues pueden darse muy diversas combinaciones de poblaciones, que en ocasiones reflejan eventos fortuitos más que la asociación regular entre determinadas poblaciones vegetales y entre éstas y un ambiente determinado.

Lo anterior es muy frecuente en zonas fuertemente perturbadas, en donde más que auténticas asociaciones vegetales es muy frecuente encontrar estadios diversos de degradación y regeneración (asociaciones transitorias), cuya composición y fisonomía puede ser más o menos constante o estocástica en el espacio y en el tiempo. Desde 1936 se cuenta con una excelente y concisa discusión al respecto, por parte de Gleason, en el clásico artículo "The individualistic concept of the plant association".

El proceso de establecimiento, crecimiento y reproducción de un individuo o población vegetal en un lugar se denomina ecesis. Cada especie vegetal exhibe una preferencia por determinadas condiciones ambientales, expresables en un rango determinado de un conjunto de variables como humedad, fertilidad, temperatura, radiación, acidez, etc. Este es el rango fisiológico o ambiental de la especie y su punto medio se conoce como óptimo fisiológico, en el cual la adaptación de dicha especie rinde el máximo de productividad, crecimiento, reproducción y vigor.

En la Naturaleza, no obstante, la especie puede verse desplazada de su óptimo fisiológico, por la competencia de otras poblaciones vegetales y el concurso de otros factores bióticos. En condiciones naturales, el segmento de los gradientes ambientales sobre el que una población vegetal exhibe mayor abundancia y desarrollo, se considera su rango ecofisiológico y éste o su punto medio se toman como óptimo ecofisiológico de dicha población.

El nicho de una especie, es definido como la "profesión" de dicha especie dentro de un ecosistema determinado ; también se define como el rango que la especie ocupa dentro de los gradientes ambientales de un ecosistema dado, es decir, su posición con respecto a la humedad, la temperatura, la oferta alimentaria, los ciclos diario y anual, etc., que para las plantas es casi sinónimo de rango ambiental más los atributos y estrategias vitales de la especie.

Para el nicho de algunas especies predomina la adaptación, esto es, que dependen de encontrar el ambiente apropiado, dentro del cual han evolucionado. En el otro extremo de la gama, algunas especies exhiben una gran capacidad para transformar el medio haciéndolo adecuado a sus necesidades ; estas especies se denominan constructivas y en su nicho la adecuación tiene mayor importancia que en el de las anteriores. Al hacer referencia a plantas, las especies constructivas se denominan también especies dinamogenéticas, que son las que construyen la matriz vegetal del ecosistema, dominan cada etapa de sucesional y dinamizan las transformaciones ambientales que son efecto y causa de la sucesión.

De especies constructivas tenemos ejemplos abundantes en pólipos sociales como los corales madreporarios, plantas sociales como muchos árboles, insectos sociales como hormigas y termitas e incluso contamos con ejemplos de prodigiosas adecuaciones del medio entre mamíferos sociales y constructivos, como los castores, perrillos de las praderas, ratas topo africanas y, por supuesto, nosotros mismos.

Volviendo a las asociaciones entre especies, encontramos que los límites entre comunidades rara vez son netos, sino más frecuentemente transiciones graduales. Un cambio gradual en la composición florística de la comunidad de un punto en el espacio a otro es una cenoclina. Un cambio gradual de uno o más factores ambientales (luz, humedad, temperatura, etc.) de un punto en el espacio a otro se denomina gradiente ambiental. Con frecuencia se aprecia cómo la variación del ambiente a través de un eje espacial, es acompañada - reflejada por una variación en la composición de la comunidad sobre el mismo eje: esto es una cenoclina sobre un gradiente ambiental, lo cual se denomina ecoclina.

Una ecoclina puede, por tanto, ser vista como un gradiente espacial de ambientes diferenciales, sobre el cual se distribuyen los rangos ecofisiológicos de las distintas poblaciones vegetales, superponiéndose en diversas medidas, superposición que se interpreta en términos de asociaciones entre especies.

A lo largo de una ecoclina unas especies se hacen más abundantes, mientras otras disminuyen y en ciertos puntos están unas y otras se ausentan ; rara vez se ve un cambio abrupto de un metro al siguiente, pero en los extremos de la ecoclina la vegetación puede ser totalmente distinta (sin especies en común).

El segmento de la ecoclina en que se verifica un cambio de un ecosistema a otro estructural y funcionalmente bien distinto se denomina ecotono (ej: la zona de transición del bosque altoandino al subpáramo) ; en el ecotono dos comunidades vegetales se intergradan en el espacio, dando un paso a la otra. El que una comunidad vegetal se considere como la franja de transición espacial entre otras dos es, en todo caso subjetiva y cuestión de escalas: el manglar puede considerarse como ecosistema lo mismo que como ecotono entre el ecosistema selvático y el marino.

Las transiciones pueden ser, en algunos casos, abruptas, debido a tensionantes naturales o antrópicos, presentándose un borde o límite neto entre dos comunidades (ej: borde del bosque de galería ante la sabana, linde del bosque ante el potrero, etc.).

La ecoclina es un concepto fundamental en ecología vegetal y en restauración. El conocimiento de la ecoclina o ecoclinas de una región permite determinar el rango ambiental de cada población (nótese que se usa el término población, pues la consideramos localmente y no la generalidad de la especie).

Para el manejo de la vegetación en una región, debe partirse de elaborar un modelo de la variación espacial (ecoclinas) y temporal (sucesión) de la vegetación, ubicando cada una de las poblaciones dominantes y sus asociaciones, en estos dos ejes.

Ecoclinas bogotanas

En Bogotá existen una ecoclina vertical (que es la principal) y dos ecoclinas transversales. La ecoclina vertical bogotana se da a través de un gradiente altitudinal variado, el cual se esquematiza en la figura de "gradiente ambiental complejo" expuesta a continuación. Este gradiente va de zonas altas, frías, atmosféricamente húmedas y suelos bien drenados a zonas bajas, cálidas, atmosféricamente secas y suelos mal drenados. Los dos principales factores ambientales de este gradiente son la temperatura (que varía cerca de 1°C cada 100 m de altitud) y el drenaje del suelo, siendo este último la expresión compuesta de textura, estructura, pendiente y nivel freático.

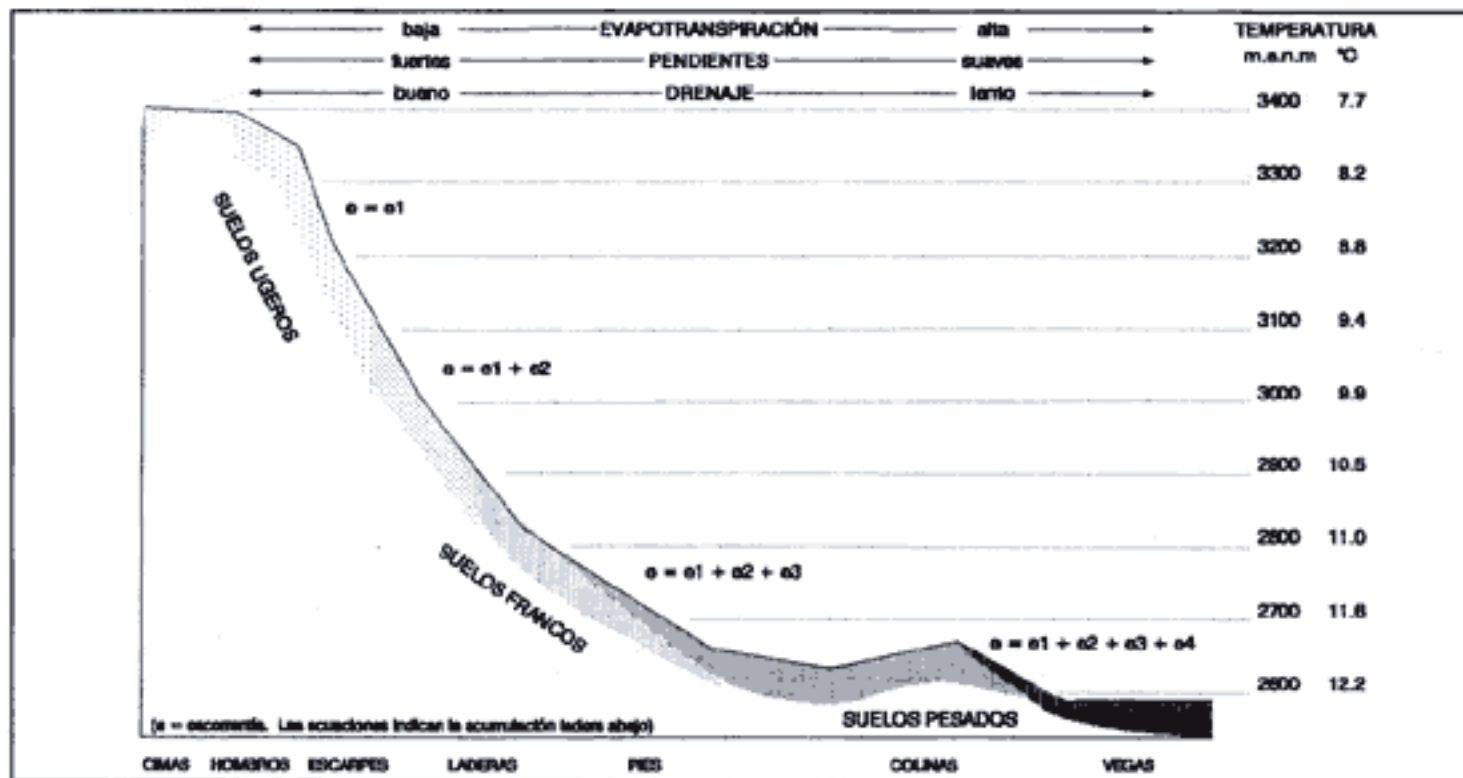
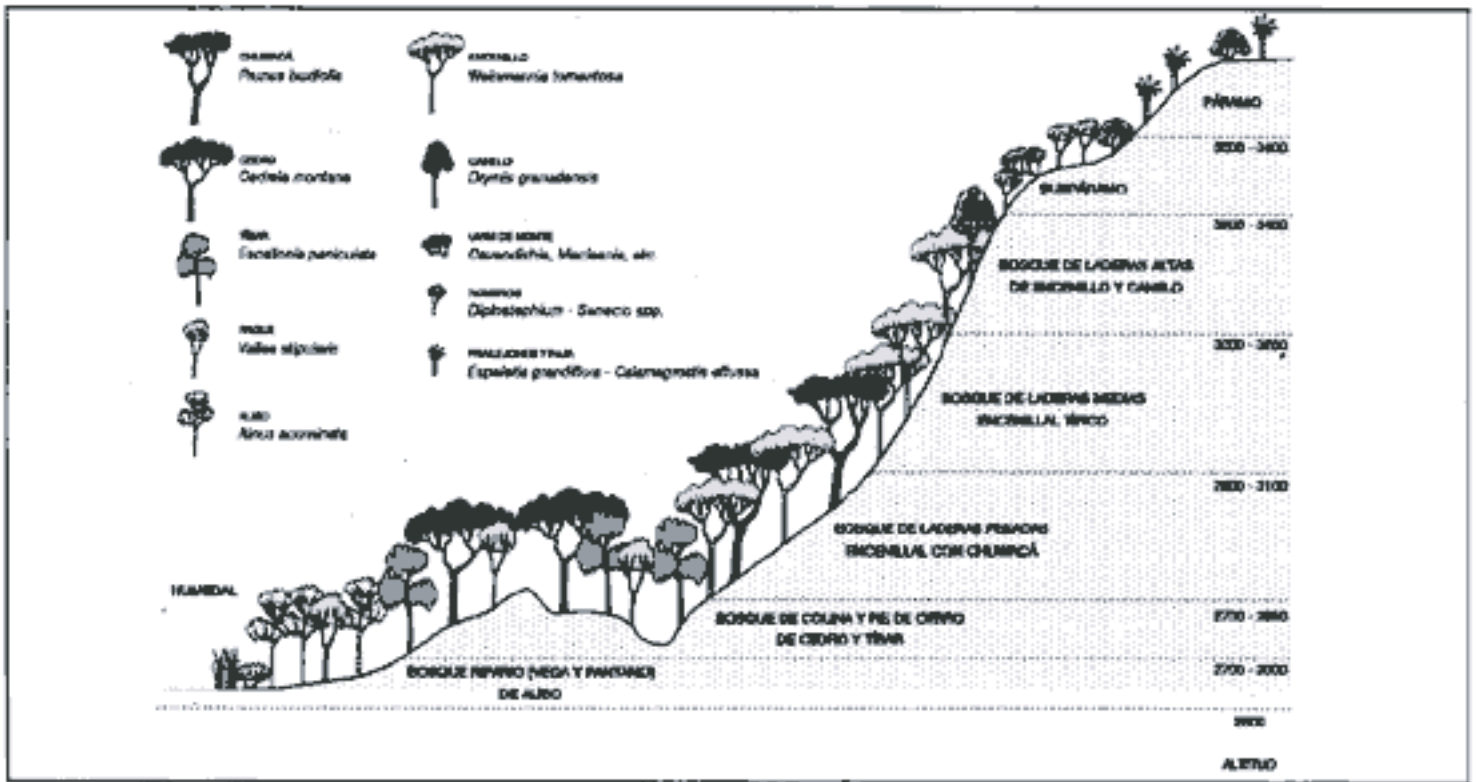


Figura 3, Ecoclina bogotana - Serie de tipos primarios de vegetación sobre el gradiente altitudinal



En la figura de la Ecoclina Vertical Bogotana (ver siguiente página) se muestra el modelo de ecoclina vertical de Santa Fe de Bogotá, con los tipos de vegetación potencial, es decir, como si toda la ecoclina estuviera en su estado primario (una ecoclina así se denomina clisere). En esta ecoclina distinguimos tres formaciones vegetales (tipos por fisonomía): el bosque altoandino, seguido hacia arriba por el subpáramo y el páramo.

Así, si alguna de las laderas de los Cerros Orientales se hubiera preservado hasta nuestros días, la veríamos aproximadamente como la figura insinúa. En las partes bajas juncuales y matorrales pantanosos alternarían con rodales de alisos en todas las vegas, cubriendo la mayor parte del altiplano, los pies de las laderas y las colinas que emergen del altiplano, con suelos un tanto mejor drenados (pero pesados) estarían cubiertas de un soberbio bosque de cedros, entre los que se encontrarían gregies (manchones) de pino romerón, nogal y chuvacá, con abundancia de tíbares y salvio negro hacia las cañadas.

Ascendiendo por laderas bajas, pasaríamos a una transición hacia el encenillal, a medida que los cedros se hacen más escasos y más abundantes los encenillos. Este encenillal bajo estaría mezclado con gregies de chuvacá y hacia las laderas medias, donde los suelos se hacen más ligeros daría paso al encenillal típico. El encenillal típico es una consociación de encenillos con gaque, cucharo, chusque y trompillo como principales subdominantes. En las laderas más altas, en atmósferas muy frías y húmedas, los cucharos y trompillos son reemplazados por el canelo (o ají de páramo). Este encenillal es mucho más rico en uvas de monte y pegamoscos (Ericáceas), pues de hecho está ante la transición del límite superior del bosque al subpáramo, en donde se sitúa el cordón de Ericáceas.

El límite superior del bosque es el límite de la vegetación arbórea continua (como árboles se consideran las plantas leñosas mayores de 6 m). Este límite se sitúa alrededor de los 3200 en vertientes atmosféricamente secas y de los 3400 m.s.n.m. en las vertientes húmedas. Por encima de este límite se extiende el subpáramo, el cual, en palabras de Cuatrecasas, es un mosaico de arbustos y arbolitos donde cada población crece formando manchones de bosques enanos y

matorrales de gran colorido. Esta formación se va fragmentando hacia arriba a medida que se intergrada con el páramo, cuyo tipo distintivo es el frailejónal - pajonal, vegetación principalmente herbácea con abundantes y densos manchones de frailejón y arbustos dispersos.

Sin embargo, esta ecoclina vertical puede verse modificada por el cruce con las ecoclinas transversales. La variación de la vegetación a través de estas ecoclinas está subordinada a la ecoclina vertical, es decir que la variación transversal no es tan fuerte y representa más bien una modificación menor a las franjas de la ecoclina principal.

Existen, principalmente, dos ecoclinas transversales: una de textura del suelo (edáfica) y otra de humedad atmosférica.

Así, si bien en las laderas medias predomina el encenillal típico, existen montañas con material geológico parental de arcillolitas que determinan un suelo más pesado, con lo que puede encontrarse un encenillal con mano de oso como codominante principal. Los cambios de textura en esta ecoclina transversal son fuertemente determinantes de la dirección sucesional y la distribución de las poblaciones vegetales. Aún en tipos subserales (vegetación "joven") el efecto es notorio: los subserales típicos de suelos arenosos son dominados por romero blanco y uva camarona, mientras que yendo hacia suelos más pesados (a la misma altitud) se aprecia un reemplazamiento gradual por laurel hojipequeño y uva de anís, respectivamente. La ecoclina transversal edáfica se acentúa a pequeña escala, cuando a la misma altitud se está lejos o cerca de los cursos de agua, pues sin variar la altitud, al acercarse a los mismos se encuentra la flora riparia (flora típica de riberas), rica en especies propias de suelos pesados.

La ecoclina transversal de humedad atmosférica se aprecia según el observador se acerca o aleja de los núcleos de condensación o pasos de niebla. Los pasos de niebla son "boquerones" o rebajamientos en la altitud de una cadena montañosa, a través de la cual las nieblas bajas (estratos de ladera) pasan de un valle al contiguo. Los núcleos de condensación se ubican sobre ciertas montañas a altitudes que oscilan entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. Las laderas inferiores y circundantes de estos núcleos reciben mayor precipitación anual, menor precipitación y menor incidencia de heladas. Cerca a las zonas atmosféricamente húmedas la vegetación muestra una tendencia al ascenso florístico, es decir, las poblaciones y las franjas de vegetación se establecen hasta altitudes superiores a las corrientes. Adicionalmente, ciertas poblaciones y asociaciones son características de ciertos rangos de humedad atmosférica, por lo que a 3200 m.s.n.m. puede uno encontrar bosques de gague-granizo-cedro riñón (en los pasos de niebla), bosques de encenillo y canelo (en cañadas atmosféricamente húmedas) o bosques de encenillos y ericáceas (en laderas frías y secas), según va de los puntos más húmedos a los menos.

Existen tres variaciones fuertes de las ecoclinas: el efecto de masas, la vertiente húmeda y la secundarización. Así, si las cadenas montañosas son más estrechas, la vertiente es atmosféricamente seca (en comparación con otras) o la vegetación ha sido profundamente perturbada (secundarizada), los cinturones de vegetación tienden a aparecer en cotas comparativamente más bajas.

Cuando el bosque altoandino es degradado, la flora oportunista de subpáramo (especies de dicha franja de ágil dispersión) colonizan lugares a altitudes muy inferiores al límite superior del bosque primario. Por esta razón encontramos matorrales de Ericáceas, romeros y laurel hojipequeño a altitudes cercanas a los 2700 m.s.n.m. La gente se acostumbra a creer que estos matorrales son el "bosque nativo", tratándose de subpáramos secundarios. De la misma manera, la extensa degradación del subpáramo provoca la dispersión de la flora oportunista de páramo y encontramos

así guardarrocíos, paja, frailejones plateados y frailejoncillos, a altitudes por debajo de los 3000 m.s. n.m. Muchos de los páramos por cuya conservación se ha trabajado, son en realidad áreas de bosque altoandino fuertemente deterioradas.

Elementos básicos de la sucesión vegetal

La restauración de los ecosistemas se basa en el conocimiento y manejo de la sucesión ecológica. Sucesión es el proceso de desarrollo estructural y funcional del ecosistema, a través del cual se da un reemplazamiento de unas poblaciones y comunidades por otras en el tiempo. El caso típico de sucesión es la regeneración del bosque a partir de pastizales, sobre los que primero crecen arbustos, luego ciertas especies de árboles y finalmente las poblaciones de árboles propias del bosque maduro.

La sucesión es un desarrollo de toda la estructura y función del ecosistema, que tiende, en general, al incremento de la biomasa, la diversidad, la estabilidad, la regulación de suelo y atmósfera, la productividad bruta y al cierre del ciclo de nutrientes. La sucesión es el desarrollo de la biosfera tomando control sobre el medio físico. Las poblaciones se establecen transformando el medio y el medio cambiante permite el establecimiento de otras poblaciones que introducen nuevos cambios ambientales hasta llegar al punto donde la energía disponible y la capacidad biótica para adecuar el medio se copan.

Aunque la sucesión es una transformación de todo el ecosistema, en los ecosistemas terrestres el principal agente sucesional es la vegetación. La mecánica básica de la sucesión se basa en el proceso de facilitación, que consiste en la modificación de las condiciones ambientales por las especies que se establecen en un lugar, hasta hacer este medio más propicio para el establecimiento de otras especies que para sus propios descendientes. Al aumentar las probabilidades de reemplazamiento por encima de las de autorreemplazamiento, se facilita la introducción de una nueva etapa y la sucesión avanza con especies que introducen nuevos cambios. En tal sentido se dice que determinadas especies o biotipos facilitan la ecesis de otros, que ya estaban presentes o llegan al sitio por dispersión y suceden a los primeros.

Los cambios que las poblaciones dinamogenéticas introducen, propiciando el avance de la sucesión, esto es, las relaciones de facilitación, pueden darse de diversas maneras:

- Por mitigación de tensionantes edáficos (Al, Fe, acidez, agrotóxicos, otros venenos).
- Por atenuación de las fluctuaciones ambientales (de temperatura, humedad, químicas, etc.)
- Por mitigación del régimen de perturbaciones (viento, fuego, pastoreo, deslizamientos, erosión)
- Por fijación de nitrógeno por medio de bacterias simbiotes.
- Por aumento de la fertilidad, estructura y profundidad efectiva del suelo.
- Por aumento de la micorrización y microflora benéfica del suelo.
- Por aumento del contenido de humedad del suelo.

- Por mejoramiento del drenaje del suelo (mitigación del anegamiento).
- Por adición de materia orgánica (que afecta todo lo anterior).
- Por creación de micrositios de germinación.
- Por creación de refugios, perchas, comederos y otros atractivos para los dispersores.
- Por supresión de poblaciones competidoras.
- Por disuación de los herbívoros (defensas químicas agresivas, espinas, simbiosis con insectos agresivos)
- Por sombreado (favorable a las especies esciófilas).
- Por ciclos vitales cortos y alta tasa de renovación de rametos o individuos (multiplicando las posibilidades de reemplazamiento).
- Por establecimiento de un ritmo fenológico favorable al ciclo vital de la otra especie (ej: un ciclo de luz y sombra por defoliación - foliación, o una frecuencia de caídas de ramas o de quemas propiciadas por la acumulación de combustibles).

En general, cualquier adecuación que haga al ambiente más favorable para otra especie que para sí misma, constituye una facilitación y un atributo dinamogenético de la especie facilitadora, pues impulsa la sucesión. Todas estas estrategias pueden ser copiadas por el hombre dentro de técnicas restauración para la inducción física, química o biótica de la sucesión.

La sucesión secundaria, como se dijo arriba, parte de los remanentes bióticos del ecosistema, sobrevivientes a la perturbación. Esto se conoce como «potencial de regeneración in situ» (Uhl & Saldarriaga, 1986) y comprende:

- El banco de semillas, una reserva de semillas dormantes (latentes) que se encuentran a distintas profundidades en el suelo, principalmente en los primeros milímetros (Oosting & Humphreys, 1940 ; Jaimes & Rivera, 1991 ; Aide & Cavelier, 1994).
- El banco de plántulas, un estrato, generalmente laxo, de formas infantiles cuyo desarrollo se halla estacionado mientras persiste la vegetación primaria, pero cuyo crecimiento se dispara, cuando se abren espacios con la perturbación, siempre y cuando sobrevivan a ella (Horn, 1974; Gómez-Pompa *et al.*, 1983; Uhl & Saldarriaga, 1986; Jaimes & Rivera, 1991).
- Los individuos reproductores sobrevivientes, los cuales se constituyen en fuente de propágulos y sirven también como perchas, atrayendo dispersores (aves y murciélagos) incrementando la lluvia de semillas (Uhl & Saldarriaga, 1986 ; Von Hildebrand & Walshburger, 1985).

- Las reiteraciones espontáneas y traumáticas, esto es, los «retoños» o renuevos, ramitas tiernas que brotan de los troncos y raíces, espontáneamente o luego de una lesión (Gómez-Pompa *et al.*, 1983; Uhl & Saldarriaga, 1986; Vargas, 1986).

Entre más fuertes sean y se conserven estos mecanismos en cada caso particular, más rápido es el proceso de regeneración. La intensidad o naturaleza de la perturbación pueden ser tales que reduzcan drásticamente este potencial regenerativo, como ocurre con los efectos de las quemas o de la remoción del tapete de musgos, sobre el banco de semillas (Uhl & Saldarriaga, 1986; Jaimes & Rivera, 1991).

La sucesión depende tanto del potencial biótico *in situ* como del alóctono, representado en rodales reproductores vecinos y la dispersión entre éstos y los sitios en regeneración (diáspora). La tasa de precipitación de semillas, esporas y embriones (en el caso de plantas vivíparas) sobre un lugar, se denomina lluvia de propágulos y depende de la estrategia de dispersión de cada especie, que es uno de sus principales atributos vitales.

Las principales estrategias de dispersión comprenden:

- Barocoria: por gravedad, los propágulos caen y avanzan por las pendientes.
- Autocoria: por mecanismos explosivos o elásticos las plantas lanzan los propágulos.
- Anemocoria: por el viento, gracias a alas o vilanos, o tallas muy ligeras de los propágulos.
- Hidrocoria: por el agua, arrastrados por la corriente, flotantes o en suspensión.
- Ornitocoria: por aves.
- Quirocoria: por murciélagos.
- Ictiocoria: por peces
- Mastozoocoria: por mamíferos
- Endozoocoria: por animales en general, que los ingieren y luego regurgitan o defecan.
- Ectozoocoria: por animales, que los transportan adheridos al pelo, plumas o escamas.

En cada contexto biogeográfico, existen distintas poblaciones vegetales adaptadas a diversas condiciones de suelo y atmósfera, por lo que la sucesión se da a través de distintas etapas, caracterizadas por una flora y fisonomía dadas.

En cada ambiente se evidencia una serie de etapas sucesionales características del mismo, la cual

se denomina sere o serie ecológica. Así, en las laderas arenosas de los Cerros Orientales la sere típica es romero blanco - cucharo - gaque - encenillo.

Así como en una ecoclina no se aprecian remplazamientos abruptos de una comunidad por otra a través del terreno, sino que se van intergradando, de la misma manera, en una sere las poblaciones se trenzan unas con otras, de modo que en un momento pueden encontrarse juntas poblaciones de distintos momentos sucesionales, unas declinando, otras dominando y otras comenzando a ganar espacio (individuos del pasado, del presente y del futuro).

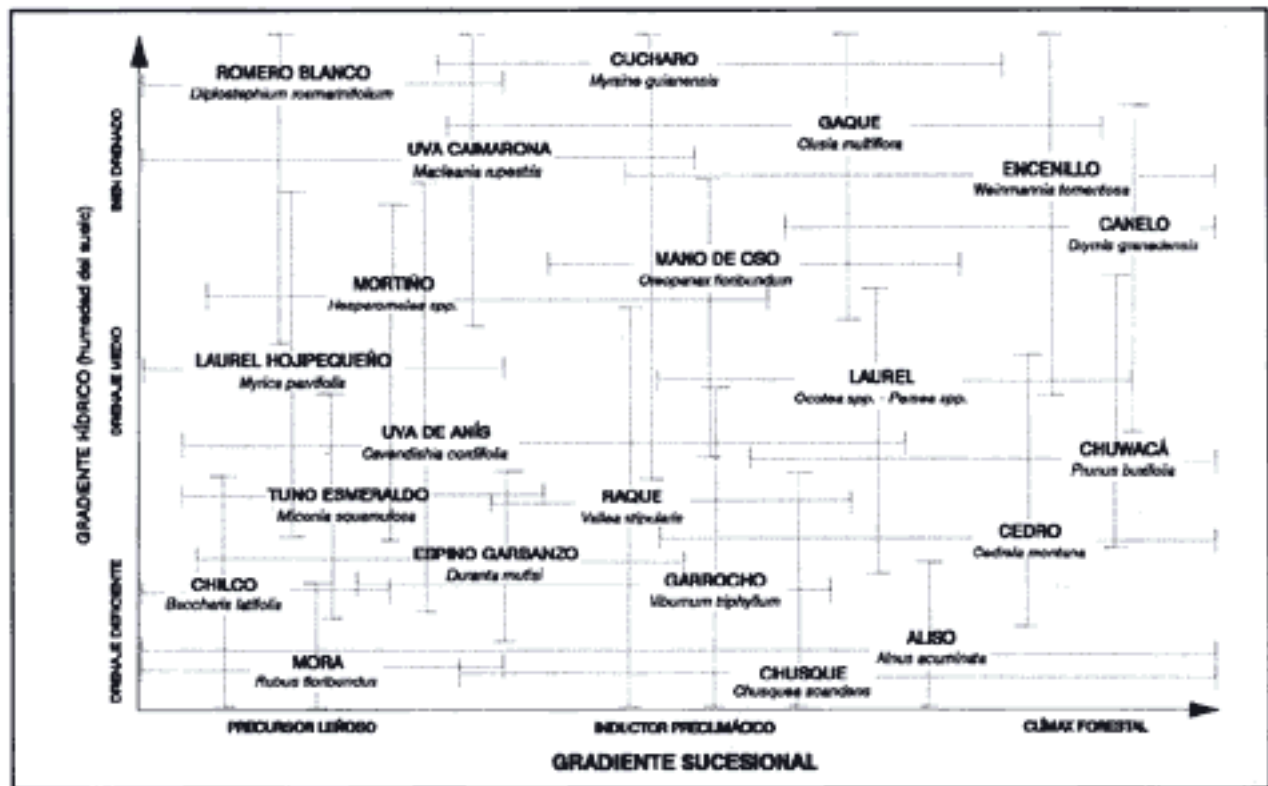
Para su descripción las seres se dividen en etapas, definidas florística y fisonómicamente, es decir según las poblaciones y biotipos que la componen, de modo que cada etapa es una comunidad en transformación. Ej: etapa del matorral de laurel hojipequeño, etapa del rastrojo de raque, etapa del bosque de encenillo y mano de oso.

Las etapas pueden subdividirse con distintos criterios. En el esquema seral básico (que se expone más adelante) cada etapa se divide en fases que representan distintos estadios de desarrollo fisonómico de la comunidad propia de dicha etapa. Por ejemplo, la etapa caracterizada por el laurel hojipequeño y sus poblaciones subordinadas puede dividirse en fases según la estructura del matorral sea abierta e incipiente, se agrega, se consolida o posmadura.

En teoría, la sucesión llega hasta una etapa en que la energía-agua-nutrientes disponibles y la capacidad de adecuación de las poblaciones ya no puede producir más cambios en el ambiente y las poblaciones adaptadas al medio finalmente producido se autorreemplazan, manteniéndose indefinidamente, lo cual se conoce como clímax de la sucesión.

Las especies que pueden establecerse sobre suelo desnudo son llamadas pioneras. La primera parte de una sere se denomina prisere y a sus poblaciones características se les denomina priserales (lo cual incluye a las pioneras). Las etapas intermedias de una sere se designan como mesosere y la parte final hasta el clímax se llama tardisere. A toda la sere por debajo del clímax se le llama subsere (lo que viene a ser algo así como prisere + mesosere) y a la vegetación propia de este intervalo se le considera subseral. Por eso se oye hablar de los subserales del robledal o subserales del encenillal ; se hace con ello referencia a matorrales y rastrojos que, se asume, son precursores de dichos bosques.

Figura 4, Rango ambiental - sucesional de las principales dianmonogenéticas bogotanas



En líneas generales, en las priseres predominan las especies con atributos vitales que les permiten sobrevivir y reproducirse en medios controlados por factores y eventos físicos y con alta frecuencia de perturbaciones y sus efectos residuales. La mayoría de estos atributos pueden asociarse con la estrategia r, basada en un rápido y profuso crecimiento y reproducción, ciclos vitales cortos adaptados a la frecuencia de perturbaciones, lo que determina una alta tasa de renovación de individuos y estructuras poco durables (Pianka, 1982), favoreciendo la acumulación de materia orgánica en el suelo (necromasa) y el reemplazamiento. La mayoría de estas especies, aunque viven poco, se mantienen en el ecosistema saltando de un parche de perturbación a otro (Horn, 1974).

Hacia las tardiseres se da generalmente un viraje hacia las estrategias k, basadas en la regulación, con una mayor inversión en estructuras más durables, crecimiento más lento, ciclos vitales más largos, mecanismos de dispersión basados en la biota (aves, murciélagos, etc.), atributos vitales viables en un ambiente más biótico y estable (Pianka, 1982), creado por las poblaciones precursoras y que les permiten reemplazar a éstas (Nobble & Slatyer, 1980; Vargas, 1997).

En la visión arquetípica de la sucesión, propia del enfoque de Clements, las poblaciones se suceden en un orden invariable y todas las seres de una región convergen al mismo clímax. Al extremo, esto equivaldría a decir que nunca el encenillo puede establecerse antes que el cucharo y que si se diera tiempo suficiente, todas las áreas desde el altiplano hasta el páramo se convertirían en encenillales, nada de lo cual se observa en la práctica.

Cuando las condiciones ambientales son difíciles, cada etapa tarda bastante en establecerse y consolidarse sobre la anterior ; en estos casos la sucesión se extiende y las distintas etapas se desarrollan completas, duraderas y diferenciadas.

Pero en cada lugar existen puntos ambientalmente más favorables para el desarrollo de la vegetación (más húmedos, más materia orgánica, más protegidos de las perturbaciones, etc.) y en

tales puntos la sucesión puede avanzar a distinta velocidad, al punto que antes de que una etapa se haya completado pueden ya estar bien avanzados los elementos de la siguiente ; el resultado es que cada etapa se introduce precozmente en la anterior y toda la serie se acorta, del mismo modo que se acorta una antena telescópica cuando se introducen sus segmentos superiores en los inferiores. Este proceso sucesional se conoce como telescopización (Cooper, 1923).

Por otro lado, cuando en cierta montaña vemos bosque altoandino hasta los 3200 m.s.n.m. y un matorral de Ericáceas desde ahí hacia arriba, no podemos aseverar que ese subpáramo sea una etapa sucesional que tiende a bosque, pues probablemente se trata del clímax arbustivo de la sucesión en ese punto más frío, como es forestal el clímax cincuenta metros más abajo. De acuerdo con la oferta ambiental de cada lugar, la sucesión avanza hasta cierto nivel. Es por esto que los cinturones de vegetación ascienden más en las vertientes húmedas.

En otros casos se encuentra una vegetación estabilizada en un nivel de desarrollo inferior al correspondiente al área en que se inscribe. Como en el caso del efecto de cuchilla, en los filos y escarpes las condiciones ambientales son más severas y aunque el rodal se encuentre a 3100 m.s.n.m. difícilmente puede desarrollarse algo más que un matorral ; se trata de un subclímax natural.

Sin embargo, también puede ocurrir, y de hecho es frecuente y extenso, que una intensa y prolongada perturbación degrade las condiciones ambientales hasta el punto en que el ecosistema ya no puede regenerarse y se estaciona en una etapa subseral. Los matorrales de laurel hojipequeño, raque y romero que cubren cerros como Suba, Majuy (Cota y Chía) y estribaciones de Usaquén y Chapinero, en los alrededores de Bogotá, representan un subclímax antrópico, donde el hombre ha degradado el suelo hasta el punto en que la vegetación ya no puede desarrollarse hasta bosque de cedros, nogales y pino romerón en un tiempo inferior al de varias generaciones humanas.

Cada población vegetal a ser evaluada y manejada, debe primero ubicarse en su nicho ambiental y sucesional, es decir, establecer su rango dentro de una (o más) ecoclina(s) y dentro de una (o más) series.

Si se define una asociación vegetal, verbigracia "bosque enano de *Clethra fimbriata*", la sola definición no me indica nada. Tiene significado ecológico y utilidad de manejo, cuando se interpreta el bosque enano de azafrán de páramo en términos de un suelo pesado y frío con drenaje lento y un momento sucesional de transición entre la posmaduración del subpáramo edáfica y atmosféricamente húmedo y el ascenso del límite superior del bosque de encenillos y Lauráceas. La asociación no dice nada sin su posición ambiental y su dinámica. Un mapa o un listado de asociaciones vegetales tienen una utilidad muy limitada. Las clasificaciones y cartografías ecológicas están dotadas de profundidad analítica en la medida de su bioindicación de ambientes, dinámicas y tendencias.

Régimen ambiental

Al calificar el estado y dinámica de un ecosistema a restaurar o en proceso de restauración (evaluación y monitoreo) es preciso distinguir entre dos factores negativos para el desarrollo acumulativo del mismo: tensionantes y limitantes.

Como limitantes se consideran aquellos factores que se hallan en cantidad, concentración, frecuencia o accesibilidad inferiores a las requeridas para el desarrollo del ecosistema, en particular

de la vegetación. La teoría del factor limitante (Liebig, 1930) reza que el desarrollo de la vegetación (o del ecosistema) llega hasta el punto permitido por la disponibilidad del factor que se halla en proporción menor con respecto a la demanda de aquélla, aunque no se halla captado aún la total disponibilidad de los demás factores.

Así, un suelo puede ser muy fértil, pero si hay baja disponibilidad de agua, el desarrollo está limitado por ésta. Los casos de limitación por oligoelementos son frecuentes en monocultivos, pero difícilmente pueden encontrarse en contextos de elevada biodiversidad (rodales nativos bien conservados), debido a la multiplicidad de estrategias adaptativas seleccionadas y evolucionadas en tales condiciones y al control biótico del ciclo de nutrientes. Sin embargo, la alteración puede crear las condiciones para que tal fenómeno se dé aún en vegetación silvestre.

Como tensionantes se consideran aquellos factores que se introducen en el ecosistema y que restringen la entrada de energía a éste o a uno de sus compartimientos o aumentan las pérdidas, deteriorando las reservas en cada compartimiento y los flujos entre ellos (procesos ecológicos esenciales). Muchos tensionantes actúan intensificando los limitantes (Brown & Lugo, 1994).

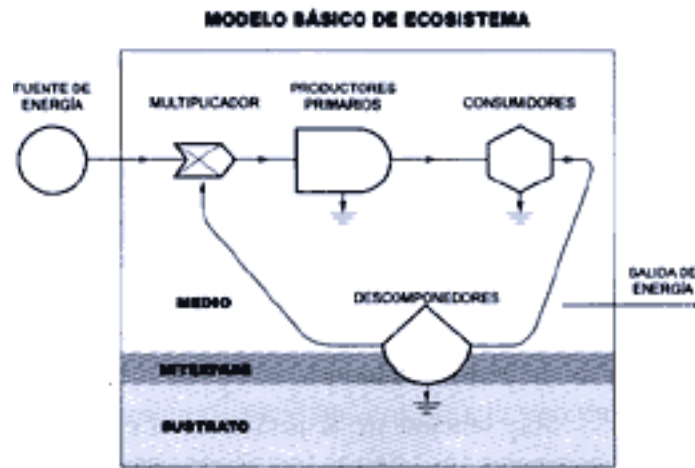
Base termodinámica de la restauración

La mayoría de las tendencias generales que conforman el patrón de desarrollo reconocido como sucesión ecológica, se entienden mejor bajo una perspectiva termodinámica.

La sucesión es en gran medida, un caso de la primera ley de la termodinámica, la transformación de la energía. El ecosistema incorpora energía de acuerdo con la capacidad que su estructura-función le confiere. Si la energía que ingresa al ecosistema es igual a la que sale, el ecosistema se mantiene en un estadio estacionario. Si las entradas superan las salidas, el ecosistema acumula, lo cual se traduce en crecimiento y reproducción.

En la siguiente figura se presenta la estructura - función básica del ecosistema. Una fuente (sol, lluvia, escorrentía) suministra la energía que es asimilada por los productores primarios (plantas), para luego ser parcialmente captada por los consumidores. Los residuos de los productores y consumidores son descompuestos por la comunidad de saprótrofos, con lo que se acumula una cantidad de nutrientes y de materia orgánica en diferentes estados de composición. Esta acumulación forma una interfase donde se combinan las partículas minerales del sustrato y los detritos orgánicos depuestos por la biota, entre el sustrato y el medio (atmósfera o agua), que se conoce como suelo en ecosistemas terrestres y sedimento en los acuáticos. Una parte de los nutrientes liberados por la descomposición es tomada por las plantas, lo cual multiplica la asimilación de la energía proveniente de la fuente y constituye la retroalimentación positiva del proceso.

Figura 5



La captación de energía por parte de las plantas se considera producción primaria bruta, mientras que el consumo de energía por parte de los tres compartimientos bióticos es la respiración, el costo energético del sostenimiento de la biomasa de productores, consumidores y descomponedores. Al descontar la respiración (salidas de energía) de la producción (entradas) se tiene la **producción primaria neta**, el saldo energético del ecosistema.

El crecimiento y reproducción son la base de la sucesión. La productividad primaria bruta del ecosistema representa la entrada, mientras que las salidas están compuestas por la respiración de los distintos elementos del ecosistema. Cada factor limitante disminuye las entradas (bajas temperaturas, déficit hídrico, nutrientes escasos) y cada factor tensionante aumenta las salidas. En cualquiera de los dos casos, la vegetación paga en términos de menor saldo disponible para el crecimiento y reproducción (menor producción primaria neta).

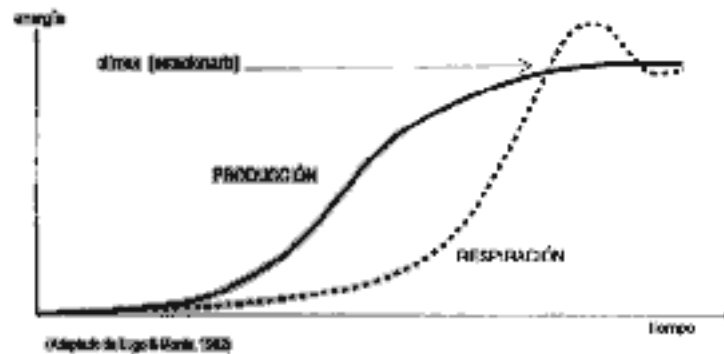
En la medida en que los limitantes y tensionantes se mitigan o remuevan, aumenta la productividad primaria neta, la acumulación avanza y con ella la sucesión. Si estos factores se intensifican, las reservas del ecosistema se depletan y ocurre la regresión (proceso inverso a la sucesión), con el consiguiente deterioro de la cobertura vegetal y el ecosistema. En un medio severamente perturbado o nuevo, con nula o poca vegetación, el ambiente está determinado por procesos y factores físicos (erosión, insolación, precipitación, etc.). La sucesión debe comenzar en un medio difícil, sometido a fuertes fluctuaciones y con pocas reservas. De un nivel mínimo de nutrientes, materia orgánica, agua y biomasa, el ecosistema parte para aumentar las entradas y restringir las pérdidas. En estos medios priseriales las fluctuaciones son fuertes y a veces impredecibles.

Las fluctuaciones de humedad y temperatura del sustrato son fuertes en los ambientes priseriales, especialmente en sustratos con poca cobertura vegetal, y más para una plántula cuya biomasa y contenido hídrico son mínimos.

Muy lentamente al principio, el ecosistema incrementa sus reservas (nutrientes, agua, materia orgánica, biomasa y biodiversidad) con lo que se verifica un crecimiento exponencial de su capacidad asimiladora (incremento de las entradas, la productividad). Las acumulaciones y la complejización de la red trófica (flujos de energía y materia) permiten el incremento en la capacidad homeostática del ecosistema ; la biota asume el control de variables y procesos antes determinados por el medio físico, como la humedad, temperatura, ciclado de nutrientes, etc. A la vez aumenta la resistencia y resiliencia del sistema, con lo que puede mantener su estructura-función a pesar de perturbaciones mayores.

Al tiempo con la productividad, el incremento en la biomasa representa también un aumento en los costos de mantenimiento de la nueva estructura, es decir de la respiración. La productividad no crece indefinidamente, pues en cierto punto los costos de sostenimiento no permiten saldos para el crecimiento. En este punto, el sistema simplemente se sostiene, autorreemplazando los elementos perdidos por desgaste. Esto es el clímax, un estadio estacionario, en el que las entradas de la productividad se igualan con las pérdidas por respiración del ecosistema (Lugo & Morris, 1982).

Figura 6



La mayoría de los tipos de vegetación andina, especialmente los que enfrentan limitantes de frío o sequedad, manifiestan esta interacción biofísica con particular intensidad, en lo que puede llamarse el «doble seguro edafo-atmosférico»: para que la regeneración avance (la perturbación se mitigue) es preciso que la producción primaria neta tenga saldos que se inviertan en crecimiento y reproducción, para lo cual, a su vez, se requiere que la atmósfera tenga un balance térmico e hídrico favorable y que el suelo tenga un balance hídrico y una fertilidad apropiados. Sin embargo, estos factores físicos sólo mejoran con el desarrollo de la vegetación. Si el suelo ha sido fuertemente perturbado, la productividad es baja, el crecimiento es lento y es difícil que la vegetación pueda transformar la atmósfera inmediata (micro y mesoclima). Así mismo, si no hay mejoría en las condiciones atmosféricas inmediatas (microclima de humedad y temperatura), la productividad se limita, haciendo lenta y tortuosa la regeneración del suelo por parte de la vegetación. La situación es más difícil donde el sustrato geológico es pobre, donde la humedad atmosférica es escasa o donde predominan bajas temperaturas.

Esta forma de subclímax edafo-atmosférico es una de las formas de deterioro del ecosistema (sucesión detenida, *sensu* Lugo & Brown, 1996) más extendidas en Colombia.

El balance sucesional es el nivel de desarrollo (biomasa, diversidad, complejidad trófica) alcanzado por un ecosistema al balancearse las entradas y salidas de energía en un estado estacionario, dado un potencial biótico y una oferta ambiental.

El balance sucesional alcanzado en un momento dado de la sucesión puede ser transitorio o relativamente definitivo, dependiendo de la escala de tiempo empleada por el observador, pero también del desarrollo posterior de los eventos.

Puesto que el balance sucesional está determinado por el potencial biótico y la oferta ambiental, si posteriormente la oferta se amplía, dándose una mitigación de los limitantes (aumentan las entradas) o de los tensionantes (disminuyen las salidas), el ecosistema puede entrar en una nueva fase de acumulación, siempre y cuando el potencial biótico le permita captar las nuevas

oportunidades.

Esto puede emularse, aplicando un subsidio (riego, fertilización) o protegiendo el ecosistema (control de fuego, pastoreo, etc.), con lo cual el efecto esperable es un desajuste inicial, pues la estructura-función estaban adaptadas a la oferta ambiental anterior. Con la intervención se favorece la expansión de las especies preadaptadas a las condiciones introducidas (por su rango ecofisiológico) a expensas de otras, con lo que inicialmente cae la biodiversidad, para recuperarse luego y descender de nuevo con la consolidación de las nuevas dominantes. La productividad bruta aumenta hasta un nuevo balance sucesional donde la respiración de nuevo se equilibre con ella (Odum, 1980).

Si en lugar de ampliar la oferta ambiental, se ampliara el potencial biótico, facultando al ecosistema para captar un rango más amplio de la oferta ambiental y aumentar sus entradas o restringir sus pérdidas, el efecto es el mismo que en el caso anterior, en líneas generales. La introducción de especies plaga es un ejemplo de ampliación accidental del potencial biótico.

Cuando encontramos un terreno degradado, debemos preguntarnos en qué medida la aparente detención de la sucesión es debida al empobrecimiento de la oferta ambiental o a la disminución del potencial biótico.

En ocasiones, el deterioro del clima y el suelo son responsables por el subclímax. En otras ocasiones, la fragmentación y la pérdida de biodiversidad son responsables del mantenimiento de un estado incipiente de desarrollo del ecosistema.

Base probabilística de la restauración

La expresión temporal de la sucesión tiene una clara base probabilística. Siendo una secuencia de transformaciones cada una dependiente de las precedentes, en un orden más o menos obligado, la probabilidad de cada evento incide en la del evento dependiente posterior. Por ejemplo, para que una nueva población se introduzca en la sucesión, depende de la probabilidad de:

1. Que exista una extensión adecuada de rodales con una densidad adecuada de individuos reproductores.
2. Que se dé una adecuada producción de propágulos.
3. Que los propágulos producidos alcancen el sitio en regeneración por los medios de dispersión disponibles.
4. Que los propágulos que llegan al sitio sean viables.
5. Que caigan en micrositios adecuados para su germinación.
6. Que lleguen al ambiente y momento sucesional adecuados a su rango ecofisiológico.
7. Que no sean predados o su germinación inhibida por la competencia.

8. Que los que germinen no sean destruidos en la frágil etapa de plántula.
9. Que las plántulas sobrevivientes superen la competencia.
10. Que los juveniles primero y los reproductores luego, sobrevivan al régimen de perturbaciones (o que la perturbación devastadora inicial no se repita antes de que las plantas alcancen a reproducirse).
11. Que los reproductores alcancen la cantidad y calidad suficientes para mantener la especie.
12. Que logren el desarrollo necesario para desplegar capacidad constructiva, consolidar la etapa y facilitar la siguiente.

Puesto que ninguna de estas probabilidades es absoluta, sólo se verifican en razones inferiores al 100% y se requieren muchas repeticiones de cada evento para que el resultado acumulado permita pasar al siguiente. Esto hace que la sucesión esté expuesta a muchos factores estocásticos y pueda dilatarse en el tiempo. A menores probabilidades, mayor demora.

Lo contrario sucede espontáneamente en la telescopización de la sucesión natural, cuando en un sitio, el elevado potencial biótico o unas condiciones ambientales propicias, incrementan las probabilidades de cada evento, fase y etapa, introduciendo unas en otras y acortando en total la sucesión.

Si la restauración es la sucesión asistida, la estrategia general de la restauración es la inducción sucesional o telescopización artificial, en la cual se procede elevando la base probabilística total de los eventos y etapas claves, acortando la duración del proceso.

Una estrategia fundamental en la restauración es la plantación seral, que consiste en plantar las especies en orden sucesional apretado, introduciendo cada población y etapa tan pronto como las condiciones ambientales lo permiten, priorizando el tratamiento de los puntos y franjas más favorables. Por ejemplo, plantar simultáneamente precursores leñosos de crecimiento rápido (mejor si son fijadores de nitrógeno), entremezclados con inductores preclimáticos esciófilos, de crecimiento más lento, permite que los primeros apoyen el crecimiento de los segundos y que estos ya estén establecidos para acelerar su crecimiento en el momento en que las condiciones creadas por los precursores heliófilos lo propicien. El ciclo de vida más largo de los inductores, asegura su reemplazamiento (acorde con el modelo forestal de composición florística inicial).

La restauración ecológica, definida como la asistencia a la sucesión natural, puede centrarse pero no limitarse al manejo de la vegetación. La estrategia general consiste en "jugar en toda la cancha", liberando limitantes, mitigando tensionantes y aumentando el número de unidades y repeticiones, de modo que se incrementen las probabilidades de cada evento y se acorte el proceso total. Aquí "se vale todo": manipular factores atmosféricos, geológicos, edáficos, hidrológicos, genéticos, vegetales, animales, microbianos, sociales, culturales, tecnológicos, económicos, etc.

En síntesis, la restauración ecológica se aborda como un proceso de reconstrucción estructural y funcional del ecosistema, siguiendo los patrones espaciotemporales propios de la sucesión natural, pero inducidos y acelerados gracias a que el manejo por el hombre permite elevar las probabilidades

y precipitar la ocurrencia de cada evento dentro de la secuencia, acortando la duración total del proceso.

Dialéctica matriz - parche: fractales naturales y plantaciones reticulares

Así como la expresión temporal (distribución de los eventos en el tiempo) de la sucesión tiene una base probabilística, en la que las probabilidades de un momento dependen del precedente, la expresión espacial del proceso (distribución de los eventos en el espacio) también puede interpretarse sobre una base probabilística, en la que las probabilidades de un punto dependen, en alguna medida, de los eventos en los puntos vecinos. Como ejemplo, la ecesis de una planta social en un punto del espacio en regeneración, eleva las probabilidades de la ecesis de dicha población vegetal en los puntos vecinos.

Partiendo de dos premisas generales:

- El ambiente es heterogéneo y los eventos puntuales diferencian puntos del espacio aumentando la heterogeneidad, por lo cual las probabilidades (y tasa) de regeneración son distintas en diversos puntos.
- La regeneración en un punto del espacio incrementa las probabilidades (y tasa) de la regeneración en los puntos vecinos, en proporción inversa a la distancia de dichos puntos al foco de regeneración que los afecta.

Existen, luego, unos puntos en los que la sucesión avanza con mayor fluidez y en los cuales comienzan a formarse focos de colonización de la etapa más avanzada *B*, en medio de una matriz dominada por la etapa precedente *A*.

Estos parches se expanden e interconectan a través de los corredores más propicios según su oferta ambiental y las características de dispersión de las dinamogenéticas. Cuando la red de *B* se densifica, se convierte en matriz, la matriz anterior se va reduciendo a parches de *A*, que con el tiempo pueden quedar reducidos a algunos individuos (individuos del pasado).

Al mismo tiempo, pueden comenzar a formarse parches del siguiente estado *C*, que reinician el proceso, el cual se repite siguiendo generalmente los mismos focos de colonización y corredores de interconexión.

El resultado es un patrón en forma de red, interconectando las franjas y focos de avance sucesional, que van arrastrando a los demás puntos en dirección a la regeneración. En este patrón, las posibilidades de restauración de un punto son dependientes del estado de restauración de los puntos vecinos, en proporción inversa a su distancia, patrón que se conoce como fractal estadístico.

La medida en que las probabilidades de un punto se ven afectadas por los eventos en otro, no sólo depende de la distancia entre ellos ; depende también de la direccionalidad de la información, esto es, de la dirección en que es más probable la dispersión o el crecimiento (reproducción sexual o vegetativa, respectivamente) de las poblaciones dinamogenéticas. Por ejemplo, un punto puede estar muy cerca arriba de un foco de regeneración, pero si las especies dinamogenéticas son barócoras, es menor su afectación que sobre los puntos abajo. La orientación con respecto al viento, la gravedad, la escorrentía y las rutas de los dispersores animales sesga las probabilidades de

expansión del fractal en dirección de sotavento, pendiente abajo, aguas abajo y corredores zoócoros.

Las consecuencias de este patrón para la restauración son de la mayor relevancia en el diseño: no tiene sentido revegetalizar según un patrón cuadriculado, pues la Naturaleza regenera en forma de red. La plantación reticular, estableciendo estribones sobre los ambientes favorables y corredores en las direcciones y las franjas más favorables para la agregación y conexión de los focos de regeneración, es la base de la estrategia espacial de la restauración.

La plantación reticular, rasgo distintivo de la revegetalización estratégica, se suma a la plantación seral (arriba expuesta) para permitir multiplicar la superficie plantada por su reproducción y expansión espontáneas. No vale la pena revegetalizar una hectárea en bloque, si la misma cantidad de plantas puede distribuirse en un patrón que impulse la rehabilitación a través de diez hectáreas.

Estrategias socioculturales en restauración

La restauración ecológica, siempre que se acomete sobre ecosistemas secundarios, perturbados por el hombre, requiere no sólo la reconstrucción de la estructura y función de los componentes físicos y bióticos del ecosistema, sino que involucra, necesariamente, la reconstrucción de la relación hombre - Naturaleza (alteridad) cuya crisis y ruptura se manifiestan en la degradación ambiental a corregir, pues, de fondo, lo que se ha degradado no es llanamente mineral u orgánico, sino el diálogo mismo entre el hombre y su entorno.

En consecuencia, todo el proceso de "sanación ecosistémica" debe ser llevado adelante con la participación activa, consciente y constante del "paciente", esto es, de la comunidad cuyo destino y calidad de vida están directamente ligados al estado de conservación - recuperación del entorno a intervenir.

Un proyecto o programa de restauración está, pues, obviamente ligado al proceso sociodinámico, pues siempre que la degradación a corregir tenga un origen humano, su recuperación involucrará la intervención de procesos y relaciones físicos, bióticos, económicos, sociales y culturales, donde el proyecto mismo de restauración constituye una instancia para la reflexión histórica y ambiental, la toma de conciencia y la elaboración del protagonismo comunitario en la construcción de ambiente - futuro.

Un aspecto esencial es la restauración cultural (o componente cultural de la restauración). La desaparición de los ecosistemas y especies nativas del paisaje, va acompañada de su desvanecimiento de la cultura en la misma región. Si el objeto natural no tiene una imagen en la cultura local, un concepto que la define y un valor que lo asocie positivamente a la praxis cotidiana, está condenado a desaparecer. La gente crea a su alrededor el paisaje que lleva en su interior, programado dentro de las ideas genéticas de su sistema de alteridad. Para restablecer un bosque o unas especies dentro de un ecosistema controlado por el hombre, debe primero restaurarse su conocimiento y valoración dentro de la cultura.



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



3. CLAVE DE ESPECIES DINAMOGENÉTICAS

Una especie es un conjunto de seres vivos que comparten rasgos comunes y pueden reproducirse entre sí. Por ejemplo, 30 arbolitos de aliso no son treinta especies; son treinta individuos de la misma especie, cuyo nombre común es «aliso» y su nombre científico *Alnus acuminata*.

El encenillo que predomina en los bosques bogotanos es *Weinmannia tomentosa*: *Weinmannia* es el género al que pertenece la especie *Weinmannia tomentosa*. En Bogotá hay otras especies de encenillo, como *Weinmannia rollotii*, *Weinmannia auriculifera*, *Weinmannia bogotensis*, etc. Pertenecen al mismo género, pero son especies vegetales distintas que no pueden cruzarse una con otra, salvo por raros accidentes que llamamos híbridos (como la mula).

No todas las especies tienen la misma importancia en la restauración del ecosistema. Las especies dinamogenéticas son aquellas que construyen la mayor parte de la masa de la vegetación, tienen mayor cobertura (cubren más) y producen cambios en el ambiente que promueven el avance de la sucesión. En restauración se emplean principalmente estas especies. Las demás especies vegetales, al igual que la fauna, aprovechan el hábitat creado por las dinamogenéticas.

Es importante saber la especie con la cual se está trabajando en un proyecto de conservación o restauración, para poder intercambiar información sobre ella con otras personas o ubicarla en los textos disponibles. Si sólo sabemos que en una vereda le dicen «amargoso», es posible que en otra zona el mismo nombre se lo apliquen a otra especie muy distinta. Si, en cambio, determinamos que se trata de *Ageratina aristeei*, podríamos conseguir más información sobre dicha especie en distintas fuentes y estar seguros de que dicha información se aplica exactamente a la especie que estamos manejando.

Una clave taxonómica es una guía en forma de cuestionario, con la cual a través de preguntas sucesivas se puede llegar a determinar a qué especie pertenece un individuo.

En Botánica, las claves generalmente hacen preguntas sobre los órganos reproductivos de las plantas (flores y frutos). Pero es difícil encontrar siempre las flores y frutos. Por ello se han desarrollado otras técnicas, en conjunto llamadas dendrología, con las cuales se construyen claves para determinar la especie de una planta, por medio de sus rasgos vegetativos (corteza, tallos, hojas, formas de crecimiento).

En esta sección se presentan dos claves. La primera es una clave ecológica para determinar si una especie cualquiera puede considerarse como dinamogenética. La segunda es una clave

dendrológica para ayudar a determinar las principales especies dinamogenéticas del área rural bogotana.

Por razones prácticas no es posible incluir aquí todas las especies de árboles y arbustos del área (que pasan de 600), sino sólo las más importantes en términos de restauración, que son también las más abundantes en el terreno.

La clave dendrológica sólo contiene una mínima porción de las especies existentes en el área, pero por tratarse de las más abundantes, la mayor parte de los individuos que se encuentren en el terreno pertenecerán probablemente a alguna de estas especies. En principio, la idea es que la clave de calificación de dinamogenéticas se emplee para determinar si la planta en cuestión cae dentro de esta categoría ecológica. De ser así, es muy probable que su especie pueda ser determinada con ayuda de la clave dendrológica.

La clave utiliza algunos términos técnicos indispensables, que se incluyen en el glosario. Aprender a reconocer los rasgos por los que se pregunta requiere algo de práctica, pero no es difícil. Esto significa que la clave no es automática, es una ayuda; sólo la práctica y la constancia conducirán a la habilidad para reconocer con facilidad las especies, lo cual es de gran importancia para poder valorar y aprovechar nuestra flora nativa.

Esta es la primera vez que se ofrece una clave dendrológica para la región, a nivel de especies, la cual es una de las herramientas de mayor valor en el manejo práctico de la biodiversidad, máxime estando esta clave específicamente dirigida a especies útiles en la restauración de los ecosistemas altoandinos de la periferia bogotana.

Por lo tanto, vale la pena el esfuerzo inicial que implica familiarizarse con el manejo de la clave y la práctica de campo para reconocer los rasgos y las especies. El esfuerzo es lógico: estamos pasando de reforestar con media docena de eucaliptos, pinos y acacias, a revegetalizar con un centenar de especies nativas altoandinas.

CLAVE PARA CALIFICACIÓN DE DINAMOGENÉTICAS

Dado que en la clave dendrológica sólo se han considerado un centenar de las principales especies dinamogenéticas de las Áreas Rurales Distritales, a la hora de aplicar este instrumento a la determinación de una especie en particular, conviene saber primero si ésta puede considerarse como dinamogenética, que, de serlo, tendrá gran probabilidad de aparecer en la clave.

Un área cuenta con una diversidad de especies cuyo valor dentro de la sucesión (regeneración natural) se hace evidente en la consolidación de nuevos tipos de fisonomía (matorral, rastrojo, bosque) después de una perturbación considerable.

La presencia de estas especies ejerce una influencia significativa sobre los cambios de composición de la población vegetal y sobre la fisonomía particular de cada etapa de la sucesión, dicha influencia radica principalmente en las características de cobertura y la capacidad competitiva de la especie en las condiciones de microclima, radiación y suelo, que cambian a través de la sucesión misma.

Las especies dinamogenéticas son aquellas que habiéndose introducido en una etapa sucesional, se desarrollan en ella con tal eficacia que llegan a ejercer un efecto determinante

sobre las condiciones ambientales, la estructura y función del ecosistema, efectos que constituyen las causas mecánicas de la sucesión.

La determinación de cuáles son las principales especies dinamogenéticas de una región requiere de análisis ecológicos de cierto grado de ineludible complejidad. Sin embargo, con buen ojo de naturalista, la observación de la distribución de las distintas especies en los diferentes ambientes del paisaje local y en las distintas etapas de la regeneración natural, permite una identificación muy confiable de estas valiosas herramientas para la restauración de los ecosistemas nativos.

Para orientar esta habilidad de campo, conviene señalar qué rasgos distinguen a las especies dinamogenéticas. Estos rasgos, los cuales les confieren la capacidad para colonizar, dominar y transformar las distintas etapas sucesionales, son denominados atributos vitales.

La determinación de la dinamogenicidad de una especie depende del conjunto de atributos vitales que posea (características biológicas de su ciclo de vida). A continuación se describen algunos atributos que distinguen a estas especies y que pueden ser identificables en campo con relativa facilidad.

De los atributos que a continuación se listan, el primero es imprescindible: las plantas constructivas, al igual que los animales constructivos, son sociales y su capacidad para transformar el ambiente se basa en su carácter gregario. El segundo atributo (capacidad constructiva) le sigue en importancia y es raro el caso de una especie que se pueda considerar dinamogenética careciendo de este rasgo que se considera prácticamente sinónimo. Los demás atributos «suman puntos».

Principales atributos vitales que caracterizan a una dinamogenética

En líneas generales, una especie dinamogenética tendrá siempre el atributo 1, generalmente el 2 y si tiene además cualquiera de los otros listados, por cada uno mejora su calificación como herramienta para restauración ecológica. Definitivamente no hay una sola especie que presente todos estos atributos, algunos de los cuales corresponden a estrategias ecológicas opuestas.

Comportamiento social: sus individuos se distribuyen unos cerca de otros, formando agregados de extensión variable.

Capacidad constructiva: el tamaño de los individuos (en proporción al resto de la vegetación del lugar) es tal, que al agregarse contribuyen significativamente a la construcción estructural de la vegetación.

Sociabilidad: tendencia a asociarse con otras especies (no forma rodales puros).

Amplia cobertura de follaje: follaje tupido y de amplia cobertura (produce buena sombra) posibilitando transformaciones del microclima en su contorno.

Alta tasa de renovación: las partes (hojas, ramitas, ramas, raíces) tienen un ciclo de vida corto dentro de la planta, se renuevan con frecuencia, de modo que las muertas se depositan, contribuyendo a la formación y

mejoramiento del suelo.

Con activa reproducción vegetativa: en condiciones naturales (por clonación mediante rizomas, estolones o acodos).

Polinización segura: la producción de semillas está asegurada por la autofecundación o una intensa lluvia de polen. Su mecanismo de polinización no se afecta por la alteración y fragmentación del hábitat.

Mecanismos de dispersión adecuados: para la colonización de etapas sucesionales apropiadas. Los medios físicos (dispersión por agua y viento) están mejor adaptados a las etapas iniciales (pobres en fauna), mientras que la dispersión por medios bióticos (aves y otros animales) es apropiada para etapas intermedias.

Alta producción de semillas: u otros propágulos (embriones, esporas).

Formación de bancos de semillas o de plántulas: las semillas o las plántulas tienden a permanecer en dormancia por extensos intervalos de tiempo, acumulándose, disparando su germinación o crecimiento ante señales de cambios ambientales propicios.

Reiteración tenaz: retoña rápida y reiteradamente después de daños físicos (tala parcial y quema).

Rusticidad: colocada en la posición ambiental y sucesional correcta no requiere más subsidios para desarrollarse y reproducirse.

Aptitud pionera: capacidad para colonizar y reproducirse en ambientes recientemente perturbados, principalmente sustratos desnudos.

Agresividad: es capaz de competir eficazmente con las especies oportunistas propias de medios perturbados, o con las introducidas por el hombre o con las dominantes nativas de determinada etapa sucesional, en cualquier caso rompiendo el equilibrio florístico existente y haciendo avanzar la sucesión en la dirección de los ecosistemas primarios.

Plasticidad morfológica: su forma de crecimiento varía adaptándose eficientemente a las condiciones del medio vigente. Cada una de estas formas facultativas se denomina morfosis y está adaptada a un ambiente particular, propio de una etapa de la sucesión.

Ciclo de vida sincronizado con las perturbaciones: la especie logra cumplir su ciclo vital, reproducirse y dejar semillas en el medio, en el intervalo típico entre dos eventos de perturbación.

La clave dendrológica incluye las siguientes especies:

LISTADO DE ESPECIES DINAMOGENÉTICAS POR NOMBRE CIENTÍFICO

Especie	Familia	Nombre común
1. <i>Abatia parviflora</i>	Flacourtiaceae	Duraznillo
2. <i>Acaena cylindrostachya</i>	Rosaceae	Amorcito
3. <i>Ageratina aristei</i>	Asteraceae	Amargoso
4. <i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Aliso
5. <i>Alsophila frigida</i>	Polypodiaceae	Palma boba, palma sarro
6. <i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gramineae	grama de olor
7. <i>Ardisia sp.</i>	Myrsinaceae	Cucharo, cucharo de páramo
8. <i>Axinaea macrophylla</i>	Melastomataceae	Tuno rojo
9. <i>Axinaea scutigera</i>	Melastomataceae	Tuno rojo
10. <i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae	Chilco
11. <i>Baccharis revoluta</i>	Asteraceae	Amargoso (pequeño)
12. <i>Barnadesia spinosa</i>	Asteraceae	Espino
13. <i>Befaria resinosa</i>	Ericaceae	Pegamosco
14. <i>Berberis rigidifolia</i>	Berberidaceae	Uña de gato,
15. <i>Bocconia frutescens</i>	Papaveraceae	Trompeto
16. <i>Brunellia</i>	Brunelliaceae	Cedro riñón, palotigre, nogal de páramo
17. <i>Bucquetia glutinosa</i>	Melastomataceae	Charne, saltón, quebrollo
18. <i>Buddleja americana</i>	Loganiaceae	Salvio, quedo, almanegra
19. <i>Calamagrostis effusa</i>	Gramineae	Winche, paja de páramo
20. <i>Cavendishia cordifolia</i>	Ericaceae	Uva de anís
21. <i>Cedrela montana</i>	Meliaceae	Cedro
22. <i>Cestrum mutisii</i>	Solanaceae	Tinto
23. <i>Chusquea scandens</i>	Gramineae	Chusque
24. <i>Chusquea weberbaueri</i>	Gramineae	Chuscajón
25. <i>Clethra jagifolia</i>	Clethraceae	Yomaquín
26. <i>Clethra fimbriata</i>	Clethraceae	Cacao de páramo, azafrán, manzano
27. <i>Clusia multiflora</i>	Guttiferae	Gaque, chagualo
28. <i>Cordia lanata</i>	Boraginaceae	Salvio negro, palo real, gomo
29. <i>Cortaderia nitida</i>	Gramineae	Cortadera
30. <i>Cytharexylum subflavescens</i>	Verbenaceae	Cajeto, garagay
31. <i>Datura arborea</i>	Solanaceae	Borrachero
32. <i>Diplostegium rosmarinifolium</i>	Asteraceae	Romero blanco
33. <i>Dodonaea viscosa</i>	Sapindaceae	Hayuelo
34. <i>Drimys granadensis</i>	Winteraceae	Canelo de monte, ají de páramo
35. <i>Duranta mutisii</i>	Verbenaceae	Espino garbanzo, cruceo
36. <i>Escallonia myrtilloides</i>	Saxifragaceae	Rodamonte, pagoda
37. <i>Escallonia paniculata</i>	Saxifragaceae	Tibar
38. <i>Espeletia argentea</i>	Asteraceae	frailejón plateado
39. <i>Espeletia grandiflora</i>	Asteraceae	Frailejón
40. <i>Espeletiopsis corymbosa</i>	Asteraceae	Frailejoncillo, falso frailejón
41. <i>Eupatorium angustifolium</i>	Asteraceae	Jome, blanquillo
42. <i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae	Tagua
43. <i>Gaultheria anastomosans</i>	Ericaceae	Uvito de páramo
44. <i>Gaultheria erecta</i>	Ericaceae	Reventadera (de hoja grande)
45. <i>Geissanthus andinus</i>	Myrsinaceae	Cucharo, chagualito
46. <i>Hedyosmum bonplandianum</i>	Cloranthaceae	Granizo, pito
47. <i>Hesperomeles glabrata</i>	Rosaceae	Mortiño, mortiño parejo
48. <i>Hesperomeles goudotiana</i>	Rosaceae	Mortiño, mortiño amarillo
49. <i>Hesperomeles heterophylla</i>	Rosaceae	Mortiño, mortiño disperejo
50. <i>Holcus lanatus</i>	Gramineae	Falsa poa
51. <i>Hypericum goyanense</i>	Guttiferae	Guardarrocho, chite, pinito de páramo
52. <i>Hypericum strictum</i>	Guttiferae	Chite

LISTADO DE ESPECIES DINAMOGENÉTICAS POR NOMBRE CIENTÍFICO

Especie	Familia	Nombre común
53. <i>Ilex kunthiana</i>	Aquifoliaceae	Paloblanco
54. <i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	Uva de monte, uva camarona
55. <i>Miconia cundinamaricensis</i>	Melastomataceae	Tuno gigante
56. <i>Miconia ligustrina</i>	Melastomataceae	Tuno chiquito, tuno negro
57. <i>Miconia squamulosa</i>	Melastomataceae	Tuno esmeraldo
58. <i>Monochaetum myrthoides</i>	Melastomataceae	Angelito
59. <i>Muehlenbeckia thamnifolia</i>	Polygonaceae	Bejuco colorado
60. <i>Myrcia dugandii</i>	Myrtaceae	Arrayán negro, arrayán guayabo
61. <i>Myrcianthes leucoxyla</i>	Myrtaceae	Arrayán, levaduro
62. <i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Myrtaceae	Arrayán
63. <i>Myrica parvifolia</i>	Myricaceae	Laurel hojipequeño, cruz de mayo
64. <i>Myrsine coriacea</i>	Myrsinaceae	Cucharo blanco, cucharo rosado, manteco
65. <i>Myrsine dependens</i>	Myrsinaceae	Maíz tostao, cucharito de páramo
66. <i>Myrsine guianensis</i>	Myrsinaceae	Cucharo, cucharo rojo, chagualito
67. <i>Ocotea sericea</i>	Lauraceae	Laurel dorado, oreja de mula
68. <i>Oreopanax bogotense</i>	Araliaceae	Mano de oso bogotano
69. <i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae	Mano de oso, higuerón
70. <i>Orthosanthus chimboracensis</i>	Iridaceae	Espartillo
71. <i>Passiflora</i> spp.	Passifloraceae	Curuba de monte
72. <i>Pernettya prostrata</i>	Ericaceae	Reventadera
73. <i>Persea mutisi</i>	Lauraceae	Aguacatillo
74. <i>Piper bogotense</i>	Piperaceae	Cordoncillo (grande)
75. <i>Piper lacunosum</i>	Piperaceae	Cordoncillo (pequeño)
76. <i>Pollalesta</i> sp.	Asteraceae	Cenizo, guache
77. <i>Polylepis cuadrijuga</i>	Rosaceae	Coloradito
78. <i>Prunus buxifolia</i>	Rosaceae	Chuwacá, cerezo de monte
79. <i>Pteridium aquilinum</i>	Polypodiaceae	Helecho marranero
80. <i>Puya goudotiana</i>	Bromeliaceae	Puya, cardón
81. <i>Puya nitida</i>	Bromeliaceae	Puya, cardón
82. <i>Rubus bogotensis</i>	Rosaceae	Zarzamora, mora de piedra, yerbamora
83. <i>Rubus floribundus</i>	Rosaceae	Mora silvestre
84. <i>Saurauia ursina</i>	Actinidiaceae	Dulomoco, mocua, moco
85. <i>Pentacalia pulchellus</i>	Asteraceae	Romero de hoja ancha
86. <i>Siphocampylus columnae</i>	Campanulaceae	Zarcillejo, candelita
87. <i>Smallanthus pyramidalis</i>	Asteraceae	Arboloco
88. <i>Smilax tomentosa</i>	Smilacaceae	Zarzaparrilla
89. <i>Solanum lycioides</i>	Solanaceae	Gurrubo
90. <i>Solanum oblongifolium</i>	Solanaceae	Tomatillo
91. <i>Swallenochloa tessellata</i>	Gramineae	Cañuela, bambú de páramo
92. <i>Symplocos theiformis</i>	Symplocaceae	Té de bogotá, té de mutis
93. <i>Ternstroemia meridionalis</i>	Theaceae	Trompillo, trompo
94. <i>Tibouchina grossa</i>	Melastomataceae	Nazareno, sietecueros de páramo
95. <i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	Sietecueros
96. <i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae	Raque, chaque, campano, sanjuanito
97. <i>Verbesina elegans</i>	Asteraceae	Cocua, tabaquillo
98. <i>Viburnum tinoides</i>	Caprifoliaceae	Garrocho, cuje, sauco de monte
99. <i>Viburnum triphyllum</i>	Caprifoliaceae	Garrocho, cuje, sauco de monte
100. <i>Weinmannia bogotensis</i>	Cunoniaceae	Encenillo bogotano
101. <i>Weinmannia myrtifolia</i>	Cunoniaceae	Encenillo hoja de mirto
102. <i>Weinmannia rollotii</i>	Cunoniaceae	Encenillo de hoja redonda
103. <i>Weinmannia tomentosa</i>	Cunoniaceae	Encenillo
104. <i>Xylosma spiculiferum</i>	Flacourtiaceae	Espino, corono, espino puyón

CLAVE DENDROLÓGICA

La clave presentada es sencilla, parte de ocho grupos morfológicos (bambús, helechos, rosetas con tronco, hierbas arrosetadas, macollas, árboles y arbustos con y sin espinas). La planta que interesa determinar debe ser comparada con los atributos que en cada numeral se exponen; si la descripción no coincide se pasa al siguiente numeral al mismo nivel. Ej: si no tiene forma de bambú, no se entra a las preguntas dentro de dicho grupo (diferentes formas bambusoides), sino que se pasa al punto 2 a preguntar si se trata de una roseta con tronco, etc.

Unas pocas especies aparecen en más de un punto de la clave, previendo la dificultad de observar un rasgo diagnóstico, de modo que pueda ser determinada por otro atributo.

La única forma de construir una clave dendrológica es utilizando los rasgos morfológicos de las plantas, para los cuales existe una extensa terminología botánica. Para no recargar la clave, los términos botánicos más inusuales empleados en esta sección se definen en el glosario.

1. Cañas y hojas similares al bambú y la guadua (gramíneas bambusoides)

- Cañas amarillentas largas, ramificadas, enmarañadas y frecuentemente trepadoras, usualmente formando grandes masas**Chusquea scandens**
- Cañas similares a la anterior, un poco más gruesas y sólidas; la planta no es enmarañante ni trepadora, sino erecta y alta (> 3 m), con el follaje más claro que la anterior y la apariencia general afín a la guadua; propia del subpáramo..... **Chusquea weberbauerii**
- Cañas erectas poco ramificadas, con una tonalidad naranja, formando matas densas y bajas (< 2 m), follaje denso y apretado contra las cañas; pantanos de subpáramo**Swallenochloa tessellata**

2. Roseta con tronco

El tallo es un falso tronco formado por las bases de las hojas muertas, que puede alcanzar más de 2 m de altura, coronado por una roseta de hojas grandes (> 30 cm) gruesas y afelpadas, muy densas y erectas hacia el centro, características que tipifican el morfotipo de los frailejones (*Espeletia* spp.).

- Aunque en el Sumapaz existen otras especies, con mucho la más abundante es el frailejón amarillo**Espeletia grandiflora**

3. Plantas trepadoras

Aunque existen otras trepadoras frecuentes (como *Bomarea* spp., *Dioscorea* sp., *Nertera granadensis*, etc.) aquí se incluyen sólo las tres de mayor capacidad constructiva en el área

rural bogotana.

- Hojas acorazonadas grandes, tallos con zarcillos y espinas cortas y curvas**Smilax tomentosa**

Hoja simple alternas pequeñas (< 7 cm), frecuentemente involutas, de base cordada a sagitada, tallos leñosos de color rojizo oscuro.....**Muehlenbeckia tamnifolia**

- Hoja simple o compuestas, de formas variadas, según la especie, generalmente suaves y tomentosas, con tallos muy poco lignificados (textura herbácea). Los zarcillos son solitarios y axilares. Las glándulas en el ápice del pecíolo o la base de la hoja son características**Passiflora spp.**

4. Helechos

Los helechos son particularmente diversos en el área. Sin embargo, la mayoría de ellos son especies muy subordinadas, más útiles como bioindicadores que como herramientas de restauración. De lo anterior claramente pueden exceptuarse dos especies:

- Helecho arborescente (con apariencia de palma), el fuste es oscuro, cubierto de evidentes cicatrices elípticas; las frondas (equivalentes a hojas) están profusamente divididas y su envés es blanquecino (glauco), las bases de las frondas están cubiertas de escamas alargadas pardas y blandas y algunas espinas muy cortas y afiladas**Alsophila frigida**
- Helecho que crece a partir de rizomas (tallos subterráneos a poca profundidad) formando densos manchones que crecen a plena luz del sol, en los que típicamente se mezclan frondas jóvenes (verdes), viejas (amarillas) y muertas (grises claras, casi plateadas); las frondas salen individualmente del suelo, con largos pecíolos y un solo raquis, con una altura variable entre 30 y 180 cm.....**Pteridium aquilinum**

5. Hierbas arrosetadas (sin tronco)

Se trata de plantas sin tronco ni tejidos leñosos, formadas por hojas que salen directamente del suelo en espiral, a partir de un centro común. Sus hojas son anchas, es decir, que no parecen pastos.

- Hoja compuestas imparipinadas, de envés plateado; un solo verticilo de hojas totalmente aplanadas contra el suelo (procumbente) y de tamaño reducido (diámetro < 20 cm).....**Acaena cylindrostachya**
- Hoja simple largas (> 30 cm) gruesas, afelpadas y grises—plateadas; apariencia de frailejón sin tronco**Espeletia argentea**
- Hoja simple alargadas (> 20 cm), estrechas (< 5 cm), de bordes rectos y

ligeramente más anchas hacia las puntas (ensiformes). Parece un pequeño frailejón sin tronco, de tono amarillento y con las hojas basales dirigidas hacia el suelo, separadas de las superiores por una especie de cintura (las hojas bajas, tanto vivas como muertas, forman una «falda» contra el suelo)

Espeletopsis corymbosa

- Hojas simples largas (> 30 cm) rígidas con bordes fuertemente aserrados–espinosos. La roseta está frecuentemente coronada por una gruesa inflorescencia columnar que emerge de su centro y se eleva apreciablemente (> 1 m). Aunque en el área se encuentran varias especies, la más común es**Puya goudotiana**

- Similar a la anterior, pero de tamaño más reducido. Generalmente está formada por varias rosetas espinosas que, si se revisan por debajo, puede verse que están unidas por un «tronco» grueso, corto y ramificado**Puya nitida**

6. Macollas (similares a pastos)

Se trata de las plantas con apariencia de pasto o paja; son hierbas de hojas lineares agrupadas en manojos formados por pequeños haces (fascículos). Aquí consideramos tres nativas (las tres primeras) y dos introducidas naturalizadas, con valor en restauración.

- Hojas muy delgadas cilíndricas (vistas en detalle y más fácilmente si se cortan en sección transversal), es el elemento más común del pajonal del páramo**Calamagrostis effusa**

- Hojas largas (> 20 cm) de bordes fuertemente cortantes. Las hojas viejas se secan enrollándose, formando pequeños espirales «rulos» claros entre las bases de las hojas vivas**Cortaderia nitida**

- Hojas más anchas (> 1 cm) y gruesas que los verdaderos pastos, con apariencia de cintas con las puntas redondeadas, de un color verde ligeramente azulado. Vistas en detalle las bases de las hojas, es evidente que son dísticas (dispuestas en un solo plano)**Ortrosanthus chimboracensis**

- Pasto de hojas sedosas, claras y largas (> 20 cm, dependiendo del pastoreo) de tono verde azulado (seca dorado), con espigas altas, largas, densas y sedosas. Es el pasto introducido más común en los potreros del área**Holcus lanatus**

- Pasto de hojas pequeñas (< 10 cm) y con espigas cortas densas, amarillas–doradas. A veces tiene un olor dulzón fuerte al macerarse.....**Anthoxanthum odoratum**

7. Leñosas (arbustos, arbolitos y árboles) con espinas

Las espinas no siempre son evidentes. Debe revisarse toda la planta. Cuando se

encuentran, el diagnóstico es rápido.

- Trepadora, hojas simples acorazonadas grandes (> 15 cm)**Smilax tomentosa**
- Falsas espinas (aguijones) que se desprenden fácilmente sin arrastrar tiras de madera (como las de la rosa), hojas compuestas por tres folíolos cada una**Rubus spp.**
- Hojas con folíolos grandes (> 6 cm) bien separados por peciólulos largos espinosos, tallos largos, gruesos, surcados y rojizos**Rubus bogotensis**
- Hojas con folíolos más pequeños (< 6 cm) más juntos (peciólulos muy cortos, tallos cortos, delgados, tamaño general más reducido)**Rubus floribundus**
- Espinas gruesas, ramificadas (de la espina salen más espinas), en la base del tronco y en las ramas más gruesas, hojas simples alternas, coriáceas, acorazonadas, aserradas**Xylosma spiculiferum**
- Espinas axilares, rectas o ligeramente curvas, hojas pequeñas (< 5 cm) simples opuestas (la única espinosa de hojas opuestas)**Duranta mutisi**
- Espinas en las bases de los ramilletes de hojitas (de envés blanco), formando grupos de cuatro, amarillas, cortas y curvas; frecuentemente con espinas en los bordes de las hojas**Berberis rigidifolia**
- Espinas en los tallos y ramas, en grupos de seis: dos pares cortos dirigidos hacia los lados y dos pares mucho más largos dirigidos hacia abajo, tallos huecos, hojas alternas obovadas, en ramilletes**Barnadesia spinosa**
- Espinas terminales (en las puntas de las ramitas, a modo de terminación) más o menos ocultas entre las hojas de las puntas**Hesperomeles spp.**
- Hojas y ramitas tiernas cubiertas con un tomento aterciopelado amarillo o ferrugíneo**Solanum lycioides**
- Hojas verdes sin tomento, todas de tamaño más bien parejo**Hesperomeles glabrata**
- Hojas verdes sin tomento, llamativamente de tamaños dispares**Hesperomeles heterophylla**

8. Leñosas (arbustos, arbolitos y árboles) sin espinas

Hojas compuestas. Cada hoja está conformada por varias partes (como hojitas más pequeñas) dispuestas sobre un eje común.

Hojas compuestas opuestas. De cada nudo de la ramita nace un par de hojas.

- Hojas opuestas, imparipinadas (rematadas por un foliolo apical solitario), pequeñas (< 6 cm), con siete o más folíolos muy pequeños (< 0.5 cm) por hoja; el raquis es alado (entre cada par de folíolos sale un par de aletas triangulares), el foliolo terminal no es más grande que los demás; borde revuelto (curvado hacia el envés, pero puede ser recto y ligeramente aserrado en las hojas de sombra); envés tomentoso (glabrescente, casi sin pelos, en las hojas de sombra). Follaje fino verde oliváceo; corteza viva rojiza o rosada, con vetas verde claro o amarillas, de sabor amargo (taninos). Copa en forma de pirámide invertida, profusamente ramificada; ramas sinuosas y muy empinadas. El árbol supera los 20 m de altura**Weinmannia tomentosa**

- Hojas opuestas, imparipinadas, pequeñas (< 8 cm), con tres, cinco o máximo siete folíolos cada una. Los folíolos son más grandes que en la anterior y el foliolo terminal es típicamente lanceolado y duplica o triplica en tamaño a los laterales**Weinmannia bogotensis**

- Hojas opuestas imparipinadas, grandes (> 15 cm), nudos comprimidos dorsiventralmente, con uno, tres y hasta siete folíolos aserrados grandes (> 6 cm)**Brunellia sp.**

Hojas compuestas alternas. De cada nudo de la ramita nace sólo una hoja.

- Hojas alternas grandes (> 20 cm), paripinadas (termina en un par de folíolos); más de seis folíolos por hoja, grandes (> 5 cm), de base marcadamente asimétrica. La base del pecíolo (donde se inserta en la ramita) engrosada (pulvínulo) con sección triangular. Ramitas oscuras con lenticelas claras (casi blancas) alargadas. Corteza externa profusamente fisurada. Copa amplia muy ramificada; ramas sinuosas no muy empinadas. El árbol alcanza más de los 25 m de altura**Cedrela montana**

- Hojas alternas medianas (< 18 cm), imparipinadas (termina en un foliolo apical solitario), con 5 o 7 folíolos aserrados, marcadamente dorsiventrales (envés muy claro, amarillento); base del pecíolo expandida formando una vaina que abraza parcialmente la ramita. Corteza rojiza escamosa, tronco grueso y ramas retorcidas. Es de los pocos árboles de páramo**Polylepis cuadrijuga**

Hojas simples (plantas leñosas, sin espinas)

Hojas simples opuestas (sobre cada nudo salen dos o más hojas).

- Hojas simples opuestas verticiladas. Formando frecuentemente verticilos de tres (tres hojas salen del mismo nudo en la ramita).

- Hojas coriáceas, con olor mirtáceo (a guayaba verde), puntos traslúcidos, nervios secundarios rectos, paralelos entre sí y unidos hacia el borde de la hoja formando un nervio colector marginal.....**Myrcianthes rhopaloides**

- Hojas cartáceas (textura normal) con nervios secundarios curvos, fuertemente ascendentes, alternos y escasos (< 5). Ramitas grises claras, con abundantes lenticelas y surcos interpeciolares.....**Viburnum triphyllum**

- Hojas simples opuestas curvinervias: paralelos al nervio central corren desde la base hasta el ápice otros dos, cuatro (a veces seis) nervios principales. Los nervios secundarios son rectos, paralelos entre sí y perpendiculares a los principales (como peldaños de una escalera). Es la hoja típica de los sietecueros, tunos y afines (familia Melastomataceae).

– Envés con pelos largos, curvos, dirigidos hacia el ápice. Hojas coriáceas, pequeñas y alargadas, con el haz glabro (sin pelos) verde oscuro. Corteza escamosa de tono naranja. Crece en forma de árbol. Flores violeta y fucia con estambres amarillos**Tibouchina lepidota**

– Similar a la anterior, pero con haz más claro y cubierto de tomento corto, la hoja es más membranosa y más ancha (= 5 cm). Ramas muy delgadas. Crece en forma de arbusto alto (> 2m). Flores de color rojo sangre**Tibouchina grossa**

– Hojas pequeñas, glabras (sin pelos), muchas de ellas rojas (viejas). Vista por el envés, carece de nervios secundarios (sólo se ven poros oscuros)**Bucquetia glutinosa**

– Muy similar a la anterior, pero las hojas generalmente más pequeñas (< 3 cm), las hojas viejas rojas en posición péndula; vistas por el envés se pueden ver claramente los nervios secundarios**Monochaetum myrthoideum**

– Hojas pequeñas, ligeramente coriáceas, de forma variable y con un par de «bolsillitos» muy pequeños, entre las bases de los nervios en el envés**Miconia ligustrina**

– Hojas medianas (7-15 cm), alargadas, ligeramente coriáceas, borde ligeramente revoluto (curvado hacia el envés); la hoja es marcadamente dorsiventral, pues el envés presenta un tono característico que varía de blanquecino o amarillento a ocre o anteado (casi dorado). Los frutos maduros son unas bayas esmeraldinas.....**Miconia squamulosa**

– Hojas de forma y tamaño similar a la anterior, pero con el borde ligeramente aserrado, el envés amarillento y con tricomas estelados, especialmente junto al nervio central (parecen biruta de borrador de goma).....**Miconia biappendiculata**

– Hojas medianas a grandes (> 7 cm), de forma casi redondeada, totalmente glabras y sin coloraciones especiales. En los nudos se ve un surco interpeciolar en forma de pestaña semi-circular, que es su rasgo más distintivo. Crece como árbol, alcanzando más de 20 m de altura**Miconia cundinamarcensis**

– Hojas medianas (10 - 15 cm), verde oscuras, de borde aserrado y pecíolos largos rojizos. Base de la hoja decurrente al pecíolo.....**Axinaea macrophylla**

– Muy similar a la anterior pero la base fuertemente revoluta, formando un par de apéndices que se curvan hacia el envés hasta tocar el nervio medio.....**Axinaea scutigera**

- Hojas redondas, pequeñas, aserradas, con los nervios secundarios rectos, ascendentes y

paralelos entre sí. Estos son los encenillos de hoja simple, difíciles para los novicios en dendrología.

– Hojas rojizas y con tomento hirsuto.....**Weinmannia rollotii**

– Hojas verde claras, glabras.....**Weinmannia myrtifolia**

• Hojas con puntos traslúcidos (apreciables a contraluz), fuerte olor mirtáceo (a guayaba verde), nervios secundarios rectos, paralelos entre sí y broquidódromos (se unen cerca del borde formando arcos).

– Hojas pequeñas (ancho < 2 cm). Forma muy variable: elípticas cortas y coriáceas a la luz; lanceoladas, alargadas y cartáceas a la sombra.....**Myrcianthes leucoxyla**

– Hojas medianas (ancho > 6 cm), cortas, casi redondeadas y muy coriáceas.....**Myrcia dugandii**

• Hojas simples opuestas largas (> 15 cm) lanceoladas, tomentosas

– Envés blanco–amarillo o verde amarillento, aterciopelado (con tricomas estelados), base aguda o redondeada pero no decurrente al pecíolo, borde ligeramente aserrado; surcos interpeciolares muy marcados; ramitas teretes (de sección redonda)**Buddleja americana**

– Hojas anchas (> 10 cm), haz amarillento, base decurrente al pecíolo; ramitas tetragonales (de sección cuadrada)**Cytharexylum subflavescens**

– Hojas verdes blanquecinas; envés cubierto de tricomas estelados blanquecinos (con apariencia de viruta de borrador de goma). La vernación foliar es típicamente conduplicada.....**Abatia parviflora**

– Hojas claramente lanceoladas (10–15 cm), de bordes rectos casi paralelos (aserrados en los juveniles); envés blanco aterciopelado, haz verde claro tomentoso; ramitas igualmente cubiertas de tomento blanco aterciopelado; crece como arbusto, bien ramificado desde la base, tallos delgados poco leñosos. Olor mentolado (llamado «medicinal»). Médula blanca esponjosa**Eupatorium angustifolium**

– Hojas más bien deltoideas (casi triangulares) a subcordadas (casi acorazonadas) membranosas y trinervias (nervios secundarios saliendo de la base); tallos huecos (o con médula esponjosa blanca abundante) pardo–verdosos, anillados (surcos interpeciolares muy marcados)**Smallanthus pyramidalis**

• Hojas simples opuestas, redondas grandes (> 15 cm), muy gruesas y coriáceas, de borde ligeramente revuelto (curvado hacia el envés), marcadamente dorsiventrales (envés muy claro, haz verde oscuro lustroso); los nervios secundarios son finos, rectos, paralelos, poco o nada discernibles; latex amarillo en hojas, ramitas y tronco. Frecuentes raíces adventicias (colgando de las ramas) y fúlcreas (zancos en la base del tronco).....**Clusia multiflora**

- Hojas simples opuestas, medianas (7–10 cm), alargadas, sin nervios secundarios evidentes, con puntos oscuros redondos en el envés. Frecuente coloración púrpura o rojiza, sobre todo en las hojas jóvenes y en las más expuestas al sol; pecíolos decurrentes a surcos en las ramitas. Ramitas herbáceas verde claras.....**Gaiadendron punctatum**

- Hojas simples opuestas, aserradas, medianas (> 8 cm), ovadas, trinervias por encima de la base (un poco delante de la base, dos nervios principales salen del central y corren paralelos a éste hasta la punta). Nervios secundarios traslúcidos (se ven amarillentos a trasluz). Fuerte olor mentolado (llamado «medicinal»). Médula blanca esponjosa. Ramitas surcadas. Arbusto alto (= 3.5 m) en suelos pantanosos.....**Ageratina aristeei**

- Hojas simples opuestas, elípticas, cartáceas, pequeñas (5–8 cm). Es poco peculiar: la típica hoja «con forma de hoja» tal cual la dibujaría un niño. Sin embargo se distingue fácil en atención a sus nervios secundarios escasos (menos de 5), muy curvos y fuertemente ascendentes (dirigidos hacia el ápice de la hoja). Ramitas bien leñosas, grises claras (casi plateadas) con lenticelas bien marcadas y surcos interpeciolares.....**Viburnum spp.**

– Tendencia de las hojas a agruparse en verticilos de tres (tres hojas naciendo del mismo punto sobre la ramita), pero es necesario revisar bien toda la planta. Ramitas más rectas y gruesas; inflorescencias (corimbos) más amplios (diámetro > 6 cm) que en la otra especie similar.....**Viburnum triphyllum**

– Casi idéntico al anterior. Es menos abundante, no asciende por encima de los 2800 msnm. Se distingue (difícilmente) en que nunca agrupa las hojas en verticilos (sólo pares); las ramitas son más delgadas y curvas; las inflorescencias (corimbos) son más pequeñas (diámetro < 6 cm)**Viburnum tinoides**

Hojas simples alternas (en cada nudo nace sólo una hoja).

- Hojas simples alternas con lóbulos (margen de la hoja con entradas y salidas fuertes)

Hojas grandes (> 30 cm) membranosas, en ramilletes terminales, pinatilobadas (los lóbulos dispuestos a lado y lado del nervio central) lo que le da apariencia de palmita. Envés blanquecino, hojas viejas amarillas. Tronco delgado, sinuoso y ramificado desde abajo.....**Bocconia frutescens**

– Hojas grandes (> 20 cm) cartáceas palmatilobadas (en forma de mano) con 5–7 dedos cada una y de formas muy variables; envés frecuentemente tomentoso, pecíolos largos y de tamaños desiguales; crecimiento rítmico (hojas agrupadas a tramos sobre los tallos).....**Oreopanax floribundum**

– Similar a la anterior, pero las hojas con más coriáceas, en envés es pardo - ferrugíneo, con sólo tres dedos y típicamente enhiestas (las hojas están inclinadas apuntando hacia arriba).....**Oreopanax bogotense**

– Hojas pequeñas, con lóbulos inconstantes y poco marcados. Las hojas viejas se tiñen irregularmente de rojo, naranja, pardo y amarillo (como pintadas con acuarela). Pecíolos

largos y delgados con una mota de tomeno en el punto de inserción en la base de la hoja. Las estípulas verdes, conspicuas, en forma de riñón son bastante constantes. Aunque esta especie no se distingue por sus lóbulos, en ocasiones la hoja (generalmente acorazonada) presenta indentaciones someras en el margen.....**Vallea stipularis**

- Hojas diminutas, lineares (como de ciprés o pino). Arbustos de subpáramo, frecuentes en suelos alterados por pastoreo y agricultura en zonas altas.

- Forma de pino en miniatura (altura máxima 4 m, pero frecuentemente inferior a 1.5 m), las ramitas cubiertas de diminutas hojas imbricadas se ordenan sobre las ramas en cuatro filas (fácil de apreciar si se miran por encima, desde las puntas). Flores frecuentes, de cinco pétalos redondos amarillos**Hypericum goyanesii**

- Arbusto pequeño (talla < 50 cm), hojas lineares (= 1 cm), densas y lacias pero dirigidas hacia arriba. Flores amarillas conspicuas y frutos rojos diminutos**Hypericum strictum**

- Hojas pequeñas (< 2.5 cm), densamente dispuestas sobre las ramitas. Copas densas, arquitectura achaparrada. Son los típicos arbolitos y arbustos del subpáramo (la mayoría de ellos Ericáceas). Fáciles de confundir entre sí, son los responsables del desaliento de los aprendices de dendrología altoandina.

- Hojitas plegadas por el nervio central hacia el haz (como un libro), el haz verde muy claro sin nervios secundarios y (lo que es más clave) el ápice claramente emarginado (la punta de la hojita está «metida», como terminada en una muesca)**Myrsine dependens**

- Hojitas revolutas (borde curvado hacia el envés), hacia el ápice están curvadas hacia arriba; envés blanquecino azulado (glauco). Pecíolos y ramitas delgados, cubiertos por un tomento hirsuto amarillento**Befaria resinosa**

Hojitas acorazonadas, cubiertas por tomento muy ralo; envés claro, casi blanco, cruzado por nervios secundarios oscuros (casi negros) finamente reticulados (como un encaje). Técnicamente este género se disingue de otros similares por el ovario súpero y el cáliz que se hace carnoso y adherido al fruto.....**Gaultheria anastomosans**

- Hojitas elípticas, cubiertas por un tomento amarillento muy ralo. El contraste de los nervios sobre el envés no es tan marcado. La apariencia general de la planta es muy variable. Técnicamente este género se diferencia de otros afines por el ovario súpero y el cáliz extrorso (no se torna carnoso y las puntas de los sépalos no están adheridas al fruto). Fruto altamente tóxico**Pernettya prostrata**

- Hojas con puntos y líneas traslúcidos. A contraluz se observan puntuaciones redondas y lineares.

- Hojas verde claras amarillentas, cartáceas; nervios secundarios inconspicuos. Corteza viva rosada o verde. Ramitas y pecíolos cubiertos de tomento corto aterciopelado ferrugíneo. Frutos sésiles (sin pedúnculo) forrando las ramitas (si no está en fruto las ramitas se ven cubiertas de cicatrices)**Myrsine coriacea**

- Hojas verde oscuras, ligeramente coriáceas. Nervios secundarios inconspicuos (se ve como

si no tuviera). Corteza viva roja. Frutos como en la anterior. Las yemas apicales están rodeadas por unas brácteas curvas (como el sombrero de un arlequín)**Myrsine guianensis**

– Muy similar a la anterior, pero las ramitas más gruesas y marcadas por gruesas y densas cicatrices foliares. Los nervios secundarios aunque tenues son bien visibles, estando muy curvados hacia el ápice**Geissanthus andinus**

– También muy semejante a las dos anteriores. Difícil de diferenciar, salvo por los tenues nervios secundarios que hacia el borde se unen unos con otros para formar un nervio marginal que es apenas una línea traslúcida. La forma de la Hoja es consistentemente obovada (en forma de huevo con el extremo angosto apuntando hacia el pecíolo). La inflorescencia es una densa panícula apical (en la punta de la ramita), imposible de encontrar en las anteriores**Ardisia sp.**

• Hojas simples alternas aserradas, trinervias por encima de la base (un poco delante de la base, dos nervios principales salen del central y corren paralelos a éste hasta la punta). Fuerte olor mentolado (llamado «medicinal»). Médula blanca esponjosa. Pecíolos decurrentes a los surcos de las ramitas.

– Hojas medianas (8 - 16 cm), verde claras, marcadamente lanceoladas**Baccharis latifolia**

– Hojas pequeñas (< 6 cm) viscosas (cubiertas de una resina mentolada pegajosa, no siempre evidente); nervios secundarios traslúcidos (se ven amarillentos a trasluz). Arbusto pequeño (= 1.5 m)**Baccharis revoluta**

• Hojas simples alternas aserradas pinatinervias (es decir, no trinervias), anchas (> 7 cm).

– Hojas claramente ovadas (en forma de huevo con el extremo ancho hacia el pecíolo), cartáceas, verde claras, fuertemente aserradas. Nervios secundarios densos, rectos, paralelos entre sí y oblicuos al central. Es un árbol nativo caducifolio, propio de márgenes de cursos de agua (ripario)**Alnus acuminata**

– Hojas ovadas a lanceoladas, verdo oscuras, membranosas, cubiertas con tomento corto en haz y envés; base decurrente al pecíolo. Nervios secundarios sin rasgos particulares. Corteza externa oscura**Cordia lanata**

• Hojas aserradas con envés glauco (casi blanco) y finamente reticulado (nervios secundarios formando una fina red).

– Hojas pequeñas (> 4 cm), muy dentadas, con nervios secundarios fuertemente ascendentes, dispuestas en ramilletes sobre ramitas muy cortas a lo largo de las ramas mayores muy horizontales. Ramitas tiernas rojizas. Arquitectura llamativa, en forma de pagoda, con el follaje fino y dispuesto por capas horizontales.....**Escallonia myrtilloides**

– Hojas un poco mayores que la anterior (= 7 cm), obovadas (en forma de huevo con el extremo angosto hacia el pecíolo), borde ligeramente aserrado; envés glauco y finamente reticulado (nervios secundarios y terciarios muy finamente divididos en forma de malla);

ramitas jóvenes rojizas. Copa frondosa, de tono claro, contrastante con el tronco oscuro y sinuoso**Escallonia paniculata**

– Aunque anotada arriba por sus espinas, esta otra especie presenta hojas de envés glauco, algo similares a las de E. Myrtilloides. Los bordes no son realmente aserrados, sino dentados y espinosos. Se trata de un arbusto espinoso y carece de la arquitectura en pagoda**Berberis rigidifolia**

– Tenida en cuenta a través de la clave por diversos rasgos, esta otra especie también podría encajar aquí, debido al borde ocasionalmente dentado (lóbulo subdesarrollados) y su envés glauco finamente reticulado, en el que destaca la mota de tomento blanco en la inserción del pecíolo bajo la lámina foliar. Las estípulas foliosas en forma de riñón (en la inserción del delgado pecíolo a la ramita) son distintivas**Vallea stipularis**

• Hojas elípticas alargadas (> 8 cm), con envés de color llamativo contrastante (marcadamente dorsiventrales).

– Envés blanco, haz verde oscuro lustroso; nervios secundarios inconspicuos; sabor muy picante**Drimys granadensis**

– Envés dorado, con textura similar al satén o la seda; nervios secundarios tenues.....**Ocotea sericea**

• Hojas grandes (> 10 cm) membranosas, marcadamente asimétricas en la base (un lado es más corto que el otro); tallos nudosos (con los nudos engrosados como rodillas). Estos caracteres definen las Piperáceas.

– Hojas acorazonadas u ovadas, lisas, haz verde lustroso. Árbol de hasta 15 m de altura, aunque generalmente no pasa de los 5.....**Piper bogotense**

– Hojas elípticas, lagunadas (llenas de depresiones en el envés, como pequeñas pocetas). Arbusto bejucoso (< 1.5 m)**Piper lacunosum**

• Hojas grandes (> 15 cm), membranosas, simétricas, lanceoladas u oblanceoladas (lanceoladas con el extremo angosto hacia el pecíolo)

– Hojas verde claro, con tomento corto, ralo; base decurrente al pecíolo (haciéndolo alado). Tallos huecos, ligeros e incompletamente anillados. Olor mentolado (llamado «medicinal»). Médula blanca esponjosa en las ramitas.....**Verbesina elegans**

– Hojas lanceoladas verde claras, curvadas hacia abajo, con olor acre (al macerar).....**Datura arborea**

– Hojas oblanceoladas aserradas, con tomento denso, ligeramente hispido (pelos un tanto tiesos) amarillento o rojizo. Nervios secundarios rectos, densos y paralelos entre sí, terminados en horquilla en los bordes. La yema foliar cubierta por hojitas tiernas aterciopeladas y curvadas sobre la misma**Saurauia ursina**

• Hojas pequeñas (< 5 cm), estrechas, alargadas y revolutas (cóncavas hacia el envés),

dispuestas en densas espirales sobre las ramitas.

– Hojas ligeramente coriáceas, amarillo ocre a verde amarillento por el envés, blancas aterciopeladas por el haz; estrechas (ancho < 0.5 cm) alargadas (2–4 cm) y revolutas (cóncavas hacia el envés). Arbusto de flores rojo fuego (3–5 cm) muy vistosas.....

Siphocampylus columnae

– Hojas muy estrechas (ancho < 0.3 cm), en densos espirales sobre las ramitas; verde claras en el haz, envés cóncavo blanco aterciopelado. Pecíolos muy cortos (casi sésiles) decurrentes a los surcos de las ramitas. Copa globosa; follaje fino, denso, blanquecino. Olor fuerte mentolado. Corteza gris clara, profunda y profusamente fisurada. Arbolito (= 6 m).....**Diplostephium rosmarinifolium**

– Hojas un poco más anchas que el anterior (ancho 0.3 - 0.5 cm), verde claro (pero no blanquecino); haz glabra y lustrosa, dispuestas en espirales densas sobre las ramitas; pecíolos similares a la anterior**Senecio pulchellus**

Hojas más anchas que las anteriores (ancho aprox. 1 cm), coriáceas, marcadamente revolutas y dorsiventrales (haz verde muy oscuro, envés claro). Su apariencia general es la del follaje de un cucharo (*Myrsine guianensis*) en miniatura, del cual se diferencia, sin embargo, por la falta de puntuaciones traslúcidas.....**Ternstroemia meridionalis**

– Hojas muy amarillentas, aserradas y cartáceas, de forma y tamaño variable (generalmente > 5 cm, pero ocasionalmente hasta de 15 cm); generalmente revolutas (cóncavas hacia el envés) pero a veces planas. Las hojas maceradas revelan su contenido de cera y tiñen los dedos de amarillo. Tiene el olor más fuerte de todas las especies aquí listadas; huele a laurel.....**Myrica parvifolia**

• Obovadas (en forma de huevo con el extremo angosto hacia el pecíolo), aserradas, con nerviación secundaria poligonal, más marcada en el envés, con los nervios secundarios dibujando un diseño de polígonos mayores hacia el centro y menores hacia el borde (similar al caparazón de una tortuga)

– Hojas muy pequeñas (< 2.5 cm), coriáceas y aserradas; marcadamente dorsiventrales por su envés muy claro, con los nervios formando un diseño de polígonos en mosaico que recuerdan el caparazón de una tortuga**Ilex kunthiana**

Hojas mayores que la anterior (3–5 cm), cartáceas y aserradas (acrenuladas); el envés es ligeramente glauco y con el diseño poligonal bien definido. Para principiantes esta planta puede confundirse fácilmente con los mortiños (*Hesperomeles*) de los cuales se distingue fácilmente por carecer de espinas apicales y por el dibujo de «tortuga» (Ver *Ilex*).....**Symplocos theiformis**

• Hojas coriáceas, trinervias (varios nervios, usualmente 5, salen del mismo punto en la base de la hoja). Tamaño y forma muy variables (5–15 cm). La base de la hoja generalmente acorazonada. Las hojas jóvenes son rojas, por lo que la planta aparece coronada de penachos rojos (ramas jóvenes). El envés es marcadamente claro (hoja ligeramente dorsiventral) con puntuaciones oscuras inconspicuas. La nerviación trinervia permite diferenciar rápidamente esta especie de *Macleania rupestris*, cuyo aspecto general es muy similar. La corteza externa es rosada y muy escamosa**Cavendishia cordifolia**

- Hojas coriáceas, de medianas a grandes (> 5 cm), ligeramente aserradas

– Hojas elípticas (5–7 cm) muy coriáceas (cartáceas a la sombra), nervios prominentes en el envés; envés aterciopelado, ferrugíneo (naranja) en las hojas jóvenes y gris en las viejas; borde muy ligeramente aserrado**Clethra fimbriata**

– Hojas medianas (10–15 cm) oblanceoladas, glabras (sin pelos), ligeramente coriáceas a cartáceas; haz verde oscuro lustrosa; nervios secundarios muy marcados, curvos y terminados en horquillas en los bordes ligeramente aserrados.....**Clethra fagifolia**

– Hojas acorazonadas alargadas (5–8 cm), con tomento rojizo hirsuto, notoriamente rojizas–púrpura y ligeramente revolutas (cóncavas hacia el envés); nerviación finamente reticulada en el envés; borde finamente aserrado.....**Gaultheria erecta**

- Hojas coriáceas, pinatinervias, ovadas a elípticas, de borde entero (o con unas pocas muy discretas indentaciones)

Hojas ovadas medianas a grandes (8–17 cm), coriáceas, muy gruesas, marcadamente dorsiventrales; haz verde oscuro, envés claro con puntuaciones verde oscuro, glabrescente (con tomento corto y escaso muy inconspicuo). La nerviación pinada, con unos pocos nervios secundarios curvos y fuertemente aserentes, permite distinguirla de Cavendishia cordifolia, cuyo aspecto general es muy similar (pero trinervia).....

Macleania rupestris

– Hojas ovadas a elípticas, muy coriáceas, de forma y tamaño variable (5–25 cm); borde entero o ligeramente indentado. Envés notoriamente glauco (verde blanquecino casi azulado), con nerviación secundaria finamente reticulada (similar a muchas variedades de aguacate). Olor lauráceo (al macerar), en hojas tiernas y ramitas, similar al del aguacate verde**Persea mutisii**

- Estípulas (hojitas rudimentarias en la base del pecíolo, donde se inserta en la ramita) foliosas en forma de riñón; pecíolos largos con una mota de tomento blanco en el punto de inserción por debajo de la hoja; envés blanquecino finamente reticulado; haz verde lustrosa frecuentemente manchada de rojo, amarillo, naranja y pardo (como pintada en acuarela). Aunque catalogada arriba por otros caracteres, aquí se le vuelve a anotar por sus estípulas, que por norma aparecen al menos en las ramitas más jóvenes.....**Vallea stipularis**

- Hoja poco particular; elíptica, cortoacuminada (la punta ligeramente pronunciada), de tamaño variable (6–15 cm), pero suficientemente grandes para evitar confundirlo con un encenillo, a veces involuta (curvada hacia el haz). Tal vez lo más distintivo sean los nervios secundarios (vistos por el envés) tenues, escasos y broquidódromos (se curvan uniéndose unos a otros por las puntas, formando arcos a buena distancia del borde). Visto desde abajo, el árbol (que puede ser muy alto, hasta de 30 m) parece un gran arrayán, debido a que la distribución densa de sus hojas alternas, las hace parecer opuestas, además de la frecuente coloración rojiza de las hojas jóvenes. La corteza viva es rosada, homogénea y con un olor dulzón**Prunus buxifolia**



Volver al índice del Protocolo



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



4. FICHAS TÉCNICAS POR ESPECIE

A continuación se presentan los datos básicos de manejo de 61 especies seleccionadas por su alto valor en restauración, entre el centenar de la clave dendrológica (Sección 3). Esto no quiere decir que se pueda prescindir de las demás, las cuales son todas valiosas para la reconstrucción de los ecosistemas nativos. Sin embargo, sería demasiado extenso incluirlas todas en esta sección.

Cada especie es descrita en una ficha de acuerdo con el siguiente modelo:

1. **FAMILIA:** EN MAYÚSCULAS, la familia botánica a la que pertenece. El dato es importante, pues distintas especies de la misma familia pueden compartir muchos rasgos de manejo en vivero, función ecológica, etc.
2. **Especie:** *en cursiva*, es el nombre universalmente dado por la ciencia a esta planta. Con este nombre se la puede ubicar en otros textos.
3. **Función:** El papel que juega en la regeneración natural y en qué ecosistema, de acuerdo con el esquema seral básico (ver sección 5).
4. **Nombres comunes:** nombres que recibe a nivel local.
5. **Descripción:** talla, forma de crecimiento, morfosis (formas en ambientes especiales), rasgos dendrológicos distintivos.
6. **Posición ambiental:** rango altitudinal en metros sobre el nivel del mar (msnm). Tipo de suelo (por textura y drenaje) y posición en el relieve (geoforma). Ambientes particulares en que se encuentra (taludes, orillas de quebradas, rocas, focos de erosión, etc.). Preferencias de luz (heliófila o umbrófila). Humedad atmosférica.
7. **Posición sucesional:** posición dentro del esquema seral básico y seres a las que pertenece. Aptitud pionera (capacidad de colonizar suelos desnudos). Dispersión (ornitócoro, anemócoro, etc.). Sociabilidad. Otros atributos vitales relevantes para la restauración (adaptación al fuego, prolificidad, etc.).
8. **Aplicación:** en qué tratamientos generales y específicos puede ser aplicado (según los cuadros de restauración identificados).

9. **Otros usos:** aparte de su valor de preservación y su aplicación a la restauración, qué otra importancia económica tiene la especie y cuáles son sus usos tradicionales o locales reportados.

10. **Propagación:** qué parte de la planta se emplea, cómo se colecta y cómo se procesa para reproducir la planta en vivero. Se anota aquí qué aspecto tiene el fruto cuando la semilla está lista para ser recogida.

Listado de Especies en las Fichas Técnicas

Las fichas técnicas incluyen 61 especies dinamogenéticas nativas de todo el Distrito, en orden alfabético según su nombre científico. Si se desea buscar por el nombre común, puede ubicar el nombre científico en la siguiente tabla y buscarlo luego alfabéticamente en las fichas.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
aguacatillo gigante	<i>Ocotea heterophylla</i>	guayabo	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>
aji de páramo	<i>Drimys granadensis</i>	gurrubo	<i>Solanum lycioides</i>
aliso	<i>Alnus acuminata</i>	hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i>
almanegra	<i>Buddleja americana</i>	huesito	<i>Ceissanthus andinus</i>
amargoso	<i>Ageratina aristellii</i>	hueso	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>
arrayán	<i>Myrcianthes leucocoryla</i>	jome	<i>Eupatorium angustifolium</i>
azafrán	<i>Clethra fimbriata</i>	laurel dorado	<i>Ocotea sericea</i>
borrachero rojo	<i>Brugmansia sanguinea</i>	laurel hoj pequeño	<i>Myrica parvifolia</i>
bejuco colorado	<i>Muehlenbeckia thamnifolia</i>	mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i>
cacao de páramo	<i>Clethra fimbriata</i>	mano de oso (tres dedos)	<i>Oreopanax bogotense</i>
canclo	<i>Drimys granadensis</i>	manteco	<i>Myrsine coriacea</i>
carrizo	<i>Chusquea scandens</i>	manzano	<i>Clethra fimbriata</i>
cedro	<i>Cedrela montana</i>	mocua	<i>Saurauia ursina</i>
chaque	<i>Vallea stipularis</i>	mora de piedra	<i>Rubus bogotensis</i>
charme	<i>Bucquetia glutinosa</i>	mora silvestre	<i>Rubus floribundus</i>
chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	mortino	<i>Hesperomeles spp</i>
chirlobirlo	<i>Abatia parviflora</i>	nazareno	<i>Tibouchina grossa</i>
chuscajón	<i>Chusquea weberbaueri</i>	oreja'e mula	<i>Ocotea sericea</i>
chusque	<i>Chusquea scandens</i>	palma de cera	<i>Ceroxylon andicola</i>
chuwaca	<i>Prunus buxifolia</i>	pegamosco	<i>Befaria resinosa</i>
cocua	<i>Verbesina elegans</i>	quebrolo	<i>Bucquetia glutinosa</i>
colorado	<i>Polylepis quadrijugis</i>	raque	<i>Vallea stipularis</i>
cordoncillo	<i>Piper bogotense</i>	rodamonte	<i>Escallonia myrtilloides</i>
corono	<i>Xylosma spiculiferum</i>	romero ancho	<i>Pentacalia pulchellus</i>
cortadera	<i>Cortaderia nitida</i>	romero blanco	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>
cucharo	<i>Ceissanthus andinus</i>	salton	<i>Bucquetia glutinosa</i>
cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>	salvia	<i>Buddleja americana</i>
cucharo rosado	<i>Myrsine coriacea</i>	salvio	<i>Cordia lanata</i>
duraznillo	<i>Abatia parviflora</i>	sietecueros de páramo	<i>Tibouchina grossa</i>
encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>	susca	<i>Ocotea calophylla</i>
espino	<i>Barnadesia spinosa</i>	tagua	<i>Gaiadendron punctatum</i>
espino corono	<i>Xylosma spiculiferum</i>	tibar	<i>Escallonia paniculata</i>
espino garbanzo	<i>Duranta mutisii</i>	tomatillo	<i>Solanum oblongifolium</i>
estenilla	<i>Orthosanthus chimboracensis</i>	tuno esmeraldo	<i>Miconia squamulosa</i>
flor de mayo	<i>Vallea stipularis</i>	uña de gato	<i>Berberis rigidifolia</i>
gaque	<i>Clusia multiflora</i>	uva camarona	<i>Macleanea rupestris</i>
gaque chiquito	<i>Clusia sessilis</i>	uva de anís	<i>Carvendishia cordifolia</i>
garrocho	<i>Viburnum tinoides</i>	uva de monte	<i>Macleanea rupestris</i>
garrocho	<i>Viburnum triphyllum</i>	uvito de páramo	<i>Gaultheria anastomosans</i>

.: Protocolo Distrital de Restauración Ecológica .:

garrocho	<i>Viburnum tinus</i>	uva de monte	<i>Macraea rupestris</i>
garrocho	<i>Viburnum triphyllum</i>	uvito de páramo	<i>Gaultheria anastomosans</i>
gomo	<i>Cordia lanata</i>	zarzamora	<i>Rubus bogotensis</i>
guasgón	<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>		



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



5. CLAVE DE TIPOS DE VEGETACIÓN

En esta sección, se presenta una guía para reconocer los tipos de vegetación nativa, a partir de las principales especies que los componen (especies dominantes), dado que el lector pueda reconocerlas con la ayuda de la clave de especies.

La utilidad de reconocer los tipos de vegetación estriba en percibir la estructura de los ecosistemas, a partir de las formas de vegetación que típicamente aparecen en determinadas condiciones ambientales y en cada etapa de la sucesión.

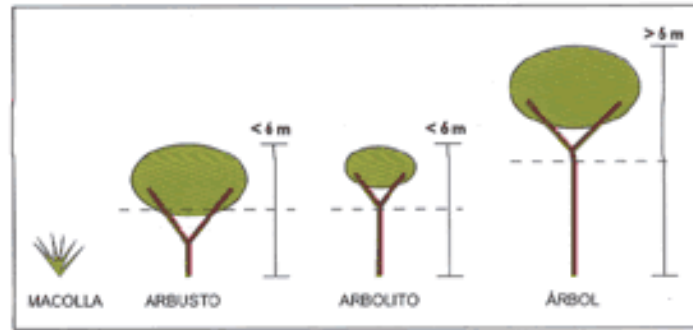
El reconocimiento de los tipos de vegetación tiene varias aplicaciones, entre otras:

- Zonificación ambiental.
- Calificación de la cobertura vegetal.
- Diagnóstico de condiciones ambientales.
- Interpretación del estado y tendencia del desarrollo del ecosistema (que es la aplicación más interesante para la restauración ecológica).

La clave se basa en atributos fisonómicos, como la altura del dosel (el techo vegetal continuo, sin contar los individuos excepcionales que sobresalen del mismo o emergentes) y la fisonomía, que es el aspecto que la vegetación tiene como resultado de los morfotipos que la componen.

Los principales morfotipos son:

- Hierba: planta de bajo porte sin porciones leñosas (sin partes con apariencia de madera o corteza muerta).
- Macolla: un tipo especial de hierba que tiene las hojas delgadas y largas, agrupadas en manojos (fascículos) y cada planta está formada por varios de estos manojos, sin tallos (rizomas) que unan una planta con otra, como muchos pastos (el quicuyo, por el contrario, no es una macolla, sino un césped, pues las matas están unidas por rizomas).
- Arbusto: planta leñosa (al menos en sus partes bajas) que se ramifica por debajo de la mitad de su altura total.
- Árbol: planta leñosa que se ramifica por encima de la mitad de su altura total (o sea, que tiene tronco y copa diferenciados) y tiene más de 6 m de alta.
- Arbolito: planta leñosa con forma de árbol (se ramifica por encima de la mitad de su altura total) pero tiene 6 m o menos de alta.



Las fisonomías resultantes son:

- **Bosque:** vegetación dominada por un estrato continuo de árboles. En la zona altoandina conviene diferenciar los grandes bosques (bosques altos) cuyas dominantes forman un dosel de más de 12 m de altura, de los bosques bajos, compuestos por árboles que rara vez sobrepasan dicha talla.
- **Bosque:enano:** vegetación dominada por un estrato continuo de arbolitos.
- **Rastrojo:** forma intermedia de vegetación, en la que se combinan diferentes morfotipos, en gran densidad y sin una estratificación diferenciada. Los rastrojos altos (incluyen bosques secundarios jóvenes) presentan predominio de árboles (pero no forman un dosel coherente) y los rastrojos bajos tienen pocos y pequeños árboles en medio de arbustos dominantes.
- **Matorral:** vegetación dominada por arbustos. Se habla de matorrales cerrados cuando hay una capa más o menos continua de arbustos, y matorrales abiertos cuando se puede caminar a través de los arbustos (sin agacharse).
- **Pajonales:** vegetación dominada por macollas.
- **Pajonal:** vegetación dominada por macollas (con apariencia de pastizales altos). Pueden ser pajonales limpios o arbustivos, dependiendo de la presencia y densidad de arbustos entre las macollas.

En la zona altoandina se dan también algunos prados y otros tipos de vegetación, localmente importantes pero que sería demasiado extenso tratar aquí.

Ecoclina principal y seres asociadas

El manejo de cada especie y cada comunidad vegetal, dentro de la restauración ecológica, depende de su ubicación en una posición ambiental (dentro de la ecoclina) y un rango sucesional (dentro de una sere). Estos conceptos fueron expuestos en el Marco Conceptual.

Por ende, el reconocer los tipos de vegetación, permite identificar correctamente el segmento de la ecoclina y la etapa sucesión en que un determinado rodal se encuentra.

El significado ambiental y dinámico del tipo de vegetación, varía dependiendo de su ubicación. Por ejemplo: un bosque enano de romeros puede indicar el clímax de la sucesión del subpáramo si se encuentra en una ladera expuesta a más de 3200 msnm en una zona de humedad media; el mismo tipo de vegetación en una zona menos alta o más húmeda, implicaría una vegetación oportunista de subpáramo que participa en las primeras etapas de regeneración de los bosques perturbados.

En general, la tendencia es que ambientes más favorables (menos fríos, más húmedos, suelos más orgánicos) y sucesiones más avanzadas, permiten que los tipos de vegetación se encuentren a cotas más altas. Por el contrario, ambientes más severos y etapas sucesionales tempranas, propician que los tipos de vegetación se encuentren en cotas más bajas que las que les son propias en situaciones primarias (sin grandes perturbaciones).

En la siguiente figura, se presenta un esquema de la ecoclina principal bogotana, mostrando los tipos de vegetación que se encontrarían, en una ladera ideal, con todos los segmentos de la ecoclina en su posición sucesional más avanzada.

En la figura pueden distinguirse los siguientes segmentos de la ecoclina:

- Vegas y fondos de valle.
- Colinas y pie de ladera.
- Laderas bajas del tiberal (mejor definido en Sumapaz).
- Laderas bajas del bosque de Lauráceas.
- Encenillal bajo.
- Encenillal medio.
- Encenillal alto.
- Bosque de rodamonte (sólo en Sumapaz).
- Límite superior del bosque (cordón de Ericáceas)
- Subpáramo.
- Páramo.

Es preciso anotar, que no se trata de franjas discretas o discontinuas, sino de puntos medios en zonas de transición. El paso de una a otra, a través del espacio, es gradual y aún dentro de cada una de ellas, pueden encontrarse elementos de la franja inferior (enclaves ambientales favorables) y otros de la franja superior (enclaves ambientales severos).

En la figura de la página 84 se han representado la fisonomía y especies dominantes que caracterizan cada uno de los segmentos mayores de la ecoclina principal bogotana.

La ecoclina principal se distribuye sobre un gradiente altitudinal complejo, que combina temperatura, textura del suelo, pendiente y drenaje, a través de una secuencia de geoformas, conocida como catena geomórfica, así:

- Vegas y fondos de valle: sere del bosque de alisos.
- Colinas y pies de ladera: sere del bosque de cedros.
- Laderas bajas: sere del bosque de Lauráceas.
- Laderas medias: seres del encenillal (bajo, medio y alto).
- Laderas altas: seres del subpáramo.
- Cimas y cuchillas: páramo.

En la franja de subpáramo se ha incluido el cinturón de Ericáceas, un tipo ecotonal propio del límite superior del bosque.

Las franjas diagonales a la derecha de la gráfica anterior, representan algunos de las franjas riparias (de orillas de ríos y quebradas) más importantes asociadas a las seres de ladera. De abajo hacia arriba:

- Rastrojo ripario de cocuas, arrayanes y duraznillos.
- Bosque ripario de raques.
- Bosque ripario de encenillo redondo y aguacatillos.
- Bosque ripario de colorados.

: *Ageratina aristeei*
Aa: *Alnus acuminata*
Ap: *Abatia parviflora*
Ba: *Buddleja americana*
Cl: *Cordia lanata*
Cm: *Cedrela montana* (pie de ladera)
Cm: *Clusia multiflora* (encenillal)
Ca: *Ceroxylon andicola*
Cs: *Chusquea scandens*
Cw: *Chusquea weberbauerii*
Dg: *Drimys granadensis*
E: Cinturón de Ericáceas
Eg: *Espeletia grandiflora*
Em: *Escallonia myrtilloides*
Ep: *Escallonia paniculata*

M: Myrcianthes spp.
M: Myrsinácea
O: Laureácea (generalmente Ocotea sp.)
Ob: Oreopanax bogotense
Of: Oreopanax floribundum
P: Persea spp.
Pb: Prunus buxifolia
Pc: Polylepis cuadrijuga
V: Bosques enanos (Vaccinión)
Ve: Verbesina elegans
Vs: Vallea stipularis
W: Weinmannia rollotii
Wt: Weinmannia tomentosa

En laderas empinadas y cortas, la ecoclina se acorta, por lo que las franjas pierden definición y algunas pueden saltarse; en laderas con pendientes moderadas y largas, pueden encontrarse (en las pocas no desforestadas) las franjas amplias y definidas.

Algunos tipos de vegetación presentan variaciones locales leves de las asociaciones principales. Estas variaciones son más cuantitativas (de proporción) que cualitativas (de composición florística). Por convención, en fitosociología se les considera como "facies" (aspectos o facetas) de los tipos principales.

Cada segmento de la ecoclina representa un ambiente diferencial y por ello, una tendencia distintiva de desarrollo sucesional, que determina su composición florística. De este modo, podemos distinguir tantas seres principales, como segmentos mayores tiene la ecoclina.

Cada sere, como tendencia de desarrollo de la vegetación, debe ser seguida exacta o aproximadamente en la restauración ecológica, para aprovechar las adaptaciones de las especies y las comunidades vegetales a ambientes y dinámicas particulares. Por ende, cada sere principal, da lugar a una línea de tratamiento que la imita, la induce, la protege y la acelera (Sección 7).

Más que presentar modelos de dichas seres, dentro de este Protocolo es preciso señalar la posición sucesional, con respecto a las mismas, de las especies dinamogenéticas y los tipos de vegetación. Lo primero se cumple en la Sección 4, mientras lo segundo se surte en esta.

Las etapas sucesionales a las cuales se pueden atribuir los tipos de vegetación, se clasifican según un sencillo modelo de progresión fisonómica, denominado esquema seral básico (figura 2).

El esquema seral básico es un modelo de la progresión fisonómica sucesional (el desarrollo en forma y tamaño de la vegetación) donde las etapas están definidas por los biotipos característicos (hierbas, arbustos, árboles, etc.) y las fases de cada etapa por los pasos en la ecesis de cada nuevo biotipo en la sere (colonización, agregación, consolidación).

El esquema seral básico es un modelo para el diagnóstico y manejo de la regeneración natural, útil como insumo dentro de la tecnología de la restauración ecológica. No pretende en ningún momento ser un modelo cognitivo ajustado a la diversidad de casos que componen la dinámica de las comunidades vegetales de las distintas regiones.

En la figura 1 se muestran las fisonomías correspondientes a este modelo, junto con la clave para su diagnóstico y el símbolo cartográfico correspondiente para efectos de zonificación.

El esquema puede resumirse en los siguientes puntos:

1. Etapa Herbácea. Las participantes en esta etapa son principalmente hierbas de diversas formas (aunque también se incluyen leñosas pioneras que adelantan la siguiente etapa). En esta etapa es donde abundan las malezas, pastos y arbustos introducidos (europeos y africanos en su mayoría). La mayoría de las pioneras nativas son arbustos, con excepción de las dominantes de pajonales.

- Fase de colonización: las hierbas y otras pioneras colonizan el sustrato desnudo, el cual predomina sobre la cobertura vegetal.
- Fase de agregación: la vegetación colonizadora de los puntos favorables se expande, interconectándose. La matriz de sustrato desnudo se fragmenta y se contrae.
- Fase de consolidación: se conforma una cobertura continua de herbáceas. El sustrato desnudo queda reducido a algunos parches en los sitios más desfavorables.

Figura 2, Esquema seral básico, leyenda y fotointerpretación

SÍMBOLO	LEYENDA	DIAGNOSIS	DINÁMICA ETAPA	PERFIL
B	Bosque	Dosel arbóreo continuo	Climax forestal Inductor Preclimático	
Ra	Rastrojo alto	Dosel arbóreo discontinuo Cobertura continua tipos leñosos mixtos Sin estratificación diferenciada	Inductor Preclimático	
Rb	Rastrojo bajo	Dosel arbustivo continuo Arbolitos emergentes dispersos	Inductor Preclimático	
Mc	Matorral cerrado	Dosel arbustivo continuo	Precursor Leñoso	
Ma	Matorral abierto	Matriz arbustiva Parches herbáceos o desnudos	Precursor Leñoso	
Pa	Pastizal arbustivo	Matriz herbácea Arbustos dispersos	Precursor Leñoso	
Pl	Pastizal limpio	Cobertura herbácea continua	Herbácea	
E	Eriales	Predominio sustrato desnudo	Herbácea Herbácea	

2. Etapa del precursor leñoso. Los precursores son las primeras leñosas que aparecen en la sere, árboles y arbustos heliófilos, algunos de ellos pioneros (arrancan sobre sustrato desnudo). Los precursores son un grupo heterogéneo; algunos son oportunistas del subpáramo que descienden sobre los sitios perturbados, otros son arbustos y arbolitos del sotobosque de los rodales maduros, que participan como dominantes en las primeras etapas de la regeneración y otros son árboles y arbustos especializados en parches de perturbación (como deslizamientos y caídas de árboles). Hasta esta etapa la sere se denomina subsere, es decir, la primera parte de la serie ecológica de desarrollo del bosque.

- Fase de colonización: precursores leñosos colonizan los puntos favorables dentro de la matriz herbácea (o directamente en el sustrato desnudo).
- Fase de agregación: los precursores leñosos forman agregados (islotes de arbustos y arbolitos), los cuales se expanden e interconectan. La matriz herbácea se fragmenta y se contrae, convirtiéndose gradualmente en parches dentro de la matriz leñosa.
- Fase de consolidación: se conforma una cobertura continua de precursores leñosos. Dependiendo del morfotipo de los precursores, la fisonomía alcanzada en esta etapa corresponde a matorral, bosque enano o bosque.

3. Etapa del inductor preclimácico. Los inductores son poblaciones dominantes de los rastrojos y bosques, que se introducen a la mitad o al final de la sere (mesoseriales y tardiseriales).

- Fase de colonización: árboles (y algunos arbustos) umbrófilos crecen en los puntos favorables (que son siempre los más avanzados sucesionalmente) entre la matriz formada por los precursores leñosos y a su sombra. Es la fase de enrastrojamiento, cuando se mezclan diversidad de morfotipos y especies, empezando como rastrojos bajos.
- Fase de agregación: los agregados de inductores se expanden, interconectándose. La matriz de precursores leñosos se fragmenta y se contrae. Es la etapa de mayor densidad, cuya fisonomía corresponde a rastrojos altos.
- Fase de consolidación: se conforma una cobertura continua de árboles. Los precursores leñosos desaparecen, son relegados a los bordes o parches en sitios desfavorables. Varios precursores se mantienen dentro de los bosques climácicos, adaptando su crecimiento como arbolitos del sotobosque.

Por supuesto, esta es sólo una generalización muy gruesa. No se quiere decir que toda sucesión tiende a formar bosque. Dependiendo de la oferta ambiental y el potencial biótico en cada situación, el balance sucesional alcanzado puede llegar hasta una cualquiera de las etapas y fases descritas. Así, una mezcla de arbustos y arbolitos a 3400 msnm, muy probablemente no es una etapa en transición a bosque, sino el balance sucesional (de entradas y salidas de energía) alcanzado en dicho ambiente.

Clave fisonómica y florística de tipos de vegetación

La presente es una clave, en la cual se ordena el listado de los principales tipos de vegetación encontrados en el estudio de las áreas rurales del Distrito Capital. Con su ayuda, pueden clasificarse las coberturas vegetales encontradas en campo, como base de zonificaciones y planes de manejo.

La clave tiene la siguiente estructura:

1. Bosques altos (dosel > 12 m)
2. Bosques bajos (dosel entre 6 y 12 m)
3. Bosques enanos (dosel inferior a 6 m)

4. Rastrojos
5. Chuscales
6. Matorrales
7. Helechales
8. Frailejonales
9. Coberturas herbáceas

Dentro de cada numeral se incluyen los tipos florísticos (por especies dominantes) correspondientes a cada fisonomía. Los tipos han sido llamados con los nombres más comunes de las dominantes (ej: bosque de aliso, matorral de gurrubo), acompañado del nombre que la formación recibe localmente (ej: encenillal, saltonal, chuwapal, zarzal, etc.).

En cada tipo se anota:

- Especies dominantes (y subordinadas importantes).
- Ambiente asociado.
- Posición sucesional.
- Zonas típicas (lugares en donde es característico el tipo de vegetación).

A partir de este listado, remítase al tipo fisonómico correspondiente, según la talla y composición de morfotipos (árboles, arbustos, etc.). Dentro del tipo, busque la composición de dominantes más aproximada al rodal que intenta clasificar.

1. BOSQUES ALTOS

Dosel abierto o cerrado, a más de 12 m de altura. A continuación se enumeran, siguiendo aproximadamente su orden en la ecoclina, de abajo hacia arriba, comenzando por las vegas y fondos de valle, hasta terminar en el límite superior del bosque (límite potencial superior de la vegetación arbórea continua, que marca la transición al subpáramo).

Bosque de aliso

- Especies dominantes: aliso (*Alnus acuminata*). Con raque, garrocho, tunos, espino garbanzo, moras y helechos (*Vallea stipularis*, *Viburnum triphyllum*, *Miconia* spp. , *Duranta mutisii*, *Rubus floribundus*, Filicales).
- Ambiente asociado: alturas inferiores a 3100 msnm. Suelos higromórficos en vegas y márgenes hídricas (a veces en pantanos colgantes de ladera).
- Posición sucesional: clímax de la sere de vegas.
- Zonas típicas: Parque San Rafael; riberas del Teusacá, Verjón Bajo, Chapinero; riberas del medio río Tunjuelo, Usme y Ciudad Bolívar.

Cedral o bosque de cedro

- Especies dominantes: Cedro (*Cedrela montana*). Con tibar, almanegra, chuwapá, susca, arrayán, tunos, tominejos, raques, garrochos, cordoncillos (*Escallonia paniculata*, *Buddleja americana*, *Prunus buxifolia*,

Myrcianthes leucoxyla, *Miconia* spp., *Palicourea* spp., *Vallea stipularis*, *Viburnum triphyllum*, *Piper bogotense*).

- Ambiente asociado: pies de ladera, colinas en la sabana y las estribaciones de los cerros, cañadas de las laderas bajas. Se continúa hacia abajo con los bosques de aliso y hacia arriba con los de tibar o los de Lauráceas. También puede intergradarse en las cañadas con el encenillal bajo.
- Posición sucesional: clímax de la sere de colinas y pie de ladera.
- Zonas típicas: virtualmente extinto dentro del Distrito; Q. Chapetes, Facatativá; Q. La Bolsa, Paipa; Cerro El Corral y Parque San Rafael, La Calera.

Tibaral o bosque de tibar

- Especies dominantes: tibar (*Escallonia paniculata*). Con hueso, mocua, amargoso, tunos, trompeto entero, encenillos, raque, cucharo, garrocho, comino y otras Lauráceas (*Myrcianthes rhopaloides*, *Saurauia ursina*, *Ageratina aristeii*, *Miconia* spp, *Bocconia integrifolia*, *Weinmannia* spp., *Vallea stipularis*, *Geissanthus andinus*, *Viburnum triphyllum*, *Nectandra* sp. y otras Lauraceae).
- Ambiente asociado: pies de laderas y fondos de valle y cañadas en las laderas bajas en zonas de alta humedad atmosférica.
- Posición sucesional: parece ser un bosque secundario, resultado de la destrucción histórica de los bosques de Lauráceas en las bases de las laderas.
- Zonas típicas: Tibaral, Vereda Las Ánimas, y Tunal Bajo, Sumapaz.

Bosque de Lauráceas

Estos bosques están profundamente alterados, por la entresaca de maderas valiosas de amarillos (*Nectandra* spp., *Aiouea* spp.) y de ramos de palmas de cera (*Ceroxylon andicola*). En el estudio pudieron distinguirse dos tipos (más un tercero asociado al encenillal de altura, que se trata más adelante). Actualmente se encuentran prácticamente confinados al Sumapaz, pero en otro tiempo debieron cubrir gran parte de las laderas bajas en torno a la sabana y los valles adyacentes (¿Las selvas de Usme?).

Suscal o bosque de susca

- Especies dominantes: susca (*Ocotea calophylla*). Con chuwacá, mano de oso, encenillos, amarillo, tunos, gague chiquito y cucharo (*Prunus buxifolia*, *Oreopanax floribundum*, *Weinmannia* spp., *Nectandra* spp., *Miconia* spp., *Clusia sessilis*, *Geissanthus andinus*). Este es el hábitat típico de la palma de cera (*Ceroxylon andicola*), pero es raro encontrarla allí, pues los juveniles son entresacados para el Domingo de Ramos. Se encuentran, sin embargo, algunos juveniles, en las cañadas dentro de estos bosques de Lauráceas y encenillos mixtos, donde antes las palmas eran abundantes y emergían del dosel.
- Ambiente asociado: laderas bajas, suelos arcillosos saturados e inestables, elevada humedad atmosférica.
- Posición sucesional: clímax de la sere del bosque de Lauráceas en zonas atmosféricamente hiperhúmedas.
- Zonas típicas: valle del Chochal, Veredas de Ánimas, Las Palmas y Ríos, Sumapaz.

Bosque de aguacatillo gigante

- **Especies dominantes:** aguacatillo gigante (*Ocotea heterophylla*). Con chuwacá, gaque, encenillo, comino, manteco, tominejos, chusque, tuno esmeraldo y Aquifoliáceas (*Prunus buxifolia*, *Clusia multiflora*, *Weinmannia tomentosa*, *Nectandra* sp., *Myrsine coriacea*, *Palicourea vaginata*, *Chusquea scandens*, *Miconia squamulosa*, *Ilex* spp.).
- **Ambiente asociado:** laderas bajas y medias con suelos pesados, humedad atmosférica media. Se continúa hacia arriba con el encenillal bajo.
- **Posición sucesional:** clímax de la sere de laderas bajas.
- **Zonas típicas:** un relicto en la quebrada Contador, Usaquéen.

Chuwacal o bosque de chuwacá

En medio de los bosques de Lauráceas, como facies de los mismos, o como producto de la entresaca de las Lauráceas, pueden encontrarse consociaciones de distintas especies nativas de *Prunus*, regionalmente conocidas como chuwacales o bosques de chuwacá. Hacia las cañadas bajas, el chuwacá aparece asociado al arrayán y el mano de oso (*Myrcianthes leucoxyla*, *Oreopanax floribundum*).

Bosque de gaque chiquito

Se trata de rodales casi puros (consociaciones) de *Clusia sessilis*, de gran porte (> 20 m), que al parecer, representan parches secundarios dentro de los bosques de susca.

Encenillal (*Weinmannietum tomentosae*)

El encenillo (*Weinmannia tomentosa*) es la dominante del conclímax regional. Esto significa que la mayor parte de los bosques de la región son encenillales. Los encenillos comunes dominan sobre las laderas con pendientes fuertes y suelos ligeros a francos, que es la situación fisiográfica más extendida en el área rural del Distrito y municipios vecinos. En dicho rango ambiental, el encenillo común (*Weinmannia tomentosa*) se asocia como dominante a distintas subdominantes y subordinadas, que permiten diferenciar facies (aspectos) dentro del gran encenillal. Incluso por fuera de este rango, el encenillo común es frecuente en los otros bosques y rastrojos altos, como subordinada o esporádica. También es usual encontrar otras especies de encenillos en los sitios donde los suelos pesados restan predominio al encenillo común.

Bosque de encenillo y arrayán

- **Especies dominantes:** encenillo (*Weinmannia tomentosa*). Con arrayán, chusque y cordoncillo (*Myrcianthes leucoxyla*, *Chusquea scandens*, *Piper bogotense*).
- **Ambiente asociado:** fondos de cañada en laderas medias a bajas sobre litología arenosa.
- **Posición sucesional:** clímax de cañada en la sere del encenillal bajo.
- **Zonas típicas:** cañadas bajas de Usaquéen.

Bosque de encenillo y tuno roso

- **Especies dominantes:** encenillo y tuno roso (*Weinmannia tomentosa* + *Axinaea macrophylla*). Con gaque,

chusque, arrayán y cordoncillo (*Clusia multiflora*, *Chusquea scandens*, *Myrcianthes leucoxyla*, *Piper bogotense*).

- Ambiente asociado: cañadas en laderas bajas, humedad atmosférica media.
- Posición sucesional: clímax de cañada en la sere de encenillales bajos.
- Zonas típicas: quebrada Los Tunos, Parque San Rafael.

Bosque de encenillo y chuwacá

Es frecuente encontrar esta asociación de *Weinmannia tomentosa* + *Prunus buxifolia*, en laderas medias y bajas, en la transición de los suelos francos del encenillal bajo a los pesados del bosque de Lauráceas.

Bosque de encenillo hoja de mirto

- Especies dominantes: encenillo hoja de mirto (*Weinmannia myrtifolia*). Con garrocho, cucharo, mano de oso, encenillo y chusque (*Viburnum triphyllum*, *Myrsine guianensis*, *Oreopanax floribundum*, *Weinmannia tomentosa*, *Chusquea scandens*).
- Ambiente asociado: suelos francos a franco arcillosos, pendiente fuerte a moderada, humedad atmosférica de media a baja.
- Posición sucesional: difícil de establecer con base en un único relicto. Sin embargo, parece hacer parte de una facies transicional entre el encenillal medio y el bajo.
- Zonas típicas: un solo relicto, con sólo seis individuos. Peña de María, microcuenca de Los Tunos, Parque San Rafael. La dominante se creía extinta desde 1952.

Bosques de encenillo y mano de oso

- Especies dominantes: encenillo y mano de oso (*Weinmannia tomentosa* + *Oreopanax floribundum*). Con gague, cucharo, cucharo rosado y chusque (*Clusia multiflora*, *Myrsine guianensis*, *Myrsine coriaceae*, *Chusquea scandens*). Las facies riparias (cañadas) a través de este bosque, corresponden a la transición al bosque de Lauráceas con susca y oreja de mula (*Ocotea calophylla*, *Ocotea sericea*).
- Ambiente asociado: laderas bajas con pendientes fuertes a moderadas, laderas altas, pero siempre con drenaje limitado por suelos francos a franco arcillosos. Humedad atmosférica de media a alta.
- Posición sucesional: clímax de la sere del encenillal bajo.
- Zonas típicas: encenillales de Torca, parte alta de Contador, Usaquéen.

Bosque de encenillo, gague y cucharo (encenillal típico)

- Especies dominantes: encenillo, gague y cucharo (*Weinmannia tomentosa*, *Clusia multiflora*, *Myrsine guianensis*); en algunos lugares el cucharo puede ser *Geissanthus bogotensis*, *Myrsine coriaceae* o *Ardisia* sp., pero rara vez falta esta asociada Myrsinácea. Con trompillo, tominejo, chusque, pegamosco (*Ternstroemia meridionalis*, *Palicourea linearifolia*, *Chusquea scandens*, *Befaria resinosa*) y elementos del cordón de Ericáceas. La facies riparia está conformada por un cordón casi puro de raque (*Vallea stipularis*) y

chusque (*Chusquea scandens*).

- Ambiente asociado: laderas medias (2900–3100 msnm), pendientes fuertes, suelos franco arenosos, humedad atmosférica media a alta.

- Posición sucesional: representa el superclímax del encenillal o encenillal típico. Tope de la sere del encenillal medio.

- Zonas típicas: río Palo Blanco, San Cristóbal; quebradas Chicó y La Vieja, Chapinero; bosque de los macrobióticos, Verjón Bajo, Chapinero; partes altas de Contador y Torca, Usaquén.

Bosque de encenillo y mano de oso (tres dedos)

- Especies dominantes: encenillo y mano de oso de tres dedos (*Weinmannia tomentosa* + *Oreopanax bogotense*). Con uva de anís, chusque, cucharo, canelo (*Cavendishia cordifolia*, *Chusquea scandens*, *Ardisia* sp., *Drimys granadensis*).

- Ambiente asociado: laderas altas (por encima de 3200 msnm) con pendientes fuertes a moderadas, suelo arcilloso a franco arcilloso, atmósfera perhúmeda.

- Posición sucesional: clímax del encenillal alto en suelos pesados.

- Zonas típicas: quebrada El Turín–Amoladero, Verjón Bajo, Chapinero; cuenca alta del San Francisco sobre la vía a Choachí, Santa Fe; garganta del río Santa Rosa, Santa Rosa Baja, Sumapaz.

Bosque mixto de encenillos y Lauráceas

- Especies dominantes: encenillo de hoja redonda (*Weinmannia rollotii*), encenillo orejudo (*Weinmannia auriculifera*), encenillo bogotano (*Weinmannia bogotensis*). Con Lauráceas, principalmente aguacatillo de monte, aguacatillo rojo y laurel dorado (*Persea mutisii*, *Persea ferruginea*, *Ocotea sericea*).

- Ambiente asociado: laderas altas (por encima de 3100 msnm) con suelos francos a pesados, pendientes moderadas a fuertes y atmósfera hiperhúmeda.

- Posición sucesional: probablemente se trata de una facies de suelos pesados dentro del clímax del encenillal de altura.

- Zonas típicas: quebradas Amoladero y León, Verjón Bajo, Chapinero.

Bosque de encenillo y canelo

- Especies dominantes: encenillo y canelo (*Weinmannia tomentosa* + *Drimys granadensis*). Es una asociación notablemente homogénea; aparte de la densa grex de chusque (*Chusquea scandens*) aparecen otras pocas subordinadas, la mayoría del límite superior del bosque: manzano, trompillo, nazareno (*Clethra fagifolia*, *Ternstroemia meridionalis*, *Tibouchina grossa*) y elementos del cordón de Ericáceas. La facies riparia prosigue el cordón de raques de las cañadas que ascienden del encenillal medio.

- Ambiente asociado: laderas altas (por encima de 3100), con pendientes fuertes y atmósfera perhúmeda. Suelos arenosos a francos. Es el encenillal de los sitios más fríos y húmedos como cañadas y cimas en núcleos locales de condensación.

- Posición sucesional: clímax del encenillal de altura perhúmedo.
- Zonas típicas: Monserrate y San Francisco, Santa Fe.

Bosque de palo-tigre, gaque y canelo

- Especies dominantes: palo tigre, gaque y canelo (*Brunellia* sp., *Clusia multiflora*, *Drimys granadensis*). Con granizo (*Hedyosmum* spp.) como principal acompañante, junto a aguacatillo (*Persea mutisii*), chusque (*Chusquea scandens*), encenillos mixtos (*Weinmannia* spp.) y elementos del cordón de Ericáceas.

Ambiente asociado: laderas altas, con suelos francos. Atmósfera fría e hiperhúmeda, con niebla constante todo el año.

- Posición sucesional: bosque secundario (preclimácico) propio de pasos de niebla en el encenillal de altura.
- Zonas típicas: aunque el estudio no detectó rodales dentro del Distrito, es un tipo de vegetación frecuente a nivel regional y el mejor ejemplo, entre los más cercanos, de bosque de niebla altoandino. Cuchilla de Matechusque, La Calera; Alto de San Miguel, Facatativá.

Bosque de rodamonte

Este es un bosque alto (> 12 m) y continuo, distinto de otros dos tipos de vegetación en que domina el rodamonte (*Escallonia myrtilloides*) y que se describen más adelante (el bosque enano de rodamonte y el rastrojo ripario de rodamonte y amargoso).

- Especies dominantes: rodamonte (*Escallonia myrtilloides*). Con tuno, colorado, chuscajón, blanquillo, nazareno, amargoso chiquito, encenillo (*Miconia salicifolia*, *Polylepis cuadrijuga*, *Chusquea weberbauerii*, *Gynoxis* sp., *Tibouchina grossa*, *Baccharis revoluta*, *Weinmannia tomentosa*) y elementos del cordón de Ericáceas.
- Ambiente asociado: en las laderas hiperhúmedas del Sumapaz, sobre el encenillal no se encuentra el límite superior del bosque (como es norma para la mayor parte de la región); en lugar de eso, la ecoclina presenta aún un tipo más de bosque antes del subpáramo. El bosque de rodamonte está asociado a suelos francos a franco arcillo arenosos, en pendientes fuertes, con elevada humedad edáfica y atmosférica, que posibilitan que esta última franja de bosque se extienda desde los 3200 hasta los 3500 msnm. En sitios alterados o hacia las partes más altas y expuestas, la fisonomía es de bosque bajo o enano (e incluso de matorral); pero en las partes más abrigadas y mejor conservadas, el rodamonte supera los 15 m de altura.
- Posición sucesional: es el clímax de la sere de rodamonte en las cuencas más húmedas del distrito, extendiendo el límite superior del bosque por encima de los 3400 msnm.
- Zonas típicas: vertiente oriental del río Santa Rosa, Santa Rosa Alta, Sumapaz.

2. BOSQUES BAJOS

Dosel inferior a 12 m y superior a 6 m. Incluye bosques secundarios y otros propios de ambientes severamente limitados por frío, sequedad o pobreza del sustrato. Los tipos se enumeran siguiendo el orden en la ecoclina, de abajo hacia arriba.

Bosque de salvio y mano de oso

- Especies dominantes: salvio y mano de oso (*Cordia lanata* + *Oreopanax floribundum*). Con espino corono, cordoncillo, tuno amarillo, tintos, garrocho y raque (*Xylosma spiculiferum*, *Piper bogotense*, *Miconia biappendiculata*, *Cestrum* spp., *Viburnum triphyllum*, *Vallea stipularis*). A veces con chusque (*Chusquea scandens*).
- Ambiente asociado: cañadas de laderas bajas y pie de ladera. Hacia abajo se intergrada con el bosque de aliso y hacia arriba con el de Lauráceas o con el encenillal bajo (en pendientes fuertes).
- Posición sucesional: bosque secundario, probablemente correspondiente a un subseral de la sere del cedro.
- Zonas típicas: Contador, Usaquén; Las Delicias, Chapinero; Aguas Caliente, Mochuelo Bajo, Ciudad Bolívar; Olarte, Usme.

Bosque de raque y espino corono

- Especies dominantes: raque y espino corono (*Vallea stipularis* + *Xylosma spiculiferum*). Con arrayán sabanero o arrayán (*Eugenia foliosa* o *Myrcianthes leucoxyla*), espino garbanzo, garrocho, tintos, cordoncillo (*Duranta mutisii*, *Viburnum triphyllum*, *Cestrum* spp., *Piper bogotense*).
- Ambiente asociado: suelos pesados pero bien drenados, en pie de ladera y colinas del altiplano.
- Posición sucesional: muy similar al anterior (que puede ser la facies riparia de este). Representa un bosque secundario, de la subsera del cedro.
- Zonas típicas: colinas de Suba; laderas bajas de Usaquén.

Bosque de raque y garrocho

Se trata de una facies riparia del anterior, propia de pequeñas cañadas en las laderas bajas, dominada casi exclusivamente por raque y garrocho (*Vallea stipularis* + *Viburnum triphyllum*). El espino corono (*Xylosma spiculiferum*) es una subordinada frecuente, confirmando su relación con el tipo anterior.

Bosque de laurel hojipequeño y encenillo

- Especies dominantes: laurel hojipequeño y encenillo (*Myrica parvifolia* + *Weinmannia tomentosa*). Con pocas acompañantes, como el cucharo o huesito (*Geissanthus andinus*) y tunos (*Miconia* spp.).
- Ambiente asociado: pendientes fuertes y arcillosas, alrededor de los 2900–3000 msnm. Suelos pesados inestables.
- Posición sucesional: bosque secundario en la subsera del encenillal bajo. Inductor preclimácico de las seres conducentes a bosques encenillo (hacia arriba) y mano de oso y bosques de Lauráceas (de susca), hacia abajo.
- Zonas típicas: veredas Las Auras, Las Ánimas y Los Ríos, Sumapaz.

Bosque ripario de raque

- Especies dominantes: raque o chaque (*Vallea stipularis*), muy tolerante al frío, las heladas y los suelos mal

drenados. Tiene pocas acompañantes, como chusque, garrocho, mortiños (*Chusquea scandens*, *Viburnum triphyllum*, *Hesperomeles* spp.).

- Ambiente asociado: conforma la franja riparia que cubre el fondo de las cañadas y las márgenes hídricas a través del encenillal medio y alto, en atmósferas generalmente húmedas. Puede interpretarse como el paso del raque, de subordinada a dominante del bosque ripario, por encima de la cota máxima del aliso (3100 msnm). Hacia las laderas adyacentes la transición es brusca hacia el encenillal, debido a la ventaja competitiva de éste en los suelos mejor drenados y, por contrapartida, su escasa tolerancia a la higromorfia. Por encima del límite superior del bosque se continúa en una forma enana (descrita más adelante) de cordón ripario de subpáramo.
- Posición sucesional: franja riparia del clímax del encenillal medio y alto.
- Zonas típicas: cursos medios y bajos de la cuenca del San Cristóbal; afluentes del río San Francisco, Santa Fe; cuenca alta del Teusacá, Verjón Alto, Santa Fe; alrededores de los embalses de la Regadera y Chisacá, Usme; quebradas de Guaduas y Cuevecitas, Las Mercedes, Ciudad Bolívar.

Tagual o bosque de tagua

- Especies dominantes: tagua (*Gaiadendron punctatum*). Tal vez no sobre comentar que este árbol altoandino no tiene nada que ver con la palma de tagua, con cuyas semillas se hacen las famosas artesanías boyacenses. Las acompañantes más frecuentes incluyen garrocho, maíz tostao, arrayán guayabo, chusque (*Viburnum triphyllum*, *Myrsine dependens*, *Myrcia dugandii*, *Chusquea scandens*) y elementos del cordón de Ericáceas. La misma tagua (pese a ser una Loranthácea, es un elemento propio del cordón de Ericáceas.
- Ambiente asociado: laderas empinadas a escarpadas, cerca del límite superior del bosque o en sitios paramizados, con suelos inestables y superficiales. Humedad atmosférica alta.
- Posición sucesional: precursor leñoso en la subsere del encenillal medio y alto. Clímax de bosque bajo en la sere del límite superior del bosque.
- Zonas típicas: laderas medias erosionadas de Usaquén; quebrada León, Chapinero; río San Francisco, sobre la vía a Choachí, Santa Fe. Escarpes en Santa Rosa Baja, Sumapaz.

Bosque bajo de colorado

- Especies dominantes: colorado (*Polylepis cuadrijuga*). Con chuscajón, zarcillejo, amargoso chiquito, rodamonte, tuno y laurel hojipequeño (*Chusquea weberbauerii*, *Brachyotum ledifolium*, *Baccharis revoluta*, *Escallonia myrtilloides*, *Miconia salicifolia*, *Myrica parvifolia*).
- Ambiente asociado: riberas y fondos de valle en zonas muy frías y húmedas del Parque Sumapaz, por encima de 3400 msnm. También se encuentran manchones en abrigos rocosos de pie de escarpes junto a lagunas de páramo. Hacia la parte alta se intergrada sobre las laderas bajas con el bosque de rodamonte. Hacia el curso bajo del río se intergrada con elementos de la facies riparia del encenillal alto (como el raque, *Vallea stipularis*, y el mortiño (*Hesperomeles goudotiana*). En sitios alterados o hacia las partes más altas y expuestas, la fisonomía es de bosque enano (e incluso de matorral); pero en las partes más abrigadas y mejor conservadas, el colorado frisa los 13 m de altura.
- Posición sucesional: su fragmentación y reducción actuales hacen difícil su interpretación. Muy probablemente representa la franja riparia del clímax de rodamonte, de modo análogo al bosque ripario de raque en medio del encenillal.

- Zonas típicas: riberas del río Santa Rosa y quebradas afluentes de su vertiente oriental, vereda de Santa Rosa Alta, Sumapaz.

3. BOSQUES ENANOS

Formado por arbolitos. Dosel coherente de 6 m o menos de alto. Es la vegetación más característica del subpáramo, por encima del límite superior del bosque, el cual se interpreta como la cota máxima de la cobertura forestal continua de más de 6 m de alta. Este límite fisonómico y florístico entre el bosque altoandino y el subpáramo, fluctúa entre los 3200 y los 3600, dependiendo de la humedad atmosférica (a mayor humedad, más sube el bosque altoandino).

En condiciones primarias, los bosques enanos forman masas más o menos continuas a través del subpáramo. Hacia arriba en el páramo, o en zonas de subpáramo alterado, esta vegetación se distribuye en cordones y manchones fragmentarios en medio de los pajonales y matorrales paramunos, conformando los típicos bosquetes de páramo.

Romeral o bosque enano de romero blanco

- Especies dominantes: romero blanco (*Diplostephium rosmarinifolium*). Con romero ancho, cucharo, tunos, laurel hojipequeño (*Pentacalia pulchellus*, *Myrsine guianensis*, *Miconia squamulosa*, *Myrica parvifolia*), otras especies de romeros (*Diplostephium* spp., *Pentacalia* spp.) y elementos del cordón de Ericáceas.

- Ambiente asociado: pendientes fuertes a escarpadas y afloramientos rocosos, con suelos arenosos de escasa profundidad y buen drenaje (muy asociada a las areniscas cretáceas de la Formación Guadalupe), entre los 2800 y los 3100 msnm. Al aspecto despejado de estos bosquecillos contribuye la virtual ausencia del chusque (*Chusquea scandens*) y otras competidoras, debido al drenaje excesivo. Hacia abajo se intergrada con los matorrales de tuno esmeraldo y laurel hojipequeño (*Miconia squamulosa*, *Myrica parvifolia*) y hacia arriba con el cordón de Ericáceas del límite superior del bosque altoandino (es decir, que este romeral es rupestre pero no propiamente de subpáramo).

- Posición sucesional: precursor leñoso de la subsere típica del encenillal medio.

- Zonas típicas: laderas altas de Usaqué y Chapinero; Parque Museo del Páramo, Chapinero; Cerro del Gavilán, Mochuelo Bajo, Ciudad Bolívar.

Saltonal o bosque enano de charne, azafrán y romero

- Especies dominantes: es uno de los tipos más característicos de los subpáramos de Cundinamarca, constituido por un denso y colorido mosaico de pequeños manchones de charne o saltón (*Bucquetia glutinosa*), azafrán o manzano (*Clethra fimbriata*) y romero ancho (*Pentacalia pulchellus*). Acompañantes diversas; entre ellas: té de Bogotá, mortiños, monina, uña de gato, cañuela, frailejones, jazmín de páramo (*Symplocos theiformis*, *Hesperomeles* spp., *Monnina aestuans*, *Berberis rigidifolia*, *Swallenochloa tessellata*, *Espeletia* spp., *Arcytophyllum nitidum*).

- Ambiente asociado: suelos francos a pesados en pendientes fuertes a moderadas, con humedad atmosférica media a alta, entre los 3200 y los 3500 msnm. Hacia las franjas riparias se intergrada con los rastrojos de rodamonte y amargoso (*Escallonia myrtilloides* + *Ageratina aristeei*) en suelos pantanosos cede espacio a matorrales turbosos de cañuela, puya, frailejón y guardarrocío (*Swallenochloa tessellata*, *Puya* spp., *Espeletia grandiflora*, *Hypericum goyanesii*).

- Posición sucesional: clímax del subpáramo bien drenado. Subserales en zonas paramizadas de la franja del encenillal medio y alto.

- Zonas típicas: cumbres de Usaquén; Cruz Verde, Verjón alto, Santa Fe; alto del saltonal, Pasquilla y Pasquillita, Ciudad Bolívar; alto Parada del Viejo (o del Viento), Usme.

Bosque enano de guardarrocío

- Especies dominantes: manchones de reducida extensión (gregatio), de chite, pinito de páramo o guardarrocío (*Hypericum goyanesii*). Acompañantes escasas y similares a las del tipo anterior.
- Ambiente asociado: franjas riparias y suelos turbosos poco anegados en subpáramo; abrigos rocosos en páramo, sobre canchales de pie de peña.
- Posición sucesional: forma riparia dentro del clímax de subpáramo. Subserales riparios del encenillal alto.
- Zonas típicas: quebrada Farías, Verjón Bajo, Chapinero; Cruz Verde, Verjón Alto, Santa Fe. En casi todos los subpáramos desde el Alto Tunjuelo hasta Sumapaz.

Romeral sumapaceño o bosque enano de romero de monte

- Especies dominantes: romero sumapaceño o romero de monte (*Diplostephium revolutum*). Pocas acompañantes, como frailejón, puyas, valerianas, chites (*Espeletia* spp., *Puya* spp., *Valeriana plantaginea*, *Hypericum* spp.) y otras especies subordinadas de romeros (*Diplostephium* spp.) y Asteráceas (*Pentacalia* sp., *Gynoxis* sp.).
- Ambiente asociado: fondos de valles y pies de ladera en los valles altos del Sumapaz, por encima de 3300 msnm. Hacia las partes más frías es generalmente un matorral, más que un bosque enano.
- Posición sucesional: clímax de subpáramo en los valles altos del Sumapaz.
- Zonas típicas: cuenca alta del Chisacá, Usme; cuenca alta del Santa Rosa, Sumapaz.

Bosque enano de rodamonte

Es una variante fisonómica del bosque alto de rodamonte (*Escallonia myrtilloides*), dominado casi exclusivamente por arbolitos y arbustos de dicha especie. Se presenta a continuación del bosque alto de rodamonte, hacia las partes más altas y frías o alteradas (regeneración del bosque alto de rodamonte). En la cuenca alta del Chisacá (Usme) y del río Santa Rosa (Sumapaz) se encuentran extensos rodales.

4. RASTROJOS

Los rastrojos son formas de transición ambiental (a través del ecotono entre tipos principales de vegetación) o sucesional (entre las fases de colonización y agregación del inductor preclimácico). Por ello, su composición tiende a ser intermedia entre la de los bosques, chuscales y matorrales. Sin embargo, ciertos tipos de vegetación, fisonómicamente clasificables como rastrojos (densos y con mortotipos mezclados sin estratificar) tienen una composición distintiva y recurrente, es decir, que se encuentra consistentemente asociada a ciertos ambientes y permanece más o menos constante por períodos considerables de tiempo.

En este numeral se incluyen algunos de los rastrojos más característicos. Los demás deben ser tomados como formas intermedias entre los otros tipos principales, aproximándolos a uno u otro según su talla y composición florística. Los rastrojos pueden diferenciarse en bajos (bajo porte y predominio arbustivo) y

altos (mayor talla y predominio de árboles, sin formar dosel continuo).

Rastrojo bajo de tomatillo y tinto

- Especies dominantes: arbolitos de tomatillo (*Solanum oblongifolium*) y arbustos de tinto (*Cestrum mutisii* y otras especies del mismo género). Las asociadas varían mucho y abarcan desde chusque (*Chusquea scandens*) hasta helechos, arbustos y arbolitos diversos.

- Ambiente asociado: márgenes de humedales del altiplano, cañadas en laderas bajas, porciones perturbadas de cordones riparios en medio de los bosques de aliso o de raque. Suelos saturados de humedad todo el año, frecuentemente perturbados (compactación, desplomes). Amplio rango de humedad atmosférica. Se encuentra en altitudes desde los 2300 hasta los 3100 msnm.

- Posición sucesional: etapa del precursor leñoso y mediados de la inducción preclimácica (mesosere) en las facies riparias de un amplio rango de la ecoclina, desde las vegas hasta las laderas del encenillal medio y alto.

- Zonas típicas: humedal de la Conejera, Suba; fondos de las cañadas del Amoladero y León, Verjón Bajo, Chapinero; cañadas del pie de ladera de Monserrate, Santa Fe; alrededores del Embalse de La Regadera, Usme.

Rastrojo alto de cocua y duraznillo

- Especies dominantes: cocua (*Verbesina elegans*) y duraznillo o chirlobirlo (*Abatia parviflora*). La asociada más frecuente, aunque no muy abundante, es el cenizo (*Pollalesta* sp.), además del chusque (*Chusquea scandens*). También son frecuentes el garrocho, cajeto de páramo, tuno amarillo (*Viburnum triphyllum*, *Cytharexylum sulcatum*, *Miconia biappendiculata*).

- Ambiente asociado: fondos de cañadas y bordes de carreteras (botaderos y taludes inestables). Generalmente asociado a zonas de suelos inestables y derrumbes, con humedad edáfica y atmosférica alta. Rango altitudinal amplio, presentándose en los bosques de susca, de chuacá y todo el rango de encenillales hasta los bosques de encenillo y canelo, donde son un elemento ripario típico.

- Posición sucesional: etapa del inductor preclimácico, fase de agregación y consolidación, en las subseres ruderales (camino, escombros, derrumbes) de las cañadas en diversos bosques, con atmósferas húmedas.

- Zonas típicas: cuenca del San Francisco, arriba de la vía a Choachí, Santa Fe; cañadas en los bosques de susca y palma de cera de las veredas de Ríos y Las Palmas, Sumapaz.

Rastrojo alto de cucharos

- Especies dominantes: generalmente dominado por arbolitos de cucharo (*Myrsine guianensis*) y cucharo rosado o manteco (*Myrsine coriacea*), aunque pueden darse formaciones similares con especies de otros géneros, también llamadas cucharos, pertenecientes a la misma familia (*Myrsinaceae*), como *Geissanthus* y *Ardisia*. Las asociadas incluyen arbustos y arbolitos, como romero blanco, laurel hojipequeño, garrocho (*Diplostegium rosmarinifolium*, *Myrica parvifolia*, *Viburnum triphyllum*) y varias especies de tunos (*Miconia* spp.), así como dominantes tardiserales del encenillal, como encenillo y gaque (*Weinmannia tomentosa*, *Clusia multiflora*).

- Ambiente asociado: laderas bajas y medias, suelos en un amplio rango de franco arenosos a franco arcillosos; humedad atmosférica de media a alta.

- Posición sucesional: inductor preclimácico de los encenillales medios y bajos y la franja de transición al bosque de Lauráceas.

- Zonas típicas: Torca, Usaquén; Los Ríos, Sumapaz.

Rastrojo ripario de raques

- Especies dominantes: raque o chaque (*Vallea stipularis*). Entre las codominantes típicas se cuentan el canelo, arrayán guayabo, nazareno, amargoso y mano de oso de páramo (*Drimys granadensis*, *Myrcia dugandii*, *Tibouchina grossa*, *Ageratina aristeei*, *Oreopanax mutisii*).

• Ambiente asociado: cordones riparios de subpáramo que continúan el bosque ripario de raque por encima del límite superior del bosque. Se hallan rodeados de subpáramos perturbados. Hacia los sitios bien drenados se intergrada con el saltonal, matorrales de subpáramo y porciones del límite superior del bosque.

- Posición sucesional: representa el clímax ripario del subpáramo en zonas demasiado bajas para el rodamonte. Conforman los subserales de las franjas riparias del encenillal alto y parte del medio.

- Zonas típicas: quebradas de Gallinas, Santos, Farías, vereda Verjón Bajo, Chapinero; nacimientos de las quebradas Esperanza y Boquerón, Verjón Alto, Santa Fe. Nacimientos de las quebradas tributarias del San Cristóbal.

Rastrojo ripario de rodamonte y amargoso

- Especies dominantes: arbolitos de rodamonte (*Escallonia myrtilloides*) y arbustos altos de amargoso (*Ageratina aristeei*). Con cortadera (*Cortaderia nitida*) como asociada más característica. Otras acompañantes incluyen chusacajón, mano de oso de páramo, blanquillo (*Chusquea weberbauerii*, *Oreopanax mutisii*, *Gynoxis* sp.) y elementos del cordón de Ericáceas.

• Ambiente asociado: franjas riparias y enclaves pantanosos de subpáramo, a gran altura (por encima de 3300 msnm) en atmósferas húmedas a hiperhúmedas. Hacia abajo se intergrada en la franja riparia con el rastrojo de raque (tipo anterior), hacia las laderas se combina con el saltonal y elementos aislados del límite superior del bosque (*Drimys*, *Weinmannia tomentosa*).

- Posición sucesional: clímax de la franja riparia y bosquetes del subpáramo.

- Zonas típicas: Nacimientos de los ríos Teusacá, San Francisco y San Cristóbal.

Cordón de Ericáceas

El cordón o cinturón de Ericáceas puede ser interpretado como una estructura o una dinámica de la vegetación, característica del límite superior del bosque altoandino, que media entre el subpáramo y el bosque de encenillos (o de rodamontes en las cuencas hiperhúmedas del Sumapaz). El cordón de Ericáceas incluye varios elementos distintivos que forman agregados más o menos densos en esta franja y le dan su característico colorido, mezcla de los verdes oscuros y rojos intensos del follaje y los escarlatas, rosados y fucsias de la floración:

- Uva de monte o camarona (*Macleania rupestris*), la más distintiva, que forma verdaderos cordones notablemente enmarañados.

- Uva de anís (*Cavendishia cordifolia*), arbustos, a veces muy altos.

- Pegamosco (*Befaria resinosa*), arbustos y arbolitos
- Uvito de páramo (*Gaultheria anastomosans*), arbustos y arbolitos.
- Reventadera (*Pernettya prostrata*), arbustos y arbolitos.
- Agraz (*Vaccinium floribundum*), arbustos.
- Chorotico (*Plutarchia guascensis*)
- Tagua (*Gaiadendron punctatum*)

La última, una Loranthácea, es la única que sin ser de la familia (*Ericaceae*) está en el paseo. Es una parásita radical (parasita otras plantas por las raíces).

Otros elementos acompañantes, típicos de la franja dominada por las anteriores, incluyen: maíz tostao, tuno chiquito, tuno oliváceo (*Myrsine dependens*, *Miconia summa*, *Miconia elaeoides*).

El cordón de Ericáceas es el dinamizador más importante en la regeneración del bosque altoandino sobre los subpáramos. Tipifica la etapa del inductor preclimácico en la sere del límite superior del bosque. Lógicamente, también se le encuentra a alturas muy inferiores (hasta 2800 msnm) en laderas fuertemente erosionadas cubiertas por páramo y subpáramo secundario, como consecuencia de la deforestación.

5. CHUSCALES

Prácticamente todos los bosques tropicales de alta montaña en el mundo presentan cinturones de bambusoides (bosques paleotropicales de bambú, en Centroáfrica y Asia Central). En Colombia este papel es cumplido por los chusques, con tallas y extensiones más modestas.

La dinámica de los chuscales ha sido poco estudiada. Hasta donde se sabe, se comportan de modo análogo a los bambúes africanos y asiáticos: cubren grandes extensiones de laderas húmedas, sofocando la vegetación restante; la reproducción es vegetativa a través de tallos subterráneos (rizomas) pues realmente se trata de pastos leñosos gigantes; cada dos o tres décadas ocurre una espectacular floración sincrónica en cada rodal, tras lo cual las bambusoides arrojan sus semillas y mueren (puede decirse que el chuscal queda replegado en el banco de semillas a la espera de futuras perturbaciones). Tras la mortandad masiva del chusque, todos los árboles que habían estado cubiertos por éste se desarrollan, dentro de la maduración del bosque.

Aunque existen más de 8 especies de bambusoides en el Distrito (concentradas principalmente entre Monserrate y el Chicó), vale la pena mencionar tres que forman la gran mayoría de los chuscales en tres franjas altitudinales bien definidas:

- Carrizales o chuscales de chusque trepador (*Chusquea scandens*): de los 2750 a los 3200 msnm, forma extensas y densas marañas en cañadas y parches de regeneración en cuencas atmosférica y edáficamente muy húmedas.
- Chuscales de chuscajón (*Chusquea weberbauerii*): de los 3200 a los 3400, formando densas franjas riparias en los nacimientos de las quebradas y cañadas del subpáramo y el límite superior del bosque.

- Cañuelales o chuscales de cañuela o bambú de páramo (*Swallenochloa tessellata*, que para algunos también debe clasificarse en el género *Chusquea*) que forma extensas y densas masas compactas en las cañadas y pantanos del subpáramo. Su talla varía desde la altura de la rodilla, en zonas menos húmedas o más degradadas, hasta impenetrables cortinas de más de 2 m de alto, en las áreas más húmedas y mejor conservadas (como el río Frío en Chingaza).

Los chuscales, especialmente los carrizales, son de gran importancia en la regeneración del encenillal sobre las cañadas y suelos húmedos. Muchos de los inductores preclimáticos de las distintas franjas del encenillal se distinguen por su capacidad para germinar y medrar bajo densas agregaciones de chusque.

La capacidad de retención de las enormes masas de raíces del chusque, más el suelo esponjoso construido por sus raicillas y su abundante hojarasca, confieren un gran valor a los chuscales en la regulación hídrica y la protección de nacederos y quebradas.

6. MATORRALES

Las formaciones arbustivas son naturales en páramos y subpáramos. Sin embargo, por debajo del límite superior del bosque también pueden encontrarse matorrales, sobre suelos pobres o en sitios muy alterados. Los matorrales representan la forma más común de la etapa del precursor leñoso en la región altoandina (en otras zonas de vida predominan los árboles heliófilos como los cenizos, dragos y yarumos).

Por razones de extensión, se resume presenta sólo la dominante y la posición ambiental. Se sobreentiende que en su mayoría pertenecen a la etapa del precursor leñoso (que es la especie dominante en cada uno), en sus respectivos ambientes. Nuevamente, siguiendo su distribución vertical sobre la ecoclina principal (los subrayados corresponden a especies introducidas), tenemos:

- Matorral de tuno sumapaceño (*Miconia biglandulosa*): laderas bajas y pies de ladera. Sumapaz.
- Matorral de espino garbanzo (*Duranta mutisii*): cañadas bajas, laderas bajas, pies de ladera y colinas. Humedad atmosférica media a baja. Ciudad Bolívar y Usaquén.
- Matorral de gurrubo (*Solanum lycioides*): suelos degradados, zonas semiáridas, en laderas bajas y pies de ladera. Ciudad Bolívar.
- Matorral de hayuelo (*Dodonaea viscosa*): suelos degradados, zonas semiáridas, laderas medias y bajas; afloramientos rocosos. Ciudad Bolívar.
- Matorral de lulo de monte (*Solanum* sp.): laderas medias y bajas, zonas subxéricas. Quibas, Ciudad Bolívar.
- Matorral de chilco (*Baccharis latifolia*): laderas bajas, pies de ladera y colinas. Notable colonizador de pastizales de quicuyo (*Pennisetum clandestinum*). Usaquén y Cerros Orientales de Chapinero.
- Matorral de jome (*Eupatorium angustifolium*): pies de ladera, laderas bajas y cañadas de las laderas medias. Suelos pesados a francos. Verjón Bajo, Chapinero; Usaquén.
- Matorral de tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*): colinas, pies de ladera y laderas bajas; humedad atmosférica media a baja. Precursor importante del cedral, el bosque de Lauráceas y el encenillal bajo. Cerros Orientales de Usaquén y Chapinero. (extinto por entresaca selectiva en Ciudad Bolívar).
- Matorral de tuno amarillo (*Miconia biappendiculata*): cañadas en laderas bajas y medias; suelos pesados;

riparia; humedad atmosférica media a alta. Torca, Usaquén; Amoladero, Verjón Bajo, Chapinero.

- Matorral de angelito (*Monochaetum myrthoideum*): colinas, pies de ladera y laderas bajas y medias. Suelos perturbados; frecuente ruderal y riparia de márgenes alteradas. Precursor del encenillal bajo. Monserrate, Santa Fe; El Cable, Chapinero.

- Matorral de tuno negro (*Miconia ligustrina*): laderas medias a altas, suelos francos a ligeros; humedad atmosférica alta. Precursor del encenillal medio. Guaduas y Cuevecitas, entre Usme y Ciudad Bolívar; vertiente occidental de Verjón Bajo, Chapinero.

- Zarzal o matorral de mora silvestre (*Rubus floribundus*): suelos húmedos y franjas riparias de pie de ladera y laderas bajas y medias. Precursor del bosque de alisos y del de raque. Teusacá; Santa Rosa Baja, Tunal Bajo, Las Auras, La Unión (Sumapaz).

- Zarzal o matorral de zarzamora (*Rubus bogotensis*): ambiente similar al anterior, reemplazándolo gradualmente desde los 3000 msnm hacia arriba, llegando hasta el límite superior del bosque. Verjón Alto, Santa Fe.

- Matorral de holly nativo (*Sericotheca argentea*): franjas riparias del límite superior del bosque. Precursor del bosque ripario y el rastrojo de raque. Monserrate, Santa Fe; quebrada Santos, Verjón Bajo, Chapinero; quebrada Guaduas, Las Margaritas, Usme.

- Matorral de retamo liso (*Cytissus monspesulanus*): introducida fugitiva; suelos muy alterados en pies de ladera y laderas bajas. Monserrate y El Cable.

- Matorral de retamo espinoso (*Ulex europaeus*): introducida fugitiva, invasora muy agresiva (infestante). Atributos pirogénicos. Laderas bajas y pies de ladera; frecuente riparia y ruderal. La Regadera y Chisacá, Usme; Guadalupe, Monserrate, Parque Nacional y El Cable.

- Matorral de nazareno (*Tibouchina grossa*): suelos pesados, atmósfera muy húmeda, laderas altas. Precursor de suelos pesados en la franja del encenillal alto y el bosque de rodamonte. Precursor de rastrojos riparios de subpáramo. El Uval y Los Soches, Usme; Verjón Alto, Santa Fe; Santa Rosa, Sumapaz.

- Matorral de zarcillejo (*Brachyotum ledifolium*, *B. strigosum*): suelos pesados, erosionados. Pies de ladera en zonas altas y muy húmedas. Frecuente ripario y ruderal. Santa Rosa Alta, Sumapaz; Chisacá, Usme.

- Matorral de amargoso chiquito (*Baccharis revoluta*): suelos francos a pesados, desde laderas bajas hasta el límite superior del bosque. Verjón Alto, Santa Fe; Verjón Bajo, Chapinero; Santa Rosa, Sumapaz.

- Matorral típico de subpáramo con té de Bogotá, mortiño, uña de gato (*Symplocos theiformis*, *Hesperomeles* spp., *Berberis rigidifolia*): subpáramo primario y secundario; suelos francos a pesados, bien drenados. Cruz Verde, Santa Fe; Saltonal, Ciudad Bolívar.

- Matorral de jazmín de páramo (*Arcytophyllum nitidum*): puntos de exurgencia y franjas riparias en subpáramo. Cruz Verde y San Francisco, Santa Fe; Chisacá, Usme.

- Matorral de chites (*Hypericum goyanesii*, *H. strictum*, *H. aciculare*, *H. juniperinum*): suelos degradados (compactación, agroquímicos, erosión, sobrepastoreo) en páramo y subpáramo secundario.

7. HELECHALES

Los helechos son un elemento ubicuo e importante de la flora altoandina (la reciente obra del Profesor Linares lo pone de relieve). Sin embargo, aquí nos interesan dos especies que forman manchones de extensión considerable:

- Helechales de marranero (*Pteridium aquilinum*): suelos compactados y acidificados, bien drenados, en laderas bajas. Actúa como importante precursor leñoso en la subserie del bosque de Lauráceas y el encenillal bajo. Bajo la cobertura del helecho marranero se crían como en vivero numerosos arbolitos (*Myrsine* spp., *Miconia* spp., *Monochaetum myrthoideum*, etc.).
- Helechales pantaneros (*Blechnum loxense*): puntos de exurgencia freática en el subpáramo (primario o secundario) y el límite superior del bosque.

8. FRAILEJONALES

Los frailejones son platas con grandes hojas en roseta, con o sin tronco, pertenecientes a la familia de las Asteráceas, en su mayoría del género *Espeletia*, que, mezclados con arbustos y macollas, forman el aspecto más distintivo del páramo: el frailejonal–pajonal.

Los principales frailejones encontrados en las áreas rurales del Distrito Capital, pueden distinguirse por su dominante, así:

Frailejón común (*Espeletia grandiflora*): junto al winche o paja de páramo (*Calamagrostis effusa*) forma el típico frailejonal–pajonal, dominante del páramo. Se encuentra a veces en medio del subpáramo o incluso en pequeños enclaves dentro del encenillal alto, asociado a suelos turbosos.

Frailejón sumapaceño (*Espeletia killipii*, *Espeletia sumapacis*): en los frailejones del Sumapaz, junto al frailejón común (*E. grandiflora*) dominante, se encuentran ocasionalmente estas otras dos especies muy similares.

Frailejón plateado (*Espeletia argentea*): pajonales y potreros degradados por quema y sobrepastoreo, cerca del límite superior del bosque y en subpáramo. Una acompañante constante es el amorcito o piojito (*Acaena cylindrostachya*), también indicadora de erosión y compactación.

Frailejoncillo o falso frailejón (*Espeletiopsis corymbosa*): potreros degradados, fuerte erosión y paramización secundaria. Baja hasta los 2700 msnm, dando una falsa apariencia de páramo a zonas de bosque severamente deterioradas.

9. COBERTURAS HERBÁCEAS

Las principales coberturas herbáceas incluyen pastizales, pajonales y un césped nativo:

Pastizales (pastos introducidos)

- Pastizal de quicuyo (*Pennisetum clandestinum*): pasto de montaña africano. Cubre los suelos pesados y francos hasta los 2800 msnm. Competidor agresivo y provisto de alelopatía, dificulta el establecimiento de leñosas. Unida al pastoreo, retarda la regeneración del bosque. Entre los precursores capaz de colonizar estos potreros se cuentan el tuno esmeraldo, espino garbanzo, chilco, mora (*Miconia squamulosa*, *Duranta mutisii*, *Baccharis latifolia*, *Rubus floribundus*). Las acompañantes herbáceas incluyen típicamente carretón, trébol blanco y diente de león (*Trifolium virginianum*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinalis*).

- Pastizal de falsa poa (*Holcus lanatus*): reemplaza las pasturas de quicuyo por encima de los 2800 msnm, dominando los potreros hasta los 3300 en suelos más o menos bien conservados; por encima de ellos predominan los pajonales nativos. En descanso alcanza considerable altura y es fácilmente colonizado por precursores leñosos, como mortiños, garrocho, chusque, tunos (*Hesperomeles* spp., *Viburnum triphyllum*, *Chusquea scandens*, *Miconia* spp.). Entre las acompañantes se cuentan la grama de olor, pasto estrella y el trébol blanco (*Anthoxanthum odoratum*, *Paspalum* sp., *Trifolium repens*).

- Pastizal de grama de olor (*Anthoxanthum odoratum*): los pastizales de falsa poa (*Holcus lanatus*), sobre suelos pobres o degradados por sobrepastoreo, se van empobreciendo florísticamente hasta convertirse en pasturas magras de grama de olor (*Anthoxanthum odoratum*), sobre suelos ácidos y de muy bajo contenido de nutrientes, fácilmente reconocibles por sus pequeñas espigas doradas. Estos pastizales son colonizados por macollas y arbustos nativos.

Césped nativo

- Césped de plegadera (*Lachemilla orbiculata*): en suelos con drenaje deficiente o compactados por pisoteo, en los potreros de la franja alta del encenillal, se forman pequeños céspedes tupidos esta Rosácea nativa de hojitas redondas y aserradas.

Pajonales (dominados por macollas)

- Pajonal de winche (*Calamagrostis effusa*): es el pajonal más común de los páramos de la región, propio de los suelos de laderas bien drenadas, por encima del límite superior del bosque. Allí donde la humedad del suelo lo favorece, se asocia a manchones extensos de frailejón.

- Pajonal de cortadera (*Cortaderia nitida*): cobertura típica de suelos con drenaje lento a deficitario en subpáramos primarios y secundarios. Se encuentra incluso en focos de erosión severa, donde el suelo muy somero o un sustrato mineral expuesto limitan la infiltración. En las áreas de paramización secundaria, estos pajonales de cortadera o cortaderales son eventualmente colonizados por precursores leñosos pertenecientes a la flora oportunista de subpáramo, como laurel hojipequeño, romero blanco, azafrán (*Myrica parvifolia*, *Diplostephium rosmarinifolium*, *Clethra fimbriata*).

Aunque existen muchos otros tipos de vegetación herbácea, propios de páramo y subpáramo (principalmente asociados a pantanos y turberas), los aquí mencionados son los más importantes en términos de la aplicación del Protocolo.

 [Volver al índice del Protocolo](#)



∴ PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ∴



[Volver al índice del Protocolo](#)



6. CUADROS DE RESTAURACIÓN: Introducción

Todo proyecto de restauración empieza con un diagnóstico especializado. Para obviar las dificultades técnicas de dicho tipo de diagnóstico, se incluyen en esta sección unos cuadros típicos de restauración, es decir, una tipología de las situaciones más frecuentes que demandan trabajos de restauración ecológica, en las áreas rurales distritales.

Cada cuadro de restauración presenta un mini-diagnóstico de una situación–tipo, frecuente en el área rural o suburbana del Distrito Capital. Para cada cuadro se analizan los puntos básicos de un diagnóstico de restauración:

- Condiciones físicas básicas: clima, geología, suelos, gradientes.
- Oferta ambiental: distribución espacial y temporal de los recursos físicos.
- Potencial biótico: remanentes, fragmentación, conservación, diversidad.
- Potencial sociodinámico: condición socioeconómica, tendencia de poblamiento, tradición de manejo, organización y participación local.
- Factores limitantes.
- Factores tensionantes: tipo, frecuencia, intensidad, distribución espacial.
- Interacción tensionantes–limitantes.
- Alteración: grado, forma y tendencia.
- Potencial de restauración.
- Priorización.
- Estrategias y lineamientos generales para la restauración.

Con base en la evaluación de las áreas rurales del Distrito Capital, se han identificado los siguientes cuadros de restauración:

1.	Pérdida de caudales en nacederos y microcuencas abastecedoras.
2.	Agricultura y ganadería semiextensiva de ladera.
3.	Desplomes de márgenes de cursos de agua.
4.	Inestabilidad de taludes de vías.
5.	Suelos degradados por actividad minera.
6.	Asentamientos subnormales en zonas geoinestables.
7.	Expansión urbana subnormal sobre áreas de vocación forestal.
8.	Incendios forestales (<i>ex-ante</i> / <i>ex-post</i>).
9.	Urbanización campestre ("chaletización").
10.	Degradación de humedales por urbanización.
11.	Deterioro por plantación inadecuada de forestales introducidas.
12.	Infestación de retamo espinoso (<i>Ulex Europaeus</i>).
13.	Fragmentación de ecosistemas.
14.	Extinción de flora nativa.
15.	Reducción de hábitats para la fauna nativa.
16.	Falta de espacios naturales autóctonos para la educación-recreación.
17.	Alteración mesoclimática.
18.	Destrucción sociocultural del modo de vida rural.

CONDICIONES GENERALES DEL ÁREA RURAL DISTRITAL Y PAUTAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE RESTAURACIÓN

Antes de describir cada cuadro de diagnóstico, conviene resumir ciertos puntos comunes a muchos de ellos y hacer algunas anotaciones analizando el modo como estos factores interactúan.

Condiciones Físicas Básicas

En la siguiente tabla, se aprecia la variación de la temperatura media del aire a lo largo del gradiente altitudinal del área rural del Distrito Capital. La temperatura es el principal factor ambiental determinante de la distribución de las especies vegetales. Dado que el Distrito se extiende en parte sobre la vertiente oriental (Río Blanco y Teusacá), en parte sobre la occidental, se presentan ambas y el promedio.

Tabla 1. Variación altitudinal de la temperatura en la Cordillera Oriental (Florez in Garcia, 1986)

Altitud (msnm)	Temperatura (°C)		
	Vert. W	Vert. E	Media
2300	14,65	13,09	13,87
2400	14,04	12,57	13,3
2500	13,43	12,05	12,74
2600	12,82	11,53	12,17
2700	12,21	11,01	11,61
2800	11,6	10,49	11,04
2900	10,99	9,97	10,48
3000	10,38	9,45	9,91
3100	9,77	8,93	9,35
3200	9,16	8,41	8,78
3300	8,55	7,89	8,22
3400	7,94	7,37	7,65

La mayor parte del área rural se halla por encima de los 2700 msnm y, frecuentemente, por encima de los 3000 msnm; los nacimientos y áreas de captación se ubican frecuentemente en el área de subpáramo y páramo, por encima de los 3200 y 3400 msnm. Esto hace que el frío sea un factor importante, que se acentúa por encima de los 3200 con la mayor frecuencia de heladas (descensos de temperatura por debajo del punto de congelación).

El frío extremo y las grandes fluctuaciones de temperatura son características de la alta montaña tropical; pudiendo la temperatura variar de más de 20 °C a menos de 0 °C en un ciclo de 24 hs. Estas oscilaciones son atenuadas por coberturas frescas, como los bosques, y se acentúan en sustratos duros de bajo calor específico, como el subsuelo desnudo y el cemento.

Si las temperaturas del aire son variables, las del suelo pueden serlo mucho más, pudiendo los primeros centímetros alcanzar temperaturas de más de 70 °C al medio día, y descender al punto de congelamiento en la siguiente madrugada, en sitios con poca cobertura vegetal (Vargas & Zuluaga, 1985).

El calor específico del material del sustrato afecta el desarrollo de las plántulas, que son pequeñas y de tejidos tiernos. En la tabla 2 se dan los calores específicos de distintos materiales. A menor calor específico, más rápidamente fluctúa la temperatura de un sustrato bajo la radiación solar. Como punto de referencia, el calor específico del agua es 1. El follaje de las plantas es aproximadamente 90% agua; los árboles son los que tienen más follaje, además de encerrar una capa de aire húmedo bajo las copas. Por esto, los bosques tienen un gran efecto regulador sobre el micro y mesoclima, impidiendo grandes enfriamientos o calentamientos.

Tabla 2. Calores específicos de algunos materiales

Materiales	C
Hierro	0.107
Granito	0.19
Arena de cuarzo seca	0.19
Arena de cuarzo (8.3% humedad)	0.24
Arcilla (15% humedad)	0.33
Barro húmedo	0.60

La destrucción del bosque altoandino elimina la regulación climática forestal y la extensión del mesoclima de páramo; la línea de heladas de altura desciende de sus cotas habituales y se acentúan los contrastes térmicos día-noche, lo cual dificulta la regeneración del suelo y la vegetación.

Mientras que la población urbana se detiene cerca de los 3200, los pobladores rurales pueden tener viviendas temporales o permanentes bien por encima de tal cota. Las heladas de altura son frecuentes. Se trata de masas de aire frío que descienden de las cumbres a través de las laderas, sin obstáculos gracias a la deforestación.

Las precipitaciones en el Distrito varían de los sectores secos con 700 mm anuales o menos (sectores en Usaqué y Ciudad Bolívar) hasta 1300 mm en el Sumapaz. La distribución de las lluvias va de bimodal en el Norte y Occidente (con dos inviernos) hasta casi unimodal al Oriente (un solo invierno fuerte, julio-agosto). Sólo las zonas menos lluviosas presentan déficit hídrico importante, mientras que extensas zonas presentan exceso hídrico (Alto Teusacá, San Francisco, San Cristóbal, Pasquilla, Sumapaz).

La humedad atmosférica es alta en la mayor parte del área rural del Distrito. Sin embargo, hay algunas zonas secas, donde el ecosistema es aún más frágil y el deterioro más rápido, debido a que el déficit hídrico hace más lenta la regeneración, limitando la capacidad de carga (intensidad de uso sostenible). Estas áreas son especialmente vulnerables a regímenes crónicos de tensionantes leves (pastoreo, monocultivo, quemas), típicos del área rural.

La humedad atmosférica, clave para la restauración, varía desde las áreas secas de Usaqué y el Norte de Ciudad Bolívar, pasando por las de mediana humedad, como Chapinero y Usme, hasta las áreas más húmedas, como el Alto Tunjuelo, Santa Fe, San Cristóbal y Sumapaz. Sin embargo, incluso en medio de áreas secas, se encuentran núcleos de condensación alrededor de ciertos cerros o en escotaduras de las sierras (pasos de niebla); así mismo, en medio de áreas húmedas pueden encontrarse sitios atmosféricamente secos, como cuchillas y laderas muy expuestas.

En cada caso debe ubicarse el área de trabajo en los mapas de isoyetas y afinar la estimación según los bioindicadores de humedad y aridez (que más abajo se mencionan), ya que los mapas no dan detalle de la distribución espacial de los meso y microclimas y la alteración antrópica frecuentemente provoca modificaciones puntuales o locales importantes.

La geología juega también un papel importante. En la mayor parte del área, las rocas areniscas están hacia las partes altas de las laderas y constituyen los principales acuíferos de las cuencas. Estas zonas presentan pendientes fuertes y suelos arenosos a francos, más susceptibles a la erosión superficial.

Las rocas arcillosas tienden a situarse en las laderas medias y partes bajas de las cuencas, con pendientes más suaves y suelos más pesados, más susceptibles a los desprendimientos masivos que sobre los cauces se complican con erosión remontante (desplomes que crecen desde los cauces sobre las orillas altas).

En cada ladera y microcuenca generalmente se encuentra un gradiente completo desde las partes altas más frías, más pendientes, con suelos más ligeros y mejor drenadas, pasando a las partes bajas, que son menos frías, con pendientes más suaves y con suelos más pesados y drenaje más lento (suelos más húmedos). Este gradiente general se ilustra en la siguiente figura y puede variar localmente.

Con los suelos de mayor aptitud agrícola urbanizados, la mayor parte de la población rural se ubica en áreas de mediana a baja capacidad de carga. Por esta razón, se trata de ecosistemas frágiles (laderas, páramos) donde un largo historial de alteración agropecuaria y prácticas intensivas en años recientes (revolución verde de los 60s) han ocasionado una degradación generalizada.

Los suelos fértiles (sobre formaciones geológicas ricas en minerales) son más bien escasos (valle medio del Tunjuelo, Sur de los Cerros Orientales y algunos pequeños valles en Sumapaz).

Oferta ambiental

La disponibilidad de energía es más alta hacia las partes bajas. En las altas, el frío retarda la mayor parte de los procesos metabólicos, especialmente los implicados en la circulación de nutrientes y el crecimiento de las plantas.

La oferta de agua y nutrientes tiende a estar concentrada en las pendientes menores, hondonadas, pies de laderas, fondos de cañadas, orillas y vegas.

Los afloramientos rocosos con frecuencia acumulan humedad y las grietas y pies de las rocas son puntos favorables para el desarrollo de la vegetación.

La humedad atmosférica se concentra en los puntos abrigados del viento, como las cañadas, abrigos rocosos y los pies de las peñas, así como al sotavento de cualquier barrera, incluso de una masa forestal.

Las perturbaciones más frecuentes en el área rural se encuentran atenuadas en ciertos puntos, como las pendientes fuertes, las áreas rocosas y los fondos de cañadas.

En el tiempo la principal variación es la estación seca, más acentuada en las zonas áridas. La estación seca también conlleva un recrudecimiento de las heladas, representando un filtro importante para la supervivencia de las plántulas.

Los puntos de mayor oferta ambiental deben ser ubicados, de modo que sirva de puntos y franjas iniciales de la restauración, a partir de los cuales extender una red de tratamientos hasta cubrir los sitios menos favorables para la regeneración del ecosistema.

Potencial biótico

El potencial biótico es la disponibilidad de seres vivos para el proceso de restauración, la cual varía mucho de una microcuenca a otra. El potencial biótico se califica teniendo en cuenta:

- Extensión de los fragmentos
- Diversidad de especies
- Diversidad de etapas sucesionales
- Representación de los distintos segmentos de la ecoclina
- Proximidad
- Conectividad (además de la distancia, cuenta qué tan propicio para el tráfico de propágulos es el espacio entre fragmentos y zonas de restauración)

Exceptuando Sumapaz, los terrenos de la Empresa de Acueducto y unas pocas microcuencas afortunadas más, la mayor parte del área rural se halla extensamente desforestada.

Generalmente quedan algunos cordones estrechos de rastrojo o bosque ripario (orillas de quebradas), ni siquiera continuos. Las aves, dispersores de semillas indispensables para la restauración del ecosistema altoandino, circulan principalmente a través de las cañadas, por lo que la vegetación riparia es importante en su hábitat.

En la medida en que persistan parches de vegetación leñosa nativa (matorrales, rastrojos y bosques) estos son importantes puntos de partida para la restauración, mejores en la medida de su mayor extensión, conectividad y diversidad de especies contenidas.

La diversidad de la vegetación es importante, pero en términos de restauración es más importante la diversidad sucesional, es decir, que subsistan en cantidades importantes individuos reproductores de las especies dinamogenéticas de las distintas etapas sucesionales (matorrales, rastrojos y bosques).

Es importante, además, que los rodales correspondientes a distintas etapas de la misma sere, estén próximos o bien interconectados, de modo que las especies vegetales dinamogenéticas puedan pasar de uno en otro (por medio de la dispersión de sus semillas), introduciéndose en las etapas sucesionales propicias.

Las plantas pueden ser útiles para la restauración ecológica, según su capacidad constructiva (dinamogenéticas, ver sección 4), es decir, de construir biomasa vegetal, dar cobertura y promover la regeneración del ecosistema. Sin embargo, otras especies, muchas de ellas poco constructivas, son de gran utilidad en el diagnóstico de restauración, pues están fielmente asociadas a determinados factores ambientales. Son los bioindicadores.

Puesto que no disponemos de mapas ambientales a la escala de pequeñas cuencas y predios, y la restauración requiere diseños bien ajustados al terreno, la lectura de los bioindicadores puede servir para elaborar croquis ubicando puntos húmedos, fértiles, rocosos, secos, fríos etc.

Muchos de los mejores bioindicadores de las condiciones ambientales de cada micrositio son plantas, pues, por ser inmóviles, reflejan mejor que nadie su entorno. La importancia de la bioindicación aumenta con la abundancia del bioindicador. Un individuo puede ser un accidente, pero la coincidencia de varios señalando lo mismo es concluyente. La presencia del bioindicador es significativa, su ausencia es, en cambio, mucho más difícil de interpretar.

Entre los bioindicadores de humedad edáfica (suelos húmedos y agua a poca profundidad) se cuentan:

- Musgos, helechos, lycopodios.
- Pega-pegas (*Acaena elongata*)
- Helecho pantanero (*Blechnum loxense*)
- Chusque (*Chusquea* spp.)
- Carrizo (*Swallenochloa tessellata*)
- Guardarroció (*Hypericum goyanesii*)
- Puya grande (*Puya goudotiana*)
- Cordoncillos (*Piper bogotense*, *Piper lacunosum*)
- Arboloco (*Smallanthus pyramidalis*)
- Tomatillo (*Solanum oblongifolium*)
- Tinto (*Cestrum mutisii*)
- Rodamonte (*Escallonia myrtilloides*)
- Amargoso (*Ageratina aristaei*)
- Mora silvestre y hierbamora (*Rubus floribundus* y *Rubus bogotensis*)
- Bejuco colorado (*Muehlenbeckia tamnifolia*)
- Falso helecho o helecho con flores (*Coriaria thimifolia*)
- Aliso (*Alnus acuminata*)
- Raque o chaque (*Vallea stipularis*)

Bioindicadores de suelos rocosos (superficiales, con la roca a pocos cm):

- Gaylusacia buxifolia
- Pegamosco (Befaria resinosa)
- Uva de monte o camarona (Macleania rupestris)
- Tagua (Gaiadendron punctatum)
- Puya chiquita (Puya nitida)
- Romero blanco (Diplostephium rosmarinifolium)
- Falsa reventadera (Gaultheria erecta)
- Zarcillejo o candelita (Siphocampylus columnae)

Bioindicadores de suelos degradados (por fuego, compactación severa, erosión superficial):

- Chite (Hypericum aciculare). Las concentraciones de pequeños chites pueden indicar, además, fuerte contaminación del suelo por agroquímicos.
- Chite pegajoso (Hypericum mexicanum)
- Moradita o espartillo (Orthosanthus chimboracensis)
- Sanalotodo (Baccharis tricuneata). Compactación y sobrepastoreo.
- Amargoso chiquito (Baccharis revoluta)
- Amorcito o piojito (Acaena cylindrostachya). Compactación y sobrepastoreo.
- Surugo (Lycium sp.)
- Grama de olor (Anthoxanthum odoratum)
- Helecho marranero (Pteridium aquilinum). Compactación y acidez.

Bioindicadores de elevada humedad atmosférica:

- Granizo (Hedyosmum bonplandianum)
- Quiches (Bromeliáceas del género Tillandsia y Guzmania). Entre más bajos se encuentren, mayor humedad atmosférica. El extremo es cuando los quiches cubren las ramas más bajas y se encuentran incluso en el suelo.

- Orquídeas epífitas (que crecen sobre las ramas)
- Palo tigre o cedro riñón (*Brunellia* sp.)
- Salvia amarillo, quedo o almanegra (*Buddleja* americana)
- Lorantháceas parásitas (*Aetanthus mutisii*, *Dendrophthora clavata*, *Phoradendron* spp.)
- Canelo de monte o ají de páramo (*Drimys granadensis*). Indica además mucho frío.

Bioindicadores de baja humedad atmosférica:

- Hayuelo (*Dodonaea viscosa*)
- Penca (*Agave americana*)
- Surugo (*Solanum lycioides*)
- Espino garbanzo (*Duranta mutisii*)

Otras plantas chismosas:

- Encenillos (*Weinmannia tomentosa*): suelos ligeros.
- Mezcla de encenillos (varias especies de *Weinmannia* juntas): suelos francos a pesados.
- Lauráceas (aguacatillos y amarillos), Melastomatáceas (tunos y sietecueros) y Myrtáceas (arrayanes, huesos, garrapatos): suelos pesados, gredosos.
- Ojo de perdiz (*Rhamnus goudotiana*): elevada humedad atmosférica y condiciones propicias para el establecimiento de encenillos juveniles.
- Maíz tostao (*Myrsine dependens*) así como masas de chusque o cordones densos de Ericáceas (uvos, pegamoscos, reventaderas): señalan la zona de ascenso del límite superior del bosque altoandino, donde éste tiende a ganarle terreno a los potreros y a los páramos secundarios.
- Escasez de Melastomatáceas (tunos): probable entresaca.
- Rastrojo de cocuas y duraznillos (*Verbesina elegans* y *Abatia parviflora*): zona de deslizamientos y suelos inestables, en atmósferas húmedas y frías. Pueden también ser viejos depósitos de derrumbes o botaderos de materiales de la apertura de vías.

- Liqueen verde filamentosos sobre troncos y ramas (*Usnea* sp.): fuerte viento, alta radiación y elevada humedad atmosférica, un microclima fácilmente mejorable con barreras forestales.
- Tapetes extensos de musgo en medio de árboles o arbustos: ambiente de buena iluminación, suelo estable y humedad constante. Microclima idóneo para el establecimiento de árboles propios del clímax (ej.: encenillos).
- Mucha uva de monte y muy poca de anís (*Macleania rupestris*, *Cavendishia cordifolia*): alta incidencia de heladas.
- Gaques (*Clusia multiflora*, *Clusia minor*): suelos rocosos, humedad permanente en suelo y atmósfera, muy buen drenaje y poca o ninguna incidencia de heladas.
- Matorrales (no bosques) extensos de laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*): suelos bien drenados, muy erosionados y alta probabilidad de incendios forestales.
- Donde los mano de oso son de tres dedos (*Oreopanax bogotense*) son franjas más frías y húmedas que donde son del común de cinco o siete dedos (*Oreopanax floribundus*).
- Arrayanes (*Myrcianthes leucoxylla*), raques o chaques (*Vallea stipularis*) y coronos (*Xylosma spiculiferum*): cuando son frecuentes, indican una franja de la ladera, inferior a la apropiada para los encenillos, más apta para cedros, chuwacás y Lauráceas (aunque éstos hayan desaparecido).
- En la zona altoandina (como el Distrito Capital), la vegetación espinosa se concentra cerca de nacederos y suelos húmedos (freatófitas): moras (*Rubus* spp.), uña de gato (*Berberis* spp.), espino (*Barnadesia spinosa*), coronos (*Xylosma spiculiferum*). Las probables excepciones son el mortiflo (Hesperomeles spp.) y el surugo (*Lycium* sp.), que prefieren la humedad pero tienen una distribución ambiental más amplia.
- Lo alto del dosel (techo del bosque), lo despejado del sotobosque, la concentración de la biomasa en pocos árboles de gran diámetro (en lugar de muchas varitas) y la presencia de grandes quiches sobre las copas (en zonas húmedas) son indicadores de estabilidad sucesional, es decir, que el bosque ha alcanzado un tope de su desarrollo (probablemente cercano al clímax regional).

Con respecto a los bioindicadores, es importante decir que no sólo cuenta su especie y abundancia, muchas cosas más se pueden inferir de su crecimiento (talla y forma), pues cada especie puede presentar diversas morfosis, es decir, formas típicas adaptadas a ambientes determinados.

Lo anterior es más notorio en los arbolitos de subpáramo (tunos, romeros, laureles hojipequeños, uvos y reventaderas), los cuales pueden crecer en forma de tapete en ambientes severos, como arbustos hemisféricos en suelos erosionados y subpáramos muy fríos, como arbolitos en subpáramos menos fríos o secundarios, o como árboles (> 6 m) en

ambientes húmedos y etapas avanzadas de regeneración del bosque altoandino.

La estrategia foliar (forma, tamaño, textura y densidad de las hojas sobre las ramas) puede variar sorprendentemente dentro de la misma especie, e incluso entre ramas del mismo individuo, dependiendo del ambiente. Esto ayuda en la bioindicación y dificulta enormemente la identificación. En general, una atmósfera más húmeda, más cálida o más abrigada, determina que las hojas sean más grandes, más blandas, más oscuras, menos tomentosas (con menos pelos), más espaciadas sobre las ramas (ramas más alargadas) y las puntas (de las hojas) más alargadas. Sin embargo, hojas más pequeñas y duras también pueden deberse a suelos pobres, ácidos y/o tóxicos en aluminio.

Potencial sociodinámico

El potencial sociodinámico, representado en los recursos humanos para la restauración, abarca diversos aspectos:

- Conocimientos.
- Valores
- Destrezas
- Motivación
- Liderazgo
- Organización
- Marco normativo
- Entorno institucional
- Clima político, etc.

Las condiciones sociales, culturales y económicas para la restauración varían de una cuenca a otra.

En general, las comunidades rurales son sistemas de mayor cohesión comunitaria pero menor especialización social. Las relaciones interpersonales son estrechas y basadas en el reconocimiento individual y el afecto. Sin embargo, las comunicaciones son poco densas en el tiempo y el espacio, lo que confiere una lentitud típica a la mayoría de los procesos de puesta en común, generación de consensos y movilización a la acción conjunta.

Los momentos, espacios y formas tradicionales o habituales de encuentro, comunicación y organización son parte esencial del potencial sociodinámico y punto de partida para el eje sociodinámico de un proyecto de restauración.

En predios pequeños, sean rurales o suburbanos, la presión de uso sobre el suelo es mayor,

por lo que hay mayor exigencia de ajustar los diseños a los espacios disponibles (cercas, setos, barreras, nacederos) o aplicar opciones de compromiso (jardinería amable, agroforestería). La viabilidad de la restauración es menor cuando el uso agrícola está extendido hasta las márgenes hídricas y las zonas escarpadas.

Las organizaciones comunitarias rurales con frecuencia centran sus objetivos en la protección y restauración de las microcuencas abastecedoras. Si la organización no existe puede formarse alrededor de tales objetivos.

Los predios sin propietarios presentes o definidos son generalmente usados de modo comunitario (usualmente pastoreo), por lo que tienden a degradarse más y a tener menos preocupados por su manejo sostenible.

Las zonas con poblamiento creciente presentan mayor tendencia a la perturbación y mayor preocupación conservacionista. La densificación produce una intensificación de la ocupación y alteración del espacio. Por otra parte, el aumento de las necesidades ambientales genera presión de conservación, especialmente de las partes bajas sobre las comunidades de las partes altas. La preservación y restauración requieren partir de la negociación entre tales intereses y los actores que los representan.

Factores limitantes

Los factores limitantes son condiciones dadas del medio (no introducidas pero frecuentemente empeoradas por el hombre) que restringen el desarrollo del ecosistema, principalmente por limitar la productividad primaria (producción, crecimiento y desarrollo de la vegetación), cortando así el flujo de energía que ingresa a todo el ecosistema.

En las partes altas el frío es el principal factor limitante. De hecho, uno de los principales tensionantes ambientales del área rural distrital, el monocultivo de la papa, está determinado por este limitante, al cual sólo la papa está excelentemente adaptada, por lo cual, el desplazamiento de la actividad agrícola hacia las partes altas y alejadas a reforzado la concentración de la producción en esta especie, tolerante al frío, a la acidez y al aluminio tóxico en los suelos.

El frío hace más lento el ciclo de nutrientes entre el suelo y la vegetación y esto es más complicado en las áreas altas con suelos arenosos, por sí mismos pobres en nutrientes. El frío dificulta la toma de agua por las raíces. Por eso, aunque en algunos puntos el páramo parezca muy húmedo, la mayoría de las plantas deben soportar sequedad fisiológica y los puntos y franjas húmedos son muy importantes en la regeneración del páramo y el subpáramo.

El frío hace más lentas todas las reacciones bioquímicas, no sólo las de la descomposición de la materia orgánica en el suelo, sino, también, las de su producción en las plantas. El metabolismo y crecimiento vegetal se hace más lento hacia las partes altas.

La acidez del suelo en las partes altas y las altas concentraciones de aluminio, son un limitante fuerte que acentúa la dificultad para la absorción de agua y nutrientes por las plantas. La materia orgánica amortigua estos problemas, pero en las partes más frías su descomposición es imperfecta, por lo que no se convierte en el fértil complejo organomineral del suelo, sino en turba ácida y oscura.

En algunas hondonadas y en las orillas poco pendientes de los cuerpos de agua, otro limitante es el anegamiento permanente del suelo. Las pocas plantas adaptadas a ello logran muy buen desarrollo en estos suelos pantanosos.

El viento, en los puntos más expuestos, intensifica el frío y la sequedad. En estos puntos los cambios de temperatura día-noche son más fuertes por la falta de una capa de humedad y el rápido enfriamiento por el aire. Además, un sitio expuesto al viento es, generalmente, un sitio expuesto a la radiación. El ciclo de insolación–congelamiento hace muy difícil el desarrollo inicial de las plantas y la formación de suelo por la biota edáfica (animales y microbios formadores de suelo).

Los suelos formados sobre las rocas areniscas son muy pobres en nutrientes, especialmente fósforo. En estas laderas altas, los profundos suelos orgánicos con gruesa capa de cenizas volcánicas (procedentes de las erupciones de la Cordillera Central hace 11.000 años), son muy vulnerables a la erosión superficial y una vez perdidos no pueden ser regenerados por los procesos locales.

Entre los macronutrientes del suelo, NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) son generalmente limitantes en los bosques de alta montaña tropical, principalmente por su lento ciclado (frío, acidez, aluminio tóxico, etc.), que puede agravarse con la escasez de dichos elementos en algunas rocas (como la Formación Guadalupe).

El agua, es el recurso más importante para la vida; su presencia puede mitigar muchas otras carencias. Así mismo, la materia orgánica, acumulada a través de la sucesión, por los aportes de las plantas y el trabajo de la biota edáfica, contribuye grandemente a regular el agua del suelo y mitigar las carencias y las toxicidades en el suelo.

Factores tensionantes

Un factor tensionante, es un evento (puede ser frecuente o periódico, pero no una condición constante del medio) que ocasiona pérdidas al ecosistema o restringe las entradas o las fuentes de energía (sol, agua, viento).

En el diagnóstico previo y la formulación de las estrategias y tratamientos de restauración es importante saber no sólo en qué estado se encuentra el ecosistema, sino, también, qué factores lo han llevado allí y lo mantienen equilibrado en su deterioro.

En el presente Protocolo, se ha adoptado la clasificación de tensionantes propuesta por Brown & Lugo (1994), en la que cada perturbación es representada según su punto de interacción en el modelo de ecosistema, como una disminución del flujo o acumulación de energía en un proceso o compartimento, como se muestra en la siguiente gráfica, tomada de estos autores.

Estos autores consideran tensionantes severos los 1-2, capaces de alterar las fuentes de energía o la entrada de la misma al sistema, con lo que ésta ni siquiera alcanza a ser elaborada en los compartimientos o niveles tróficos, causando un daño extenso y profundo al mismo. Entre los tensionantes severos Lugo & Brown (op.cit.) contemplan factores que afectan la toma de agua y nutrientes por parte de las plantas (aridización, salinización, erosión severa, compactación, etc.), inhiben la fotosíntesis (herbicidas, calentamiento climático, contaminación atmosférica) o tienen un efecto generalizado sobre todo el ecosistema (ej: prácticas y políticas inadecuadas de ordenamiento y manejo).

Los mismos autores consideran los tensionantes 3-5 como leves. Éstos no impiden la toma de energía por parte del ecosistema, sino que retiran (cosechan) parte de lo acumulado en cada uno de los tres compartimentos, como en el caso de las quemas, desforestación, la cacería o la erosión. Sin embargo, a largo plazo, si estos tensionantes conforman un régimen crónico de perturbaciones, pueden llegar a degradar el ecosistema (sobrecaza, sobrepastoreo, etc.).

El modelo puede complementarse con la incorporación de los tensionantes que afectan los elementos culturales y sociales del sistema. Éstos tienen gran importancia, dada su repercusión en el funcionamiento y evolución de los ecosistemas controlados por el hombre. En los cuadros de restauración que se presentan más abajo, los tensionantes que implican destrucción de conceptos, valores y relaciones sociales, se anotan como tipo 6.

Los factores tensionantes característicos de las microcuencas rurales del distrito son leves, crónicos. Esto significa que no producen alteraciones drásticas que el ecosistema no pueda regenerar por sí solo, hasta que se hacen crónicos y su reiteración multianual profundiza la alteración hasta hacerla deterioro (el ecosistema no regenera ágilmente) o incluso degradación (pérdida de reservas y productividad).

De hecho, el manejo agropecuario consiste en alterar el ecosistema haciéndolo retroceder en su desarrollo, hasta el punto donde produzca excedentes cosechables. El agroecosistema así constituido, se mantiene en dicho estado por medio de las labores, el pastoreo y la cosecha, deteniendo la sucesión con estas perturbaciones leves pero reiterativas. Si la tasa extractiva supera la de reposición de las reservas (principalmente suelo), se acumula un saldo negativo que en el mediano plazo deja la sucesión detenida aunque se suspenda la perturbación, y en el largo plazo agota las reservas y la productividad, generando tierras marginales.

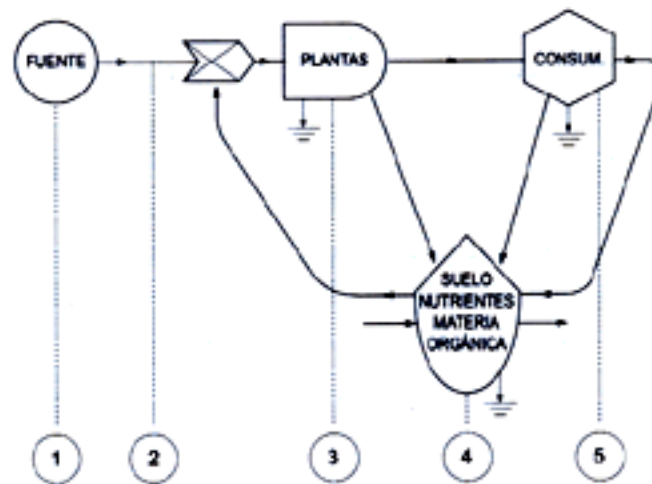
Los principales tensionantes son:

- Desforestación: tala rasa de fragmentos para ampliar cultivos y pasturas; entresaca de fragmentos para tutores, postes y leña. Aumento de la fragmentación. Eventual y expansiva.[3]
- Cultivo: complejo de perturbaciones que incluyen arado, introducción de monocultivos, deshierba y aplicación de fertilizantes químicos y biocidas. Constante.[3,4]
- Erosión superficial: favorecida por la deshierba, la labranza con la pendiente y la desprotección de los campos cosechados. Permanente, se incrementa en poscosecha. [4]
- Pastoreo: eliminación de rebrotes y plántulas, compactación del suelo e incursión al interior de los parches de vegetación remanente intensificando la fragmentación. Frecuencia: cotidiano, dependiente de la rotación de potreros. [3,4]
- Fuego: destrucción del banco de semillas, plántulas, microbiota del suelo y nutrientes volátiles. Frecuencia anual.[3-5]

- Canteras: remoción de suelo y excavación profunda del subsuelo, dejando medios inertes, de muy difícil regeneración. Puntual y episódica (se explota y se abandona). [1-4]
- Apertura de vías: destrucción de cobertura vegetal, remoción de suelos y alteración del drenaje superficial y profundo del suelo. Eventual.[2-4]
- Edificación: reemplazo total de coberturas naturales por artificiales. Implica la suspensión de todos los procesos vitales, total y prácticamente irreversible. Única y permanente (ocurre una vez en cada sitio).[1-4]

Los números entre corchetes, indican la clasificación de los tensionantes dentro del modelo de Brown & Lugo (1994). Del mismo modo se anotarán en los cuadros de restauración abajo expuestos.

Figura 1. Tensionantes y puntos de acción sobre el ecosistema



Es usual en el área rural distrital emplear los cultivos para detener la regeneración natural en los terrenos recientemente talados y facilitar el establecimiento posterior de pastos.

La deforestación progresiva complica el factor limitante del frío y la expansión del mesoclima de páramo, o paramización secundaria. A la aridización se suma entonces la sequedad fisiológica del páramo, dificultando la regeneración.

Las perturbaciones sobre el suelo agotan las reservas de nutrientes, más rápidamente en aquellos suelos limitados por un material parental pobre.

Las modificaciones del suelo: erosión, compactación, lavado de nutrientes, concentración residual de agroquímicos, retardan la regeneración y restringen la gama de plantas que pueden iniciar la sucesión.

La continuidad del régimen de perturbaciones agropecuarias, limita mucho los espacios destinables a la restauración. La pérdida progresiva de productividad (degradación) presiona a la ocupación intensiva del suelo, lo cual se complica en las áreas de minifundio con la fragmentación progresiva de los predios.

Potencial de restauración

El potencial de restauración es el nivel de restauración al que es factible llegar, de acuerdo con la oferta ambiental, el potencial biótico y sociodinámico y los objetivos de la restauración.

De acuerdo con todos estos factores, y teniendo en cuenta la tendencia sucesional y el pasado del ecosistema, se evalúa:

- Entradas de energía, agua, materia orgánica y nutrientes del ecosistema.
- Reservas de energía, agua, materia orgánica y nutrientes del ecosistema.
- Organismos residentes o cercanos.
- Biomasa (tamaño), estabilidad y diversidad que el ecosistema podría alcanzar, de acuerdo con las entradas que los organismos y las reservas pueden manejar.

El potencial de restauración es una consecuencia simple de la primera Ley de la termodinámica: todo lo que entra, sale; y si no sale, se convierte en crecimiento y reproducción. La restauración es el apoyo a la regeneración natural y ésta depende del crecimiento y reproducción de los organismos. El potencial de restauración es, por ende, la factibilidad de ampliar las entradas (atenuar limitantes y tensionantes severos), restringir las salidas (atenuar tensionantes leves) y hacer la mejor conversión de lo que se acumula dentro (incrementar cantidad y diversidad de los organismos y el suelo).

Las condiciones socioeconómicas son el principal determinante de cuánto y cómo puede ser restaurado. En la mayoría de los casos en el área rural, la opción más viable es la reconstitución de un agroecosistema bien balanceado, en dos formas:

- Por compartimento: a modo de un mosaico de espacios productivos y espacios de sustentación ambiental (parcelas, potreros, huertas, rondas, nacederos, bosquetes, parques, zonas verdes).
- Por compromiso: con compartimentos que combinen procesos productivos y procesos de restauración y preservación (jardinería amable, forestería, silvopastoriles, agroforestales, cercas vivas, reservorios piscícolas, apicultura en ecotonos, aprovechamiento de productos no maderables del bosque, etc.).

Es decir, que la principal estrategia es el aumento de la diversidad estructural y funcional del ecosistema, partiendo de un ordenamiento de microcuenca y de cada predio, para negociar caso por caso y en comunidad, los espacios a ser destinados a cada función.

El potencial de restauración es menor en los sitios con suelos más degradados, menos remanentes de vegetación natural, y especialmente en los sitios más fríos, como en aquellos que han sufrido paramización secundaria.

Afortunadamente, los puntos y franjas de mayor potencial, usualmente coinciden con los prioritarios: rondas, cañadas, pantanos, nacederos.

Priorización

La restauración ecológica es, de hecho, una prioridad para el Distrito Capital, dada su alta demanda de servicios ambientales y el avanzado deterioro de sus ecosistemas.

Puestos sobre un proyecto puntual, al momento de priorizar estrategias y tratamientos, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Deben aplicarse primero los tratamientos más directamente relacionados con los objetivos de restauración, es decir, con los atributos o servicios que pretenden restaurarse.
- En la medida de lo posible, atacar los procesos degradativos en la base de las cadenas de causas y efectos.
- Dentro de tal lógica, los elementos bióticos no pueden restablecerse sin recuperación de los recursos físicos básicos. Así mismo, la elaboración de una cultura de conservación debe preceder y acompañar todo proceso de restauración.
- En primer lugar deben tratarse los tensionantes que han llevado al ecosistema al estado actual y lo mantienen en el mismo (control de tensionantes leves y severos).
- Antes que rehabilitar ecosistemas primitivos, deben recuperarse las entradas de energía al ecosistema, sus reservas (humedad, nutrientes, materia orgánica), su productividad y la generación de servicios ambientales.
- En ecosistemas profundamente transformados por el hombre, deben sopesarse las prioridades de gestión social, económica, ambiental, etc. y con base en su ponderación planificar el ecosistema que quiere construirse.

En cualquier caso, y especialmente en el contexto colombiano, debe priorizarse lo factible. Es preferible un pequeño éxito que sirva de inicio a un proceso positivo a largo plazo, que el fracaso y la insistencia en lo imposible. Lo imposible, a la larga, está compuesto de pequeños acuerdos entre logros y oportunidades encadenados. 2000 años de agricultura, 500 de urbanización, 150 de guerras civiles, 60 de revolución industrial y 40 de revolución verde, dejan efectos sobre los ecosistemas y la cultura que no pueden revertirse en el lapso de un primer ni un segundo intento.

La restauración ecológica no es sólo el retorno a ecosistemas primitivos (previos al efecto antrópico). Es, ante todo, la recuperación de atributos estructurales y funcionales, que representan bienes y servicios claves para la supervivencia y bienestar del hombre, a nivel material, intelectual y espiritual.

Las prioridades de la restauración son, pues, las del desarrollo humano sostenible.

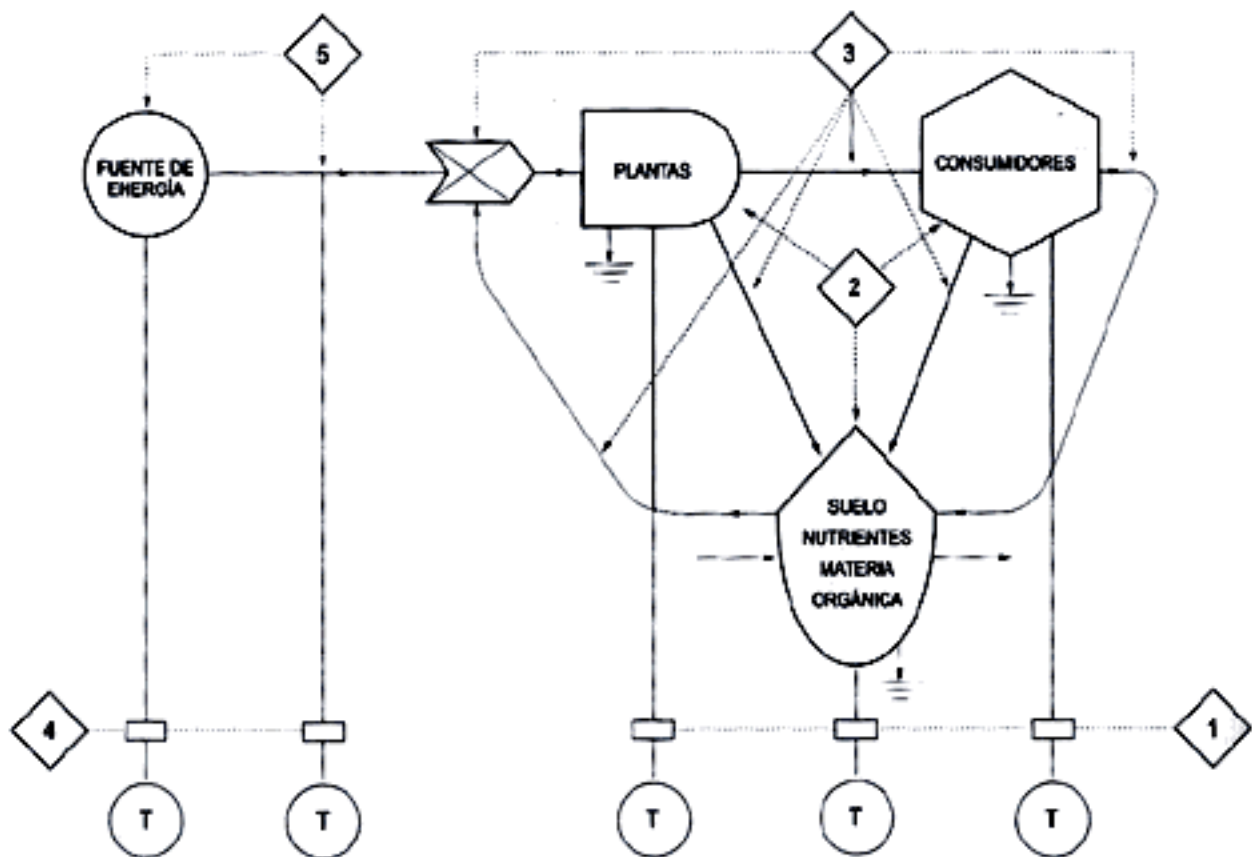
Estrategias y lineamientos generales para la restauración

En correspondencia con el modelo de tensionantes, arriba citado, Brown & Lugo (1994) plantean 5 conjuntos de estrategias de rehabilitación:

1. Basadas en la remoción o control de los tensionantes leves (frecuencia de quemas, sobrepastoreo, tasa de cosecha, erosión moderada).
2. Basadas en la adición de especies (plantas, animales o microorganismos) o materiales (fertilizantes, materia orgánica, agua).
3. Basadas en la regulación de la tasa de los procesos ecosistémicos, es decir, los flujos entre los compartimientos (ej: regular la composición y estructura del suelo para sincronizar liberación edáfica y captación vegetal de los nutrientes).
4. Basadas en la remoción de los tensionantes severos.
5. Basadas en la regulación de las fuentes o entradas de energía.

En la figura 2 (tomada de los amismos autores) se representan las 5 estrategias básicas en relación con el modelo de tensionantes del ecosistema.

Figura 2, Estratégias de restauración según tipos de tensionantes



Las estrategias 1-2 son menos costosas y complejas en comparación con las del grupo 3; las 4-5 son generalmente las más complejas y costosas.

Dado que predomina un régimen de tensionantes leves crónicos, se impone como primera estrategia de restauración la supresión o control de dichos tensionantes, traducida a tratamientos de aislamiento y otros métodos de reducción de la presión sobre la regeneración del ecosistema, a través de cambios cualitativos y espaciales de las prácticas agropecuarias.

En segundo lugar se procederá a la revegetalización. Muchos tratamientos pueden combinar ambas estrategias, creando aislamientos mediante barreras mixtas físicas–vegetales, verbigracia cercos de alambre y especies no palatables.

La definición misma de restauración ecológica, como una actividad humana de apoyo a la regeneración natural, siguiendo (en lo posible) los rasgos estructurales y funcionales de ésta, dicta ya una estrategia general.

Esta estrategia general, puede describirse en la siguiente secuencia:

- Precisar los objetivos sin cerrarse a lo que el ecosistema puede inesperadamente ofrecer.
- Controlar los tensionantes.
- Atenuar los limitantes.
- Comenzar los tratamientos en los puntos y franjas con mayor potencial de restauración, formando focos y corredores de actividad biológica.
- Introducir las especies vegetales en el orden sucesional y en la posición ambiental que les corresponde, induciendo y acelerando la sucesión natural.
- Crear una red de sustentación a través del área a restaurar, en donde los focos y franjas de restauración engloben y surquen las áreas más alteradas a restaurar luego y aquellas donde se mantendrá la alteración (el uso).
- No escatimar ningún recurso aplicable y aprovechar cualquier desarrollo del ecosistema.

En principio se intenta recomponer un modelo natural, ajustado a la nueva dinámica humana del ecosistema. Si el ecosistema eventualmente restaurado difiere del primitivo o de la vegetación señalada inicialmente como potencial, pero tiene todos los atributos buscados (estabilidad, servicios ambientales, belleza, diversidad, etc.), vale.



[Volver al índice del Protocolo](#)



∴ PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ∴



[Volver al índice del Protocolo](#)



7. CUADROS DE RESTAURACIÓN: del 1 al 6



CUADRO 1: PÉRDIDA DE CAUDALES EN NACEDEROS Y MICROCUENCAS ABASTECEDORAS

Este cuadro es la necesidad más patente en la percepción de los pobladores campesinos y suburbanos de las áreas rurales del Distrito Capital, en especial en las más cercanas al casco urbano.

La restauración ecológica es, en este caso, una alternativa de manejo para estabilizar y conservar, no una promesa de agua extra ni una excusa para alterar y destruir el paisaje y el modo de vida rural y suburbano, a cuenta de lo "estirable" de los recursos.

El escenario de protección y restauración del recurso hídrico es la microcuenca. Poco puede hacerse por un nacedero, si ladera arriba, en las áreas de recarga, se manejan mal los recursos.

Si bien toda la microcuenca participa en el ciclo hidrológico, nos interesan especialmente cuatro zonas:

- Zonas de recarga: partes altas (generalmente con menor pendiente, arriba de las laderas), donde el agua lluvia se infiltra en el suelo y penetra en el acuífero (red subterránea de la microcuenca).
- Zonas de descarga: partes medias y bajas, donde el agua del acuífero aflora. Se trata de nacederos, manas, orillas de quebradas y hondonadas pantanosas.
- Zonas de regulación: pueden también ser de recarga. Son las que almacenan agua: páramos, turberas, lagunas, pantanos, chuscales, bosques protectores, jarillones, jagüeyes, reservorios, embalses, etc.
- Cinturones de condensación: a cierta altura (3000–3200 msnm) o en ciertos picos, se produce una mayor acumulación y paso de nubes bajas (nieblas, estratos de ladera). Si estas zonas tienen buena cobertura de bosque nativo, el vapor se condensa sobre el follaje fresco y escurre hasta el suelo forestal que lo almacena como una esponja.

La pérdida de caudales está generalmente acompañada por deterioro de los suelos en dos formas. La erosión superficial decapita los perfiles y se pierde masa de retención. La pérdida

de cobertura vegetal más la pérdida de suelo retenedor de agua producen un descenso total del almacenaje y la capacidad de regulación.

De otra forma, la desforestación más el pisoteo (y en ocasiones la mecanización de los cultivos) produce pérdida de la estructura porosa del suelo; tal compactación disminuye la infiltración del agua en el suelo y la roca, tanto como la capacidad de retención intersticial (agua de los canalículos del suelo), lo cual se suma para disminuir tanto la entrada de agua como el almacenaje del suelo y, por ende, la capacidad reguladora y el caudal básico.

Por otra parte, no pueden descartarse los cambios climáticos. Los cambios del macroclima (atmósfera global y macrorregional) escapan a los alcances del presente Protocolo, aunque la revegetalización ciertamente contribuye a la fijación de carbono y el control del cambio climático.

A escala del manejo de las microcuencas abastecedoras, tiene mayor importancia el mesoclima, esto es, las condiciones atmosféricas particulares de un valle, una microcuenca, etc., esto es, el clima local. La desforestación produce modificaciones de la temperatura y, principalmente de la humedad atmosférica. El principal efecto en los ecosistemas andinos es el cambio de superficies forestales frías y condensadoras por potreros y suelos desnudos, superficies más cálidas, por lo cual disminuye la condensación sobre las superficies terrestres y vegetales (precipitación coadyuvada), con lo que la microcuenca se hace más cálida y seca.

Aunque la recuperación de la oferta hídrica es importante y es factible hasta cierto punto (en el que ya el clima y la geología no dan para más), la perspectiva de mejores caudales no debe ser empleada como excusa para la urbanización. Ningún tratamiento de restauración puede compensar la pérdida de caudales ocasionada por la urbanización de las áreas rurales.

Todas las microcuencas y nacederos deben ser conservados como fuente exclusiva de suministro hídrico. Este es el único mecanismo definitivamente eficaz para controlar la densidad de poblamiento y la conservación de los modos de vida rural y suburbano.

La presión por crear acueductos microrregionales o conexiones al acueducto urbano en el área rural del Distrito, acarrea siempre la violación de todos los límites de densidad y el abandono de las microcuencas, con lo que éstas se convierten en cloacas y basureros mientras los bosques protectores se talan para dar cabida a más lotes y nuevas construcciones.

La consecuencia última es la destrucción del modo de vida rural y suburbano, el desplazamiento de la población que se pretendía beneficiar, la destrucción de la oferta ambiental del área rural y la expansión de la carga de servicios públicos y problemas sociales del casco urbano.

Condiciones físicas básicas

- Se cumplen las mencionadas en las generalidades.

Oferta ambiental

En este caso la oferta ambiental básica son las entradas de agua: los caudales que entran en

el área procedentes de otras, más el agua que puede ser captada in situ, según el balance hídrico local y la superficie de captación. Otros elementos aportan a la restauración:

- Humedad y materia orgánica concentradas en puntos bajos o de poca pendiente.
- Pequeños y medianos núcleos de condensación asociados a peñas, cañadas o masas de vegetación leñosa.
- Puntos de exurgencia.
- Zonas de regulación (arriba mencionadas).
- Zonas con vegetación bioindicadora de suelos húmedos.

Potencial biótico

- Tráfico de dispersores y propágulos concentrado en cadenas de parches y a través de cañadas y hondonadas.

Potencial sociodinámico

- Alta sensibilidad tradicional al recurso agua.
- Dependencia económica estricta del suministro hídrico.
- Frecuente existencia de organización local alrededor del agua (acueducto veredal, junta de acueducto, etc.).
- Falta de conocimiento preciso sobre el ciclo de agua y conceptos claves (zonas de recarga y descarga, acuífero, caudal básico, infiltración, regulación, papel de la vegetación, etc.).
- Falta de conocimiento sobre relación uso – suelo – agua.
- Creencias erróneas sobre el funcionamiento de nacederos, acuíferos, quebradas y reservorios.
- Dificultad en comunicaciones y convocatoria por las distancias.
- Distorsión de la información por demoras en la comunicación y fallas de interpretación.
- Frecuentes conflictos vecinales alrededor de quebradas y nacederos, por aguas o por linderos.
- Predisposición negativa a la revegetalización por creencia errónea en que

ésta puede acarrear eventual pérdida de la propiedad, adquisición de servidumbres u otras restricciones al dominio.

- Dificultad para la extensión y para la organización por clima de inseguridad y problemas de orden público.
- Experiencias anteriores (positivas o negativas) de reforestación o revegetalización.

Factores limitantes

- Zonas con precipitación escasa y/o irregularmente distribuida a lo largo del año.
- Tamaño de la propiedad reducido, obligando a uso máximo de la superficie cultivable.
- Tenencia de la propiedad (propietario ausentista, arrendatario) que dificulta o desmotiva la aplicación de tratamientos de mediano y largo plazo.

Factores tensionantes

Son muchos los factores que inciden en el suministro hídrico, pues si «la vegetación es la matriz de los ecosistemas terrestres», cierto es también que el agua es su síntesis. Entre los tensionantes típicos de este cuadro se tienen:

- Tala de bosques protectores para ampliación de cultivos y pasturas. Eventual y expansiva. [3]
- Compactación del suelo por pisoteo y consecuente pérdida de infiltración. Permanente y creciente. [2,4]
- Erosión por labranza con la pendiente (de pa'bajo). Periódica y creciente. [2,4]
- Erosión por establecimiento de coberturas transitorias y escasas. Periódica y creciente. [4,2]
- Pérdida de retención hídrica en suelo por erosión. Permanente y creciente. [2]
- Contaminación de agua y suelo por agroquímicos. Periódica, acumulativa y creciente. [2]
- Quema-pastoreo en las áreas de recarga de las partes altas (páramo y subpáramo). Periódica. [3-5]
- Avenamiento de suelos pantanosos en cimas y laderas. Episódico y poco

reversible. [2]

- Alteración micro y mesoclimática por deforestación (calentamiento, aumento de temperatura y evaporación, disminución de condensación y precipitación coadyuvada por la vegetación). Progresiva y difícilmente reversible. [1,2]
- Aumento de oscilaciones de caudal por pérdida general de regulación en suelo – vegetación. Impacto de sequías y avenidas (crecientes) sobre el ecosistema. Progresiva. [2]
- Aumento de transpiración por cobertura forestal inadecuada en zonas de recarga o descarga (ver Cuadro de Restauración 11). Constante. [2]
- Descenso freático y alteraciones del drenaje por apertura de vías u otras grandes excavaciones (ver Cuadro de Restauración 5). Episódico y definitivo [1,2]
- Disminución de la infiltración por aumento de superficies duras (edificios, aceras, pavimentos, etc.). Progresivo y definitiva [2]
- Cultivos extendidos sobre áreas críticas para la restauración (áreas de recarga y descarga acuífera, márgenes hídricas). Constante. [3]
- Demanda hídrica superior a la oferta, lo que puede acarrear la desecación temporal de pozos, nacederos y lechos, y procesos de compactación y sellamiento de puntos de exurgencia. Eventual. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- Todo lo que altere en el ecosistema se refleja en la cantidad, calidad o regularidad del agua.
- La afectación de cada etapa del ciclo hidrológico tiene efectos complejos sobre las siguientes.

Alteración

- La pérdida sostenida de caudales representa una baja total en los signos vitales del ecosistema.
- Desde el punto de vista de la pérdida de un servicio ambiental básico, se califica como degradación del ecosistema.
- La tendencia es generalmente creciente. La oferta hídrica escasa afecta a todo el desarrollo del ecosistema y esto, a su vez, afecta la capacidad de regulación.

- El aumento de la demanda complica la situación.

Potencial de restauración

- La oferta hídrica potencial, depende básicamente de la geología y clima de la microcuenca.
- Nunca es posible restaurar el máximo de esa oferta potencial, pues muchos cambios de coberturas y suelos son prácticamente irreversibles.
- La máxima restauración factible depende del ordenamiento de la cuenca, ubicando elementos de preservación y restauración en las áreas críticas para el ciclo hidrológico y manejando las coberturas vegetales hacia un óptimo de captación/evapotranspiración.

Priorización

- Zonificación de la microcuenca a tratar, ubicando las zonas claves (recarga, descarga, regulación y condensación) y la distribución espacial de oferta y demanda.
- Priorizar las zonas claves en los tratamientos.
- La restauración debe ir siempre primero de las partes altas hacia las bajas.
- Las áreas de recarga, condensación y regulación deberían tratarse primero o, cuando menos, al mismo tiempo que las zonas de descarga.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

La conservación o la degradación del agua y el suelo son inseparables. La cobertura vegetal es la clave de ambas.

No se debe olvidar que las plantas, como seres vivos, consumen agua. Las plantas que más agua consumen son las más grandes y de crecimiento rápido (pinos, eucaliptos y acacias). Una buena cobertura vegetal no produce más agua, sino que aumenta su regularidad: menos agua en invierno y más en verano, que es lo que hace falta.

La esencia de la protección y restauración del caudal puede resumirse en tres puntos:

- Aumentar la condensación mediante el máximo de coberturas vegetales frescas (bosques nativos y rastrojos).
- Minimizar la evapotranspiración por coberturas cálidas expuestas (cemento, potreros, suelos erosionados) o cultivos de alto consumo (especies forestales exóticas).
- Disminuir la escorrentía (cantidad y velocidad del agua que corre sobre el

suelo, erosionando y marchándose de la cuenca).

- Aumentar la infiltración (cantidad de agua que se detiene y penetra en el suelo.
- Aumentar las reservas (volumen y extensión de las zonas de regulación).

Esto debe aumentar el caudal básico (caudal de estiaje), que es la cantidad mínima de agua que brota o fluye en el tiempo más seco. El caudal básico es la verdadera oferta hídrica disponible, con base en la cual se debe calcular la capacidad de carga de la microcuenca en cultivos, ganados, personas, casas, etc



CUADRO II: AGRICULTURA Y GANADERÍA SEMIEXTENSIVA DE LADERA

A medida que la urbanización a desplazado a la actividad agropecuaria de los suelos de mayor aptitud, ésta se ha ubicado sobre extensas áreas poco aptas, ecosistemas frágiles de alta montaña.

El establecimiento de un régimen crónico de perturbaciones por tiempos prolongados, ha acarreado la eventual degradación de la misma base productiva: los recursos naturales.

La degradación de la base productiva (clima, agua, suelo y biodiversidad) conlleva una pérdida de productividad y dificultad para regenerar y mantener el modo de vida rural.

Al tiempo que las ganancias merman, las necesidades aumentan, gracias al desarrollo. El campesino, siempre alcanzado, redobla la intensidad de sus prácticas de manejo, arreciando el régimen de tensionantes sobre el suelo.

Gran parte del aumento de la productividad logrado con las innovaciones tecnológicas de la revolución verde (nuevas variedades, agroquímicos, etc.) fue tan sólo una ficción creada a base de forzar al ecosistema a liquidar sus reservas, especialmente de suelos.

Condiciones físicas básicas

- Las básicas mencionadas al inicio de la sección. Se trata de la generalidad de las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá.

Oferta ambiental

- Una parte importante de la oferta ambiental en este cuadro es la distribución espacial del régimen de perturbaciones agropecuarias. No todos los espacios dentro del área manejada están sometidos a la misma intensidad de fuego, pastoreo, labranza, etc.
- Por ello mismo, los efectos tensionantes se hallan atenuados en espacios como cercos, caminos, afloramientos rocosos, terrenos marginales (en barbecho), cañadas y pendientes fuertes. En estos puntos se mantienen mayores reservas y suelen servir de focos iniciales de restauración.

Potencial biótico

- La disponibilidad de seres vivos para iniciar la restauración se halla concentrada en los espacios marginales de la producción y en las áreas de mayor pendiente.
- Normalmente, la perturbación agropecuaria se extiende transversalmente en las laderas sobre las franjas de menores pendientes. Debido a esto, las comunidades vegetales propias de este segmento de la ecoclina son las más propensas a la fragmentación y la extinción.

Potencial sociodinámico

- Se cumplen las mencionadas inicialmente en las generalidades.
- Fuerte arraigo tradicional a la actividad agropecuaria.
- En general, lo urgente prima sobre lo conveniente, así como el ganado (así sea poco) es más importante que los cultivos y éstos que el medio ambiente.
- Escasa valoración de los elementos naturales no directamente vinculados (en la percepción de la cultura local) a la ganancia económica.
- Motivación sensible a ganancias en seguridad, productividad y al recurso hídrico.
- Moderada sensibilidad al valor comercial de la tierra. La tierra vale por arraigo familiar y local. Adquiere valor comercial cuando la producción decae y la presión de compra - urbanización aumenta.
- Alta sensibilidad al ejemplo y la envidia, así como al ridículo. El campesino como ser comunitario, en general prefiere hacer como otros hacen y destacarse del modo aprobado por la convención social, no en modos innovadores.

Factores limitantes

- Los mencionados en las generalidades al principio de la sección.
- Limitante cultural en la escasa propensión a la experimentación o la toma de riesgos en innovaciones.

Factores tensionantes

- Pérdidas de nutrientes por lavado vertical y horizontal (lixiviación). Permanente y creciente. [4]

- Erosión superficial constante, periódicamente intensificada (labranza, poscosecha). Permanente y creciente. [4]
- Decapitación, por erosión severa, de horizontes irrecuperables del perfil del suelo (p.e. cenizas volcánicas). Local, progresiva e irreversible. [2,4]
- Descenso del balance hídrico (relación con Cuadro 1). Creciente y difícilmente reversible. [2]
- Tala de bosques y rastrojos para expansión de pastos y cultivos. Eventual y creciente. [3]
- Monocultivo. Permanente; localmente creciente o decreciente. [3]
- Entresaca de fragmentos boscosos para leña, tutores, postes, etc. Puntual y periódica. [3]
- Clareo de fragmentos por incursión del ganado. Permanente y progresiva. [3,4]
- Eliminación de los bancos de semillas y plántulas por erosión superficial y prácticas de control de malezas. Progresiva y difícilmente reversible. [3,4]
- Competencia agresiva y alelopatía de pastos y forestales introducidos. Local y constante. [3]
- Destrucción de la biota del suelo por actividades agrícolas y/o pecuarias. Progresiva y medianamente reversible. [4]
- Alteración físicoquímica del suelo (frecuentemente irreversible) por cambio de régimen microclimático. Progresiva e irreversible. [2,4]
- Contaminación de aguas y suelos por agroquímicos. Estacional y acumulativa. [2]
- Pérdida de diversidad y exposición a plagas y pestes. Progresiva y con episodios críticos. [3,5]
- Deterioro microclimático y paramización secundaria. Progresivo y difícilmente reversible. [1,2]
- Introducción de prácticas agropecuarias de explotación intensiva. Creciente. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

En general, el rasgo más sobresaliente de este cuadro es la asociación entre la falta de prácticas de conservación de aguas, suelos y biodiversidad, dentro de los sistemas

agropecuarios. Esto lleva a un agotamiento del potencial productivo y a una intensificación de las prácticas agresivas de explotación, en una espiral de deterioro que sólo se detiene cuando la productividad cae por debajo del umbral requerido para la regeneración económica del sistema de producción. En dicho punto, los terrenos se destinan al pastoreo marginal y quedan expuestos a la urbanización o simplemente marginados.

Alteración

- La alteración corresponde a la forma más típica de deterioro, dado que el manejo intencionalmente hace retroceder el estado sucesional del ecosistema y lo mantiene detenido en un punto de baja diversidad y alta productividad neta, con especies y pulsos convenientes para la cosecha.
- La alteración agrícola es esencial en el paisaje humanizado y, en especial, de las zonas rurales. Esta transformación es sostenible siempre y cuando se mantenga un balance en el mosaico, entre espacios en diferentes estados sucesionales (campos, barbechos, bosques).

Potencial de restauración

- El potencial de restauración varía principalmente en función del sociodinámico. Condiciones como organización, tenencia, rentabilidad de la explotación, son determinantes de la factibilidad de la restauración.
- Para las condiciones políticas y socioeconómicas del Distrito, el potencial es la creación de un rico mosaico de espacios de producción, preservación y restauración, a distintas escalas, desde la local hasta la predial.

Priorización

- La prioridad es el ordenamiento a distintas escalas (distrital, local, zonal, predial), procurando el balance entre funciones y entre estados sucesionales, así como la conectividad entre los elementos de sustentación ambiental a través del territorio.
- La restauración debe hacerse parte de los ciclos y prácticas de la explotación agropecuaria (y no una opción siempre excluyente), a través de técnicas de conservación de agua, suelo y biodiversidad.
- La restauración de agroecosistemas sostenibles y paisajes rurales bien balanceados es una prioridad distrital, establecida dentro de los documentos que sustentan el Plan de Ordenamiento Territorial.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- Dada la estrecha interdependencia entre ordenamiento y restauración en este cuadro, la estrategia debe apuntar, en la medida de lo posible, a ir de lo micro a lo macro, incorporando los conceptos de ordenamiento, producción sostenible, preservación y restauración, desde el escenario del predio, e integrándolos en escalas ascendentes, a través de microcuencas, veredas y

localidad.

- En los espacios de la producción destinada al intercambio económico, como son las parcelas de monocultivo y los potreros de lechería, es mayor la presión de uso y menor la disposición a correr riesgos o innovar. La mayoría de los tratamientos deben limitarse a los espacios marginales: huertos, cercos, caminos, cañadas, escarpes, afloramientos rocosos, acequias, rondas, etc.
- La aplicación de incentivos diversificados (económicos, cognitivos, socioafectivos, etc.) es esencial en el tratamiento de este cuadro de restauración.
- El concepto de agroforestería debe aplicarse en un sentido muy amplio y versátil, orientándolo a la maximización de los elementos leñosos unida a la modificación integral de los ciclos, haciéndolos más conservativos (en dinero, recursos naturales e información).



CUADRO III: DESPLOMES DE MÁRGENES DE CURSOS DE AGUA

Los desplomes de riberas son una forma de desprendimientos masivos (o erosión en masa, para otros), que tienen una forma típica y una alta ocurrencia en las zonas andinas, siendo uno de los cuadros de restauración más frecuentes en el oriente de Cundinamarca.

Estos procesos son típicos de las zonas de modelado de disección pluvial (donde los ríos y quebradas han labrado profundos valles en "V") y por ende es muy raro encontrarlos en zonas de páramo y subpáramo con geofor mas periglaciares.

El proceso es crítico en zonas donde se combinan una elevada humedad atmosférica y edáfica, pendientes fuertes y suelos sobre capas de arcillas y otros materiales de baja permeabilidad. El agua tiende a acumularse entre las capas impermeables del suelo; los horizontes superiores más pesados por el agua retenida, en algún momento se desprenden, deslizándose sobre la bolsa de agua y arcilla licuada.

En las bases de las laderas, sobre las riberas, la acumulación de la escorrentía hipodérmica y subterránea de las pendientes superiores, aumenta la exposición a los desplomes. Cada desplome deja un juego de pendientes fuertes que desestabiliza la porción superior inmediata; ésta se desploma y el proceso continúa, a manera de "mordiscos" que avanzan ladera arriba (erosión remontante), buscando un juego de pendientes estable en relación con la solidez del material y la fuerza erosiva (caudal + pendiente).

Los principales desplomes ocurren durante las avenidas (crecientes fuertes del caudal). Las avenidas arrastran materiales diversos (troncos, piedras, barro) y, ocasionalmente, forman represamientos. La ruptura final de las presas naturales genera avenidas aún peores corriente abajo.

Aunque esta dinámica es típica de las cuencas superiores (cursos de órdenes bajos) en montañas sedimentarias jóvenes, como la Cordillera Oriental, es claro que cualquier intervención humana que aumente la erosión, disminuya el drenaje del suelo o aumente la

irregularidad de los caudales, puede agudizar la erosión remontante.

Algunas prácticas tradicionales bastan, a veces, para prevenir mayores daños; este es el caso del acostumbrado avenamiento (apertura y mantenimiento de zanjas de drenaje), que contribuye a evacuar el excedente hídrico de los terrenos saturados.

Se dan también casos, en que ciertos comportamientos complican la situación, como sucede cuando vecinos separados por el cauce problemático, desvían el caudal principal hacia el lindero del frente, una vez el uno, otra vez el otro ("recostar el chorro"), defendiendo la bancada propia a costa de destruir la ajena.

Otro error frecuente, es la reforestación de las zonas inestables, con lo cual se añade gran peso a las masas de suelo ya propensas a desprenderse. Hasta cierto punto, los árboles de raíces profundas (pivotantes) contribuyen a anclar el suelo superficial a los horizontes profundos. Sin embargo, árboles muy densos y grandes hacen gran peso y palanca sobre el terreno, acelerando el desplome y aumentando los riesgos de aplastamientos (los troncos se suman a la masa en movimiento) y represamientos.

Uno de los principales requisitos de este cuadro, es la evaluación (frecuentemente se requiere de un especialista en geotecnia) para establecer en qué medida la situación es connatural a las condiciones físicas del terreno o es generada por la intervención humana y hasta qué punto puede ser corregida y con qué herramientas. Cuando los tratamientos son más costosos que las obras y predios amenazados, se imponen la evacuación y dejar actuar a la Naturaleza.

Dado que el Protocolo se centra en los tratamientos de vegetación y medidas complementarias simples, no se tratarán aquí los aspectos geotécnicos que, frecuentemente, forman la mayor parte de los tratamientos aplicables a este cuadro. Sin embargo, pueden darse algunas orientaciones.

Condiciones físicas básicas

- Pendientes fuertes sobre márgenes de ríos y quebradas.
- Humedad alta de suelo y atmósfera.
- Rocas y suelos arcillosos.
- Mayor frecuencia en invierno, durante las avenidas.
- Directamente ligado a la hidráulica de cada curso y tramo.
- Frecuentemente no es un problema (solucionable), sino una situación propia del desarrollo geomorfológico de una red de drenaje.

Oferta ambiental

- Las condiciones físicas asociadas al problema establecen una rica oferta ambiental (riqueza mineral, humedad alta y constante, suelos frecuentemente

orgánicos).

- La oferta está muy restringida en cuanto a estabilidad del sustrato. Una zonificación detallada de las áreas afectadas ayuda a establecer los puntos que ofrecen mayor estabilidad.

Potencial biótico

- Las cañadas son corredores ecológicos naturales y, salvo en situaciones de total deforestación, las zonas afectadas por desplomes de márgenes están sometidas a un tráfico alto de dispersores y una intensa lluvia de semillas.
- Existe una flora (un conjunto de especies) adaptada a la dinámica de desplomes. Algunas de estas especies de hecho contribuyen a añadir peso y desprender las laderas, con lo que el proceso vuelve a empezar (sucesión cíclica). Otras, sin embargo, son de bajo porte (ej.: *Myrica parvifolia*, *Myrica pubescens*) y constituyen excelentes herramientas para tratar las zonas afectadas.

Potencial sociodinámico

- El manejo inadecuado de riego y pastoreo (por compactación y terraceo) en los predios superiores, agrava los problemas de reptación y solifluxión en los vecinos de abajo. Se requiere una cadena de cooperación de arriba hasta abajo.
- Los problemas de linderos asociados a los cursos inestables y divagantes y a los desplomes de las riberas, dificultan el adecuado manejo hidráulico de tramos críticos.
- Las personas suelen percibir los desplomes de riberas como el principal problema de erosión, aún cuando muchas veces es más importante (y más sutil) la erosión superficial (laminar, terraceo, etc.).
- Es frecuente que los deslizamientos afecten infraestructura comunitaria, bien sea por su ubicación natural (puentes) o por situarse precisamente en predios marginales (como algunas escuelas). Esto aumenta la sensibilidad al problema.

Factores limitantes

- La inestabilidad del sustrato afecta la viabilidad de los tratamientos, convirtiéndose en el principal factor de zonificación detallada.

Factores tensionantes

Aunque la dinámica es frecuentemente natural, algunos factores antrópicos pueden agudizarla:

- Compactación y terraceo por manejo inadecuado del pastoreo en suelos mal

drenados. Permanente y creciente. [4]

- Aumento de la irregularidad de los caudales por deforestación y destrucción de suelos en las áreas de recarga. Creciente. [2,3]
- Pérdida de cobertura vegetal en las márgenes (cultivos y pastoreo hasta la orilla). Permanente y creciente. [3]
- Reforestación en pendientes fuertes e inestables. Eventual. [2,3]
- Alteración hidráulica de los cauces, por obras civiles (ej: estribos de los puentes, muros de contención) o por desviación intencional del caudal. Eventual y difícilmente reversible. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- Siendo la misma inestabilidad el principal limitante para la restauración, todos los tensionantes están relacionados positivamente, al incrementarla.

Alteración

- Aunque la apariencia es terrible y los riesgos son frecuentemente graves (para vidas e infraestructura), estos desplomes puntuales no constituyen una alteración drástica del ecosistema y frecuentemente hacen parte de su dinámica. Dado que rara vez se detiene la sucesión, deben ser considerados como alteraciones leves.

Potencial de restauración

Es altamente variable. Dependiendo de la extensión y la dinámica de cada caso, las opciones van desde tratamientos vegetacionales y físicos simples, pasando por obras civiles de distintas envergaduras, hasta el desalojo del área.

Priorización

- Lo primero que debe hacerse es una evaluación realista de las causas y la factibilidad, rentabilidad de la corrección.
- La zonificación detallada de los focos debe permitir establecer una prioridad en los tratamientos, empezando por establecer las áreas que no pueden ser directamente tratadas y que deben ser acordonadas para evitar la expansión del proceso.
- Como en todo proyecto de control de erosión, se debe dar prioridad a los tratamientos más simples, partiendo de herramientas vegetales y mecánicas simples.
- Lo llamativo de los desplomes no debe desviar la atención de procesos más

significativos como la erosión superficial generalizada en cultivos y pasturas.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- Aumentar el amarre horizontal del suelo (aumentar la resistencia al cizallamiento).
- Anclar los horizontes superficiales a los profundos, por medio de herramientas físicas o vegetales (trinchos, seudotrinchos, etc.).
- Disminuir la acumulación de agua hipodérmica (entre capas del suelo, o entre suelo y subsuelo), por avenamiento o con flora desecante (sauces, eucaliptos, etc.).
- Organizar el manejo del riego y el avenamiento entre vecinos.
- La prevención de represamientos y la participación de la comunidad en el monitoreo constante de los cauces problemáticos, son esenciales en la prevención de riesgos asociados a avenidas y deslizamientos.
- El trabajo sociodinámico debe orientarse a fortalecer lazos de cooperación entre vecinos de las partes altas hacia las bajas y desde riberas opuestas de los tramos problemáticos.
- Evaluación y zonificación para establecer lo que vale la pena hacer, dónde y cómo.
- Debe evitarse el apresuramiento en reforestar áreas inestables en pendientes fuertes, pues suele resultar contraproducente.
- El interés despertado por los desprendimientos masivos debe ser capitalizado para la introducción de conceptos y motivaciones más profundos y más amplios, en dirección a todos los tipos de erosión y la incorporación de prácticas de manejo integrado y conservación de aguas, suelos y cobertura vegetal.



CUADRO IV: INESTABILIDAD DE TALUDES DE VÍAS

Este cuadro tiene varias semejanzas con el anterior. Sin embargo, se trata de procesos predominantemente antrópicos, en los que la construcción de vías desata procesos de desprendimientos masivos en laderas de suyo inestables.

En el perfil del corte de una carretera de ladera, pueden distinguirse zonas establecen distintas condiciones de dinámica y manejo:



- La ladera, desestabilizada por el corte del talud.
- El talud, con el subsuelo expuesto y pendientes diversas.
- Las cunetas, sometidas a la concentración de la escorrentía de la ladera superior, interceptada por la vía.
- La vía, usualmente recebada (afirmado de gredas abigarradas de la región), sometida a tráfico y a escorrentía concentrada que tiende a abrir surcos de la cuneta interna a la externa.
- El botadero, conformado por la acumulación de los materiales excavados de la construcción, derrumbes removidos y residuos del afirmado.

En este cuadro de restauración se combinan las condiciones físicas propiciantes (las mismas mencionadas en el cuadro anterior) y la perturbación por la construcción de la vía, agravada por frecuentes errores de trazado y construcción.

Ante todo, debe recordarse que una vía es un corte y rebajamiento de la pendiente a media ladera, el cual recoge toda la escorrentía superficial e hipodérmica de la ladera superior y la conduce sobre las cunetas y la calzada. A esto se debe que los suelos de las cunetas tengan una humedad más alta y constante que las laderas adyacentes. En consecuencia, la flora viaria (de márgenes de vías) coincide mayormente con la riparia (de márgenes hídricas), hasta el punto que los árboles y arbustos que se observan a borde de carretera suelen ser los más indicados para la revegetalización de nacimientos y quebradas en cualquier zona montañosa (incluso si no se conocen las especies).

Si las cunetas no están bien definidas o si no existen tubos o bateas, adecuadamente distribuidos, para el cruce del agua de la interna a la externa, la escorrentía abre sus propias vías para proseguir su camino hacia la ladera inferior. Esto acarrea el deterioro de la calzada, en primer término, y puede llegar a desplomar la carretera, abriendo boquetes en el borde externo.

Sin embargo, el problema más frecuente lo constituyen los desplomes del talud sobre la calzada. Los materiales que obstruyen la vía son arrojados por los operarios al botadero. Allí se forma un sustrato que sepulta el suelo original y parte de la vegetación de la ladera

inferior, conformado por una mezcla poco consolidada de limos, arcillas y fragmentos rocosos de diámetros diversos. La acumulación de escombros en el pie del talud y en el botadero, crea sustratos ruderales (*runderis* = escombros) que favorecen la ocurrencia de especies vegetales propias de los fondos de cañadas inestables, adaptadas a esta mezcla de barro y rocas sueltas, con una sucesión muy similar a la de los claros de deslizamiento en los bosques vecinos. Es por ello que la flora viaria es más frecuentemente llamada "ruderal".

Entre tanto, el talud es colonizado por plantas propias de escarpes y afloramientos rocosos (Bromeliáceas, Ericáceas, Gramíneas, entre otras), que crean una sucesión rupestre, la cual, en grandes taludes, puede ser cíclica (desplome, regeneración, sobrepeso vegetal, desplome) si alcanza una masa importante de leñosas, a semejanza de las de los escarpes inestables de la región.

Los desplomes en los taludes, la reptación en los botaderos y el carcavamiento de la calzada y las cunetas, son problemas asociados a la escorrentía alterada por la vía. Estos problemas, como el agua, se concentran y multiplican de arriba hacia abajo. Esto es especialmente cierto donde las carreteras descienden en zigzag a través de la misma ladera: los errores y problemas de los tramos superiores recaen sobre los inferiores; la reptación del botadero en la curva de arriba se convierte en raíz y parte del desplome en el tramo inmediato de abajo.

En general, en Colombia la construcción de vías disputa el primer lugar por el perfil técnico más bajo en la gestión ambiental sectorial, con la construcción de ductos para hidrocarburos.

Por supuesto, no se trata sólo de los problemas para la conservación de la vía misma, sino de los impactos que la vía genera y conduce sobre los ecosistemas fragmentados por ella, así como los cambios en el ordenamiento espontáneo local a partir del aumento de la conectividad socioeconómica y la pérdida de conectividad ecológica. Sin embargo, en el país se tiende a manejar la vía "en el aire" (a veces literalmente), con indiferencia hacia las interacciones ambientales entre ésta y las microcuencas alteradas.

Condiciones físicas básicas

Además de las condiciones microambientales arriba descritas, las condiciones físicas típicas coinciden con las del cuadro anterior:

- Humedad atmosférica y edáfica alta.
- Pendientes fuertes e inestables. Modelados jóvenes de disección.
- Rocas arcillosas poco consolidadas.

Oferta ambiental

- La oferta ambiental es mayor en el pie del talud y en el botadero, donde se acumula humedad y materiales orgánicos y minerales diversos.
- El talud presenta la menor oferta ambiental, con una sucesión afín a la rupestre, distinta a la ruderal de las márgenes viarias, más similar a la riparia.

Potencial biótico

- La severa perturbación del sustrato en ambos costados de la vía (desplomado arriba, sepultado abajo) hacen que pueda contarse poco con los mecanismos locales de regeneración (semillas, plántulas, retoños), dependiendo principalmente de la diáspora (tráfico de propágulos).
- Los cordones de vegetación ruderal son importantes canales para el tráfico de dispersores.
- El potencial es mayor en los cruces de cañadas con vías, donde la combinación de cordones riparios y ruderales forma núcleos naturales de preservación y regeneración.
- La disponibilidad de rodales semilleros en las laderas superiores es determinante de la disponibilidad de propágulos (semillas, esporas) para la regeneración espontánea e inducida de las márgenes viales.

Potencial sociodinámico

- La importancia de las vías para el tránsito y comercialización rurales determina una alta sensibilidad comunitaria hacia este cuadro, frecuentemente priorizado por las organizaciones y administraciones locales.
- En algunos casos existe tradición de bajo perfil técnico en el diseño, construcción e interventoría de las obras. Esto mantiene un alto ritmo de contratación en el mantenimiento.
- En muchos sectores la construcción y mantenimiento de mínimas obras de arte (cajas, cunetas, drenajes) depende de los vecinos. Esto hace que se requiera coordinación entre los vecinos para el manejo de la escorrentía carretera abajo.

Factores limitantes

Los limitantes, como los demás factores, se distribuyen según los microambientes arriba descritos:

- En los taludes los limitantes son más severos: pendiente fuerte e inestable, sustrato mineral expuesto, baja acumulación de humedad y suelo.
- En las cunetas y el botadero, el drenaje puede ser demasiado lento; sin embargo, este limitante sólo restringe la flora que puede colonizar.
- Algunos botaderos son focos importantes de reptación y solifluxión, dada la baja consolidación del sustrato depositado y su mínima adhesión a la superficie original sepultada. Allí la inestabilidad del sustrato es un limitante importante.

Factores tensionantes

La excavación y construcción misma de la vía es el principal tensionante, a partir del cual se generan una serie de impactos más específicos:

- Alteración del patrón de escorrentía superficial e hipodérmica. Permanente y estable. [2]
- Desplomes y erosión remontante en taludes inestables. Recurrente y creciente. [2]
- Soliflucción en los botaderos sobre las laderas inferiores. Constante con episodios críticos (posibilidad de pequeñas avalanchas). [2,4]

Deben añadirse los impactos que no afectan la vía:

- Fragmentación de los ecosistemas boscosos. [3]
- Alteración del ordenamiento espontáneo local y regional. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

El cuadro se genera a partir de la interacción entre la construcción y los limitantes de inestabilidad y drenaje deficiente de las laderas afectadas.

Alteración

- La vía representa una destrucción y suspensión de la sucesión en cunetas, calzada y parte del talud. También implica una desviación de la sucesión en el talud creado, el botadero y las laderas adyacentes, por las alteraciones de sustrato, drenaje y cobertura. Si se tiene en cuenta su carácter lineal y transversal a la mayoría de las ecoclinas, su efecto es esencialmente fragmentador.

- Los desplomes en sí, representan focos de degradación ambiental.

Potencial de restauración.

- La restauración ecológica puede mitigar mas no revertir los impactos ambientales generados por las obras viales. En ningún caso estas medidas remediales pueden suplir las deficiencias del diseño o la construcción.

- Las vías mal ubicadas, trazadas o construidas, pueden fácilmente convertirse en focos de desprendimientos masivos crónicos, zonas de desastre permanente.

- Ningún tratamiento funciona en este cuadro, sin las adecuadas obras de drenaje.

- La restauración puede llegar hasta el mejoramiento escénico, mejoramiento de la seguridad vial y mitigación de la tendencia al desplome, sobre todo en pequeños taludes y botaderos.
- En el Distrito Capital, muchas vías del área rural tienen un enorme potencial escénico para ser transformadas en Vías Parque (figura que hasta ahora sólo existe en el Código de Recursos Naturales).

Priorización

- La prioridad debe estar centrada en la corrección del diseño, la construcción y la interventoría.
- Como en otros focos de erosión, el adecuado manejo del drenaje precede a cualquier otro tratamiento. En este caso, son prioritarias las obras de arte (cajas, colvers, cunetas, bateas, descoles, etc.) y su mantenimiento.
- Los tratamientos vegetales deben priorizar las zonas inestables (bancada externa y talud).
- Los tratamientos vegetales deben diseñarse sobre el compromiso entre protección ambiental, mejoramiento escénico y seguridad vial.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- Al igual que en el cuadro anterior, se debe evitar añadir sobrepeso vegetal a las pendientes inestables.
- La vegetación de raíz pivotante y alta transpiración es especialmente útil en los pies de talud y botaderos.
- La restauración debe imitar la sucesión rupestre en el talud y la riparia en las cunetas, de acuerdo con las seres locales.



CUADRO V: SUELOS DEGRADADOS POR ACTIVIDAD MINERA

Este es uno de los cuadros prioritarios para el Distrito Capital, no sólo en las áreas rurales. En éstas sin embargo, las canteras tienen un efecto adicional: la degradación de áreas cercanas a la ciudad y la expansión de procesos de urbanización subnormal.

La política del Distrito apunta a la erradicación gradual de esta actividad en todo su territorio. En tal dirección operan los controles ambientales aplicados, cada vez más severos, especialmente en las áreas urbanas. Sin embargo, las fallas ocasionales de coordinación entre autoridades ambientales (DAMA – CAR) dificultan el control adecuado de esta importante actividad generadora de degradación.

El manejo ambiental de la minería a cielo abierto tiene tres fases, cada una dependiente de la anterior:

- Ex–ante: en la prevención de impactos derivados de la ubicación y forma de la explotación.
- De explotación: consistente en un conjunto de normas técnicas que rara vez se aplican y que apuntan a la seguridad industrial del proceso, tanto como a dejar condiciones posteriores favorables para la restauración.
- Ex–post: depende del manejo durante la explotación y el estado final del terreno. Corresponde a la restauración final de los sitios explotados y abandonados.

Una cantera, constituye un ambiente de apariencia uniforme por la devastación general. Sin embargo, a su interior se encuentra un mosaico de micrositios que determinan condiciones diferenciales de restauración:

El perfil de la figura corresponde a la cantera típica, nada parecido a lo que las normas de seguridad y ambientales prescriben. Además, se encuentran rasgos microtopográficos, como pequeñas terrazas, grietas, zanjas, surcos y chimeneas (grietas verticales entre la roca del escarpe).



- Ladera: las laderas superiores, sobre la cantera, presentan condiciones de desecación (por descenso freático ocasionado por la excavación subyacente), desestabilización y frecuentemente se encuentran descapotadas (los bulldózers remueven el suelo superficial adelante del área excavada, preparando la explotación y previniendo el desplome de suelo orgánico sobre la cantera).
- Cornisa: en algunos puntos de las partes altas de la cantera, quedan pendientes negativas, voladizos del reborde superior. Muchos de ellos son en extremo inestables y peligrosos.
- Escarpe: pendientes superiores al 60 %. Las porciones menos consolidadas sufren desplomes o desconchamiento (desprendimiento de la roca en láminas).
- Terraza: en distintos puntos se presentan rebajamientos de pendiente, de extensión variable. En estos puntos se acumulan materiales finos (detritos minerales y orgánicos) humedad, condiciones favorables para el inicio de microsucesiones.
- Talud: en la base de los escarpes o de arriba debajo de la cantera, se encuentran pendientes moderadas a fuertes, correspondientes al perfil de la excavación y a botaderos de los materiales movilizados. Los taludes son las principales superficies erosionales de la cantera, especialmente susceptibles al cárcavamiento. Las condiciones (sin ser tan extremas como en escarpes y cornisas) son muy severas para el desarrollo del suelo y la vegetación.
- Canchal: en las bases de los escarpes y taludes es frecuente encontrar depósitos de gravas y fragmentos rocosos de distintos tamaños, desprendidos intencional o espontáneamente de las pendientes superiores. Estos son sustratos ruderales, cuyo potencial de restauración depende de la proporción de materiales finos.
- Base: es la extensión más o menos plano u ondulada, en la parte baja de la cantera, donde circulan y se acumulan maquinaria, vehículos y materiales.
- Camellón: algunos desechos rocosos (y con frecuencia también basuras) se amontonan conformando montículos o camellones de altura y espesor variables. Por su estructura interna, estos camellones presentan drenajes frecuentemente excesivos. Al igual que en el canchal, su condición mejora con los materiales finos.
- Botadero: no se representa en la gráfica y no es muy frecuente; idealmente, el suelo removido para exponer el mineral a explotar, es depositado en algún lugar de la cantera, protegido de la erosión, para ser posteriormente utilizado en la recuperación del terreno ya explotado. Este es un valioso recurso para la restauración. Empero, lo más frecuente es que la tierra negra se exporte a viveros, rellenos y escombreras en otros lugares.
- Cubeta: en la base de la cantera es frecuente encontrar depósitos de partículas finas (cieno) y acumulaciones temporales de agua, en concavidades creadas por la explotación. La combinación de sustratos minerales brutos y

anegamiento, hace este ambiente favorable a una sucesión distinta, en la que son frecuentes elementos como Juncáceas y Ciperáceas, que crean fisonomías de pantano en medio de la cantera.

- Grietas y zanjas: unas creadas por la explotación y las otras por la erosión, a través de la cantera conforman una red de drenajes que representa la autoorganización de la escorrentía según la entrada de agua al terreno, las topografías creadas y la erodabilidad del sustrato. Estos drenajes concentran la oferta de nutrientes y humedad, pero también pueden ser focos de procesos erosivos donde la inestabilidad del sustrato detiene la regeneración.

La regeneración en canteras y la participación del hombre en la misma (restauración) es uno de los casos más interesantes de sucesión ecológica. Se trata de la construcción de un orden viviente a partir de un medio mineral.

El medio inicial es especialmente severo, gobernado por fuerzas elementales (viento, agua, radiación, roca) con fluctuaciones drásticas de temperatura y humedad. En estas condiciones el suelo y la vegetación tienen poco margen de acumulación y con frecuencia las perturbaciones aleatorias (desplomes, riadas) devuelven el proceso a cero. El arranque de la regeneración es lento y demora en alcanzar tasas mayores.

En especial para las plántulas, las condiciones son hostiles. Las fluctuaciones de temperatura afectan drásticamente el balance hídrico de estos organismos de escaso volumen y poco guarnecidos. La tabla de materiales y calor específico arriba citada (Tabla 6.2) es especialmente relevante en estos casos; una plántula en un sustrato de arena o grava, bajo insolación directa, enfrenta un duro desafío fisiológico, virtualmente equivalente a germinar en una sartén, que a las 12 horas puede ser un refrigerador.

Poco a poco, en distintos puntos y franjas más favorables, la vegetación y el suelo logran algún acumulado sobre el cual multiplicar sus ganancias. Lentamente comienzan a construirse circuitos de regulación biótica y la delgada biosfera regenerada gana control creciente sobre la temperatura, humedad, concentraciones químicas, estabilidad mecánica, etc., construyendo un medio propio, un sistema viviente.

La sucesión de canteras, como en otros medios severos, procede en un patrón espacial muy marcado, de agregados y cordones (ver Marco Conceptual). Por ende, en su restauración la estrategia se centra en la creación de núcleos y corredores de actividad biológica, conectados en forma de red a través de las áreas inertes.

Las plantas más útiles son aquellas que tienen típica estrategia *r*, con altas tasas de renovación (que aporta a la formación de suelo) y reproducción rápida y profusa (que les permite mantenerse a través de las perturbaciones devastadoras crónicas de las etapas iniciales). Estas especies colonizan los sitios más propicios y a su alrededor otras pueden establecerse.

Muchas de las herramientas físicas empleadas constituyen sucedáneos de los efectos de la cobertura vegetal, que al ser inertes logran mantenerse en el medio mineral de las etapas iniciales: geotextiles, percheros, trinchos, polisombra, banquetas, zanjas de infiltración, etc. Su propósito es cumplir el papel de la vegetación, preparando el terreno para poder establecer herramientas autorreplicantes, es decir, verdadera vegetación.

Uno de los principales requisitos en la regeneración de canteras es la regulación hídrica. El objetivo es alcanzar una humedad más alta y constante, por lo cual el control de la escorrentía y la infiltración es prioritario.

En segundo lugar, y muy relacionado con lo anterior, la restauración depende de la pedogénesis, es decir, la regeneración del suelo (de hecho el suelo es uno de los principales reguladores hídricos, además de físicoquímico en general).

Los sustratos expuestos son más favorables a la regeneración en la medida en que presentan:

- Riqueza mineral.
- Proporción de materiales finos.
- Humedad constante.
- Menor pendiente.
- Profundidad efectiva (que en condiciones tan difíciles se evalúa con otros parámetros).
- Mayor calor específico.
- Menores fluctuaciones microclimáticas (recalentamiento, desecación, congelamiento).

La disponibilidad de partículas finas es clave para retención de humedad y la organización de la matriz organomineral del suelo. La fragmentación de la roca expuesta en detritos minerales más o menos finos, depende del tipo litológico, así como de procesos de:

- Expansión: ruptura espontánea de la roca expuesta por desequilibrio de las presiones geológicas.
- Meteorización: agrietamiento y desintegración por agentes físicoquímicos y bióticos.
- Explotación: la excavación y la voladura afectan la cohesión de las rocas que quedan expuestas tras remover los materiales desprendidos.
- Adecuación: los sustratos se tratan con herramientas mecánicas, manuales o explosivos, para producir materiales más finos, o simplemente se añaden materiales adecuados procedentes de otros lugares.

Cada sitio dentro de la cantera tiene mayor tendencia a la acumulación o al desprendimiento de materiales, dependiendo de su posición y topografía. Una fuente importante de nutrientes y partículas finas está en la escorrentía procedente de los suelos y la vegetación en laderas por encima de la cantera. Las fuentes alóctonas tienen mayor importancia en la medida de la

pobreza del sustrato local.

La regeneración espontánea de las canteras es extremadamente lenta, pues depende de los aportes que la vegetación puede hacer a la formación del suelo. Sin embargo, las plantas acumulan poca materia orgánica pues su productividad y crecimiento son muy lentas en las severas condiciones microclimáticas de la cantera. Tampoco pueden mejorar el microclima, pues para ello requieren crecer y extenderse, lo cual está limitado por la pobreza del suelo ("doble seguro edafo-atmosférico, Marco Conceptual).

Por ello, se impone una doble estrategia de mejoramiento artificial de microclima y sustrato, para posibilitar el establecimiento de la vegetación dinamogenética, abreviando la dura etapa inicial de colonización y transformación. Para ello existe un nutrido arsenal de herramientas físicas y químicas, que hacen de esta especialidad una de las más sofisticadas dentro de la restauración ecológica.

Las estrategias de mejoramiento artificial del suelo, abarcan desde su manejo físico (cubrimiento, roturado, etc.), pasando por la adición de distintos materiales y sustancias (incluso suelo), hasta la adición de materiales vivos, en forma de cultivos diversos de hongos, bacterias o lombrices, con lo cual se añade sustrato con actividad biológica ya incorporada.

En ausencia inicial de cobertura vegetal, el microclima también debe ser suplementado. La regeneración del suelo depende de una estrategia básica consistente en mantenerlo FHP: fresco – húmedo – protegido.

Las canteras tienen un fuerte efecto fragmentador. La mayoría de las aves dispersoras tienden a evitar espacios amplios desprovistos de vegetación y mucho más las extensiones de sustrato desnudo. Así, las canteras forman franjas de muy baja permeabilidad al tráfico de fauna y propágulos vegetales, representando uno de los impactos más drásticos sobre la conectividad ecológica. Una vez lograda alguna cobertura vegetal, uno de los principales retos es atraer a los dispersores. Sin embargo, de nuevo, algunas herramientas físicas (ej: percheros, sombrillas, comederos, bebederos) pueden suplir inicialmente los atractivos vegetales, aumentando la permeabilidad de la cantera a las entradas de potencial biótico alóctono.

Otro impacto relevante de las canteras es la alteración hidrológica profunda y compleja de las microcuencas afectadas. Aunque poco estudiado, el efecto parece consistir en un descenso del balance hídrico (aumentan la escorrentía y la evaporación). Cuando se ubican en zonas de recarga pueden llegar a extinguir los nacimientos de los alrededores (descenso freático). El efecto es más grave cuando se trata de grandes excavaciones en rocas acuíferas, como las grandes areneras, todas talladas en el acuífero de la Formación Guadalupe.

En proximidad del borde urbano, la conversión de predios rurales en tierras marginales tiene otro efecto: propicia el asentamiento de población socioeconómicamente marginal y la formación de focos de tugurización en el área rural.

La recuperación de canteras es un lugar común en los diagnósticos y priorizaciones ambientales. Sin embargo, rara vez se tiene claro qué atributos se quiere recuperar y hasta qué punto puede llegar la recuperación. La falta de claridad de metas y de conocimiento de las herramientas es uno de los principales limitantes de estos proyectos.

En general la recuperación de una cantera puede apuntar a uno o varios de los siguientes objetivos:

- Prevención de riesgos de desplomes y deslizamientos.
- Recuperación escénica.
- Creación de espacios para la recreación.
- Prevención de la urbanización subnormal.
- Mitigación de la fragmentación creada por la cantera.
- Disminución del aporte de sedimentos a la esorrentía.
- Recreación aproximada de ecosistemas primitivos.

La recuperación de canteras es un campo en extremo complejo y especializado de la restauración ecológica y una descripción detallada de la tecnología implicada escapa a los alcances del presente protocolo. Sin embargo pueden señalarse algunas directrices para el diagnóstico y formulación previos (el tratamiento se describe a nivel general en la ficha técnica correspondiente, en la sección 7).

Condiciones físicas básicas

- Como se explicó arriba, existe un denso mosaico de microambientes físicos a través de la topografía de la cantera.
- Predominan condiciones elementales. El duro régimen mineral del medio crea condiciones extremas análogas a la paramización secundaria, aún en cotas altitudinales muy por debajo del páramo propiamente dicho.

Oferta ambiental

- Micrositios favorables por acumulación de humedad y partículas finas, asociados a topografías como terrazas, canchales, zanjas, cubetas, etc.
- Extensas áreas muy poco favorables, por baja concentración de recursos o excesiva inestabilidad.

Potencial biótico

- La profunda degradación implica la desaparición virtual de todo el potencial biótico in situ.
- La restauración depende de la conexión a flujos alóctonos y el subsidio

artificial.

- La permeabilidad al tráfico de propágulos y dispersores es muy baja. Las canteras son repelentes para la fauna y ofrecen relativamente pocos sitios de germinación adecuados para las semillas dispersadas por medios físicos.

Potencial sociodinámico

- En el área rural son frecuentes las canteras y chircales artesanales o semiartesanales, de las cuales depende económicamente un número localmente importante de familias.
- Las canteras rurales cercanas al borde urbano son auténticas avanzadas de la urbanización subnormal del área rural. A su alrededor prospera el asentamiento tugurio, propiciado por la oferta de subempleo y tierra marginal de bajo precio para construir.
- Las condiciones subnormales de tenencia, aprovechamiento y administración de estas canteras, determinan un muy bajo perfil tecnológico de la explotación, con poco o nulo cuidado ambiental.
- En general las canteras se explotan mientras son rentables o hasta que ocurre alguna desgracia de magnitud suficiente para alejar la mano de obra local.

Factores limitantes

- Bajo balance hídrico.
- Fuertes fluctuaciones de humedad y temperatura.
- Inestabilidad del sustrato.
- Oferta mineral pobre.
- Materia orgánica mínima o ausente.
- Transpiración incrementada por exposición directa a viento y radiación.

Factores tensionantes

- Eliminación total de la cobertura vegetal. Instantánea y permanente. [2,3]
- Eliminación total del suelo. Instantánea y permanente. [2,4]
- Excavación, mientras dura. Creciente y definitiva. [1,2]

- Desestabilización por excavación y detonación. Eventual y definitiva. [2,4]
- Alteración hidrológica profunda y compleja. [1,2]
- Fuerte efecto de fragmentación y permeabilidad marcadamente baja al tráfico de propágulos y dispersores. Instantánea y lentamente decreciente. [3,5]
- Erosión intensa sobre los sustratos residuales. Crónica. [4]
- Desplomes frecuentes. Crónicos. [2,4]
- Urbanización subnormal de las canteras abandonadas. Creciente y prácticamente definitiva. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- La eliminación de cobertura y suelo y la exposición extensa de superficies minerales, altera el mesoclima intensificando los limitantes atmosféricos: radiación excesiva, aridez, fluctuaciones térmicas, barrido del viento, etc.
- La exposición de las vetas minerales, simplifica la composición química del sustrato superficial, agudizando las deficiencias nutricionales, desde que se remueven materiales alóctonos (procedentes de otros lugares) que fueron depositados por procesos que ya no actúan (vulcanismo, bosques antiguos, etc.).
- En general, los tensionantes actúan acentuando el carácter elemental del medio, al eliminar la regulación de suelo y vegetación, generando condiciones brutas de agua, roca, viento y radiación.
- Los efectos son más severos donde se exponen sustratos de condiciones físicoquímicas poco favorables a la pedogénesis y la colonización vegetal (ej.: areneras y calicheras).

Alteración

El cuadro es un ejemplo de texto de degradación completa: reservas físicas y bióticas agotadas, sucesión detenida, productividad anulada. Prácticamente todas las zonas afectadas se convierten en tierras marginales. Sin embargo, en un contexto periurbano, aún las tierras marginales tienen una utilidad: el asentamiento de población socioeconómicamente marginal.

Potencial de restauración

- Es uno de los casos más costosos de restauración, pudiendo llegar a más de diez veces el costo por superficie de una revegetalización en condiciones normales (ej.: pasturas degradadas con humedad media).

- Cada cantera y cada porción de una cantera tiene un potencial distinto. En algunos casos y puntos se puede llegar incluso a la recreación de ecosistemas primitivos, mientras en otros sólo puede lograrse alguna recuperación escénica (maquillaje) o la destinación definitiva a otros usos no rurales (urbanizar).

Priorización

- A nivel del distrito la recuperación ambiental de las áreas afectadas por la minería es una prioridad ya establecida a nivel de ordenamiento.
- Entre las canteras es obvia la prioridad de las más cercanas al borde de expansión, tanto por su efecto escénico sobre la ciudad, como por su propensión a la tugurización,
- Dentro de cada cantera, la zonificación inicial con base en el potencial de restauración, debe establecer la prioridad de las áreas a tratar, de acuerdo con su factibilidad y su efecto sobre el conjunto.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración.

- La zonificación con base en el potencial de restauración de cada espacio, según su ubicación y topografía, debe diferenciar las áreas prioritarias y aquellas de máxima dificultad que la restauración debe bordear.
- Dada la destrucción total de las reservas del ecosistema, la recuperación se basa principalmente en el subsidio, tanto a la oferta ambiental como al potencial biótico.
- El orden de recuperación de los atributos debe aproximarse a balance hídrico / suelo / biomasa / diversidad.
- La estrategia de restauración se centra en dos puntos:
 - Identificación de puntos y franjas de mayor potencial de restauración – creación de núcleos y corredores de actividad biológica, formando una red de restauración a través de las áreas menos favorables.
 - Adecuación del microclima y el sustrato con herramientas físicas y químicas que simulan el efecto sucesional de la vegetación, creando condiciones propicias para el establecimiento de las especies dinamogenéticas.
- La estrategia sociodinámica debe tener en cuenta que la recuperación implica aumento del valor agregado al suelo y que un bajo valor agregado es clave para la tugurización de los terrenos degradados. Esto tiene implicaciones éticas y sociales de importancia: en un área no tugurizada, este hecho favorece la prevención de la tugurización mediante la restauración; en situaciones de hecho, la restauración implica una concertación de los objetivos y una preparación de la comunidad para captar el valor agregado de la

recuperación



CUADRO VI: ASENTAMIENTOS SUBNORMALES EN ZONAS GEOINESTABLES

Este cuadro consiste, específicamente, en el desarrollo de tugurios sobre zonas propensas a deslizamientos. Se presenta principalmente sobre el borde de expansión urbana de las Localidades Santa Fe y San Cristóbal, hacia los Cerros Orientales (también se encuentra en el pie del Cerro Juan Rey, en el Parque Entrenubes, Localidad de Rafael Uribe).

Dado que se trata de áreas por definición de "vocación forestal", este cuadro es prácticamente un caso especial del siguiente (7). También coincide frecuentemente con el cuadro anterior. Llega a darse el caso en que áreas donde la actividad minera ha sido abandonada por el riesgo geológico, son tomadas para uso residencial.

El cuadro hace parte de una dinámica general del ordenamiento espontáneo, en la cual, las áreas ambiental y económicamente marginales propician el desarrollo de sistemas de alteridad socioeconómicamente marginales. Existen, incluso, grupos políticos dedicados a promover estos asentamientos y su equipamiento, como parte de su manejo del mercado electoral. Se crea así una dinámica anómala, en la que los pobres necesitan áreas pobres y degradadas para asentarse, mientras que los politiqueros necesitan asentamientos empobrecidos y amenazados para sostener sus prebendas políticas y económicas.

La mayor parte de los asentamientos está constituida por familias campesinas desplazadas por la violencia de distintas regiones rurales del país, las cuales desarrollan una dinámica similar a la de un frente de colonización de montaña, pero a partir de las últimas calles del perímetro de servicios del borde oriental.

Estos ordenamientos espontáneos presentan desarrollos infraestructurales típicos que complican la situación de riesgo: la mayor parte de las vías son trazadas, construidas y mantenidas por los mismos habitantes de estos sectores, en condiciones que, desde su ubicación en adelante, favorecen su funcionamiento como focos de deestabilización geológica; el alcantarillado consta sólo de soluciones individuales y precarias, que evacúan hacia canales abiertos, barrancos y vías, agudizando los problemas de geoineastabilidad por escorrentía y por infiltración.

La directriz del Distrito apunta a la evacuación, reubicación y prevención de la reocupación, como parte de la política de prevención de desastres. En tal contexto parecería contradictorio plantear un tratamiento de restauración para estas áreas, compatible con la tugurización.

Sin embargo, la realidad es que la ciudad recibe más de 400.000 desplazados cada año y éstos no encuentran zonas y formas más baratas en qué asentarse. Así, las zonas evacuadas rápidamente vuelven a ser invadidas. Barrios como Jerusalén, Corinto y El Triángulo no deberían estar ahí, pero existen ya por espacio de más de una década. De hecho, muchos barrios hoy legales comenzaron así.

Muchas organizaciones locales y otras entidades no gubernamentales prestan servicios de asistencia social en estos sectores. La restauración puede dar algunas pautas técnicas de manejo ambiental para dichos procesos.

Condiciones físicas básicas

- Similares a las mencionadas en los cuadros de desplome de vías y de márgenes hídricas.
- Los factores más notables son las pendientes y la humedad excesiva.
- La propensión al deslizamiento determinada por la litología, el clima y las geoformas, se complica con la coincidencia de sistemas de pequeñas y medianas fallas geológicas en los Cerros.
- Preocupa que la ciudad no pueda resolver esta situación antes de que termine el largo silencio sísmico bogotano.

Oferta ambiental

- Humedad y nutrientes no son limitantes.
- La estabilidad, como principal limitante, varía a muy pequeña escala, siendo tan difícil calificar un sector amplio de homogéneamente inestable, como pretender urbanizar los estables sin que se turguricen también los sitios de mayor riesgo.

Potencial biótico

- Estando estos sectores enclavados en áreas de reserva forestal, se encuentran rodeados de numerosos parches de vegetación nativa, por lo que el potencial biótico vecino es alto.
- Sin embargo, las áreas turgurizadas son altamente impermeables al potencial biótico alóctono.

Potencial sociodinámico

- En estos asentamientos existen un denso tejido social muy funcional y organizaciones comunitarias sólidas que, en cierta forma, suplen la falta de asistencia social del Estado.
- Allí operan también varias organizaciones no gubernamentales que prestan asistencia social y promueven soluciones cogestionarias a necesidades básicas.
- La ocupación de los predios es ilegal y los moradores no tienen respaldo jurídico alguno a su posesión. Esto crea una situación de incertidumbre.
- Salvo la atención a necesidades básicas, la comunidad frecuentemente tiene predisposición negativa al mejoramiento de su entorno, pues el incremento del valor agregado atraería intereses privados que eventualmente determinarían

su desplazamiento (otra similitud con los frentes de colonización).

Factores limitantes

- La inestabilidad es el principal factor limitante en lo físico.
- En lo socioeconómico los limitantes son diversos y de gran peso: incertidumbre de la posesión, escasez de todo tipo de recursos, alta competencia por espacio, construcción precaria, etc.

Factores tensionantes

- Los principales tensionantes dentro de este cuadro corresponden a la construcción de vías, drenajes y obras sanitarias, todos inadecuados. Creciente y continuo. [2]
- La alteración superficial del sustrato por la construcción misma de las viviendas, modifica los patrones de infiltración y escorrentía, concentrando el agua en puntos críticos. Constante. [2]
- En estos asentamientos abunda la ganadería suburbana; ovejas, reses, cerdos y equinos deambulan por las callejuelas, destruyendo la cobertura vegetal y acentuando la erosión en algunos puntos. Constante. [3,4]
- La ocupación residencial de alta densidad elimina la cobertura vegetal y detiene la sucesión. Creciente y permanente. [2,3]

Interacción tensionantes – limitantes

- La inestabilidad es incrementada por las alteraciones artificiales de la escorrentía y la adición del caudal de aguas servidas.

Alteración

- Se da sobre áreas degradadas o profundamente deterioradas, exponiéndolas a degradación adicional y suspendiendo indefinidamente la regeneración.
- Este problema ambiental es, sin embargo, sólo una pequeña manifestación de un problema mucho mayor que abarca el ordenamiento nacional y el ajuste de las relaciones sociales y sociedad–Naturaleza.

Potencial de restauración

En tanto no se encuentren y apliquen soluciones de fondo, las soluciones inmediatas pueden apuntar a un reordenamiento interno detallado de las áreas de riesgo y la aplicación cogestionaria de tratamientos de estabilización.

A mediano plazo, debe decidirse y cogestionarse la conversión definitiva de estos espacios

en plantaciones protectoras o en zonas adecuadamente urbanizadas.

Priorización

- El cuadro representa una prioridad desde el punto de vista de la conservación de la reserva forestal, así como desde la prevención de desastres.
- La prioridad inmediata está determinada por la urgencia de reubicar las unidades en los puntos más críticos y atender la estabilización de los puntos con procesos incipientes de reptación, carcavamiento o solifluxión.
- El manejo de la escorrentía y la infiltración, participativo y concertando a todas las personas involucradas en cada foco, es la prioridad técnica.
- Como en todos estos procesos se debe priorizar la prevención y el tratamiento de arriba hacia abajo, restando energía potencial a los deslizamientos.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- El cuadro implica un tratamiento de fondo de ordenamiento concertado.
- A nivel de urgencias, las soluciones inmediatas y superficiales de estabilización, pueden orientarse hacia procesos coherentes de toma de conciencia y construcción cogestionaria de la forma de urbanización más conveniente para estos sectores (trátese de espacios verdes, construidos o una combinación viable de ambos).
- Las herramientas a aplicar corresponden a las de focos de erosión severa y deslizamientos, ajustadas al mosaico urbano rudimentario de cada sector, y complementadas con obras sanitarias mínimas que prevengan los efectos desestabilizantes de las aguas servidas libres.



[Volver al índice del Protocolo](#)



:: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ::



[Volver al índice del Protocolo](#)



8. CUADROS DE RESTAURACIÓN: del 7 al 12



CUADRO VII: EXPANSIÓN URBANA SUBNORMAL SOBRE ÁREAS DE VOCACIÓN FORESTAL

Existen diferentes formas de urbanización ilegal: pirata, clandestina, tugurial y tipos intermedios, siendo esta la forma predominante de construcción de extensos tramos del borde urbano de expansión. En la urbanización, como en todos los campos, la ilegalidad no es exclusiva de ningún grupo socioeconómico; su gama cubre desde lo tugurial hasta el extremo del lujo.

El proceso tiene varios aspectos. Desde el punto de vista urbanístico implica una apropiación incorrecta de los espacios periféricos, destruyendo más que captando, los valores rurales y silvestres del Distrito, a través de formas de ocupación y construcción de bajo perfil técnico. Desde el punto de vista de la producción agropecuaria, el proceso implica la expansión de frentes de urbanización sobre comunidades rurales, destruyendo la base natural y sociocultural del modo de vida de éstas. Bajo una perspectiva conservacionista, la ciudad no ha hecho una apropiación eficiente del espacio y los recursos hacia el interior del área urbana y se lanza, no obstante, a expandir el margen de sus problemas hacia áreas que mejor contribuirían al mosaico territorial bajo coberturas naturales que urbanizadas dentro de parámetros negativos de forma, densidad y funcionalidad.

La mayor parte de las áreas sobre las que se dan los crecimientos ilegales del borde suroriental (límite urbano – rural) corresponden a reservas forestales y otras áreas de manejo especial del suelo rural de protección. El hecho de que se cubran de casas y no de árboles, no sólo es el problema, sino que señala la solución conjugada: si en realidad estas áreas estuvieran adecuadamente reforestadas (como corresponde a su "vocación") difícilmente podrían acoger desarrollos urbanísticos ilegales.

En el fondo de toda esta cuestión, está la necesidad de generar formal y operativamente la malla de áreas verdes en el borde de expansión, como superestructura ordenadora del crecimiento de la ciudad, orientándolo a una apropiación eficiente de los valores silvestres y rurales de la periferia, así como hacia un balance sostenible de elementos artificiales y naturales, con una asignación espacial adecuada a los procesos socioeconómicos y los ecológicos esenciales.

La percepción de la urbanización como un problema ambiental está relacionada con la confusión entre ésta y la artificialización. La mayor parte de los problemas ambientales y de su agudización en los sistemas urbanos, proviene de la artificialización del medio. Esto es, un desbalance entre los cambios que el hombre introduce en su entorno para ajustarlo a sus necesidades (adecuación) y los que opera sobre sí mismo, a nivel social y cultural, para

ajustarse a las oportunidades y limitantes del medio (adaptación).

La urbanización se rescata así, en su significado de construcción del medio humano, de ejercicio racional de apropiación del espacio y de conexión armónica de los elementos y procesos antrópicos, a los flujos y compartimentos de los ecosistemas.

Dentro de la ciudad, reconocida como tendencia intrínseca de desarrollo del nicho ecológico del hombre, todos los elementos deben ser urbanizados, es decir, dotados de significado y función dentro de las estructuras y procesos urbanísticos. Si se va a conservar un bosque, este bosque debe tener significado, valor y uso urbanos y si estos elementos no están dados, deben ser contruidos dentro de la cultura y función de la ciudad.

El manejo forestal en el borde de expansión debe apuntar a la preservación o restauración de los atributos estructurales y funcionales de las microcuencas urbanizadas o suburbanas, que el mosaico urbano requiere para su sostenibilidad, evitando la conversión de éstas en alcantarillas.

Las plantaciones forestales constituyen barreras físicas a la urbanización ilegal, así como barreras visuales con un marcado efecto aislante entre los procesos urbanos y los núcleos socioeconómicos rurales amenazados por la expansión.

Condiciones físicas básicas

- Se cumplen las descritas en las generalidades.

Oferta ambiental

- La oferta ambiental para la restauración corresponde a lo mencionado en las generalidades, desde el punto de vista biofísico.
- Sin embargo, la valoración ambiental desde los sistemas urbanizadores ilegales genera otra distribución de la oferta ambiental, dependiente de la conectividad vial, los centros de oferta de empleo y servicios y las tendencias espaciales del poblamiento. Esta oferta ambiental (la del entorno relevante de los urbanizadores) es la que cuenta en este cuadro de restauración, con el fin de detectar puntos clave en el territorio, para el control del ordenamiento.

Potencial biótico

- Las zonas periurbanas presentan una amplia gama de condiciones de conservación, desde las muy ricas en valiosos relictos de ecosistemas nativos, hasta las muy degradadas. En general la tendencia de la urbanización ilegal es a una relación directa entre el estrato socioeconómico y el estado de conservación (se dan algunas excepciones, correspondientes al cuadro anterior).

Potencial sociodinámico

- La alta presión de urbanización en estas áreas, ha llevado a la maduración

de un debate técnico (que tiene más de 20 años), al punto en que hoy existe, aproximadamente, un consenso sobre la necesidad de reconocer y orientar esta dinámica, acoplándola a una fuerte inversión privada en preservación y restauración.

- En síntesis, se ha demostrado muy costoso y poco eficaz, el mantener una barrera invisible entre la urbanización y la reserva forestal, sin suficiente control y sin concertación con los agentes urbanizadores del borde de expansión.
- La presión de urbanización representa una oferta de recursos, que mediante una norma de densidades más bajas y cesiones verdes mucho más amplias que las acostumbradas y un tratamiento paisajístico de la urbanización, recargado en la preservación y restauración de los ecosistemas nativos, contribuiría a construir un borde urbano estable con características ambientales, funcionales y estéticas positivas.

Factores limitantes

- La geoinestabilidad es un factor limitante en unas pocas locaciones.
- Los demás factores limitantes son los mencionados en las generalidades.

Factores tensionantes

- Destrucción de la cobertura vegetal. Instantáneo y creciente. [3]
- Destrucción de rodales de especies raras. Instantáneo y definitivo. [2,3]
- Destrucción del suelo. Instantáneo y creciente. [2,4]
- Reemplazamiento de coberturas naturales blandas por coberturas duras, alterando la hidrología local. Instantáneo y creciente. [2]
- Contaminación hídrica de las microcuencas urbanizadas. Se construyen casas pero no soluciones sanitarias adecuadas. Gradual y creciente. [2,5]
- Expansión de tensionantes diversos por conductas inadecuadas, desde los frentes de urbanización hacia las zonas rurales y silvestres vecinas. Gradual y creciente. [2,3,4,5]
- Descomposición social y criminalidad que restringen el potencial recreativo y ecoturístico de la reserva forestal. Gradual y creciente. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- La destrucción del bosque por la urbanización ilegal contribuye a la paramización secundaria, creando un mesoclima desfavorable para el uso

residencial. En general, la tendencia es a un control climático de la urbanización por encima de los 3000 msnm. La deforestación hace más riguroso este control natural.

- La urbanización ilegal destruye las fuentes de agua que son su principal factor limitante. Si el Distrito no subsidia el suministro hídrico, este control automático es bastante eficaz, pues además obliga a la conservación de las microcuencas y las coberturas protectoras.
- De muchas otras maneras, la urbanización ilegal destruye la base natural que la sustenta, lo que implica un control autocatalítico (como el crecimiento de las patologías sociales), con frecuencia poco deseable. En muchos casos la urbanización no se detiene hasta el extremo de densidad y degradación.

Alteración: grado, forma y tendencia

- La urbanización como alteración de los ecosistemas es muy poco entendida, debido al escaso desarrollo de la ecología urbana en el país.
- La urbanización no es un problema ambiental, es la tendencia natural de desarrollo de los sistemas humanos en el extremo de las tendencias generales de integración, especialización, miniaturización y centralización.
- La urbanización, sin ser «mala» en sí, puede tener problemas ambientales. Estos problemas se resumen en el balance adecuación / adaptación (arriba explicado).
- La urbanización sí es una alteración definitiva, en la escala temporal humana. Pero no es la destrucción de la Naturaleza, sino un experimento suyo, viable o no, la construcción de un orden nuevo, pero jerárquicamente dentro del natural.

Potencial de restauración

- En la mayoría de las zonas existe el potencial biótico suficiente para, dado un ordenamiento de la actividad urbanizadora, construir una interfase suburbana con un adecuado balance de arbolado y zonas verdes.
- Definitivamente, en ciertas áreas naturales únicas o frágiles, el control sobre la urbanización debe ser estricto y la restauración de la vegetación nativa, total.

Priorización

- De fondo, la prioridad está en la comprensión, proyección y manejo del ordenamiento espontáneo de la ciudad.
- La reforestación de las reservas forestales deforestadas suena redundante y cacofónica, pero evidencia el problema y la prioridad: si no se da un uso

sostenible, el ordenamiento espontáneo se encarga de darle el más probable.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- Hacer la reforestación redundante y retrasada arriba mencionada.
- En especial, se requieren barreras con plantaciones forestales de rápido crecimiento, sobre los frentes de urbanización subnormal, como franja de amortiguación entre éstos y las zonas rurales y silvestres vulnerables.
- Cabe formalizar la idea discutida por años: la urbanización privada en una franja, pagará la constitución y el manejo de un espacio público de conservación en otra adyacente.
- Pero en la franja urbanizada, se conservarán y restaurarán todos los relictos y rondas. Así se conforman dos franjas: una verde y la otra verde clarito.
- Si a la gente le llama la atención urbanizar la reserva forestal, que viva en el bosque. De hecho, ya existen algunas experiencias piloto muy positivas que vale la pena revisar.



CUADRO VIII: INCENDIOS FORESTALES (ex-ante / ex-post)

El manejo de los fuegos en la vegetación natural puede dividirse en tres grupos de estrategias: prevención, control y mitigación. El papel que juega el Protocolo de Restauración, con respecto al manejo de los fuegos en vegetación natural cae en las estrategias previas (manejo ex-ante) y posteriores (manejo ex-post). Lo que se hace durante el fuego (control) corresponde a otra especialidad.

Sobre el manejo del fuego en vegetación se han escrito muchos textos especializados. Aquí sólo cabe decir que el fuego es un elemento natural de gran parte de los ecosistemas colombianos, reflejado en múltiples adaptaciones a nivel de estrategias y atributos vitales de las poblaciones y ritmos y estructuras de los ecosistemas.

Los fuegos naturales se presentan debido a:

- Sequías.
- Acumulación de necromasa inflamable.
- Escasa acumulación de humedad.
- Atributos vitales pirogénicos.
- Factores naturales de ignición (chispas eléctricas, refracción en gotas, etc.).

La combinación de estos factores en un momento dado, determina la inflamabilidad o probabilidad de conflagración. De acuerdo con Wright & Bailey (1982) el potencial de ignición del material vegetal por un rayo, depende de la fuente de combustible, la cantidad y continuidad del mismo, su humedad y el clima del momento. Tormentas eléctricas secas, en combustibles continuos sobre pendientes moderadas a suaves tienen mayor probabilidad de causar grandes fuegos si los vientos y temperaturas son altos y la humedad relativa es baja.

La intervención humana, sin embargo, puede intensificar este régimen tensionante natural, al hacer los fuegos más frecuentes, intensos o extensos, por cualquiera de los siguientes factores:

- Aridización antrópica.
- Extensión de vegetación antropófica pirogénica.
- Cultura de manejo.
- Quemados intencionales (caza, agricultura, pastoreo, control de plagas, vandalismo).
- Incremento de factores artificiales de ignición accidental (vehículos, fogatas, cigarrillos, vidrios abandonados, fricción de cargas arrastradas, etc.).
- Acumulación o fuga de materiales inflamables ajenos a la vegetación (gases, hidrocarburos, madera u otros materiales vegetales cosechados, etc.).
- Control de quemados pobremente planificado (acumulación de masa y extensión inflamables).

Una vez se enciende la vegetación, otros factores determinan la extensión, velocidad y dirección del incendio:

- Estación climática: dependiendo de los días de sol y de lluvia anteriores al incendio, el suelo y la vegetación acumulan más o menos agua.
- Hora del día: con el sol alto, desde poco antes hasta poco después del medio día, el viento y el calor son más intensos, atizando el fuego. Un fuego avanza más rápido de día; si se inicia en la mañana puede avanzar más que si se inicia al caer la tarde.
- Dirección del viento: el fuego avanza a mayor velocidad, con mayor temperatura, llamas más altas y atraviesa más fácil las barreras en la dirección del viento, debido a la inclinación de las llamas hacia el material combustible (fuego anterógrado). Correspondientemente, la velocidad e intensidad son menores en la dirección contraria al viento, pues las llamas se hallan recostadas sobre el material quemado (fuego retrógrado).
- Pendiente: el fuego avanza rápidamente ladera arriba y lentamente hacia abajo (por la orientación de las llamas). En las cañadas se encajona,

provocando fuertes corrientes de aire ascendente que secan y calientan la vegetación superior agilizando su ignición. Además, las pendientes fuertes y expuestas difícilmente acumulan humedad y por ende son más propicias para el inicio y expansión de los incendios.

- Humedad del suelo y la vegetación: los cursos de agua, las franjas de suelos húmedos y vegetación piroclástica (de muy baja inflamabilidad) o húmeda frenan el avance de los incendios.

- Distribución espacial del material inflamable: el fuego gana fuerza en dirección de las acumulaciones de material inflamable y vegetación pirogénica. Algunos árboles, como los pinos, frecuentemente explotan, dispersando el fuego.

- Material de combustión lenta: la turba, el mantillo y troncos muertos caídos o en pie, suelen arder lentamente y sin llamas haciendo pasar inadvertidamente el fuego de un punto a otro o manteniendo el fuego oculto por varios días, luego de lo cual puede liberarse en otra dirección.

- Altura de la vegetación: cuando árboles altos se encienden, troncos y ramas en llamas caen, haciendo avanzar más rápido el fuego o ayudándolo a salvar obstáculos.

- Chisperos: la vegetación o acumulación de material inflamables en puntos altos, así como las coronas altas de las palmas, al incendiarse se agitan con el fuego y el viento, arrojando chispas a grandes distancias, con lo que el incendio puede crear nuevos frentes o incluso atravesar medianos cursos de agua y otras barreras.

- Huida de fauna: algunos animales en su huida pueden arrastrar chispas en su pelaje dispersando el incendio (caso típico de los conejos).

Las distintas especies vegetales presentan comportamientos diversos con respecto al fuego, que pueden ser favorables o desfavorables a la prevención. La inflamabilidad de una especie vegetal y de la vegetación de que hace parte, depende en gran medida de la proporción entre su acumulación de materiales inflamables y sustancias volátiles, por una parte, y la acumulación de agua, por otra.

En el manejo de vegetación natural frecuentemente expuesta al fuego, es preciso realizar una clasificación de la flora dominante según las siguientes categorías:

- Pirogénicas: especies con atributos que aumentan la inflamabilidad de la vegetación de la que hacen parte: altas concentraciones de sustancias volátiles, acumulación de materiales inflamables y baja acumulación de humedad en los tejidos o en el micrositio. Las principales pirogénicas en el área rural del distrito son el laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*), el helecho marranero (*Pteridium aquilinum*, A. Martínez, com.pers.), entre las nativas, y el pino candelabro (*Pinus patula*) y el retamo espinoso (*Ulex europaeus*), entre las introducidas. Los pajonales, como es sabido, son típicamente pirogénicos.

- Pirófilas: especies sin rasgos que aumenten particularmente la inflamabilidad

de la vegetación, pero cuyos atributos vitales hacen que sean favorecidas por el fuego (activación de semillas, preparación del suelo, aumento de la iluminación, etc.). Ej: frailejón (*Espeletia grandiflora*), espartillo (*Orthosanthus chimboracensis*), según Rangel y Vargas, respectivamente.

- Pírorresistentes: el fuego no las favorece directamente, pero su mayor resistencia relativa al fuego o su capacidad superior de rebrote, hacen que la frecuencia de fuego sea más desfavorable para sus competidoras, permitiéndoles abundarse por el efecto diferencial. Ej.: el mortuño (*Hesperomeles* spp.) y el té de Bogotá (*Symplocos theiformis*).
- Pirotolerantes: el fuego no las favorece directa ni indirectamente, pero tampoco las afecta hasta el punto de reducir su abundancia relativa, gracias a una tolerancia y capacidad de rebrote medianas. Ej.: el raque (*Vallea stipularis*) podría estar en esta categoría.
- Pirovulnerables: el fuego las afecta significativamente, sufriendo grandes daños, alta mortalidad y con baja capacidad de rebrote; al aumentar la frecuencia de los fuegos estas poblaciones disminuyen su abundancia relativa dentro de la vegetación. Muchos árboles del bosque primario pertenecen a esta categoría.
- Piroclásticas: estas especies poseen rasgos que las hacen poco inflamables, característica que comunican a los rodales de que hacen parte, en proporción a su abundancia relativa, convirtiéndose en factores de reducción de la inflamabilidad general y en barreras para la expansión de los fuegos cuando éstos se presentan. Estas características tienen que ver con la composición química (baja concentración de compuestos volátiles), la arquitectura (baja acumulación de necromasa en pie), la degradabilidad (necromasa depuesta de rápida descomposición, dificultando la acumulación de material inflamable) y, especialmente, la alta acumulación de humedad dentro de los tejidos y/o bajo la copa.

La tendencia a incrementar el contenido de humedad del lugar es típicamente sucesional y propia de especies dinamogenéticas con notable capacidad constructiva, por lo cual éstas no sólo reducen la inflamabilidad de la vegetación sino que desestabilizan los rodales de pirogénicas y pirófilas, haciéndolos avanzar sucesionalmente a tipos de vegetación menos inflamables. Entre las que así se comportan vale la pena destacar el gaque (*Clusia multiflora*), el garrocho (*Viburnum triphyllum*), el mano de oso (*Oreopanax floribundum*) y la uva de anís (*Cavendishia cordifolia*).

Debe recordarse que en las etapas de plántula y juveniles, prácticamente todas las especies son altamente vulnerables al fuego. Las especies menos vulnerables generalmente basan su resistencia al fuego en una alta capacidad de rebrote, una fuerte reproducción vegetativa y/o ciclos vitales ajustados a la frecuencia de fuegos, de modo que la planta alcanza a crecer, reproducirse y dejar semillas resistentes, en el lapso típico entre quema y quema.

Fuego en las áreas rurales bogotanas

Los incendios tienen mayor probabilidad, mayor peligro y mayores costos en las áreas con abundante cobertura vegetal próximas a áreas densamente pobladas, por la simple

coincidencia de la acumulación de material combustible con la frecuencia de factores de ignición.

En las Áreas Rurales Distritales existe un gradiente de humedad atmosférica que determina la mayor probabilidad de incendios hacia el Norte (Suba y Usaquén) y hacia el Suroccidente (Ciudad Bolívar), que son las zonas más secas. Sin embargo, en el sector seco de Ciudad Bolívar no se ha conservado suficiente vegetación para un fuego importante. De acuerdo con estadísticas actualizadas del Cuerpo Oficial de Bomberos el sector con mayor ocurrencia de incendios forestales es el suroriental de la ciudad, al parecer el más cercano al barrio Los Alpes, es frecuente ocurrencia de incendios en Suba y Usaquén, seguidas por Chapinero y Santa Fe (sector Cerros Orientales). En San Cristóbal (Localidad 4) la humedad atmosférica es tan alta que la frecuencia y extensión de los fuegos es muy baja.

En estas zonas se da una combinación de factores adicionales que si no reciben un adecuado manejo ex-ante determinan que los fuegos, de por sí muy probables, tengan características de extensión e intensidad mayores:

- Pendientes muy pronunciadas y expuestas (al viento y el sol), que limitan la acumulación de humedad.
- Plantaciones forestales densas y relativamente extensas y continuas (sin cortafuegos).
- Especies forestales introducidas con reconocidas características pirogénicas, como el pino candelabro (*Pinus patula*) con alta acumulación de agujas secas y resinosas, un alto contenido de resinas inflamables y comportamiento explosivo en los incendios. El eucalipto (*Eucalyptus globulus*), en menor medida, contribuye también a la inflamabilidad debido a la alta penetración de luz bajo sus copas (aumenta la sequedad), la acumulación de hojarasca rica en sustancias volátiles y de difícil descomposición y la exclusión alelopática de un sotobosque que actúe como retenedor de humedad, efecto que se intensifica en zonas secas.
- Como piedra de toque, la destrucción extensa de los bosques originales de encenillo ha propiciado la formación de extensos pajonales, matorrales y rastrojos en los que abundan especies nativas pirogénicas. Una de las dominantes es el laurel hojipequeño o cruz de mayo (*Myrica parvifolia*), con sobresalientes condiciones pirogénicas: acumulación de ceras y otras sustancias volátiles en las hojas, acumulación de yesca en pie (masas de ramitas muertas y secas, copa traslúcida (el sol penetra hasta el suelo superficial, manteniéndolo seco), alta densidad de los agregados, ubicación preferencial en laderas expuestas (fuera de las cañadas).

Las condiciones de manejo también contribuyen al cuadro de alta inflamabilidad:

- Fuerte supresión de incendios (por control público y privado) favoreciendo la acumulación de material inflamable y la ocurrencia de incendios desastrosos y extensivos.
- Reforestación sin planificación ni control, carente de medidas preventivas,

con especies y en sitios de alta inflamabilidad.

- Falta de control policivo (no se controla a los atracadores, mucho menos a los incendiarios o a los campistas desprevenidos).

Algunas de las medidas tomadas son contraproducentes, como la reforestación con *Pinus patula* en las zonas afectadas por fuegos o la prohibición de extraer ramas de *Myrica parvifolia*.

El concepto de vegetación pirogénica es poco conocido en el país. A pesar de la escasa investigación al respecto, en la zona altoandina, los registros de incendios y los atributos de las especies, permiten identificar tres importantes pirogénicas: el laurel hojipequeño, el helecho marranero y el retamo espinoso. Las tres comparten rasgos diagnósticos:

- Distribución en agregados densos y casi puros.
- Estrictamente heliófilas, por lo que las ramas y hojas bajas mueren bajo la sombra de las jóvenes más altas.
- Acumulación de ramas y follaje secos y en pie (necromasa inflamable en pie).
- Alta penetración de luz a través del follaje abierto (microclima y suelo secos).
- Biomasa subterránea importante y gran capacidad de rebrote pos-quema.

En el siguiente diagrama se ilustra lo anterior.

Es indispensable anotar, que la pirogenicidad no es inherente a la especie (ninguna tiene mechero), sino resultante de la combinación de sus atributos vitales con determinados predisponentes ambientales. No puede pensarse en su erradicación total, pues, de hecho, son herramientas en extremo valiosas para la recuperación de suelos degradados e, incluso, la prevención de otros desastres (como los deslizamientos). Sencillamente, deben manejarse en ambientes y con patrones espaciales adecuados.

Condiciones físicas básicas

Entre los predisponentes físicos arriba mencionados se destacan:

- Veranos marcados, con supermínimos de humedad atmosférica cada tantos años.
- Pendientes fuertes que limitan la acumulación de humedad.
- Vientos fuertes.
- Escasez de quebradas o franjas de suelo húmedo (cortafuegos naturales).
- Picos que pueden servir como chisperos.

- Cañadas secas que se convierten en chimeneas de aire recalentado durante el incendio, expandiendo el fuego en las laderas superiores.

Oferta ambiental

- Cortafuegos naturales (eriales, quebradas, zonas húmedas o sin vegetación).
- La pendiente fuerte es favorable si el fuego se inicia arriba, pero muy desfavorable si sucede lo contrario (que es lo más frecuente).
- Fuentes de agua cercanas para bombear durante el control de incendios.
- Tras el fuego, la oferta de nutrientes es alta. Se requieren medidas para evitar su pérdida por arrastre y lavado.

Potencial biótico

- La flora piroclástica es mucho más abundante que la pirogénica y puede ser expandida a partir de los focos y franjas en que se encuentra naturalmente agregada.
- En general, el avance sucesional favorece un balance hídrico más alto y disminuye la inflamabilidad.
- Sin embargo, los bosques supermaduros tienden a acumular demasiada necromasa combustible.
- Después del fuego, la regeneración depende de las plantas, semillas y rebrotes sobrevivientes. Sin embargo, muchos de ellos corresponden a especies pirogénicas que pueden perpetuar el ciclo de incendios.
- Muchas especies son estimuladas en su crecimiento, por el fuego y la oferta de nutrientes en las cenizas.
- La dispersión en los sitios quemados depende principalmente de medios físicos, como la gravedad y el viento. Son especialmente importantes las especies anemócoras (ej.: Asteráceas).
- Los fuegos, cuando no son devastadores, aumentan la diversidad de hábitas y coberturas.

Potencial sociodinámico

- Los incendios típicos de las áreas rurales tienen como común denominador el factor de ignición humano.

- Las conductas de riesgo están asociadas a un ecoturismo sin orientación o a un vandalismo, producto de la falta de educación ambiental y control.
- La comprensión científica del papel del fuego en los ecosistemas está poco difundida a nivel institucional.
- Muchas de las medidas aplicadas son contraproducentes, como la reforestación con pirogénicas, la falta de cosecha y clareo de las plantaciones forestales y la erradicación total del fuego.
- Dado que la lentitud del ciclado de nutrientes en los ecosistemas altoandinos es uno de los principales limitantes, el fuego tiene un efecto muy favorable, al mineralizar instantáneamente los contenidos de materiales que, de otro modo, se descompondrían muy lentamente.

Factores limitantes

- La pobreza de la mayoría de los sustratos, debida a las fuertes pendientes y años de erosión antrópica, favorece el desarrollo de vegetación pirogénica y una baja acumulación de humedad.
- Tras el fuego, los principales limitantes son la insolación, el descenso del balance hídrico y la pérdida general de regulación físicoquímica.

Factores tensionantes

Los efectos directos a ser mitigados, son instantáneos, estables después del fuego y comprenden:

- Eliminación directa de vegetación. [3]
- Destrucción del banco de plántulas y de semillas. [3]
- Eliminación de microflora del suelo superficial. [4]
- Volatilización del nitrógeno del suelo. [4]
- Mortandad de fauna vulnerable. [5]

Los efectos secundarios ocurren después del fuego y tienden a incrementarse en el tiempo hasta ser controlados por la sucesión natural o apoyada (restauración); incluyen:

- Erosión superficial del suelo (por impacto y por escorrentía). [4]
- Lavado intenso de nutrientes. [4]
- Insolación del suelo. [4]

- Desplomes continuados de árboles en pie. [3]
- Fragmentación de los rodales. [2,3]
- Establecimiento de vegetación pirófila secundaria. [3]
- Tendencia a entrar en un régimen crónico de fuegos. [2]
- Atracción del ganado, que amplifica los impactos. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- Dado que el fuego es más probable en pendientes fuertes, tras él, la erosión es intensa.
- Los limitantes relacionados con la destrucción del mesoclima y la pérdida de regulación físicoquímica, favorecen la ocupación de los sitios quemados por las especies mejor adaptadas, algunas de ellas pirogénicas en diverso grado. Fácilmente, los sitios quemados se hacen más susceptibles a quemas futuras y entran en ciclos multianuales de fuegos de vegetación.

Alteración: grado, forma y tendencia

- En general, la alteración producida por el fuego es leve, a pesar del aspecto impresionante del incendio, los riesgos que genera y la apariencia desolada de los sitios quemados.
- Con el fuego, la sucesión no se detiene, las reservas del suelo no sufren impactos considerables, el crecimiento de la vegetación se estimula con la rápida incorporación de nutrientes antes bloqueados en la necromasa difícil de descomponer.

Potencial de restauración

- Las zonas afectadas por incendios tienen un alto potencial de restauración. La regeneración natural es, generalmente, muy activa. Es preciso, sin embargo orientar la composición florística y el patrón espacial para generar coberturas menos susceptibles al fuego.

Priorización

- La primera prioridad es establecer si el fuego es un problema, dónde y por qué.
- Si se maneja el fuego, se puede prevenir en lugares donde realmente es indeseable, mientras que se aprovecha donde puede tener efectos favorables (como la prevención de incendios devastadores).

- Los estudios de pirogenicidad vegetal y zonificación de inflamabilidad, son la única herramienta válida de priorización y de planificación del control de incendios.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración

- Manejo ex-ante: la base del manejo previo de los fuegos está en el control de los factores naturales y antrópicos. Las estrategias pueden dividirse en prevención primaria (actuando sobre las causas de ignición) y prevención secundaria (actuando sobre los factores de expansión de los fuegos).
- Las estrategias primarias de prevención incluyen: clasificación pirogénica de la vegetación, seguimiento histórico de las quemas, monitoreo de factores naturales y antrópicos, zonificación del riesgo, control de factores y conductas de riesgo, educación preventiva, asistencia técnica, remoción de agentes y factores de riesgo.
- Las estrategias secundarias de prevención incluyen: incremento de la humedad del suelo y la vegetación, despeje de franjas cortafuegos, enriquecimiento con especies piroclásticas, eliminación selectiva de poblaciones pirogénicas, inducción preclimática sobre agregados pirogénicos y fuego prescrito.
- En consecuencia, las estrategias de restauración (manejo ex-post) incluyen una serie compleja de medidas y tratamientos (Sección 7), destinados a mitigar los efectos, controlar la expansión de los impactos (erosión, infestación de malezas, etc.) y establecer una cobertura de baja inflamabilidad, impidiendo que el fuego ocurrido genera una dinámica multianual de incendios recurrentes sobre vegetación pirófila.



CUADRO IX: URBANIZACIÓN CAMPESTRE ("Chaletización")

Este cuadro de restauración corresponde a áreas rurales con procesos estables o crecientes de urbanización dispersa de estrato alto, conformando suburbios (localmente denominados "urbanización campestre" o "chaletización").

En su mayoría se trata de suelos con aptitud agrológica limitada o deteriorada por un largo historial de aprovechamiento inadecuado (régimen crónico de tensionantes leves).

Las condiciones iniciales son de oferta ambiental y potencial biótico muy reducidos, que típicamente se recuperan espontáneamente en las primeras etapas de la urbanización. Esto se refleja en el crecimiento de las coberturas leñosas (matorrales y rastrojos) y la regeneración de parches y bordes en los fragmentos boscosos, así como la reaparición de especies animales (aves, ardillas, micromamíferos, insectos) y la recuperación de caudales.

Con el tiempo, la densificación residencial revierte la mayor parte de los atributos recuperados. La presión de ocupación hace retroceder la biota y la demanda y la polución

agotan los caudales. El extremo de alteración es la conversión total y definitiva del área rural en urbana. La opción y necesidad de manejo es la estabilización de una interfase suburbana.

Una de las principales alteraciones de este cuadro de restauración está asociada a la jardinería. La importancia de este tensionante no debe ser subestimada, pues implica una alteración profunda de la cobertura vegetal en proporción directa a la densidad de la urbanización. De la forma como el proceso urbanizador incorpore la vegetación natural remanente y cree espacios para la revegetalización o la regeneración espontánea de la flora nativa, depende la calidad y magnitud de su impacto ambiental.

Por su combinación de características (abajo expuestas), los suburbios son la mayor oportunidad para el urbanismo sostenible y la creación de modelos de poblamiento y manejo ambiental. Así deben ser enfocados y manejados, como transición espacial y no temporal a lo urbano.

Condiciones físicas básicas

Corresponden a las expuestas en las generalidades. En general, los procesos de urbanización campestre no se extienden mucho por encima de los 3200 msnm, debido al severo clima del páramo. Muchos proyectos se promueven y venden en verano y se abandonan con las primeras asperezas del invierno.

La urbanización dispersa del área rural también aporta rasgos físicos artificiales como el aumento de sustratos duros, coberturas impermeables y vías, alterando el patrón de circulación del agua en el suelo.

Oferta ambiental

- Régimen de perturbaciones atenuado por el cambio de uso agropecuario a residencial suburbano (suspensión de fuego, pastoreo, labranza, agroquímicos, escarda, entresaca, etc.).
- Suelo frecuentemente enriquecido por aportes de tierra negra y otros.
- Microclima diversificado por estructuras artificiales (edificaciones, arborización, setos, etc.).
- Aparición de sustratos duros o muy alterados (cimentaciones, placas, escombreras).

Potencial biótico

- Fitodiversidad aumentada por flora exótica de jardinería.
- Repoblación de fauna dispersora.
- Mosaico ambiental diversificado por la mezcla de unidades rurales, suburbanas y silvestres.

- Conectividad y fragmentación variables, dependiendo de la densificación residencial.
- Mantenimiento de los relictos y fragmentos en las primeras etapas de urbanización (baja densidad residencial).

Potencial sociodinámico

- Aunque variable, la actitud y el manejo hacia los elementos naturales es más conservacionista.
- También variable, tiende a existir mayor conocimiento o valoración del medio ambiente y los elementos naturales del entorno.
- No existe dependencia estricta de la explotación directa del suelo (uso residencial y recreativo), por lo que hay más libertad para ensayar nuevas prácticas de manejo.
- Alta sensibilidad a la conservación del agua.
- Resistencia social al aumento de la urbanización y la alteración escénica.
- Alta sensibilidad a la conservación escénica y el mejoramiento estético (por sensibilidad estética o por valor agregado a la propiedad suburbana).
- Baja cohesión comunitaria, el tejido social es pobre y poco diferenciado.
- Poca presencia local (prácticamente limitada a noches y fines de semana), tratándose típicamente de población conmutadora.
- Mezcla de culturas rural y urbana, con formas de conceptualización, valoración y motivación distintas.
- Generación incipiente de cultura suburbana. Germen de apropiación cultural y afectiva del paisaje suburbano.
- Frecuente conflicto intercultural y por uso de recursos naturales entre campesinos y "fuereños".
- Organización paralela (a veces no es tan evidente pero existe) entre campesinos y fuereños. Ello dificulta la convocatoria y la extensión, pues existen realmente dos comunidades con dos formas distintas de comunicación y organización.
- Extensos predios con propietarios ausentistas, bien por decadencia de la actividad rural o por especulación de tierras para urbanizar (o ambas).

Factores limitantes

- Visión fatalista del progreso (como destrucción inevitable de lo rural y lo natural).
- Mezcla de intereses divergentes (población mixta).
- Escasa presencia de los propietarios. Interlocución con empleados.
- Suelos profundamente alterados (frecuente pérdida de infraestructura por pasado agrícola y construcción reciente).
- Requisito de ajustar la fisonomía y composición de la cobertura vegetal a criterios paisajísticos (perspectiva, privacidad, circulación, gustos particulares, capacidad de interpretación, etc.).
- Fragmentación de la propiedad y encarecimiento del suelo. Dificulta la creación de grandes áreas de preservación y la aplicación de tratamientos extensivos de restauración.

Factores tensionantes

Se trata de un régimen complejo de tensionantes leves y severos a nivel físico, biótico y cultural, caracterizado por la alta velocidad de transformación.

- Alteración agresiva y reemplazamiento artificial de la cobertura vegetal por jardinería. [3]
- Introducción de flora exótica. Algunas especies muy agresivas se escapan de los jardines y se convierten en malezas o en plagas (especies fugitivas).[3]
- Tala de relictos y fragmentos para urbanizar. [3]
- Contaminación hídrica por vertimientos domésticos (falta de obras de saneamiento básico). [2]
- Contaminación por vertimientos de sistemas de alteridad no residenciales pero típicamente suburbanos (marraneras, restaurantes, establecimientos nocturnos, turísticos, etc.). [2]
- Aumento de muertes de fauna silvestre por atropellamiento. [5]
- Aumento de perturbación a la fauna por ruido. [5]
- Predación de fauna local por animales domésticos (perros y gatos). [5]
- Crecimiento de la red vial. Aumento de la fragmentación de hábitats y alteración del drenaje del suelo. [2]

- Pérdida del conocimiento tradicional de los ecosistemas y biotas locales. [6]
- Rompimiento del tejido social rural. [6]
- Construcción de muros, alambradas y otros elementos de aislamiento, en detrimento del tráfico de algunos dispersores y rompiendo el escenario y el tejido social rural. [6]

Interacción tensionantes – limitantes

Las interacciones son múltiples y complejas. Sin hacer un tratado sobre la urbanización del área rural, aquí se resumen algunas de las más destacadas en la práctica de restauración:

- La resistencia cultural pasiva de los campesinos a la urbanización los hace más refractarios a la extensión conservacionista (y cualquier mensaje directo de cambio de conceptos y valores).
- El rompimiento del tejido social y el debilitamiento paulatino de la cultura local hace que se pierdan los elementos culturales que podrían servir de base sociodinámica para la conservación.
- La societalización (cambio de relaciones primarias, personales, por secundarias, de tipo societal, más laxas y anónimas) baja la disposición a la participación en medio ambiente, el cual se convierte en una expectativa de servicio público (se espera que el Estado mande a alguien a que lo instale y lo repare).
- La densificación de la urbanización aumenta todos los limitantes relacionados con individualismo, fragmentación y disminución del potencial biótico.

Alteración

La alteración es profunda y la tendencia creciente. En las primeras etapas hay recuperación ambiental, que se revierte con la densificación de la urbanización. Entre las principales alteraciones se destacan.

- Tendencia a densidades mayores.
- Tendencia a expansión hacia las partes más aisladas y más altas.
- Especialización de microcuencas abastecedoras en acequias de aguas negras.
- Endurecimiento progresivo de los sustratos.
- Modificación severa del drenaje por vías y edificaciones.

- Cambio drástico de la cobertura vegetal por edificación y jardinería.
- Aumento inicial y disminución posterior de la cobertura vegetal protectora (cordones riparios, relictos de bosque, fragmentos de rastrojo y matorral nativos).

Potencial de restauración

- Factibilidad de aprovechar la cultura conservacionista suburbana orientándola hacia el conocimiento, preservación y restauración de la vegetación y los ecosistemas nativos.
- Factibilidad de orientar la urbanización hacia la conformación de un suburbio estable y sostenible.
- Factibilidad de conformar un mosaico de relictos conservados, cordones riparios (rondas protectoras de quebradas y nacederos) y jardines amables.

Priorización

- Este cuadro es de la mayor prioridad para el Distrito, pues el correcto manejo de los ecosistemas periurbanos y su urbanización ordenada, garantiza tanto la estabilización del crecimiento y densificación de la ciudad como la apropiación correcta del espacio público y privado en los nuevos sectores urbanizados.
- La construcción de suburbios estables es prioritaria para el establecimiento de un ecotono armónico rural–urbano, como franja de encuentro e intercambio constructivo entre culturas y funciones diversos más no divergentes.

Estrategias

- Promoción intensa y extensiva de la jardinería amable (especies y técnicas de jardinería y paisajismo favorables a la conservación y conectividad de los ecosistemas nativos).
- Preservación estricta de los relictos de vegetación nativa.
- Restauración de cordones riparios dentro de las rondas protectoras de Ley en quebradas y nacederos.
- Fortalecimiento de la dependencia conciente de quebradas y nacederos, evitando otras fórmulas de abastecimiento y la conversión de los cursos locales en alcantarillas.
- Promoción y presión para la adopción de obras adecuadas de saneamiento básico.

- Fortalecimiento de los elementos y funciones rurales mediante asistencia técnica para el aprovechamiento sostenible.
- Fortalecimiento sociocultural de las comunidades rurales, mediando su integración simbiótica y estabilización dentro del suburbio.
- Rescate, articulación y enriquecimiento de los elementos positivos de las culturas locales en la construcción de una cultura local de conservación, dinamizada hacia la preservación y la restauración de un mosaico suburbano acorde con la visión colectiva del ordenamiento deseado.
- Las estrategias sociodinámicas deben considerar la diversidad cultural y contribuir a mediar la convivencia en torno a la conservación.
- El trabajo sociodinámico debe diferenciar en estrategias y tratamientos los pobladores suburbanos (que quieren conservar rural y suburbano) y los urbanizadores (dedicados comercialmente a densificar y expandir la urbanización).



CUADRO X: DEGRADACIÓN DE HUMEDALES POR URBANIZACIÓN

Todos los sistemas lénticos (lagos, lagunas, pantanos) tienden naturalmente a colmarse de sedimentos y a transformarse eventualmente de lacustres (lagos) en palustres (pantanos) y finalmente en ecosistemas terrestres. Este proceso, impulsado por el aporte de sedimentos y nutrientes (principalmente fósforo) de la cuenca tributaria, típicamente es acelerado por las actividades humanas.

Dentro del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá, se encuentran dos tipos principales de ecosistemas lénticos (de aguas estancas): las lagunas de alta montaña (de origen glaciario), ubicadas en los páramos, y las lagunas de desborde (de origen aluvial), en el altiplano.

Los llamados humedales bogotanos, pertenecen al segundo tipo. Se ubican en el borde occidental de la ciudad, dentro de un área de fuerte actividad antrópica.

Aunque esta situación no se presenta en las áreas rurales abarcadas por el presente estudio (Sur y Oriente del Distrito Capital), su importancia dentro del Distrito y en la percepción ambiental de la ciudadanía obligan a su mención dentro del Protocolo Distrital de Restauración.

Este cuadro corresponde a las áreas del sistema de humedales del plano de inundación de la cuenca media del río Bogotá y los cursos bajos de sus principales afluentes (Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelito), los cuales han sido transformados en principales colectores del sistema de alcantarillado de la ciudad. Las aguas afluentes mezclan enormes aportes de materia orgánica de los vertimientos domésticos, junto con metales pesados, grasas, hidrocarburos y otros tóxicos, procedentes de la escorrentía urbana de las aguas lluvias y los vertimientos industriales y de otros establecimientos (talleres, asaderos, etc.).

Los humedales sufren por ello, una aceleración del proceso de eutrofización (enriquecimiento de nutrientes y proliferación de plantas acuáticas), colmatación (pérdida de profundidad por sedimentos) y terrificación (conversión en tierra).

A medida que el proceso avanza, las distintas franjas de vegetación avanzan hacia el centro del humedal. En una fase avanzada, las masas de tierra y vegetación en medio del cuerpo de agua se expanden y el flujo del agua a través de la cubeta se hace más lento, con las masas sirviendo como filtro. Así, el tiempo de residencia de los materiales disueltos y arrastrados aumenta y el proceso se acelera.

A esto se suma el relleno intencionado desde sus márgenes, con tierra negra, escombros y recebo, con el fin de ampliar subrepticamente el terreno para urbanizar, a expensas del cuerpo de agua.

Por su carácter aluvial (lagunas de desborde) estos humedales funcionan como amortiguadores hidráulicos, absorbiendo las avenidas (crecientes) del Bogotá y sus afluentes. Los terrenos urbanizados sobre estos sistemas siguen padeciendo la misma dinámica y aumentada, con fuertes oscilaciones del nivel de las aguas negras, con grave riesgo para las propiedades, vidas y salud humana.

Este cuadro de restauración difiere de todos los anteriores, referentes a ecosistemas terrestres, pues en el caso de los acuáticos el objetivo de la restauración no es echar a andar y acelerar la sucesión natural, sino desacelerarla y, de ser posible, detenerla, luchando contra la tendencia de conversión de acuático en terrestre.

Esto invierte la lógica de la restauración, pues no se trata de aumentar las entradas y restringir las salidas, sino de todo lo contrario, de modo que se controlen los procesos acumulativos de nutrientes, sedimentos y vegetación. En líneas generales, se trata de que se contenga el agua y todo lo demás o no entre o salga sin mayor tiempo de residencia dentro de la cubeta. Con esto hay que conciliar otros tres objetivos de manejo:

- Evitar la urbanización del espacio público (rondas y humedales) y el asentamiento humano en áreas de riesgo e insalubres.
- Mantener la aptitud de este espacio público para el servicio recreacional de la población urbana.
- Conservar el hábitat de la fauna migratoria y local (con varios endemismos) concentrada en los humedales bogotanos.

Estas preocupaciones son relativamente recientes, producto de la creciente preocupación mundial por el medio ambiente. De hecho, gran parte de la ciudad fue construida sobre el plano aluvial, en muchos casos sobre el relleno de grandes y pequeños humedales (de donde viene gran parte de su alto riesgo sísmico).

La situación de cada humedal es particular. En pocos casos cabe pensar en la restauración de un sistema aproximado al primitivo; en otros, aún pueden rescatarse muchos atributos estructurales y funcionales del sistema palustre o lacustre. En otros, sin embargo, la factibilidad y prioridad se inclina más hacia la eliminación de un problema hidráulico y sanitario, en medio de situaciones socioeconómicas difíciles que hacen muy poco viable la recuperación del ecosistema acuático (ej: el humedal de La Vaca, en Kennedy).

Condiciones físicas básicas

- Tierras bajas dentro del altiplano con temperaturas relativamente altas y elevada evapotranspiración.
- Dinámica aluvial de desborde, con fuertes oscilaciones de los afluentes y del receptor (río Bogotá) que en muchos casos represa e inunda los humedales aledaños.
- En consecuencia con lo anterior, existen dos niveles de agua (mínimo y máximo) y una interfase anfibia.
- Avenidas periódicas que arrastran parte de los materiales acumulados hacia el efluente.
- El sustrato es de suelos aluviales, pesados, mal drenados y con poca o nula estructura.
- En la franja anfibia el sustrato se comporta intermitentemente como suelo (fase terrestre) y como sedimento (fase acuática).
- Altas condiciones de nutrientes, materia orgánica, metales pesados y gran diversidad de tóxicos, tanto en el agua como en los suelos aledaños (depósitos aluviales).
- Alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y baja descomposición / alta acumulación de materia orgánica.
- Tendencia al aumento de las oscilaciones hídricas y del tiempo de residencia de los materiales afluentes, por colmatación que hace más lento y laberíntico el flujo del agua a través del humedal.

Oferta ambiental

- Aporte seguro de agua y nutrientes.
- Diversificación creciente de ecotopos dentro del humedal (franjas y sitios puntuales con condiciones ecológicas diferenciadas).
- Temperatura relativamente alta que favorece el desarrollo de la vegetación.
- Escasa profundidad que favorece el calentamiento y la circulación completa de nutrientes a través de la columna de agua (lo cual favorece la proliferación de plantas acuáticas).

En síntesis, lo único que mantiene el humedal es el régimen hidráulico; los demás factores parecen confabulados para su desaparición.

Potencial biótico

- Diversidad taxonómica y funcional de plantas acuáticas, cada una con un nicho especializado en una fase de la colmatación y terrificación.
- Rutas tradicionales de migración de aves acuáticas.
- Poblaciones relictuales de aves endémicas (ej.: *Cistatorus*, *Rallus semiplumbeus*).
- Poblaciones relictuales de peces endémicos (ej.: *Eriophthalmus mutisii*).
- Muy escasos elementos relictuales de los matorrales y bosques riparios primitivos (tintos, alisos, tunos, cedros, etc.).

Potencial sociodinámico

- Alta y creciente sensibilidad de la ciudadanía hacia la conservación de los humedales.
- Alta demanda de espacio público.
- Creciente interés recreacional en los cuerpos de agua del Distrito.
- Prioridad del espacio público y los parques en las políticas distritales.
- Creación del Comité de Parques del Distrito, el cual permite coordinar las acciones de las distintas entidades en torno a los humedales y el espacio público.
- Presencia activa de organizaciones no gubernamentales trabajando por la conservación de los humedales bogotanos.
- Creciente interés de la academia (universidades e institutos científicos) en la investigación y manejo de los humedales bogotanos.
- Presencia activa de la Asociación Bogotana de Ornitólogos y otros grupos de investigadores y aficionados a las aves.
- Bagaje de experiencias institucionales de manejo en estos humedales, con diversidad de enfoques y métodos.
- Fuerte presión de urbanización sobre los humedales.
- Frecuentes problemas jurídicos en la delimitación de rondas y espejos de agua.

- Conflicto entre las comunidades asentadas sobre el área inundable y la conservación del humedal.
- Asentamiento de población marginada en terrenos marginales por su propia degradación ambiental.
- Casos locales de control de grupos al margen de la Ley (milicias, paramilitares y pandillas) en las comunidades subnormales asentadas sobre el humedal.
- Existencia de grandes prioridades locales, relacionadas con el marginamiento socioeconómico, anteponibles a la restauración del ecosistema o a la recuperación del espacio público (salud, seguridad, vivienda, empleo).
- La restauración de zonas verdes e infraestructura recreacional en áreas socioeconómicamente deprimidas requiere acompañamiento de estrategias de desarrollo comunitario, de modo que la comunidad pueda captar el valor agregado por el mejoramiento ambiental.

Factores limitantes

En términos biofísicos, el cuadro se caracteriza por los excesos más que por deficiencias para el desarrollo del ecosistema. Sin embargo, desde la perspectiva de la restauración del sistema acuático, pueden señalarse dos limitantes:

- Oxígeno disuelto. Su concentración puede ser críticamente baja, dificultando la descomposición, solución y evacuación de la materia orgánica con el efluente.
- Circulación limitada. La cantidad de agua contenida y circulante ha descendido en algunos casos a niveles críticos. Dado que el problema principal de manejo son las concentraciones de materiales disueltos y en suspensión, el volumen del solvente es un factor primordial, desde el punto de vista bioquímico e hidráulico.

Factores tensionantes

- Afluencia de materia orgánica por excretas (aguas servidas domésticas) y otros vertimientos (asaderos, industria, etc.). Creciente. [2]
- Afluencia extra de fósforo por vertimientos de detergentes y otros polifosforados. Creciente. [2]
- Afluencia de hidrocarburos diversos (ligeros, pesados, aromáticos, etc.) por escorrentía urbana y vertimientos (talleres, industria, cambiaderos de aceite, gasolineras, etc.). Creciente. [2]
- Afluencia de metales pesados por escorrentía urbana y vertimientos

industriales. Estable. [2]

- Afluencia de otros tóxicos. Creciente. [2]
- Relleno desde las márgenes con suelo y escombros. Creciente y definitivo. [1,2]
- Descarga de basuras. Creciente. [2]
- Cacería ilegal esporádica de aves y pequeños mamíferos. Eventual. [5]
- Molestias de los paseantes a las aves y los nidos. Constante. [5]
- Prácticas de eliminación de plantas acuáticas sin cuidado de sitios de refugio y nidación de las aves. Periódica. [5]
- Mantenimiento de jardines y parques sin cuidado de sitios de nidación de las aves (poda de matorrales y juncas y reemplazo por césped corto hasta la orilla del agua). Periódica. [5]
- Predación por animales domésticos (perros y gatos). Constante. [5]
- Reemplazo de vegetación riparia relictual por fórmulas artificiales de jardinería poco propicias al sostenimiento de la fauna. Permanente. [3,5]
- Proyectos de revegetalización de rondas o márgenes que inadvertidamente promueven la terrificación del humedal. Eventual y creciente. [2,3]

Interacción tensionantes – limitantes

- La combinación de alta carga de materiales con bajo volumen hídrico y bajo oxígeno disuelto, fortalecen la dinámica de acumulación y colmatación.

Alteración

- Alteración principal consistente en la aceleración antrópica del proceso natural de eutroficación, colmatación y terrificación, pasando de ecosistema acuático a terrestre.
- La alteración no destruye los mecanismos sucesionales, sino que los acelera y desvía.
- La alteración tiene expresión diversa en las fases acuática, anfibia y terrestre del humedal, colmatando la primera, invadiendo y transformando la segunda y destruyendo totalmente la tercera (vegetación riparia).
- La alteración tiene un profundo significado de ordenamiento, representando una faceta de la especialización funcional de los cursos de agua urbanos en

sistemas de evacuación y la asociación de áreas ambientalmente marginales en asiento de población humana así mismo marginada.

Potencial de restauración

- Varía de un caso a otro, dependiendo de lo avanzado del proceso de colmatación y del entorno socioeconómico.
- La factibilidad de restaurar el humedal, depende en muchos casos de obras costosas como desviación de colectores, tratamiento de aguas afluentes o separación de aguas lluvias y servidas en la colección.
- Independientemente del enfoque, la restauración del humedal depende de la restricción en las entradas y el aumento de las salidas de tóxicos, nutrientes y sólidos, lo cual puede abordarse por métodos hidráulicos, mecánicos, biológicos, químicos, etc.
- La rehabilitación total, es decir, la restauración completa de un ecosistema palustre primitivo es prácticamente imposible en los casos revisados.
- La recuperación de algunos atributos estructurales y funcionales del ecosistema primitivo, conciliados con usos actuales y potenciales como el rescate del espacio público para recreación, es factible en la medida en que se incorpore la dinámica aluvial al diseño y manejo, al tiempo que se concilian las necesidades de conservación y recreación en el diseño.
- En muchos casos puede llegarse a obtener un parque adecuadamente zonificado para la recreación, la conservación de elementos naturales frágiles y zonas de compromiso entre ambas actividades.
- En casos avanzados de colmatación en entornos socioeconómicos críticos se impone la consumación del proceso de terrificación, no tratándose ya de un problema de restauración de un ecosistema natural o algunos de sus atributos, sino de uno de manejo sanitario y obras civiles.

Priorización

- Los humedales deben ser calificados uno a uno, de acuerdo con su potencial particular de restauración, de acuerdo con el costo / beneficio de la misma.
- En donde se justifique, estos ecosistemas deben ser recuperados e incorporados a la función del espacio público dentro de modelos creativos que den fórmulas eficaces a la ciudad para la urbanización adecuada de los ecosistemas periféricos.
- En donde el análisis de costo / beneficio y factibilidad, haga poco recomendable la restauración, debe priorizarse la inversión en ordenamiento urbano, saneamiento básico y desmarginalización de la población.

Estrategias

- Siempre se debe partir de estudiar la factibilidad de tratar las aguas antes de vertirlas al humedal.
- Zonificar teniendo en cuenta los sitios de refugio, nidación y forrajeo de las aves y otra fauna local, para evitar eliminar la vegetación asociada a los mismos o el establecimiento de actividades molestas para la fauna.
- Establecer tratamientos de cosecha: prácticas que permitan remover los excedentes de producción vegetal del humedal y aprovecharlos (compostaje, recuperación de suelos degradados, combustible, papel, etc.).
- Recuperar el comportamiento hidráulico del humedal: dragado, reapertura del canal central, procurando un flujo continuo y el menor tiempo de residencia de los materiales dentro de la cubeta del humedal. El permitir el intercambio con otros cuerpos de agua, incluido el receptor (ej: río Bogotá), debe evaluarse según su efecto físico-químico y biológico sobre el humedal tratado.
- Acelerar la desintegración y descomposición del material vegetal de exceso, por medios mecánicos, químicos o biológicos, acopladas a la salida de los detritos con el efluente.
- Aumentar la oxigenación completa de la columna de agua (por medios mecánicos o químicos) para agilizar la descomposición de materiales acumulados y su salida con el efluente.
- La revegetalización de las márgenes y rondas debe conciliar, desde el diseño, la creación de una estructura vegetal propicia para los usos del espacio público, con la recuperación de atributos de los ecosistemas nativos riparios (bosques de aliso, juncuales, tunales, bosques colinados de cedro, etc.).
- La revegetalización debe aplicarse de modo tal que no acelere el proceso de terrificación, evitando especies con alto efecto de drenaje o la inducción o consolidación de etapas sucesionales en la sere de terrificación. Este es de los pocos casos de restauración en que el tratamiento debe ir en dirección contraria a la tendencia sucesional.
- Incluir en la revegetalización flora nativa amenazada, propia de los ambientes riparios, palustres y de colinas, así como la cobertura vegetal que por fisonomía y composición mejor contribuya al repoblamiento y sostenimiento de la fauna nativa (nidación, refugio, tránsito, alimento, cortejo).
- La aplicación de cualquier estrategia o tratamiento de recuperación del humedal debe tener en cuenta la época, zonas y forma de aplicación, de modo que cause el menor impacto posible sobre la fauna del humedal, con especial atención a la endémica. La recuperación de un espacio público a costa de la extinción de una especie es la decisión menos rentable y una pesada deuda con las generaciones futuras.



CUADRO XI: DETERIORO POR PLANTACIÓN INADECUADA DE FORESTALES INTRODUCIDAS

Desde finales del siglo XIX y especialmente desde mediados del XX, se introdujeron en el país (y Bogotá fue un foco de ello) varias especies de árboles, dentro de paquetes de tecnología forestal, aplicados con éxito en otros países, en su gran mayoría de las zonas templadas. Coníferas europeas y norteamericanas, eucaliptos australianos, acacias asiáticas y australianas, se convirtieron en herramientas de fácil producción masiva y manejo estandarizado de plantación, que permitieron devolver cobertura vegetal a extensas áreas que habían sido taladas y profundamente deterioradas durante siglos desde la Conquista europea.

La mayor parte de esta tecnología estaba diseñada para la producción de pulpa y madera. En principio se pensó que Bogotá y otras zonas podían convertirse en importantes productoras forestales. Esto dio lugar a la entusiasta extensión de tratamientos de forestería industrial incluso a zonas que requerían tratamiento forestal protector. En muchos casos las plantaciones de exóticas se establecieron reemplazando bosques, rastrojos y subpáramos nativos.

Muchos propietarios privados fueron inducidos a adoptar estos proyectos como fórmula segura de enriquecimiento. Los términos de referencia para manejo de microcuencas, a pesar de la definición del área forestal protectora, incluían indicadores como trozas, pulpa, piezas, tablas y metros cúbicos (de madera, no de agua). El enfoque se extendió al arbolado urbano, donde al ciprés se añadieron los mismos eucaliptos y acacias, junto con los urapanes (*Fraxinus chinensis*) y los jazmines chinos (*Pitosporum undulatum*).

Estas especies se popularizaron por su gran adaptabilidad, rápido crecimiento y disponibilidad masiva en vivero. Algunas, como el eucalipto, llegaron a hacerse parte distintiva del paisaje del altiplano bogotano. Al mismo tiempo, la facilidad de la importación tecnológica relegó al olvido la investigación y aprovechamiento de la rica flora nativa.

La combinación de especies productivas, tecnología probada, suelos apropiados y proximidad a los sitios de mercado y transformación no resultó la fórmula mágica que se esperaba. Colombia debía resolver otros aspectos para convertirse en una potencia forestal.

Entre tanto, las plantaciones establecidas en áreas forestales protectoras no pudieron recibir un adecuado manejo silvicultural, incluyendo los clareos para facilitar el restablecimiento de vegetación nativa y la adecuada producción de madera. Ello se debió principalmente, al impedimento jurídico que la definición misma de Área Forestal Protectora establece (Decreto 2811/74), al prohibir la extracción de madera de la misma.

Debido a esto, las plantaciones se desarrollaron de modo inadecuado, con densidades excesivas, en rodales coetáneos (bloques de árboles de la misma edad) y sin podas formativas ni clareos. Las características particulares de estas especies, su inapropiada ubicación en zona protectora, los errores de diseño de las plantaciones y la falta de manejo silvicultural, dieron lugar a una amplificación de los efectos negativos de la forestería sobre suelos, agua y biodiversidad. Con el tiempo, las plantaciones dejadas a su suerte, se

convirtieron en grandes acumulaciones de materiales inflamables, en gran parte responsables por la dinámica de agresivos incendios forestales que ya son tradicionales en áreas como los Cerros Orientales, máxime allí donde se asociaron a nativas (ej.: *Myrica parvifolia*) o malezas exóticas (ej.: *Ulex europaeus*) con atributos pirogénicos.

La creciente preocupación por el medio ambiente y los valores asociados a la biodiversidad de los ecosistemas nativos, así como la manifestación que a la larga estuvo a ojos vista, de los efectos indeseables de la forestería convencional, han llevado en las últimas dos décadas a un auge en el interés por la vegetación nativa.

En estos momentos se ha planteado la conveniencia de un reemplazamiento gradual de las plantaciones forestales de exóticas, por coberturas vegetales nativas, priorizando aquellas zonas donde mayor perjuicio causan aquellas y más convendrían estas.

Esto no implica un anatema contra ciertas especies, sino una revisión y enmienda de los enfoques aplicados a su manejo. Como sucede con cualquier herramienta, ninguna especie es de por sí "mala", pero puede estar mal ubicada y aplicada. Como se ve en otros cuadros de restauración y tratamientos, las especies exóticas (también llamadas introducidas) se incluyen en el presente Protocolo Distrital de Restauración, sacando el mejor provecho de sus innegables atributos, en los lugares y bajo el manejo más apropiados.

Condiciones físicas básicas

- Rango altitudinal ascendiendo hasta los 3200 msnm, si bien, se concentran entre los 2700 y 3000 msnm, rango por encima del cual son más escasas y tienen menor desarrollo. Por tanto, están por debajo de la línea de heladas de altura.
- Microclima regulado por la plantación.
- Alta interceptación y evapotranspiración, especialmente en las plantaciones más densas y en crecimiento.
- Acidificación de suelos y aguas (bajo pinares).
- Sustrato variable, desde suelos arenosos derivados de la formación Guadalupe (muchos pinares) hasta arcillosos, originados en rocas más finas.
- Suelos generalmente degradados, por tensionantes previos a la plantación y por la plantación misma. Suelos generalmente superficiales, de baja fertilidad, ácidos, con poca estructura y baja asimilación de materia orgánica.
- Alta susceptibilidad a incendios forestales por sobreacumulación de hojarasca (que se acumula sin descomponerse), maderas, resinas y otros combustibles.
- Escasa penetración de luz.
- Baja oferta de espacio para enraizamiento y crecimiento.

Oferta ambiental

- Microclima favorablemente regulado por la plantación.
- Oferta diversificada de sitios de germinación por parches de caída de árboles, incendios y otras perturbaciones crónicas dentro de las plantaciones.
- Zonas con acumulación de materia orgánica sin degradar (pero que puede hacerse disponible con tratamientos simples).
- Franjas y focos de ambientes con ventaja para la competencia por especies nativas (franjas riparias, suelos rocosos, núcleos de condensación, ambientes de transición a páramo y subpáramo, etc.).

Potencial biológico

- Áreas generalmente con pocos relictos de vegetación nativa, en especial de estados sucesionales avanzados.
- Baja abundancia y diversidad de fauna en todos los taxa (desde invertebrados hasta pequeños y medianos vertebrados).
- Las plantaciones ofrecen un medio poco propicio para los dispersores y poco permeable al tráfico de propágulos (semillas, esporas).
- Bloqueo de dispersión anemócora por cortinas densas y anchas de árboles.
- La oferta de sitios de germinación es baja y las alteraciones bioquímicas del suelo hacen que no pueda contarse con bancos de semillas nativas.
- Competencia muy severa, tanto arriba como bajo el suelo, por agua, luz, espacio, nutrientes.
- Alelopatía complicando la competencia (competencia excluyente o "juego sucio").
- Son frecuentes algunas franjas (bordes de las plantaciones, cañadas, escarpes, cordones riparios) con vegetación nativa más o menos interconectable que puede funcionar como fuente y vía para el tráfico de dispersores y propágulos.

Potencial sociodinámico

- Existe un claro obstáculo jurídico para el clareo y reemplazamiento gradual de estas plantaciones, el cual radica en su status de plantaciones forestales protectoras.

- Fuerte tendencia conservadora en los enfoques forestales de las entidades a cargo de la mayor parte de estas plantaciones, que ofrece resistencia a una variación en los métodos y objetivos.
- Reconocimiento creciente de las desventajas y externalidades negativas de la forestería convencional.
- Conocimiento creciente del valor y manejo de la flora nativa altoandina.
- Interés creciente en la conservación, valoración y aprovechamiento de la biodiversidad.
- Ampliación de la gama de objetivos de manejo en la gestión de la cobertura vegetal y las áreas rurales.
- Preocupación creciente por el suministro hídrico y su afectación por el manejo de la cobertura vegetal.
- Presión creciente de las comunidades rurales situadas aguas debajo de las plantaciones forestales.
- Conocimiento creciente de los riesgos implicados en la sobreacumulación de combustibles en plantaciones forestales no sometidas a forma alguna de cosecha o clareo.

Factores limitantes

- Baja disponibilidad de nutrientes (acidez, bloqueo en materia orgánica sin descomponer, pobreza original).
- Escasa oferta de hábitat para la fauna nativa.
- Baja luminosidad.
- Poca oferta de espacio de germinación y crecimiento.
- Alta competencia por todos los recursos físicos.
- Sustancias alelopáticas inhibiendo germinación y crecimiento.

Factores tensionantes

- Prácticas de preparación del terreno, consistentes en eliminación de la vegetación nativa, previa al establecimiento de la plantación. Puntual y definitiva. [3]
- Introducción de especies exóticas en altas densidades. Creciente. [3]

- Prácticas de mantenimiento y liberación, eliminando periódicamente la regeneración natural y agotando la respuesta del banco de semillas y los retoños nativos. Periódica y creciente. [3]
- Sepultamiento de semillas y plántulas por gruesas capas de hojarasca de lenta o casi nula descomposición. Constante. [3]
- Secreción y acumulación en el suelo de sustancias alelopáticas inhibitoras de germinación y crecimiento. Creciente. [3]
- Fuegos de vegetación periódicos. Muchos de ellos son fuegos subterráneos, a través de la hojarasca y el mantillo, atacando raíces, semillas y plántulas. Recurrente. [3,4,5]
- Fuerte erosión hídrica superficial (laminar y hasta en cárcavas) promovida por la eliminación competitiva de sotobosque y estratos herbáceos o rasantes, así como por la pérdida de estructura del suelo bajo coberturas densas de exóticas. Creciente. [4]
- Homogeneización excesiva del medio, con pérdida de hábitat para fauna y flora asociadas (insectos, vertebrados, quiches, orquídeas, helechos, etc.). Creciente. [3,5]
- Sin que exista un total acuerdo técnico al respecto, la evidencia acumulada señala los siguientes efectos sobre el suelo:
- Alelopatía (*Acacia decurrens*, *Eucalyptus* spp.) [4]
- Esterilización (*Eucalyptus* spp., *Pinus patula*) [4]
- Compactación (*Eucalyptus* spp., *Pinus* spp.) [4]
- Acumulación de materia orgánica sin descomponer (*Pinus* spp.) [4]

Interacción tensionantes – limitantes

- La densidad y homogeneidad (de especies y edades) de las plantaciones acentúan la mayoría de los tensionantes relacionados con la competencia y agudizan el efecto de los factores limitantes.
- Los efectos tensionantes y la agudización de los limitantes varía con la edad de la plantación. Durante la fase de crecimiento rápido y durante los picos de densificación ("crowding") los efectos se intensifican.

Alteración

- Cambio de ecosistemas autónomos y funcionales por coberturas incapaces de autorregeneración y automantenimiento.

- Suspensión – desviación de la sucesión.
- Pérdida de hábitats y biodiversidad.
- Efectos agudos durante etapas de mayor crecimiento y densidad.
- Afectación de todos los mecanismos de regeneración del ecosistema, locales y alóctonos.
- Los efectos se atenúan ligeramente con la maduración y envejecimiento de la plantación (en el largo plazo).

Potencial de restauración

- Transformación gradual de las plantaciones en rodales nativos con fórmulas naturalistas, apuntando a la rehabilitación estructural y funcional de ecosistemas primitivos, siguiendo la distribución espacial de la biodiversidad a través de las ecoclinas.
- En un punto intermedio, muchos rodales pueden ser transformados hasta un punto intermedio, conservando parte del arbolado original, como ganancia de cobertura y elemento de diversidad.
- Las áreas que requieren tratamiento con mayor urgencia son las de plantaciones jóvenes, donde los efectos son más intensos. Sin embargo, el tratamiento es más factible allí donde el envejecimiento de la plantación o los limitantes ambientales facilitan el establecimiento de vegetación nativa.
- En plantaciones donde las exóticas están bien integradas a la vegetación nativa y los efectos negativos bien mitigados, no se justifica el tratamiento.

Estrategias

- Dando cumplimiento al requisito legal de "efecto protector de la cubierta vegetal", los tratamientos deben tener carácter gradual, haciendo de la transición el concepto básico de diseño y manejo, en el espacio y el tiempo.
- El status jurídico de las plantaciones debe ser modificado de forestal protector a forestal productor, de modo que se viabilice el manejo silvicultural, incluyendo la restauración.
- Divulgación y capacitación en restauración ecológica y ecología altoandina para los técnicos de las entidades encargadas del establecimiento y mantenimiento de las plantaciones forestales.
- En la priorización y zonificación de los tratamientos debe darse prioridad a la consideración de la inflamabilidad y la oferta de hábitat para la fauna.

- Diversificación del medio por medio de tratamientos no homogeneizantes, con variedad de fórmulas y manejos del espacio, ampliando la oferta de micrositios, parches, corredores y variaciones horizontales y verticales.
- Enriquecimiento de la oferta de hábitat para la fauna en recursos de nidación, forrajeo, refugio, tránsito, cortejo, etc.
- En futuras plantaciones debe modificarse el manejo total, evitando la eliminación o sustitución de vegetación leñosa nativa, las densidades excesivas y la eliminación del sotobosque.
- Según la acumulación de combustibles y la distribución de riesgos de conflagración (factores de iniciación de fuegos) debe aplicarse fuego prescrito (también llamado "fuego controlado").
- El fuego también puede ser empleado para el clareo, despeje y para la mitigación de acidez, la desintegración de materia orgánica acumulada y su incorporación al suelo, como preparación para el establecimiento de focos y franjas de vegetación nativa.
- Establecimiento de perchas y nidos artificiales para aves y mamíferos, con prioridad en las necesidades de hábitat de especies dispersoras (paseriformes, ardillas, borugos, murciélagos).
- Combinación de tratamientos con los correspondientes a los cuadros de restauración de microcuencas, hábitas para fauna nativa y áreas afectadas por incendios forestales.



CUADRO XII: INFESTACIÓN DE RETAMO ESPINOSO (*Ulex europaeus*)

En muchos suelos mal drenados y profundamente alterados, en las bases de las laderas, hondonadas y fondos de valle en el área rural y suburbana del Distrito Capital, se encuentran terrenos infestados por esta especie, originaria del centro de Europa, que conforma densas y extensas masas espinosas, ahogando toda otra vegetación e impidiendo cualquier uso del suelo (salvo la construcción).

Su alta capacidad de regeneración hace inútil el fuego y el desbroce. Forma un activo banco de semillas y sus extensas raíces mantienen un alto potencial de rebrote, aún después de tratamientos agresivos de erradicación.

Es una especie típicamente ruderal (se establece en sustratos alterados, detritos, escombros, orillas de caminos y suelos muy perturbados), antropófica (su nicho se expande con la presencia y actividad humanas) y pirófila (resiste el fuego y éste favorece su expansión frente a otras especies).

La sere iniciada por *Ulex* rápidamente se estaciona en un matorral extremadamente denso y casi puro, con pocos arbolitos nativos emergentes y algunas enredaderas. Su alta densidad

(y quizás alelopatía) son tendencias destructivas de la sucesión, por las cuales ésta queda prácticamente detenida y a merced de perturbaciones reiterativas, algunas probablemente propiciadas por la misma planta.

Los matorrales de retamo espinoso acumulan grandes cantidades de necromasa en pie (espinos secos) y poca humedad (la especie carece de hojas, todas ellas modificadas en espinas), lo que favorece la ocurrencia y expansión de fuegos de vegetación que eliminan a sus competidoras y tras los cuales *Ulex* rebrota y retoma rápidamente el control (ver Cuadro de Restauración 8). Por lo tanto también interesa su erradicación como cobertura pirogénica. Su veloz expansión, a través del fuego y suelos perturbados, es una amenaza para la biodiversidad local y regional.

Su aptitud para establecerse y competir en ambientes severamente alterados y suelos perturbados con estructura y drenaje deficientes, se unen a su ocupación oportunista de terrenos afectados por incendios de vegetación, para garantizar su rápida expansión y tenaz consolidación alrededor del sur y oriente de la ciudad, desde el Embalse de La Regadera, hasta Usaqué (y hasta Tunja y Duitama).

Tiene, por supuesto, puntos débiles. En primer lugar, es estrictamente heliófila (no soporta el sombreado más mínimo), lo cual es una de las razones por las que acumula tanta necromasa: el sombreado de las ramas altas impone la muerte de los troncos y ramas bajos dentro del matorral. Su propagación sexual es deficiente, lo que quiere decir que se reproduce más ágilmente por rizomas, por lo que su expansión es más bien continua, concentrada en los bordes y dependiente de las masas iniciales.

Además, su ventaja competitiva está restringida a las partes bajas y suelos más bien ricos. Hacia las partes altas, el gradiente de paramización imposibilita su expansión (acidez, frío, baja disponibilidad de nutrientes, sequedad fisiológica, heladas, etc.).

Aunque en pendientes moderadas compite bastante bien y despliega su mayor poder de infestación, en zonas planas, con drenaje más lento, su capacidad para competir con pastos exóticos como el quicuyo (*Pennisetum clandestinum*) es muy limitada. Si no compite bien hacia las laderas altas ni hacia los planos bajos, el problema está concentrado en el pie de las laderas y allí también deben estar las soluciones, principalmente las especies que, con algo de ayuda y trampa, pueden competir con ella.

Dado que el retamo pierde eficacia hacia los extremos de su rango ecofisiológico (hacia las partes altas, frías y bien drenadas o hacia las bajas muy mal drenadas) dentro de sus rodales todos los puntos que se aproximen a estas condiciones pueden ser inducidos con especies más eficaces en dichos ambientes, como avanzada para el reemplazamiento sucesional.

La mayoría de las especies aptas para esta estrategia son arbolitos y árboles nativos, típicos de la vegetación secundaria (priseres y mesoseres) de pie de ladera y cañada, especialmente aquellos que abundan en sustratos muy alterados o inestables y mal drenados. Es la descripción de *Verbesina elegans*, *Abatia parviflora*, *Buddleja americana*, *Viburnum triphyllum*, *Baccharis latifolia*, *Solanum oblongifolium*, entre las principales, además de enredaderas tenaces y asfixiantes como *Muehlenbeckia tamnifolia*, *Rubus* spp. y *Passiflora* spp.

Condiciones físicas generales

- Franja de pie de ladera, colinas y fondos de valle. Pendientes moderadas.
- Suelos severamente perturbados, poca estructura y drenaje deficiente (sin ser higromórficos)
- Rango térmico–altitudinal de 2500 a 3200 msnm, concentrado alrededor de los 2700.
- Zonas frecuentemente afectadas por fuegos.
- Márgenes de caminos y otros sustratos fuertemente alterados (ruderales).

Oferta ambiental

- Suelo con poca estructura y drenaje deficientes.
- Sustrato estabilizado por la densa trama radicular del retamo.
- Suelos ricos en nutrientes (alfisoles y molisoles de pie de ladera) con fijación activa de nitrógeno por el mismo espino.
- Clima benigno (dentro de los parámetros altoandinos). Prácticamente exento de heladas.
- Humedad atmosférica alta y relativamente constante a través del año.
- Humedad constante en el suelo. Exento de sequías.
- Alta probabilidad/ocurrencia de incendios de vegetación.

Potencial biótico

- Fuerte competencia del espino debajo y encima del suelo (raíces y copas).
- Probable alelopatía del espino (secreción de sustancias que inhiben el desarrollo de otras plantas).
- Formación de pequeños agregados o individuos emergentes de arbolitos nativos y enredaderas asfixiantes.
- Alta oferta de refugio pero baja de perchas y alimento para la avifauna dispersora.
- Expansión del espino, a expensas de otros tipos de vegetación, facilitada por el fuego y otras perturbaciones asociadas al ambiente antrópico.

Potencial sociodinámico

- Actitud generalizada negativa hacia el retamo espinoso.
- Interés institucional en su control y erradicación.

Factores limitantes

- Poco espacio de colonización por la alta densidad del matorral de retamo.
- Sombreado intenso por el matorral mismo.
- Posible alelopatía.
- Drenaje deficiente. Excluyente para algunas especies, pero muy variable a través del rodal, presentándose puntos mejor y peor drenados, aptos para unas u otras especies.

Factores tensionantes

- Fuego altamente probable y recurrente.
- Aparte de lo anterior, el propio matorral espinoso es defensa contra la mayoría de los agentes tensionantes.

Interacción tensionantes – limitantes

- El fuego y la expansión–mantenimiento del espino están muy probablemente asociados.
- La alteración del sustrato por construcción de vías, derrumbes y rellenos crea nuevos hábitats para el espino.

Alteración

- Reemplazamiento creciente de otros tipos de vegetación por los matorrales plaga de una especie exótica.
- Reducción de la oferta de hábitats para la fauna.
- Exclusión de otros usos por esta cobertura densa y espinosa.
- Propiciamiento de fuegos de vegetación recurrentes.
- Probable deposición en el suelo de sustancias alelopáticas.

Potencial de restauración

- Más factible en los núcleos de los rodales que en los bordes mejor iluminados.
- Puntos dentro del rodal se pueden alejar de las condiciones óptimas de suelo, facilitando el establecimiento de inductores preclimáticos.
- Factibilidad de reemplazamiento por coberturas leñosas nativas. Más probable reemplazamiento por rastrojos y bosques nativos que por pastos.

Priorización

- Este cuadro de restauración es de alta prioridad a nivel local (especialmente en Usme, San Cristóbal y Santa Fe, que son zonas húmedas).
- La afectación en zonas verdes es una prioridad para el espacio público del Distrito (Parque La Regadera, Parque Nacional Holaya Herrera, Monserrate).

Estrategias

- Inducción de núcleos de arborescentes, arbolitos, árboles y enredaderas nativos. Establecimiento de una red de inducción sucesional a través de cada rodal, uniendo núcleos de inducción preclimática con barreras piroclásticas.
- Tratamiento vegetal rápido de las áreas afectadas por fuego, dentro del rango ecofisiológico (ambiente propicio) del Ulex y en proximidad de sus rodales.
- Manejo agroforestal de las pasturas y del barbecho de los cultivos (aumento de elementos leñosos y sombreado) es clave en zonas propensas.
- Priorizar áreas con otros tipos de vegetación pirogénica (pinos, laurel hojipequeño).
- Sombreado artificial con fibras sintéticas. Debilitamiento de individuos y puntos resistentes con herbicidas sistémicos (inyectados, de modo que se evite la contaminación).



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



9. CUADROS DE RESTAURACIÓN: del 13 al 18



CUADRO XIII: FRAGMENTACIÓN DE ECOSISTEMAS

A diferencia de otros cuadros, este presenta una situación generalizada de la transformación antrópica de la región bogotana, tras miles de años de ocupación humana bajo distintos regímenes ambientales, sociales y tecnológicos.

La apertura de espacios para el hombre, sus animales y plantas domésticos y toda la infraestructura de caminos, habitaciones y demás, se ha hecho a costa de las formaciones vegetales que inicialmente cubrían el altiplano y los valles y sierras circundantes, como un continuo verde de diversos tonos en franjas sobre el telar de las montañas.

Esta sustitución de coberturas naturales por artificiales no se ha hecho de modo indiscriminado, sino de acuerdo con la oferta ambiental de cada sitio en particular, por lo que el efecto se ha acentuado por milenios en ciertos segmentos de la ecoclina. En el Marco Conceptual se resumen algunos de los rasgos principales del proceso histórico de transformación antrópica de los ecosistemas bogotanos.

La deforestación y sustitución de ecosistemas nativos por antrópicos ha acarreado la fragmentación del continuum original de bosques, subpáramos y páramos, creando un mosaico de parches con gran diversidad de formas y tamaños, cuya composición florística también varía según el segmento de la ecoclina al que corresponden y su edad sucesional (etapa a la que corresponden dentro de la serie de regeneración natural).

A pesar de los preocupantes efectos ambientales de la deforestación y todo el deterioro antrópico del medio ambiente sobre la efímera existencia humana, debe reconocerse que los ecosistemas son situaciones dinámicas que han corrido a través de constantes transformaciones a lo largo de eras y períodos, muchas de ellas tanto o más drásticas que las generadas por el hombre. La vida siempre encuentra el camino. La restauración ecológica no es un intento de salvar la biosfera, sino de recuperar nuestra opción de hacer parte de su futuro.

En nuestra breve escala temporal, la desaparición y fragmentación de los ecosistemas naturales crea un problema clásico de ordenamiento: el desbalance entre los compartimentos de producción y sustentación.

El efecto típico del hombre sobre los ecosistemas es la interrupción de la sucesión y su detención en etapas muy tempranas, caracterizadas por baja estructura, baja diversidad y amplios saldos de productividad que son canalizados hacia el hombre y sus especies

acompañantes. La sucesión es revertida y detenida por medio de la cosecha misma y otros tensionantes que hacen parte de la tecnología aplicada en cada caso.

Sin embargo, el hombre necesita que algunos compartimentos del paisaje se desarrollen y conserven en estados sucesionales avanzados, de alta diversidad, baja productividad neta, que prestan indispensables servicios ambientales y confieren sostenibilidad al conjunto. Es lo que E.P. Odum (1969) llamó estrategia de desarrollo del ecosistema, constituye la base del ordenamiento ambiental y está implícito en el planteamiento legal de los ecosistemas estratégicos.

Para que los ecosistemas estratégicos sean funcionales deben estar organizados a modo de red de sustentación ambiental a través del área rural del Distrito. Para ello es preciso mitigar la fragmentación. El aumentar su interconexión les devolverá su capacidad de autosostenerse y regenerarse, en beneficio de la sostenibilidad del sistema urbanorregional bogotano.

En este objetivo cada predio y decisión cuentan. Cada manejo y cobertura tiene un grado distinto de artificialidad o de naturalidad; puede ser más o menos amable con el ecosistema, propiciando o dificultando la conexión de los ecosistemas a través del espacio, el viento, las aves, el agua y las ideas.

Condiciones físicas básicas

- Como situación generalizada, las condiciones corresponden a las enunciadas en las generalidades al principio de esta sección.
- Sin embargo, debe enfatizarse el efecto mutuo que la fragmentación de los ecosistemas altoandinos y el cambio mesoclimático tienen. La deforestación favorece la extensión de las condiciones atmosféricas de las franjas superiores a las inferiores (paramización secundaria) y el nuevo mesoclima más severo dificulta y desvía la regeneración natural, apareciendo coberturas vegetales oportunistas que pueden facilitar o retardar la regeneración de las formaciones originales.

Oferta ambiental

- La alteración generalizada acentúa el gradiente ambiental natural, concentrando la oferta de humedad y materia orgánica en áreas como cañadas, márgenes hídricas y pies de ladera y aumentando las diferencias entre áreas propicias y severas (ampliación de extremos ambientales).

Potencial biótico

- Los bancos de semillas y demás mecanismos locales de regeneración han sido destruidos en la mayor parte de las áreas por un largo historial de tensionantes crónicos agropecuarios y urbanos.
- Los pocos bancos de semillas (semillas dormantes en el suelo) corresponden en su mayoría a malezas (introducidas desde la Colonia) y especies oportunistas de páramo y subpáramo.

- Los remanentes de vegetación leñosa (matorrales, rastrojos y bosques) se concentran en escarpes, cañadas y cordones riparios.
- Algunos elementos antrópicos como potreros arbolados, campos en barbecho, cercas vivas, acequias y cordones ruderales (a lo largo de vías), contribuyen a la conectividad.
- Los jardines rurales y suburbanos pueden contribuir al aislamiento o a la conectividad, dependiendo de su manejo.
- La fauna nativa de dispersores ha sufrido un largo y avanzado proceso de extinción regional (que continúa).
- Algunos ecosistemas pueden considerarse como preadaptados a la fragmentación, como es el caso del páramo y subpáramo, que evolucionaron en condiciones de insularidad intermitente a través de todo el Pleistoceno. En esta flora abundan los mecanismos de dispersión por medios físicos y de largo alcance.

Potencial sociodinámico

- La urbanización dispersa en el área rural ("chaletización") tiene, en sus primeras etapas, un efecto positivo de conservación de los fragmentos nativos y regeneración de elementos conectivos.
- Algunos elementos de la cultura rural de manejo son favorables a la conectividad (cercos vivos, nacederos, acequias, potrero arbolado, huerto tradicional, etc.).
- Avance en las normas y mecanismos institucionales para su cumplimiento, sobre áreas protegidas, rondas hídricas, ordenamiento, etc., a nivel nacional y distrital.
- Aumento en la conciencia ambiental de la población distrital rural y suburbana.
- Auge de organizaciones comunitarias y no gubernamentales como cogestores ambientales.
- Consolidación institucional y jurídica de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.
- Adopción del Plan de Manejo de Ecosistemas Estratégicos como componente ambiental rural del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital.

Factores limitantes

- Los factores limitantes corresponden a los descritos en las generalidades, al

inicio de esta sección.

- Cabe destacar el papel que juega en la fragmentación el doble seguro edafo-atmosférico (ver cuadro de Alteración Mesoclimática, 17).

Factores tensionantes

- Desforestación para ampliación de cultivos y pasturas. Creciente.[3]
- Establecimiento y mantenimiento de coberturas vegetales artificiales, creando una matriz de baja conectividad y baja permeabilidad al tráfico de propágulos y dispersores. Creciente y fácilmente reversible. [3]
- Expansión de la urbanización y la infraestructura vial. Creciente y definitiva. [2,3]
- Pastoreo en la matriz alterada e intromisión del ganado en los fragmentos, manteniendo e incrementando la fragmentación y el clareo paulatino de los fragmentos. Creciente y continua. [3]
- Incendios forestales en los relictos de las laderas medias (Tunjuelo y Cerros Orientales) y quemados de verano sobre pajonales en el límite superior del bosque. Periódica y consuetudinaria. [3]
- Explotaciones mineras a cielo abierto (canteras) creando franjas extensas de alto efecto de aislamiento (mínima permeabilidad al tráfico de propágulos y dispersores). Local y altamente irreversible. [2,3,4]
- Extinción regional de la fauna dispersora. Creciente y difícilmente reversible. [5]
- Entresaca selectiva de maderas, alterando la composición de los fragmentos y vulnerando su estructura al clareo. Constante y creciente. [3]

Interacción tensionantes – limitantes

- La fragmentación aumenta la alteración microclimática (destrucción del mesoclima forestal y paramización) y ésta refuerza la fragmentación al obstaculizar la regeneración.

Alteración

- La desforestación se acentúa en la franja de pie de ladera (mayor oferta ambiental – aptitud agrológica), creando una gran discontinuidad de la ecoclina entre las laderas y los fondos de valle y altiplano.
- En general, la alteración antrópica se acentúa en los cambios de pendiente, allí donde esta se rebaja, conformando extensas franjas de discontinuidad de

la ecoclina.

- Desaparición paulatina de los fragmentos, empezando por los tipos de vegetación sucesionalmente más avanzados. La decapitación progresiva de los seres disminuye el potencial de restauración a nivel local y regional, desestabilizando el sistema sucesional (erosión sucesional).
- La fragmentación unida a la entresaca selectiva, promueve un proceso de extinción regional, encadenando la desaparición de cada especie en un relicto a una disminución de su probabilidad de mantenimiento o restablecimiento en los otros.
- Desarticulación espacial de procesos ecológicos que requieren continuidad en la ecoclina (migraciones verticales, regulación del ciclo hidrológico, regulación geomorfológica o biostasis, etc.).
- Creación de gradientes abruptos de alteración (áreas de alta demanda de servicios ambientales, desconectadas y distanciadas de las áreas con oferta ambiental mejor preservada).
- La fragmentación del área rural y suburbana tiene un efecto total sobre el ordenamiento, al condicionar el crecimiento urbano periférico a una estructura fragmentaria y miniaturizada sin la macroestructura urbana que podría estar orientada por las áreas verdes.

Potencial de restauración

- El Plan de Manejo de Ecosistemas Estratégicos ha planteado una propuesta estructural, viable dentro de las condiciones y tendencias del ordenamiento espontáneo del área rural.
- La propuesta se basa en un gradiente de fragmentación – especialización de la periferia rural hacia el centro urbano, con áreas de preservación y restauración masivas y poco especializadas (con usos múltiples y conciliados) en las áreas menos alteradas y más distantes, pasando a áreas cada vez más pequeñas y especializadas (tratamientos específicos y estrictos de preservación y restauración) en forma de focos y corredores ajustados como red a la estructura suburbana y urbana en desarrollo, hacia el centro del Distrito.
- El objetivo es obtener un mosaico armónico rural y suburbano con niveles adecuados de balance, conectividad e integración entre compartimentos con distintos niveles de alteración/sucesión.
- A nivel local, la factibilidad de restaurar la conectividad entre fragmentos depende básicamente de las condiciones de manejo del medio entre ellos. El potencial es alto, si se considera que existen diversos tratamientos conciliables con usos rurales y suburbanos, que pueden establecer elementos conectores continuos (corredores) o discontinuos (estribones) entre los fragmentos.

Priorización

- Los considerandos de fragmentación y conectividad deben tener primer orden de prioridad dentro del ordenamiento y manejo de las áreas rurales del distrito, para darle sostenibilidad y cohesión orgánica al ecosistema urbano–regional.
- Todos los fragmentos de vegetación leñosa nativa y los páramos primarios (por encima del límite superior del bosque) deben ser preservados, dado el avanzado estado de fragmentación del área rural del Distrito.

Estrategias

- Partir de la preservación estricta de todos los remanentes de vegetación leñosa en el área rural, a través de la aplicación de acuerdos, incentivos y controles claros.
- Prevenir el ingreso de factores tensionantes tales como entresaca y pastoreo al interior de los relictos. El llenado de bordes (ver Tratamientos) y la restauración y protección de ecotonos son prioritarios, para prevenir la fragmentación creciente de los bosques y rastrojos remanentes.
- La estrategia básica de conectividad se basa en mitigar la artificialidad y hostilidad del medio entre los fragmentos, disminuyendo su efecto aislante.
- Donde el espacio entre fragmentos no pueda ser enteramente rehabilitado, deben establecerse los tratamientos de mitigación que concilien la conectividad con los objetivos de manejo de los sistemas rurales y suburbanos (agroforestería, jardinería amable, restauración de rondas, etc.).
- En cada proyecto de restauración deben incorporarse los corredores y estribones de dispersión ornitócora.
- Todo lo que se pueda hacer por proteger y enriquecer el hábitat de las aves dispersoras (pájaros, loros, guácharos), especialmente en los elementos necesarios para su reproducción y circulación a través del paisaje, es del mayor valor para la restauración de la conectividad de los ecosistemas altoandinos.
- Priorizar la conexión de parches correspondientes a distintas etapas sucesionales de la misma sere.
- El trabajo de educación ambiental y extensión del manejo sostenible debe orientarse hacia la creación de un medio rural y suburbano amable con la Naturaleza, de modo que fauna y flora puedan compenetrarse más con los espacios alterados y éstos no sean barreras tan marcadas entre los espacios silvestres conservados.
- El control al ordenamiento en el borde de expansión urbana debe girar en torno a una incorporación eficiente del arbolado rural y los fragmentos

silvestres, de modo que sirvan como eje del sistema de áreas verdes y guíen el ordenamiento de los sectores en vías de conurbación.

- Tanto la red de sustentación ambiental del área rural (Plan de Manejo de Ecosistemas Estratégicos) como la malla verde urbana (Programa de Arborización Urbana y Manual Verde) deben diseñarse procurando la máxima conectividad entre la vegetación leñosa rural, suburbana y urbana, mitigando la discontinuidad ambiental entre estas franjas de transformación



CUADRO XIV: EXTINCIÓN DE FLORA NATIVA

La alteración antrópica tiene efectos acentuados sobre ciertas especies, bien sea porque son menos resistentes a las transformaciones del medio, porque hacen parte de los ecosistemas más alterados (ej.: bosques de pie de ladera y colinas) o porque son objeto particular de prácticas de aprovechamiento no sostenible.

Esto lleva a vulnerar el valioso patrimonio florístico de Santa Fe de Bogotá. Algunas especies de árboles han sido llevadas a situaciones extremas, como en el caso del encenillo hoja de mirto, del cual quedan sólo seis individuos, paradójicamente amenazados por la creación del Parque Ecológico de San Rafael.

Muchas especies han ido desvaneciéndose del entorno bogotano, de modo tan inadvertido, que incluso han sido pasadas por alto por la mayoría de los estudiosos que han trabajado sobre la vegetación de la región (en la figura, a la derecha, individuo relictual de *Buddleja americana*, Usaqué).

Su desaparición, como la de cualquier elemento del paisaje, tiene dos formas: cultural y física. A medida que la fragmentación de la cultura rural progresa acoplada a la fragmentación del entorno natural, los conceptos que definen los elementos naturales y los valores tradicionalmente asociados a éstos, van desapareciendo más rápido que las especies mismas.

Una vez que el elemento natural (sea una especie vegetal) ha perdido su referente en la cultura, dentro de un paisaje totalmente humanizado, queda desconectado de la función antrópica y su conservación se hace totalmente incierta y eventualmente improbable.

Por tanto, la restauración de estos elementos debe ser tanto física como cultural, reintroduciéndolos en el ecosistema (dentro de la posición ambiental y sucesional que les corresponde) y dentro de la cultura, en pautas de percepción, valoración y manejo sostenible (en la figura a la izquierda, individuo relictual de *Polylepis cuadrijuga*, Sumapaz).

Dado el carácter de especies amenazadas y lo vulnerable de la situación de muchas de ellas, los tratamientos de preservación y restauración deben ser enfáticos, cuidadosamente controlados y llegar al nivel de individuos siempre se sea necesario.

Entre las especies que el Estudio Base de Restauración (DAMA – Fundación Bachaqueros) indica como amenazadas se cuentan:

- Aguacatillo (*Ocotea heterophylla*)
- Aguacatillo rojo (*Persea ferruginea*)
- Almanegra (*Buddleja americana*)
- Amarillos (*Nectandra* spp.)
- Arraclán (*Rhamnus pubescens*)
- Cedro (*Cedrela montana*)
- Chuwacá (*Prunus buxifolia*)
- Colorado (*Polylepis cuadrijuga*)
- Encenillo bogotano (*Weinmannia bogotensis*)
- Encenillo de hoja ancha (*Weinmannia karsteniana*, W. Valbisiana)
- Encenillo de hoja gruesa (*Weinmannia auriculífera*)
- Encenillo de hoja redonda (*Weinmannia rollotii*)
- Encenillo hoja de mirto (*Weinmannia myrtifolia*)
- Hueso (*Myrcia dugandii*)
- Ilex (especies de porte arbóreo)
- Laurel dorado (*Ocotea sericea*)
- Palma de cera (*Ceroxylon andicola*)
- Palma sarro o boba (*Alsophila frigida*)
- Pino romerón (*Podocarpus oleifolius*)
- Rodamonte (*Escallonia myrtilloides*)
- Susca (*Ocotea calophylla*)
- Symplocos (especies de porte arbóreo)
- Tuno gigante (*Miconia cundinamarcensis*)

- Tuno roso (*Axinaea macrophylla*, *A. scutigera*)

Entre estas especies algunas son raras, otras se encuentran en vía de extinción local, otras de extinción distrital o total. Otras se han enrarecido muy por debajo de su abundancia histórica.

Obviamente, en las áreas donde el deterioro del ecosistema está más avanzado, la lista se ampliaría. Al norte de Ciudad Bolívar, por ejemplo, una especie tan abundante como el tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*) ha llegado virtualmente a desaparecer, al punto que es motivo de admiración quien aún tiene un cabo o un bastón de esta madera.

Condiciones físicas básicas

- Para cada especie cuentan condiciones físicas distintas, de acuerdo con su rango y su óptimo ecofisiológico dentro de la ecoclina.

Oferta ambiental

- En algunos casos aunque la especie ha venido desapareciendo, el ambiente que le es propicio se ha mantenido en una extensión importante, lo cual hace más factible su reintroducción.
- En otros casos, la especie ha desaparecido conjuntamente con el ecosistema del que hacía parte. En estos casos no sólo se pierden comunidades completas de especies, sino que se alteran profundamente las condiciones físicas y el funcionamiento total del ecosistema haciendo más difícil la restauración de uno de sus elementos, como en el caso de la especie amenazada.
- El principal caso de extinción masiva, a nivel de comunidad vegetal completa, es el de los bosques de pies de ladera y colinas, alrededor del altiplano bogotano. Aunque quedan algunos cedros, arrayanes, salvios y almanegras aislados, el ecosistema como tal desapareció.

Potencial biológico

- En estos casos, cada individuo relictual cuenta, como fuente de semillas para la restauración.
- Los relictos de vegetación conteniendo estas especies, son de gran valor, como rodales semilleros y como modelos para la restauración del hábitat particular de cada especie amenazada.
- En muchos casos, es preciso evaluar el estado de conservación de la fauna dispersora asociada y el grado de especificidad de la relación entre la especie vegetal amenazada y la animal que la dispersa. En el caso de palmas y Lauráceas, la dependencia de loros y guácharos puede ser clave.
- El efecto de la desaparición de la mastofauna altoandina (pequeños,

medianos y grandes mamíferos) sobre la dispersión y mantenimiento del hábitat de determinadas especies vegetales, está aún por ser investigado.

- Las condiciones físicoquímicas y especies de hongos involucradas en la micorrización de las especies amenazadas de árboles se desconocen. Sin embargo, puede asumirse que su reintroducción depende en buena medida de la adecuada preparación biológica del sustrato y la inoculación de tierra y semillas con las micorrizas específicas. Puede decirse que cada árbol debe ser preservado y rescatado junto con su hongo simbiote.

- El potencial biológico es un factor crítico en el rescate de una especie vegetal, dada su estrecha interacción con otros organismos. Estas poblaciones vegetales no pueden desaparecer o restablecerse como unidades aisladas y modulares; son una porción de la red de la vida y su devenir está indisolublemente unido al de los insectos, aves, mamíferos y hongos que participan en sus procesos vitales.

Potencial sociodinámico

- Persistencia de prácticas de aprovechamiento no sostenible.
- Desaparición de conceptos y valores asociados a las especies amenazadas, partiendo de su identificación misma.
- Interés creciente entre la población urbana y suburbana por la conservación de la biodiversidad.
- Interés en el enriquecimiento del arbolado urbano y suburbano con especies nativas.
- Fortalecimiento normativo e institucional de la gestión ambiental del Distrito.
- Multiplicación de los viveros privados y diversificación de las líneas de producción.
- Alto interés en la jardinería suburbana.
- Apego a elementos naturales vinculados a la tradición rural. Los que aún recuerdan valoran mucho el tener un árbol de una especie hoy rara, pero abundante en su memoria.
- Prácticas religiosas tradicionales, en el caso de la palma de cera, cuyos juveniles son anualmente depredados para el Domingo de Ramos.

Factores limitantes

- Pérdida de poblaciones animales y microbianas asociadas.

- Desaparición de condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento y reproducción de las poblaciones amenazadas.

Factores tensionantes

- Entresaca selectiva (cercos, cabos, tutores, construcción, enchapes, leña, ramos santos). Periódica y consuetudinaria. [3]
- Desforestación por expansión de cultivos y pasturas. Creciente. [3]
- Destrucción del hábitat de la flora (extinción a nivel de comunidades y ecosistemas completos). Creciente y difícilmente reversible. [2,3]
- Clareo de los rodales relictuales por incursión del ganado a su interior. Continuo y creciente. [3]
- Presión de caza y destrucción de hábitat de la fauna dispersora. Creciente y localmente agudo. [5]
- Alteración profunda de los suelos. Probable pérdida de condiciones para las micorrizas específicas. Creciente y difícilmente reversible. [2,4]

Interacción tensionantes - limitantes

- La desaparición gradual de la especie forestal amenazada retroalimenta la de la biota asociada (microbios y fauna).

Alteración

- Pérdida de biodiversidad y empobrecimiento de la estructura de las comunidades vegetales.
- Desarticulación funcional de la red trófica a través de las poblaciones microbianas y animales asociadas a las especies en vía de extinción.

Potencial de restauración

- Varía de una especie a otra, dependiendo de la oferta de hábitat para su reintroducción y la disponibilidad de las relaciones biológicas de las que depende para completar su ciclo vital.
- Es realmente difícil evaluar con certeza el potencial de restauración de las poblaciones forestales amenazadas, dado nuestro escaso conocimiento de su historia natural. Sin embargo, puede estimarse que sería muy raro el caso de la especie que no pudiera repoblarse.

Priorización

- Dada la irreversibilidad de la extinción, este cuadro de restauración es de máxima prioridad. Es una enorme responsabilidad con la historia y las futuras generaciones, el mantenimiento de todas las poblaciones biológicas que nos acompañan en el viaje de la biosfera a través del tiempo.
- La priorización debe ir en el orden de la amenaza de extinción a nivel total, nacional, distrital y, por último, local.

Estrategias

- El rescate de estas especies debe hacer parte de una estrategia cultural educativa y divulgativa, haciendo de ellas elementos de reconocimiento de los valores de la biodiversidad y la conservación.
- Preservación de rodales relictuales de especies amenazadas.
- Restauración de bordes y ecotonos de los rodales relictuales. Prevención del acceso del ganado al interior de los rodales.
- Ubicación y preservación de rodales propicios para la reintroducción de especies amenazadas.
- Protección especial de individuos únicos.
- Conexión de individuos únicos, rodales relictuales y rodales propicios a la red de corredores y estribones de dispersión.
- Inclusión de las especies amenazadas en todos los programas y proyectos de viverismo, revegetalización y arborización, tanto en el área rural como en la urbana.
- Reintroducción de cada especie en rodales correspondientes a su posición ambiental (segmento en la ecoclina) y la etapa sucesional propia de su subpoblación juvenil (tipo de vegetación en que suelen encontrarse sus juveniles).
- Investigación prioritaria en la historia natural de cada especie amenazada, con énfasis en condiciones de dispersión, germinación, micorrizas y fauna asociada.
- Educación y extensionismo ambiental orientadas a modificar las pautas de manejo negativas sobre las especies amenazadas.
- En muchas regiones, de acuerdo con la Iglesia, ha sido ensayada con éxito la sustitución de la palma por un arbolito que se bendice en la eucaristía y se planta ceremonialmente en las rondas y nacederos de la comunidad. La práctica se refuerza con la asociación del agua bendita a la bendición del agua en las fuentes abastecedoras, el mesías agua de vida, fuente de salvación, etc.



CUADRO XV: REDUCCIÓN DE HÁBITATS PARA LA FAUNA NATIVA

Si bien la vegetación es "la matriz estructural y funcional de los ecosistemas terrestres", la fauna es componente esencial de todos los ecosistemas. Sería falso suponer que pudieran restaurarse sólo los elementos vegetales y que éstos pudieran reconstruir los ecosistemas como yermos verdes desprovistos de garras, plumas, zumbidos y aleteos. Sólo una vegetación muy magra (prácticamente un desierto) podría desarrollarse sin el aporte que invertebrados y vertebrados hacen a la formación del suelo, el reciclaje de la materia orgánica, la polinización, la dispersión de las semillas y el control de las poblaciones vegetales por medio de la herbivoría en todas sus formas.

En particular, debemos decir que el bosque altoandino y el subpáramo son ecosistemas cuya regeneración depende en su mayor parte de las aves. Varias de las familias vegetales que mayor participación tienen en los procesos de autoreparación de matorrales y rastrojos, son típicamente ornitócoras (Melastomataceae, Ericaceae, Myrsinaceae, Lauraceae, Rosaceae). Desde el páramo hasta el bosque de alisos abundan los casos de relaciones específicas planta–animal.

De hecho, el patente empobrecimiento de la cobertura vegetal en gran parte de los alrededores bogotanos puede deberse en gran medida a la defaunación del área rural, tras siglos de caza, deforestación y otras perturbaciones.

Las especies grandes y medianas como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el venado coliblanco (*Odocoileus virginianus*), el venado soche (*Mazama rufina*), la danta de páramo (*Tapirus pinchaque*), el borugo (*Agouti takzanowskii*) y el conejo de monte (*Silvilagus brasiliensis*) tienen relaciones estrechas con determinadas especies y comunidades vegetales. Los efectos de su virtual desaparición de extensas porciones de sus areales originales, están sin evaluar. Algunos, como las ardillas y los borugos, pueden ser considerados verdaderos reforestadores de profesión, dado su hábito de enterrar más semillas que las que logran recordar y desenterrar.

Que la existencia de las ciudades y la conservación de la fauna silvestre sean dos realidades mutuamente excluyentes es una situación lamentable e innecesaria de la que participa Santa Fe de Bogotá, a diferencia de muchas grandes urbes del mundo.

De hecho, uno de los mejores indicadores de civilización es el grado de compenetración y convivencia entre hombres y animales. La escasa fauna urbana, suburbana y rural de Santa Fe de Bogotá, refleja lo hostil de sus procesos de ocupación y urbanización.

Como se enunció en el caso de las especies vegetales amenazadas, el objetivo de manejo dentro de este cuadro de restauración es el restablecimiento de las especies animales en la estructura y función del ecosistema antrópico, recuperando su valencia dentro de los procesos y formas tanto de la cultura como del paisaje.

En este cuadro, la inseparable restauración de Naturaleza y cultura es especialmente evidente. Es imposible restablecer la fauna o cualquier otro atributo ecosistémico, sin sanear los procesos que han llevado a su pérdida y mantenido su ausencia. Restaurar plantas, animales o suelos, sin trabajar la cultura de relación hombre–Naturaleza es tan necio como liberar venados en los Cerros Orientales de buenas a primeras.

Algunas especies son más carismáticas que otras. Mientras unas se venden solas, otras requieren un esmerado manejo de imagen. Las más carismáticas tienen el valor adicional de servir como símbolo para procesos de educación ambiental, defensa de la biodiversidad y restauración. Si la cara es bonita, la pueden sacar por todas las demás.

Tal puede ser el caso de las aves, la fauna más popular y fácil de observar. El trabajo de la Asociación Bogotana de Ornitólogos y otros grupos de aficionados a las aves, es un modelo y un indicador del potencial que la fauna urbana, suburbana y rural del distrito tiene como recurso para la educación y la recreación.

Aunque el Protocolo Distrital de Restauración no es el espacio para desplegar un manual de manejo de vida silvestre, es indispensable incluir algunos puntos básicos para la restauración de hábitats y refaunación, máxime dado el poco desarrollo que el tema ha tenido en el país y en la región (aparte de experiencias aisladas del Inderena, el proyecto Cóndor y el proceso heroico de la WSPA en Colombia).

Los proyectos de manejo de fauna silvestre son los más exigentes en continuidad. Por esto, la disponibilidad a largo plazo, de terrenos y fondos, muchas veces sólo se garantiza en entornos institucionales muy peculiares o en pequeñas experiencias privadas (iniciativas de la sociedad civil). En el momento de elaboración del presente Protocolo, cursa en el DAMA un proyecto institucional de manejo de fauna silvestre altoandina, con énfasis en especies promisorias como el borugo de páramo.

Condiciones físicas básicas

- Las descritas en las generalidades, al principio de la sección.
- La movilidad le confiere a la fauna una mayor adaptabilidad, en general, que la de las plantas. Los animales pueden ajustar su adaptación, aún en áreas muy alteradas, desplazándose a través de distintos ambientes con ofertas complementarias de recursos. Para ello, obviamente, necesitan poder desplazarse a través del paisaje, lo que hace de la circulación un requisito vital de su preservación y restauración.

Oferta ambiental

Cada especie animal tiene distintas demandas con respecto a su entorno, requiriendo distintos recursos para el cumplimiento de cada una de sus funciones y etapas vitales.

La restauración de cada población animal en particular, debe partir de la preservación y restauración del mosaico de elementos y ambientes que componen su hábitat, teniendo en cuenta sus necesidades de:

- Agua: todos los animales requieren agua en diferentes cantidades. La restauración debe garantizar su acceso a ella.
- Forrajeo: ambientes y plantas que proveen alimento a ella o a sus presas. Aquí debe tenerse en cuenta la distribución espacio-temporal de la oferta alimentaria, de modo que la población objeto pueda balancear su dieta con

distintas especies en distintos ambientes y que disponga de alimento a lo largo de todo el año.

- Refugio: sitios, topografías y tipos de vegetación que le sirven como abrigo para descansar y ocultarse del hombre, depredadores y la intemperie, así como los oteros desde los cuales puede vigilar su territorio o su nido.
- Reproducción: sitios para cortejo, apareamiento, puesta y nidación. Cuenta también la disponibilidad de materiales o elementos específicamente empleados para el cortejo o la nidación (señuelos, obsequios, adornos, fibras, etc.).
- Desplazamiento: corredores y estribones a través de los cuales el animal puede hacer sus desplazamientos diarios o estacionales. La fauna andina frecuentemente presenta migraciones verticales (a través de distintas altitudes o aguas arriba y abajo). Aquí cuentan también los hábitats que sirven de estación a poblaciones migratorias.
- Segregación subpoblacional: ambientes y recursos empleados por distintas subpoblaciones (hábitat de juveniles, estados larvarios, etc.).

Potencial biótico

- Aunque el potencial biótico es, a ojos vista, limitado, subsiste más fauna que la aparente. La modificación de la conducta forzada por el hombre y la inaccesibilidad de los relictos que les sirven de refugio, hacen menos conspicua la fauna sobreviviente y más dura su supervivencia.
- Los pequeños y medianos animales del suelo (micro y mesofauna edáfica) se han conservado en muchos de los fragmentos de bosque y rastrojo. Sus principales enemigos son la erosión, la deforestación y el establecimiento de coberturas vegetales hostiles (cultivos agrícolas y forestales industriales).
- La herpetofauna (anfibios y reptiles) está medianamente bien conservada, dependiendo marcadamente de la conservación de los distintos tipos de humedales. Hasta la más pequeña charca o turbera cuentan para la supervivencia de estos organismos.
- La rica avifauna que aún se conserva en el Distrito Capital, es muestra no sólo de la adaptabilidad de este grupo, sino también de lo abundante que debió ser en un principio. Sin embargo, se registran ya varias extinciones y varias especies endémicas hacen fila para convertirse en dolorosos recuerdos.
- La mastofauna es el elemento más golpeado, en gran medida por la proximidad de su nicho ecológico al del hombre y sus animales domésticos. Las poblaciones remanentes de muchas de estas especies están por censarse. Aparte de algunas pequeñas poblaciones de micromamíferos en las áreas suburbanas, el principal potencial radica en la conexión ecológica del Teusacá y Sumapaz a los corredores ecológicos del Oriente Cundinamarqués y la Orinoquia.

- La refaunación requerirá indudablemente la obtención y manejo de poblaciones parentales iniciales, en zonas donde las especies han desaparecido por completo.
- Individuos de procedencia desconocida (como los recogidos en decomiso) no son aptos para reintroducción en áreas ya habitadas por la especie (u otras epidemiológicamente afines), a no ser bajo estricto control previo zoosanitario.

Factores limitantes

- El principal factor limitante para la refaunación es la disponibilidad de hábitats específicos. Por otra parte, un limitante para la restauración de algunos hábitats es la disponibilidad de la fauna asociada. Esto impone la necesidad de procesos integrales de restauración de fauna – flora – entorno.
- El mayor factor limitante es la actitud cultural de la población rural y suburbana hacia la fauna. Es preciso abonar este terreno con una eficaz educación ambiental y medidas de control ("enforcement"), asumiendo la restauración cultural como prerequisite de la restauración física de la fauna.

Factores tensionantes

Por su posición trófica, la fauna refleja y sintetiza la mayor parte de los tensionantes ambientales. Los de mayor frecuencia recaen directamente sobre fauna y vegetación (tensionantes leves 3 y 5).

- Generales:, reducción, fragmentación y deterioro cualitativo de hábitats por deforestación, fuego, expansión de agricultura y pastoreo y urbanización. Molestias por ruido, tráfico de vehículos, personas y animales domésticos.
- Mastofauna (mamíferos): caza, predación por animales domésticos, atropellamiento.
- Avifauna: caza, predación por animales domésticos, contaminación ambiental (especialmente sensibles a los agroquímicos). Un fenómeno particular es la afectación negativa de ciertas especies de aves por la intensificación de relaciones de parasitismo de nidación, presión de competidores oportunistas y predación de nidadas, como resultado de alteración antrópica del hábitat, favorable a especies oportunistas (ej.: *Turdus fuscater*, *Molotrus bonariensis*).
- Herpetofauna (anfibios y reptiles): desecación, contaminación hídrica, atropellamiento, eliminación por falsas creencias.
- Entomofauna: los insectos y en especial ciertos grupos como las mariposas y polillas (Lepidópteros), son especialmente sensibles a la polución atmosférica, los agroquímicos y la desaparición de plantas específicas o pequeños rodales (abundan los microendemismos, especies que sólo habitan en extensiones muy reducidas).

Interacción limitantes – tensionantes

- La desaparición paralela de plantas y animales asociados representa un grave peligro para su conservación, máxime cuando estas simbiosis son específicas y estrictas (cada participante es indispensable e irremplazable).
- La desaparición de la fauna en el paisaje, seguida de la desaparición en la cultura, hace que la fauna reintroducida llame la atención. Sólo una intensa educación puede preparar la actitud para que esta atención se oriente positivamente hacia la conservación (ver y no tocar).

Alteración

- La desaparición de los hábitats y la de la fauna son manifestaciones del desmontaje completo de los ecosistemas.
- La alteración representa el efecto extenso de un régimen crónico de tensionantes leves (remoción de organismos).

Potencial de restauración

- Siempre que la especie no se halla extinguido por completo y no se hayan perdido irreversiblemente elementos críticos de su hábitat, la restauración es factible.
- Los principales condicionantes son culturales e institucionales.

Estrategias

- Dado el tipo de alteración, la estrategia general es la reducción de los tensionantes y la reintroducción de plantas y animales asociados.
- Investigación de la historia natural de las especies a repoblar, con énfasis en sus requerimientos de hábitat.
- Educación ambiental para la participación comunitaria en la preservación de la fauna reintroducida.
- Desarrollo de imágenes de reconocimiento (personajes simbólicos) alrededor de fauna carismática y las especies más amenazadas (ej.: endemismos).
- Restauración con énfasis en elementos claves del hábitat (mencionados arriba en oferta ambiental).
- Corredores y estribones de dispersión.
- Énfasis en la conexión al oriente cundinamarqués (Teusacá, San Cristóbal y

Sumapaz).

- Restauración de corredores ecológicos a través de la ecoclina vertical.



CUADRO XVI: FALTA DE ESPACIOS NATURALES AUTÓCTONOS PARA EDUCACIÓN Y RECREACIÓN

A medida que la ciudad se expande sobre las áreas rurales, incorpora el espacio en distintos patrones, de acuerdo con el ordenamiento espontáneo de cada frente de urbanización.

Algunos de estos patrones presentan rasgos urbanísticos y ambientales muy inconvenientes, como la destrucción del arbolado rural y de remanentes de ecosistemas naturales, paralela a una baja incorporación de zonas verdes y espacios públicos.

El ordenamiento de los nuevos sectores urbanos en el borde de expansión requiere una incorporación planificada de los elementos naturales, de modo que sirvan como elementos de sustentación ambiental dentro del mosaico urbano y como estructura guía del ordenamiento urbano desde el inicio del proceso de conurbación.

Por otro lado, es preciso crear áreas para la educación ambiental y la recreación, en la periferia urbana, como medio de apropiación de los valores ambientales del área rural por parte de la población total del Distrito.

Muchas de estas áreas pueden surgir como Reservas Naturales de La Sociedad Civil (Ej.: Parque Museo del Páramo) o como áreas protegidas del Distrito, propuestas y cogestionadas por organizaciones no gubernamentales (Ej.: humedales como La Conejera y Juan Amarillo, cerros como el Parque Entrenubes).

Las áreas verdes periurbanas deben servir como interfase educativa que oriente todas las actitudes y funciones urbanas, suburbanas y rurales hacia una simbiosis hombre – naturaleza. Estas áreas deben convertirse en generadoras de la cultura de sostenibilidad que sustente el ordenado desarrollo del Distrito.

Condiciones físicas básicas

- Se cumplen las expuestas en las generalidades, al principio de esta sección.

Oferta ambiental

- El Distrito cuenta con numerosos fragmentos de sistemas naturales en el área rural, de distintos tipos de ecosistemas, en diversos estados de conservación y con distintas condiciones de accesibilidad.
- Además de los espacios silvestres, los mismos espacios agropecuarios representan una oferta de zonas verdes y de contacto con la Naturaleza en su forma domesticada.

Potencial biótico

- La biodiversidad de muchas de las áreas cercanas a la ciudad es sorprendentemente elevada, representando un elevado potencial para la investigación, la educación ambiental y la recreación pasiva.
- La diversidad de flora y fauna de las áreas rurales constituye una reserva de herramientas para el manejo de la arborización y las zonas verdes urbanas y suburbanas y para el proceso de adaptación de fauna urbana y suburbana.

Potencial sociodinámico

- Alta demanda de espacios públicos y zonas verdes.
- Alta demanda de espacios y servicios de educación ambiental.
- Creciente sensibilidad a la calidad ambiental y servicios ambientales.
- Creciente interés en el conocimiento y manejo de la biodiversidad nativa.
- Políticas de ordenamiento distrital tendientes a la estabilización y consolidación de la interfase suburbana.
- Política de ordenamiento distrital basada en el aprovechamiento de los valores ambientales y agropecuarios del área rural por parte del desarrollo urbano.
- Prioridad distrital en la creación de Parques y zonas verdes.

Factores limitantes

- Elevado costo de la tierra en áreas periurbanas.
- Alta fragmentación de la tenencia, dificultando la negociación de predios o control del manejo y el ordenamiento en áreas suburbanas.
- Limitados recursos administrativos y técnicos para el control del ordenamiento espontáneo del borde de expansión.
- Desarrollo aún incipiente de la cultura de apropiación y uso público de las zonas verdes.
- Falta de sustento y claridad técnica en los fundamentos y objetivos de manejo de los parques distritales, en especial en lo referente a la conciliación de objetivos de uso y conservación. Abundan los enfoques reduccionistas y la falta de integración y priorización de criterios y propósitos.

- Falta de desarrollo conceptual y técnico en torno a los fenómenos y espacios suburbanos. Lo suburbano aparece siempre como apéndice de lo rural o lo urbano o, máxime, como área de transición temporal a la urbanización, no como opción de vida y franja con características y funciones propias dentro y fuera del distrito, como una orla que engloba parte de las áreas rurales distritales y varios municipios vecinos.

Factores tensionantes

Muchos de los tensionantes presentan una dinámica compleja, de tipo cultural e institucional, con profundas repercusiones sobre la alteración de los ecosistemas del área rural, afectando toda la estructura y función desde las fuentes y entradas mismas de energía, hasta la destrucción de suelos y organismos (tensionantes severos 1 y 2, tensionantes leves 3,4 y 5).

Se trata, por ende, de un problema de ordenamiento, el más complejo: el manejo sostenible de la mayor alteración antrópica del paisaje, como lo es la urbanización.

La lista de tensionantes que impiden una correcta apropiación de espacios naturales del área rural al ordenamiento urbano, es casi interminable. Sin embargo, en orden aproximado de severidad decreciente pueden mencionarse los siguientes:

- Falta de criterios, normas y herramientas eficaces para el control de la expansión urbana desordenada. [2].
- Falta de coordinación interinstitucional para la atención y dotación de las áreas de expansión urbana. [2]
- Falta de conceptualización y valoración de los elementos naturales nativos, que permita orientar y optimizar el aprovechamiento educativo y recreacional de los espacios naturales. [2]
- Fuerte presión de expansión por inmigración (en su mayoría población desplazada por la violencia en todo el país). Creciente. [2]
- Introducción de conceptos, valores y funciones urbanizantes por parte de la población suburbana en las áreas rurales. Creciente. [2]
- Degradación severa de los espacios rurales por manejo agropecuario insostenible, con la consecuente pérdida de valor rural y ambiental y exposición a la ocupación urbana desordenada de menor valor agregado a la tierra. Creciente. [2]
- Falta de guías técnicas para la urbanización de espacios naturales y manejo de áreas verdes de la ciudad. [2]
- Pobre desarrollo conceptual y metodológico del tema del ordenamiento, en desproporción a la complejidad del mismo en el caso bogotano. [2]
- Dinámicas sociales consuetudinarias de urbanización pirata, clandestina o

pobremente diseñada. Creciente. [2]

- Sustitución de la red natural de sustentación ambiental (servicios ambientales de los ecosistemas y microcuencas locales) por una red artificial (servicios públicos), acarreando pérdida de valor y eventual deterioro de los elementos naturales (ej.: microcuencas abastecedoras que con la conexión a acueductos locales y distritales se abandonan y convierten en cloacas). Creciente. [2]

- Establecimiento agresivo de plantaciones forestales exóticas, canteras, tugurización, contaminación y, en general, todas las situaciones presentadas en los demás cuadros de restauración de esta sección. Creciente. [2]

Interacción tensionantes – limitantes

- La ignorancia de los valores ambientales y del potencial de los elementos rurales y naturales para la orientación y enriquecimiento del ordenamiento urbano, lleva a su destrucción. La destrucción contribuye a su desconocimiento. Este círculo vicioso acopla el empobrecimiento de la cultura al empobrecimiento del entorno, progresando hasta situaciones de máxima degradación de ambos (barrena cultural–ambiental o "inercia de inodoro").

- La ignorancia de los elementos e interrelaciones del ordenamiento espontáneo y de los ecosistemas de las áreas rurales tiene mayores repercusiones cuando se da a nivel técnico y político en las instituciones.

- Los elementos de análisis revelan dos situaciones de fondo: por una parte, escasa comprensión del ordenamiento y la urbanización y, por otra, escaso conocimiento de los elementos y procesos de las áreas rurales y silvestres del Distrito, tanto por los administradores como por la ciudadanía en general.

Alteración

- Dada la complejidad e intensidad de los tensionantes involucrados y los profundos efectos de transformación del ecosistema, la alteración puede calificarse como un deterioro complejo, llegando a extremos de degradación. Lo último se aprecia en la clara pérdida del potencial educativo, recreativo, de ordenamiento y servicios ambientales, que la urbanización desordenada del área rural acarrea al Distrito de modo prácticamente irreversible.

- La tendencia es creciente. De hecho, la degradación misma de la oferta ambiental suburbana, promueve la incorporación de nuevas áreas rurales al proceso urbanizador, en una dinámica de franjas concéntricas de alteración creciente, cada una de las cuales crea las condiciones para que la siguiente ruide sobre ella (silvestre – rural – suburbano – urbano subnormal – urbano consolidado).

- La dinámica del distrito tiene claras interdependencias con el ordenamiento espontáneo del país, siguiendo el ritmo de la violencia política, la crisis económica del agro y el desbalance rural/urbano colombiano.

Potencial de restauración

- Las condiciones ambientales, socioeconómicas, políticas e institucionales determinan un alto potencial para la estabilización y ordenamiento armónico de la franja suburbana y el borde de expansión, así como para la incorporación de espacios silvestres y agropecuarios del área rural a la oferta de espacio público del Distrito.
- La relación oferta ambiental del área rural / demanda ambiental urbana constituye una gran oportunidad de desarrollo turístico, recreacional y educativo para el Distrito.

Priorización

- La política de recuperación y ampliación del espacio público y consolidación de nuevos parques en el borde de expansión urbana es, de hecho, una prioridad del Distrito.
- La priorización de los distintos proyectos y áreas debe hacerse considerando sus valores intrínsecos, su contribución al control del ordenamiento efectivo del Distrito y la distancia al sector urbano.

Estrategias

- La ubicación de áreas claves de preservación y restauración y su vinculación a las categorías del SAP (Sistemas de Áreas Protegidas del Distrito) se presenta en el Plan de Manejo de Ecosistemas Estratégicos de las Áreas Rurales del Distrito Capital.
- Desarrollar las bases conceptuales, normativas y técnicas para el ordenamiento y manejo del área suburbana como una franja estable de conexión y transición espacial (no temporal) entre la urbana y la rural.
- Promoción de la creación de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, a través de incentivos, asistencia técnica y la consolidación de la Red Distrital, vinculada a la Red Nacional y coordinada con el SISADI (Sistema Agropecuario y Ambiental de las Áreas Rurales del Distrito Capital).
- Promoción masiva del ecoturismo.
- Educación para el aprovechamiento sostenible de las áreas verdes y áreas protegidas del Distrito.
- Promoción del desarrollo tecnológico del ecoturismo y la recreación, como línea fuerte de especialización funcional del Distrito Capital.
- Desarrollo de enfoques y diseño paisajístico y urbanístico que enfatizan la compenetración y simbiosis de elementos naturales y artificiales en las áreas verdes y el mosaico urbano en general.

- Paisajismo y manejo que concilien los requisitos de conservación de elementos vulnerables con los usos propios del espacio público.



CUADRO XVII: ALTERACIÓN MESOCLIMÁTICA

La alteración extensiva de la cobertura vegetal acarrea la expansión de condiciones físicas y bióticas de las franjas altitudinales superiores sobre las inferiores.

La expresión más extensa de este fenómeno en el área rural del Distrito es la paramización secundaria, consecuencia de la deforestación y destrucción del mesoclima forestal.

La disminución de la biomasa vegetal y la regulación forestal tiene efectos principales en la disminución de la temperatura media y del balance hídrico, así como en el aumento de las oscilaciones de temperatura y humedad.

El cambio extensivo de coberturas forestales (frías) por herbáceas o sustratos desnudos (mucho más cálidas) acarrea una disminución de la precipitación coadyuvada (condensación de rocío y nieblas bajas sobre el follaje y otras superficies), que es una parte importante de la entrada de agua a las cuencas altoandinas.

La alteración mesoclimática tiene una complicación adicional: la deforestación extiende las condiciones atmosféricas de las partes altas hacia las partes bajas, mientras que la adaptación de las especies vegetales se facilita hacia temperaturas más cálidas. Es decir, que mientras que las plantas se adaptan más fácilmente a condiciones de mayor temperatura que las propias de su rango altitudinal, la alteración mesoclimática las enfrenta a temperaturas más bajas.

Esto le da una clara ventaja competitiva a las especies oportunistas (prolíficas y con gran capacidad de dispersión) de las tierras altas, para colonizar áreas donde la perturbación de la cobertura original es lo suficientemente extensa como para ocasionar un cambio mesoclimático.

En el caso bogotano, puede apreciarse que la regeneración de pequeños parches en medio de masas forestales involucra especies y etapas distintas de la sucesión en zonas extensamente deforestadas, donde muchos pastos y arbustos del páramo y subpáramo ocupan ágilmente los terrenos de donde el bosque altoandino ha sido eliminado.

La alteración mesoclimática afecta, por supuesto, el funcionamiento y formación del suelo, por lo que la paramización secundaria involucra atmósfera, sustrato y vegetación. Esto da lugar a que la sucesión vegetal se desvíe y detenga en tipos correspondientes a páramo y subpáramo secundarios (formas simplificadas de los primarios, dominadas por oportunistas). Este subclímax o sucesión detenida es, con frecuencia, muy estable, debido al fenómeno del doble seguro edafo-atmosférico: el mesoclima paramizado (más seco, más frío, más fluctuante) limita la producción vegetal y la adecuación del suelo por los aportes y protección de la vegetación; el suelo erosionado limita la producción primaria y la adecuación microclimática por el crecimiento de la vegetación. Se mantiene así un ambiente físico severo y elemental y una vegetación oportunista de subpáramo o páramo secundario.

La convivencia de los bogotanos, por generaciones, con un paisaje profundamente alterado, ha llevado a dos creencias erróneas: la primera, que los árboles nativos son los que se ven en los matorrales y rastros bajos o los bosques enanos, formados a raíz de la extensión del subpáramo secundario; la segunda, la consideración como páramos a conservar de los frondios pajonales de los vastos páramos secundarios que se han extendido a expensas del bosque altoandino. Realmente pocos bogotanos conocen la magnificencia del encenillal y mucho menos la majestuosidad de un bosque de chuacás, Lauráceas o cedros. Muchos de los páramos que algunos tratan de preservar, son realmente páramos secundarios, terrenos arrasados donde habría que restaurar el bosque altoandino.

Si el potencial biótico ha sido reducido hasta el punto en que los relictos de bosque son escasos y están muy distanciados entre sí, el restablecimiento del mismo es difícil y extensas zonas pueden quedar definitivamente convertidas en yermos como los que se encuentran en extensas áreas de Usaquén o la cuenca alta del Tunjuelo.

La sustitución de biomas forestales primarios por herbáceos secundarios es un efecto típicamente humano. La alteración antrópica tiene generalmente la huella de la disminución de la diversidad, la biomasa, la capacidad de regulación (homeostasis) y, lo que es más preocupante, el descenso del balance hídrico. El fuego, que es un elemento natural de los ecosistemas, se intensifica con la actividad y ocupación crecientes del hombre, lo que favorece la extensión de coberturas herbáceas preadaptadas al fuego, como los pajonales de páramo.

La secundarización antrópica implica generalmente algún grado de aridización. El bosque altoandino es reemplazado por páramos secundarios, pajonales que, de mantenerse los tensionantes, dan luego paso a eriales. Del mismo modo los bosques subandinos son reemplazados por pastizales y sabanas interandinas secundarias, y las selvas amazónicas por sabanas tropicales secundarias. De ahí la sentencia "la historia de las civilizaciones está precedida de bosques y seguida de desiertos".

Condiciones físicas básicas

- Las condiciones físicas corresponden a un corrimiento del gradiente ambiental, de modo que el mesoclima de páramo se extiende hacia altitudes inferiores, precedido del subpáramo.
- Esta extensión aparente se debe a la pérdida de regulación mesoclimática del bosque altoandino, debido a lo cual aumentan las fluctuaciones de temperatura y humedad, disminuye el balance hídrico y aumenta la incidencia de la radiación y el viento sobre el suelo.
- El encrudecimiento del clima afecta los procesos de formación del suelo, haciendo más lento el ciclado de nutrientes, con lo que eventualmente se depositan horizontes de un sustrato más afín al de páramo: con baja asimilación de materia orgánica.
- La erosión que sigue a la deforestación hace que se pierda la mayor parte del suelo forestal, con lo que queda un sustrato más inestable, mineral y superficial, más afín a los suelos de páramo.

- La acidez y las bajas temperaturas del suelo (especialmente en horas de la madrugada) dificultan la absorción del agua por las raíces, causando "sequedad fisiológica" (aunque haya agua, las plantas no la absorben fácilmente. Esto, más la baja disponibilidad de nutrientes y el efecto tóxico del aluminio (abundante en los suelos altoandinos), el cual se deja sentir más sin la amortiguación de la materia orgánica del suelo forestal, determinan el desarrollo de una vegetación micrófila (de hojas pequeñas) y esclerófila (hojas duras), típica del subpáramo y el páramo.

- La paramización se acentúa en los suelos rocosos y en las laderas y cuchillas con pendientes más fuertes, más expuestas al viento, la radiación y la erosión. Esto, conocido como efecto de cuchilla, puede determinar la aparición de vegetación de subpáramo muy por debajo de 2700 msnm.

- La paramización secundaria es, en síntesis, la creación de un ambiente elemental, gobernado por la inercia y la fluctuación del sol, el viento, el agua y los minerales brutos. La tierra ha perdido vida.

Oferta ambiental

- Los efectos de la paramización se acentúan en las partes altas, rocosas o pendientes fuertes y bien drenadas.

- Algunos micrositios conservan condiciones más moderadas y acumulaciones de materia orgánica y humedad: hondonadas, abrigos rocosos, grietas entre rocas, cañadas, márgenes de quebradas, rebajamientos de pendiente y relictos de vegetación leñosa.

- Es probable que el calentamiento global contribuya a atenuar los efectos de la paramización secundaria. El retroceso de los glaciares en las cumbres nevadas de Colombia hace pensar que podría darse un corrimiento florístico hacia arriba, allí donde el régimen de tensionantes antrópicos lo permita.

Potencial biótico

- Fragmentos de vegetación leñosa, que van desde relictos de bosque hasta parches de regeneración de matorral y rastrojo o individuos aislados, sirven de testigos de la composición florística original, así como de modelos y punto de apoyo para la restauración.

- La avifauna altoandina es rica en dispersores y muchas otras criaturas se han conservado discretamente atrincheradas (borugos, ardillas, etc.) de modo que una atenuación del régimen de tensionantes les daría la oportunidad de acelerar el proceso de regeneración del bosque y restauración del mesoclima. Cada uno recrea en su entorno lo que lleva en su interior: los animales del bosque recrean el bosque, así como los hombres crean pastizales y parques (recuerdo de su remoto pasado de sabanas) y los esclavos crean ciudades y desiertos (complejo babilónico).

Potencial sociodinámico

- Creciente interés en la protección del páramo. Aunque este interés frecuentemente se enfoca sobre páramos secundarios, en muchos casos su protección puede ser suficiente para garantizar la regeneración del bosque.
- Muy escaso conocimiento público del bosque altoandino y el subpáramo. Se confunden los ecosistemas y se desconocen las especies.
- Énfasis en la preservación y la creación de parques en el área suburbana y rural, como parte de la política de ordenamiento del Distrito.
- Preocupación creciente por el cambio climático y el suministro hídrico.

Factores limitantes

- Doble seguro edafotmosférico (descrito al principio del cuadro).
- Sequedad fisiológica.
- Incidencia incrementada de heladas de altura.
- Lento ciclado y baja disponibilidad de nutrientes.
- Fuertes fluctuaciones de temperatura, especialmente en y cerca de la superficie del suelo. Condición difícil para la germinación y la supervivencia de las plántulas.
- En general, los mencionados en las generalidades, al principio de la sección.

Factores tensionantes

Si bien el cuadro ha sido creado por un régimen crónico de tensionantes leves (siglos de fuego, desforestación, monocultivo y pastoreo), la modificación del mesoclima representa una profunda alteración de los flujos de agua y energía del ecosistema, un caso típico de tensionante severo (tipos 1 y 2).

- Descenso del balance hídrico complicado con sequedad fisiológica, afectando la productividad primaria (vegetal). [1-2]
- Aumento de las fluctuaciones de temperatura y excesos de radiación. [1]
- Exposición incrementada al viento.[1]
- Complicación con erosión severa, modificación físicoquímica y desestabilización del sustrato.[2]

Interacción tensionantes – limitantes

- Doble seguro edafoatmosférico (ver marco conceptual).

Alteración

- Alteración profunda del ecosistema. Dada la detención de la sucesión sobre extensas zonas secundarizadas, se trata de un deterioro extensivo. Desde el punto de vista de la pérdida de regulación climática y balance hídrico, puede considerarse como una degradación incipiente y generalizada, a partir de la cual distintas zonas pueden fácilmente avanzar en la pérdida de bienes y servicios ambientales.
- La tendencia es compleja, debido a la decadencia de la actividad agropecuaria en extensas zonas y la presión de conservación, sumadas al calentamiento global y la expansión urbana, es probable una reversión del enfriamiento mesoclimático. Sin embargo, aunque la temperatura aumente, es de prever que no lo hará la humedad. La predicción macro y mesoclimática es un campo supercomplejo y no contamos en este estudio con los elementos para abordarlo; sin embargo, puede plantearse como la tendencia más probable el tránsito a un clima más cálido, seco y variable.

Potencial de restauración

- La corrección de una alteración tan extensa y profunda es extremadamente compleja y difícil. Depende de grandes decisiones a nivel global, nacional y distrital, tanto como de multiplicidad de pequeñas acciones a nivel local e individual.

Priorización

- A pesar de lo anterior, desde la perspectiva del Distrito, la prioridad debe ser puesta en la gestión de la cobertura vegetal total, de modo que se controle la aridización y se garantice el clima más fresco y húmedo posible, en pro de un balance hídrico más alto y constante.

Estrategias

- Prevención de la deforestación. Todo remanente de vegetación leñosa en el Distrito debe ser preservado.
- A nivel local, la estrategia apropiada para romper el doble seguro edafoatmosférico y revertir la paramización secundaria en microcuencas y predios, consiste en la combinación de barreras contra viento y heladas (modificación mesoclimática) y plantación de precursores leñosos (sobre pastizales y pajonales) e inductores preclimáticos (en matorrales y rasgtrijos bajos) al abrigo de las barreras, escogiendo aquellas especies características de las seres de ascenso del límite superior del bosque (ecotono encenillal-subpáramo), como Ericáceas, Asteráceas y Myrsináceas, entre otras.
- La paramización a nivel del suelo pueden compensarse con tratamientos edáficos puntuales de apoyo a la revegetalización (cocteleado, quema de

fertilización, fertilización estratégica, etc.).

- A nivel regional, se debe procurar la maximización de la cobertura forestal del Distrito, tanto urbana como suburbana y rural.
- Es necesaria la divulgación masiva del conocimiento sobre los ecosistemas altoandinos de bosque, subpáramo y páramo, a toda la población distrital.
- Incorporar como prioridad y línea de la gestión ambiental del Distrito Capital, las directrices y convenciones de Implementación Conjunta del Cambio Climático Global, en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente.



CUADRO XVIII: DESTRUCCIÓN SOCIOCULTURAL DEL MODO DE VIDA RURAL

La cultura y la organización social son atributos importantes en la estructura y función del ecosistema. Su alteración tiene profundas repercusiones en el desarrollo del paisaje (ordenamiento) que es, en definitiva, la madre de todas las transformaciones.

Aunque implícita en la mayoría de los cuadros anteriores, como fenómeno merece una consideración aparte, desde el punto de vista de la restauración del ecosistema (que puede diferir del antropológico o sociológico).

Bajo esta óptica, son relevantes los siguientes elementos:

- Acervo de conceptos, valores y relaciones sociales.
- Niveles de transformación.
- Regeneración económica, social y cultural del modo de vida.
- Niveles de motivación.
- Balance cohesión / aislamiento.
- Balance autarquía / heterarquía.
- Generación y apropiación de la renta y el valor agregado al suelo.

El modo de vida rural contiene todos estos elementos pero no es sólo su suma. Se trata de un sistema, es decir, de un modo particular como éstos y otros elementos se organizan e interrelacionan, componiendo la forma típica de relación entre un grupo humano determinado y su entorno. Esto es lo que se denomina sistema de alteridad.

Sin pretender incluir un manual de antropología aplicada, es indispensable para la gestión

del área rural y la restauración de los ecosistemas silvestres y agroecosistemas sostenibles, describir los elementos claves, de modo que sean tenidos en cuenta dentro de los programas y proyectos, al involucrar la comunidad.

Acervo de conceptos, valores y relaciones sociales

La conciencia sobre el estado de los ecosistemas, los procesos que los afectan y la forma de las alteraciones, es un punto básico en el eje sociodinámico de un proyecto de restauración. La "falta de conciencia" es frecuentemente señalada como un factor negativo en proyectos ambientales; pero este término es ambiguo.

Para el presente tema, la conciencia puede dividirse en dos puntos:

- **Conceptualización:** disponibilidad de conceptos para definir los elementos y procesos de la realidad y sus interrelaciones, de forma inequívoca, en términos propios de la cultura local y el sistema explicativo habitual. A mayor diversidad y claridad de los conceptos, mayor capacidad para diferenciar los elementos en categorías finas y discernir relaciones complejas ("mayor conciencia").
- **Valoración:** asociación de los conceptos disponibles a valores insertos en la cultura local (bueno, malo, conveniente, oportunidad, amenaza, etc.) y en el modelo de percepción y toma de decisiones del individuo o la colectividad. A mayor peso del valor asociado dentro de las motivaciones personales o grupales, mayor atención a las informaciones del entorno y mayor tendencia a tomar estas informaciones en cuenta dentro de las decisiones de manejo ("mayor conciencia").

El trabajo de "concientización", tan frecuentemente mencionado, se basa, por ende, en el rescate y enriquecimiento de los conceptos y valores que la comunidad asocia a los elementos y procesos de los ecosistemas a manejar.

El patrimonio sociocultural de las áreas rurales, puede estimarse como el acervo de conceptos y valores acumulados y transmitidos de generación en generación, así como las relaciones sociales que permiten la puesta en común de estas nociones y la elaboración de un consenso comunitario alrededor de las mismas, con base en el cual se crea y mantiene la identidad de cada comunidad rural: el lazo entre quienes definen y valoran las cosas de modo semejante.

Niveles de transformación

La urbanización, vista como destrucción del modo de vida rural, implica una serie compleja de transformaciones, la última de las cuales implica la construcción de casas y calles. Un sistema urbano no se crea con sólo poner ladrillo sobre ladrillo; es una transformación total y paulatina de las estructuras y flujos de materia, energía e información en el ecosistema.

Como todas las transformaciones totales dentro del ordenamiento espontáneo del territorio, la urbanización presenta aproximadamente las siguientes etapas:

- **Urbanización mental:** los cambios en las ideas ordenadoras de la praxis de

alteridad, a nivel individual o familiar ; se trata de transformaciones en conceptos y valoraciones, que inciden en la axiología personal y la jerarquía motivacional de los individuos y familias.

- Urbanización cultural: los cambios en las ideas ordenadoras a nivel colectivo (social o comunitario), es la puesta en común (comunicación) de los cambios de mentalidad.
- Urbanización temporal: una de las más sutiles y trascendentes, consiste en un cambio en la forma como las personas conciben, valoran y distribuyen su tiempo. Uno de los ejemplos más dramáticos es el paso de la visión circular del tiempo y las generaciones (típicamente indígena) a la visión del tiempo lineal, sin retorno, implicando el progreso y diferenciación de una generación con respecto a la anterior (típicamente colono).
- Urbanización social: o societalización, básicamente consistente en la secundarización de la red de relaciones primarias de la comunidad local que pasa del control afectivo y los lazos de reciprocidad al control económico y las relaciones de comercio y precio.
- Urbanización funcional: la mediación de la moneda y la organización sobre instituciones y mercados más extensos, permiten la generación y expansión de sistemas de integración regional eminentemente artificiales que se hacen cargo de la regulación y conducción de los flujos de materia, energía e información, en proporción creciente.
- Urbanización física: es la más trivial consecuencia de los procesos anteriores, o su consumación estructural; los cambios operados en el criptosistema, ordenan los elementos de cobertura en el fenosistema, lo cual se refleja en un reemplazamiento creciente de los elementos naturales por cultivos e infraestructura artificial.

Regeneración económica, social y cultural del modo de vida

Es un tópico clásico en los estudios socioeconómicos rurales, la paradoja minifundista, en la cual el productor y su familia mantienen un sistema de producción a pérdida durante años y se resisten a modificarlo, aún después de constatar (con ayuda del técnico) la rentabilidad baja o negativa del mismo.

Regeneración de los elementos del sistema de alteridad a través del ciclo productivo



Sin embargo, campesinos o no, todos hacemos lo mismo. Nuestras decisiones no están sólo motivadas por la racionalidad económica. Cada modo de vida o sistema de alteridad, está compuesto por varios flujos y parámetros que entran todos, con distinta ponderación en la toma de decisiones.

Se entiende por regeneración económica o de los medios de producción, el que al final de cada ciclo productivo, el productor cuente con los medios materiales y los recursos financieros para iniciar el siguiente, idéntico al culminado.

Sin embargo, en el mediano o largo plazo, cuenta también la regeneración integral de todo el sistema de alteridad.

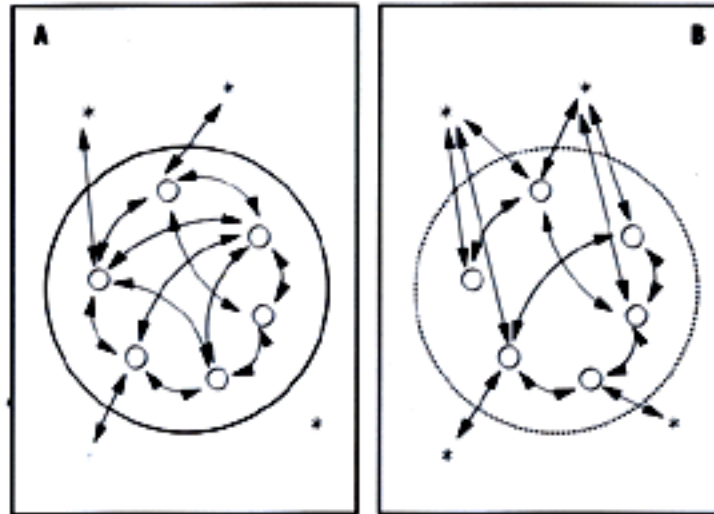
A través de cada ciclo de la producción, la familia productora recrea sus nociones, verifica sus valores, intercambia con sus vecinos sobre estos elementos comunes y reafirma sus relaciones comunitarias y su sentido de pertenencia e identidad con una comunidad y una tradición (identificación intra e intergeneracional). De todo ello, se recibe satisfacción a necesidades básicas socioafectivas y de autoestima, al tiempo que se satisface la necesidad de crear y recrear una visión coherente, predecible y propia del mundo. Esto es lo que podemos llamar, la regeneración sociocultural dentro del ciclo productivo.

En la base del sistema productivo, por supuesto, están los recursos naturales: suelo, agua y biodiversidad. Si tras cada ciclo productivo, estos elementos no son restituidos a sus valores iniciales, en el siguiente deben aumentarse los insumos para subsanar el déficit y alcanzar rendimientos similares.

El agotamiento de los recursos naturales, lleva eventualmente a una gran dificultad para la regeneración económica del sistema. Cuando la subsistencia se ve comprometida, la familia productora se ve obligada a revisar su sistema de nociones, valores y prácticas, y a considerar alternativas. Este fenómeno está en la base de la degradación del modo rural de vida.

Balance cohesión / aislamiento

Sin embargo, aún cuando el sistema sea en sí mismo sostenible, desde el punto de vista natural, social, cultural y económico, puede ser desestabilizado desde el exterior.



Durante cada ciclo, el sistema no está encerrado en sí mismo, sino sometido a la lluvia de información de su entorno. Mientras el sistema funciona y suple integralmente las motivaciones de todos sus participantes, es bastante impermeable a dichas informaciones externas (está fuertemente determinado por su propio contenido y ciclo de información).

Obviamente, dichas motivaciones pueden cambiar, si los conceptos y valores que les sirven de referente cultural son modificados. Todo el mundo responde a una motivación socioafectiva, a la necesidad de ser reconocido y estimado; pero el cómo esto se obtiene, depende tanto del medio como del individuo. Gradualmente, los parámetros de reconocimiento mutuo cambian de rurales a urbanos y los interlocutores deben ajustar sus códigos para ser reconocidos y comunicarse.

El que nuevos conceptos y valores entren a un sistema sociocultural no es en sí negativo, mientras puedan ser resemantizados y apropiados por los participantes, conectándolos armónicamente a los conceptos y valores locales. Pero cuando la entrada tiene una magnitud, forma, contenido o intensidad que dificulta la asimilación cultural, el resultado es la negación de lo externo o lo interno, ante la imposibilidad de la simbiosis conceptual.

En qué medida sucede lo uno o lo otro, depende del balance entre cohesión y adhesión, del sistema con respecto a su entorno.

La densidad e intensidad de las relaciones entre los elementos del sistema determina la cohesión del mismo. Por otra parte, la densidad e intensidad de sus relaciones con elementos del entorno.

En el modelo de la figura, es evidente que el sistema A tiene mayor cohesión y menor adhesión, lo cual le otorga mayor resiliencia sociocultural. En el otro extremo, el sistema B tiene una alta adhesión a elementos del entorno y un tejido social pobre; esto hace que B esté más integrado al entorno y sus elementos sean parte del sistema mayor (¿urbano?) en medida mayor que su dependencia–pertenencia del sistema local.

En las áreas rurales próximas a las ciudades, los intercambios de información con el sistema urbano es obligante. En muchas veredas, las personas pasan más tiempo en sus negocios o empleos urbanos que con sus familias y comunidades en el área rural. Esto, más todas las

formas y códigos de comunicación a que la ciudad fuerza (desde el semáforo y el sistema de transporte público hasta la forma de presentarse al trabajo y departir en el mismo) constituye un fuerte bombardeo de fuerzas adhesivas que restan espaciotiempo al mantenimiento de la cohesión del sistema local.

Otro elemento interesante es el aislamiento (representado en la figura como un gran círculo). La creación de barreras socioculturales selectivas, en torno al sistema local, es función tanto de la cohesión misma (la cual crea códigos propios y dificulta la comunicación externa) como de procesos específicos de aislamiento intencional, por rechazo a las influencias externas.

Balance autarquía / heterarquía

En este punto, podemos ya intentar una definición de «identidad cultural»: el sentido de pertenencia a un sistema sociocultural y la capacidad de los individuos y el colectivo, para permanecer idénticos a sí mismos o evolucionar de un modo determinado más por los propios contenidos culturales que por la subordinación a informaciones externas.

En consonancia con las nociones anteriores, podemos considerar que los sistemas rurales periurbanos tienden a estar fuertemente determinados por los desarrollos urbanos (vías, construcción, cambios políticos, etc.) con pocos grados de libertad para conducir una evolución propia. Se trata de sistemas heterárquicos.

Para que un sistema tenga una alta capacidad de autodeterminación y se haga cargo de su devenir histórico y la transformación de su territorio, requiere mantener y elaborar un alto contenido de información propia (incluso a partir de insumos, pero bien digeridos). Para ello es preciso intensificar los encuentros e intercambios entre los participantes y enriquecer los contenidos, especialmente a partir del rescate de los elementos de la tradición, los cuales permiten la identificación a nivel intergeneracional. De este modo, el peso informático de la historia puede ser empleado para amortiguar las mareas de información de cada instante.

Muchas de las estrategias viables en tal sentido, están relacionados con aspectos tales como las fiestas, conmemoraciones, religión, actividad agropecuaria, formas locales de recreación y socialización, sitios de encuentro habitual, etc.

Generación y apropiación de la renta y el valor agregado al suelo

Un aspecto frecuentemente comentado en esta sección está relacionado con los cambios en el valor agregado al suelo.

Mientras que la valoración integral (económica, socioafectiva, cultural) media el arraigo individual y colectivo al territorio y a la parcela, el valor económico que se atribuye a la tierra, determina en gran medida su uso y transformación.

El valor agregado, resulta de las transformaciones operadas por el uso sobre el terreno, en relación con las demandas de distintos sistemas de alteridad. Aunque toda valoración es relativa, la resultante es tan sencilla como un precio en el mercado de tierras.

La escasa generación y apropiación de la plusvalía asociada a la explotación de la tierra, empuja generalmente al productor a mayores tasas de explotación y alteraciones más

profundas y aceleradas del terreno.

En un punto dado, el agotamiento de la base natural de producción (suelo, agua, biodiversidad) margina el terreno de la producción agropecuaria y extingue su valor rural, colocándolo por fuerza en otros mercados, como el de la urbanización clandestina y el de la explotación minera.

Dependiendo del valor agregado que el predio conserve, de acuerdo con su ubicación, productividad y estado de conservación, unos u otros sistemas de alteridad pueden ubicarse sobre el mismo reemplazando al sistema agropecuario tradicional e iniciando una sucesión socioeconómica urbana.

A medida que las transformaciones añaden valor agregado al suelo, unos sistemas son reemplazados por otros que logran un aprovechamiento más eficiente de ello.

Los habitantes de las áreas rurales y suburbanas, con frecuencia son bien concientes de ello, lo cual afecta su disposición a participar en proyectos de mejoramiento ambiental, como los de restauración, los cuales no los benefician inmediatamente y sí implican transformaciones que pueden hacer al predio adecuado para otros usos.

En las áreas rurales muchos propietarios rechazan la reforestación (y aún la preservación de la vegetación remanente) pues temen que estos valores hagan su predio candidato a manejo especial (reserva, parque, etc.) con las limitaciones al uso que ello acarrearía. Por esto, en agroecosistemas, la restauración debe adoptar una interfase agropecuaria, es decir, tratamientos y apariencias que realcen el valor agropecuario del predio rural.

En zonas de urbanización subnormal, por otra parte, es muy frecuente que los habitantes (la ilegalidad de cuya posesión les crea gran incertidumbre) rechacen el mejoramiento ambiental, por temor al valor agregado que atraería la atención de otros agentes urbanizadores en mayor capacidad de aprovecharlo y con poder económico y político para promover su expulsión.

Cualquier mejoramiento, la restauración ecológica incluida, debe ir acompañada de medidas socioeconómicas que faculden a la comunidad local para apropiarse el valor agregado al suelo y sacar partido de las oportunidades creadas.

Ello empieza por la aclaración y solución (toda vez que sea posible) de la incertidumbre sobre la tenencia, la cual es reconocida a nivel mundial como uno de los limitantes más severos para el éxito de la preservación y la restauración.



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



10. TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN : Tratamientos del 1 al 9

Los tratamientos de restauración aquí expuestos se enfocan a imitar los patrones espaciales y temporales que exhibe la vegetación natural de la zona a restaurar, esto no sólo orienta sobre las especies indicadas para determinados sitios y trabajos, sino también acerca de las combinaciones más exitosas de especies y formas.

El capítulo relacionado con los tipos de vegetación encontrados en el Distrito, representa una base valiosa para imitar las pautas de composición florística de los ecosistemas a restaurar. Por otro lado, las fichas técnicas de cada especie (sección 4), dan una orientación más precisa sobre los rangos ambientales y la capacidad de establecimiento de cada una, de acuerdo con las condiciones iniciales del lugar en donde se aplicará el tratamiento.

La sección 4 contiene también la información de cada especie en la escala temporal de aparición dentro de la sucesión vegetal, lo que ha de ser fundamental en la aplicación temporal de los tratamientos. La clasificación general de acuerdo con suposición sucesional se resume en: especies priseriales (pioneras) que han demostrado su habilidad para triunfar en áreas diversamente perturbadas por el hombre, aparecen en las primeras etapas; especies mesoseriales, un poco más exigentes ambientalmente, aparecen en estadios sucesionales intermedios; especies tardiseriales, más exigentes que las anteriores en cuanto a calidad de suelo, y condiciones especiales de luminosidad y microclima, se establecen y dominan en etapas tardías de la sucesión (bosques maduros).

Los estudios científicos y el diseño de los tratamientos han sido realizados por la Fundación Estación Biológica Bachaqueros (FEBB), cada diseño parte estudios de la dinámica de la regeneración natural y estructura de los diferentes ecosistemas boscosos del Distrito. Si usted aplica un tratamiento aquí expuesto la FEBB está en disponibilidad de asesorar el seguimiento y generar recomendaciones de ajuste al tratamiento aplicado.

Pasos para ejecutar un tratamiento

La secuencia lógica a seguir para el inicio de los tratamientos de la Restauración basada en la sucesión vegetal se rige bajo tres pasos:

- Inspección.
- Preparación (aplicación de herramientas complementarias sobre el terreno).
- Plantación.
- Inspección

Para manejar las tablas de tratamiento se debe conocer sobre la zona que se quiere revegetalizar:

- Altitud

2600–2800 msnm

2800–3000 msnm

3000–3200 msnm

3200 msnm en adelante

- Pendiente

Suaves a moderadas: < 25°

Moderadas a fuertes: > 25°

- Textura del suelo

Suelos ligeros:

Aquellos con una baja proporción de arcilla, distinguibles en campo por la imposibilidad de hacer una bola bien coherente (con un puñado ligeramente húmedo). Se incluyen aquí:

Arenosos

Arenosos francos

Franco arenosos

Limosos

Franco limosos

Suelos pesados:

Aquellos con una elevada porción de arcilla (> 25%), distinguibles en campo por poder hacerse (con un puñado húmedo) una bola bien coherente. Se incluyen aquí:

Francos

Franco arcillo arenosos

Franco arcillo limosos

Franco arcillosos

Arcillo arenosos

Arcillo limosos

Arcillosos

- Tipo de vegetación presente

De acuerdo con los tipos descritos en los estudios hasta el momento realizados. La identificación del tipo de vegetación, debe considerar el estado de madurez del ecosistema —su ubicación dentro de las serres básicas— y los tipos de perturbación o tensionantes que se han ejercido. En resumen, se debe precisar:

Estadio/tendencia sucesional

Humedad atmosférica

Preparación

La etapa de preparación del predio es crucial en la Restauración basada en el manejo de la sucesión y de ella depende en gran parte su éxito, algunas plantas necesitan condiciones especiales de sombra, luz y humedad edáfica que se pueden acondicionar antes de la plantación.

Los tratamientos van desde físicos a vegetacionales y cubrirán terrenos con coberturas de:

- Suelo desnudo: dependiendo del cuadro de restauración, se podrán aplicar medios mecánicos y herramientas físicas complementarias (Tinglados, terracetas artificiales, drenajes artificiales, trinchos etc.) , o medios químicos (sopas orgánicas, mulch, etc.), debe hacerse el mejor aprovechamiento de la topografía y microtopografía del sitio.
- Pastizales y Pajonales: dependiendo del cuadro de restauración, se podrá aplicar medios físicos o químicos para potenciar o reducir la vigorosidad de la matriz herbácea.
- Rastrojos: los rastrojos prácticamente no requieren tratamiento, dado que se trata de un estado óptimo de la cobertura vegetal en cuanto al suministro de servicios ambientales (agua, suelo, fauna, biodiversidad). Sin embargo, preferencias paisajísticas particulares pueden ameritar muy localmente el tratamiento de estos parches con enriquecimiento de especies con mayor porte y belleza.
- Bosques medianos y altos: Los tratamientos dan énfasis a la biodiversidad, y a la recuperación de espacios perturbados (claros y ecotonos) y a la conectividad (corredores y estribones) con áreas más biodiversidad o individuos relictuales de importancia ecológica e histórica o a zonas más degradadas.

- Sitios áridos: En las vertientes influenciadas por vientos predominan condiciones de baja humedad atmosférica sobre grandes extensiones. Se deben aplicar tratamientos tendientes a captar humedad para apoyar la sucesión, generalmente de adecuación especial del terreno o implementación de herramientas físicas para retener la humedad

Plantación

La plantación se realiza siguiendo el patrón básico de la sucesión vegetal «patrón seral básico». Descrito en la sección de metodología.

Algunos ecosistemas carecen de este tipo de información para los cuales se acudirá a la información colectada en la base de datos y siguiendo la metodología planteada en estudio básico de restauración (EBR) tratado en la sección 6.

La técnica a aplicar es la de plantación seral, la cual consiste en introducir en cada sitio las especies y morfotipos de la etapa sucesional inmediatamente posterior al estadio sucesional actual.

Se efectúan varias plantaciones sucesivas, distanciadas por lapsos de años, cada una introduciendo los juveniles de una etapa más avanzada. Se efectúan, por tanto, tantas plantaciones como se quiera avanzar sobre la sere, dependiendo de los objetivos locales.

El lapso entre plantaciones está determinado, no por el tiempo cronológico, sino por el sucesional. Así, el seguimiento del desarrollo del material plantado y la diagnosis de claves de acceso a la etapa siguiente (cambios edáficos, fisonómicos o florísticos), determina el momento indicado para la siguiente plantación.

El objeto de la plantación seral es la telescopización de la sucesión local, introduciendo tempranamente cada etapa dentro de la anterior, como las secciones de una antena telescópica, de donde proviene el término «telescoping» (COOPER, 1923). Así se recorta la extensión de la sere en el tiempo.

La combinación y secuencia de especies queda determinada por la sere básica que se sigue, en correspondencia con las condiciones edáficas y climáticas. Es decir, que no se combinan especies de seres distintas (ambientes distintos).

Definiciones relacionadas con los tratamientos

En este punto es necesario precisar algunas definiciones que se utilizan repetidamente adelante.

Sere principal

Cada una de las seres aproximadas, corresponden a los denominados ecosistemas maduros de cada región, aunque no se conoce a ciencia cierta sus historias de perturbación se debe contar con el referente local de los ecosistemas forestales maduros. Si este no se ha reportado, se deberá coleccionar la información de acuerdo con las especificaciones del estudio de vegetación del Estudio Base de Restauración (Convenio DAMA – FEBB, 1998).

Línea de tratamiento

Puesto que en cada localidad se sigue una o varias seres principales, la secuencia completa de tratamientos vegetales constituye una línea de tratamiento. Hay, por ende, tantas líneas de tratamiento como seres principales y cada una de las primeras es la imitación inducida de una de las segundas.

Las líneas de tratamiento de este protocolo se basan en la sucesión vegetal y tienen en cuenta el subpaisaje local y regional:

- Líneas para valles aluviales
- Líneas para vegetación riparia
- Líneas para altiplanos
- Líneas para áreas bien drenadas
- Líneas para vegetación de áreas mal drenadas
- Línea de restauración de focos de erosión severa.

Las líneas siguen las seres básicas. La descripción de las seres se puede leer en el Estudio Base de Restauración (Convenio DAMA – FEBB). Las etapas a cubrir dentro de cada línea de tratamiento corresponden a los tipos de tratamiento de la tabla 1.

Tratamiento general

Es el tratamiento correspondiente a cada fase del esquema seral básico. Los tipos de tratamiento se reúnen en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones del lugar Vs. Tipo de tratamiento general

CONDICIONES DEL LUGAR	TIPO DE TRATAMIENTO GENERAL
PREDOMINIO DE SUSTRATO DESNUDO	INTRODUCCIÓN DE HERBÁCEAS
COBERTURA HERBÁCEA ABIERTA	CONSOLIDACIÓN DE HERBÁCEAS
COBERTURA HERBÁCEA CERRADA	INTRODUCCIÓN DEL PRECURSOR LEÑOSO
COBERTURA HERBÁCEA - ARBUSTIVA	CONSOLIDACIÓN DEL PRECURSOR LEÑOSO
COBERTURA ARBUSTIVA CERRADA	INDUCCIÓN PRECLIMÁTICA
COBERTURA DE RASTROJO	SOMBREADO INTENSIVO
BOSQUES MEDIANOS Y ALTOS	LLENADO DE CLAROS Y BORDE DE ECOTONOS

TABLA 2. TIPOS DE TRATAMIENTO

1.	Plantaciones forestales protectoras
2.	Inducción de matorrales y rastrojos
3.	Restauración de bordes de ecotono
4.	Restauración en claros de bosque
5.	Rescate de especies amenazadas
6.	Restauración nacimientos de agua
7.	Restauración de microcuencas abastecedoras
8.	Cordones protectores de márgenes de río y quebrada
9.	Barreras de viento
10.	Barreras contra heladas
11.	Barreras antigánado
12.	Cercas vivas
13.	Modelos agroforestales
	• Plantaciones dendroenergéticas
14.	Desinfestación de invasión de retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>)
15.	Manejo de sucesiones pirogénicas
16.	Restauración de ecosistemas en plantaciones forestales de exóticas.
17.	Jardinera amable
18.	Setos y agregados formadores de suelo
19.	Cubierta protectora de <i>Pteridium</i> spp
20.	Control de focos de erosión severa 7.20.1. Recuperación de canteras
21.	Protección y estabilización de taludes en vías.
22.	Cordones ruderales
23.	Corredores y estribones de dispersión ornitócora
24.	Enriquecimiento de habitats para la fauna silvestre
	• Bebederos
	• Corredores de tránsito
	• Papiaderos
	• Cuevas y Refugios

TIPOS DE TRATAMIENTO

Respondiendo a las necesidades de tratamientos para el diseño en terreno, se plantean algunos tratamientos específicos que responden a los cuadros de restauración descritos en la Sección 6. Ver matriz tratamientos cuadros de restauración (página 268).

1. Plantaciones forestales protectoras

Aunque la mayor parte del Distrito, requerirá fórmulas de compromiso (como se ha expuesto en los numerales siguientes), en extensas zonas se requiere la cobertura total del terreno con los tratamientos de restauración, estableciendo plantaciones protectoras en bloque.

Tal es el caso de las zonas de captación de las microcuencas abastecedoras, las zonas de protección integral del acuífero, la orla protectora de Embalses, y relictos boscosos bajo tratamiento de protección y restauración.

Para el establecimiento de tales plantaciones se requiere preparar una cartografía detallada (1:1.000) del terreno a plantar, en la cual se mapearán los distintos tipos de cobertura y las condiciones topográficas y edáficas (básicamente pendiente, textura y humedad).

En este tipo de tratamiento debe seguirse estrechamente la información dada en la tablas 1 y 2 de tipo de tratamiento, y las líneas de tratamiento, siguiendo la sere principal correspondiente a las condiciones de cada sitio dentro del terreno.

Puesto que el terreno, muy probablemente, no presentará homogeneidad en su estadio sucesional, se requiere ajustar las plantaciones dentro de un patrón micro y otro macro.

Se considerarán, por lo tanto, dos patrones:

a. El patrón de plantación, es decir, la forma como se distribuyen los individuos dentro de la plantación.

b. El patrón de mosaico: o sea, la forma como se cubre el terreno con parches de distintos tipos de plantación, de acuerdo con las condiciones físicas y el estadio sucesional de cada sitio.

Y dos ajustes sucesivos:

• Al interior de la plantación: los puntos de colocación del propágulo (plántula, estaca, pseudoestaca, etc.) deben desviarse ligeramente del patrón escogido, para acomodarse a los micrositios favorables de acuerdo con la topografía y el patrón de distribución de la vegetación existente en el lugar.

Este ajuste del lugar definitivo de ahoyado y plantación de cada propágulo, se realiza durante el trazado, con el siguiente método:

1. Se hace el trazado normal, señalando los puntos de ahoyado con estacas pequeñas.

2. Guiándose con una vara (marcada con la medida de la mitad de la distancia entre individuos) se barre con la vista el terreno en círculo alrededor del punto de ahoyado, utilizando la vara como radio.

3. En este círculo se ubica el micrositio más favorable y cercano al punto de ahoyado.

4. Se desplaza la estaca al punto escogido en el paso anterior, señalándolo como punto de ahoyado definitivo.

Con la debida instrucción, toda la operación de ajuste no toma más de 30 segundos, en promedio.

Del mismo modo, los parches de plantación se ajustan al patrón de vegetación existente en el terreno a tratar.

Para ello, se ubican los sitios favorables, revelados por su relativo avance sucesional con respecto a su derredor (de acuerdo con el esquema seral básico), o por su microclima favorable (abrigos rocosos, cañadas, márgenes hídricas, proximidad de masas boscosas, etc.).

Estos son los primeros sitios a plantar. En estos puntos se establecen plantaciones en bloques rectangulares, cubriendo superficies de 10 m² (tamaño típico para una gregie dinamogenética) en adelante.

Estos bloques se unen entre sí con barreras de viento, conformando una red sobre todo el terreno tratado.

Patrón espacial

El patrón de plantación es en todos los casos al tresbolillo, con las líneas siguiendo las curvas de nivel, debido a que este diseño ofrece la mayor oposición al barrido de los vientos (manteniendo el microclima) y a la esorrentía superficial (forzando la división de los filetes de agua), según se aprecia en la figura 1.

Patrón temporal

El patrón varía en cuanto a las distancias, dependiendo del tipo de tratamiento:

- Introducción y Consolidación de herbáceas**

Distancia entre individuos: 1 m.

Distancia entre líneas: 0.9 m

- **Introducción y Consolidación del precursor leñoso**

Distancia entre individuos: 1.5–2 m

Distancia entre líneas: 1.3–1.7 m

- **Inducción preclimática**

Distancia entre individuos: 3–5 m

Distancia entre líneas: 2.6–4.3 m

En la tabla 3 se dan las distancias entre líneas y las densidades resultantes, para diferentes distancias entre individuos, con el patrón de plantación al tresbolillo.

Tabla 3. Distancias y densidades al tresbolillo

Distancia entre individuos	Distancia entre líneas	Individuos por línea (100 m)	Líneas por hectárea	Individuos por hectárea
1	0.9	100	111	11100
1.5	1.3	67	77	5159
2	1.7	50	59	2950
3	2.6	33	38	1254
5	4.3	20	23	460

Estos datos se aplican, así mismo, a las siguientes herramientas toda vez que se indique el patrón de plantación de tresbolillo.

Para el caso del «Patrón en mosaico», el terreno plantado se cubre con un diseño de red (figura 2) conformada por:

- Los bloques de plantación

De diversos tamaños. Ubicados sobre los lugares favorables. Cada uno con el tipo de tratamiento correspondiente a la línea de tratamiento y el estadio sucesional del lugar.

- Conectores

Los cuales unen los bloques de plantación, conformando una red. Estos conectores pueden ser:

- Barreras de viento

- Cordones de dispersión
- Barreras contra heladas
- Setos formadores de
- Barreras antigando
- Cordones riparios

Patrón regional

De acuerdo con las estrategias enunciadas en la sección 6, los diferentes sectores plantados deben conectarse por medio de los corredores y estribones de dispersión, formando una red que cubra toda el área.

Gracias a esto, se incrementará el tránsito de semillas hacia los sitios plantados, acelerando sustancialmente la tasa sucesional.

Patrón temporal

Seguirá las pautas de la plantación seral, iniciando con precursores leñosos, continuando con la plantación de inductores y finalmente árboles del clímax.

Fórmulas florísticas

Las especies utilizadas y sus combinaciones, seguirán las pautas de los tipos de conectores enunciados anteriormente, los cuales son descritos con detalle más adelante.

Figura 1, Función protectora patrón de plantación al tres bolillo

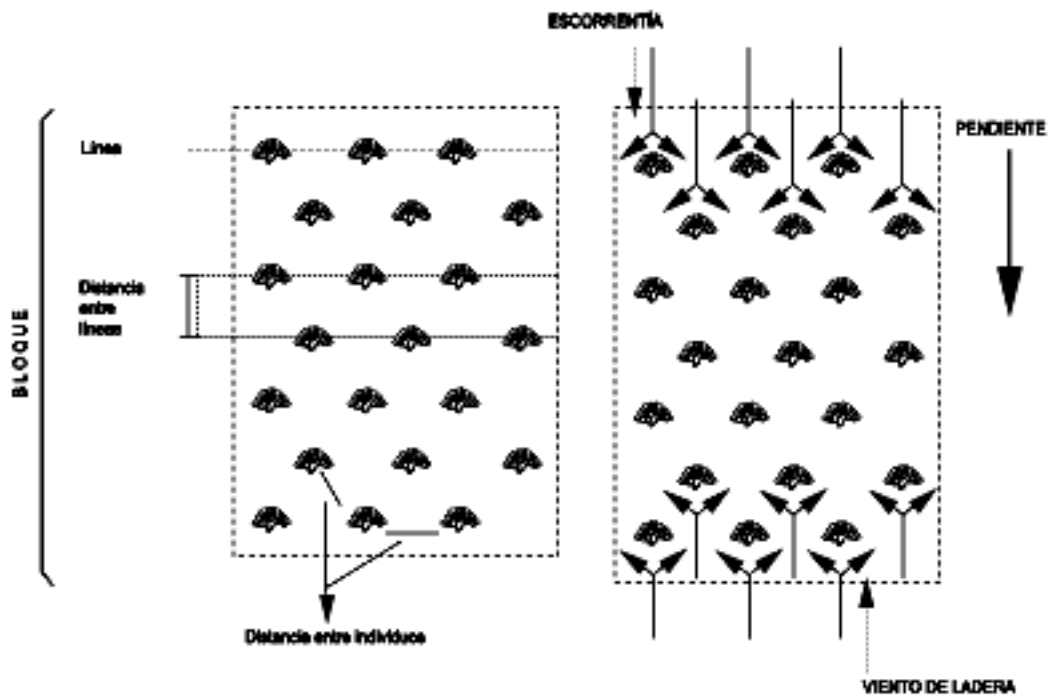
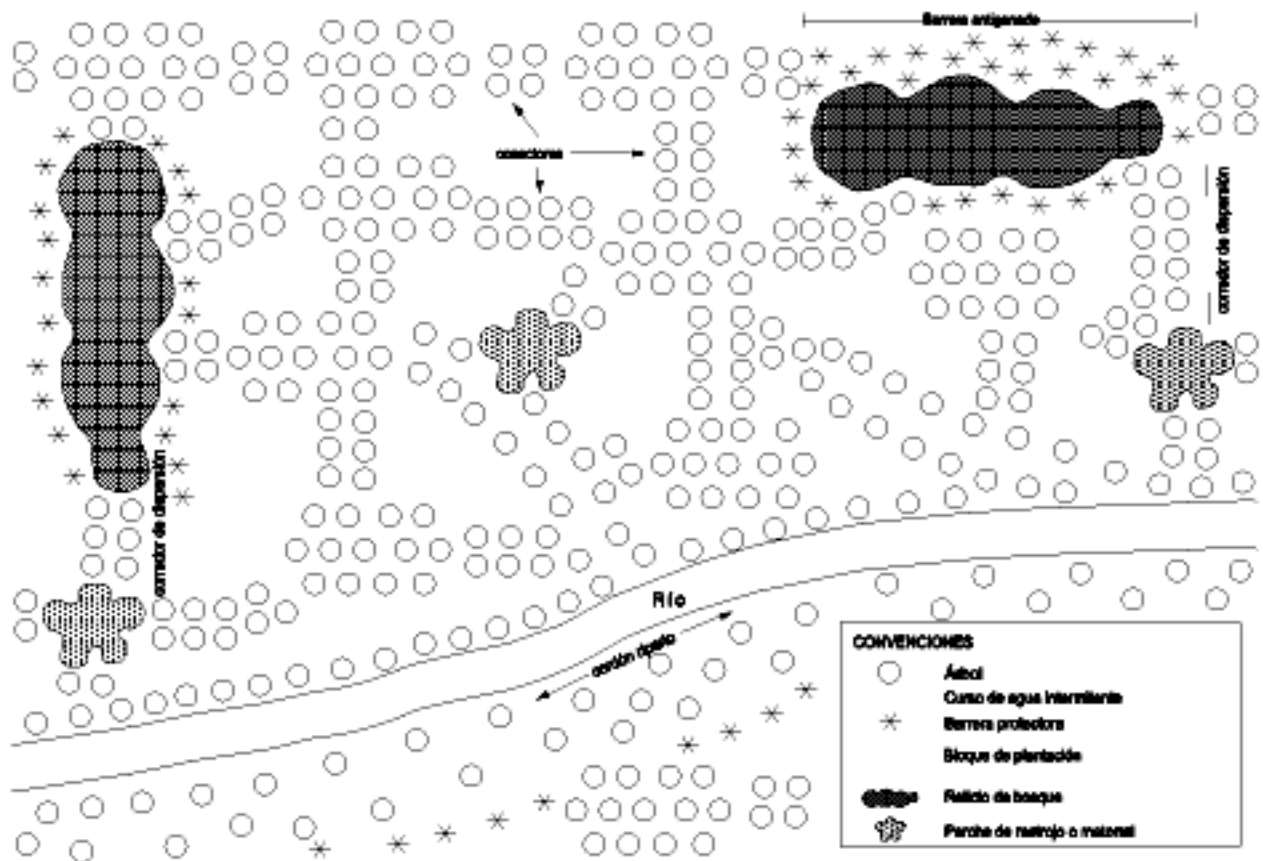


Figura 2, Plantaciones forestales protectoras (Patrón de mosaico)



2. Inducción de matorrales y rastrojos

Los rastrojos y matorrales no requieren tratamientos complejos, dado que se trata de un estado óptimo de la cobertura vegetal en cuanto al suministro de servicios ambientales (agua, suelo, fauna, biodiversidad).

Sin embargo, preferencias paisajísticas particulares pueden ameritar muy localmente el tratamiento de estos parches para su conversión matorral – rastrojo – bosques altos.

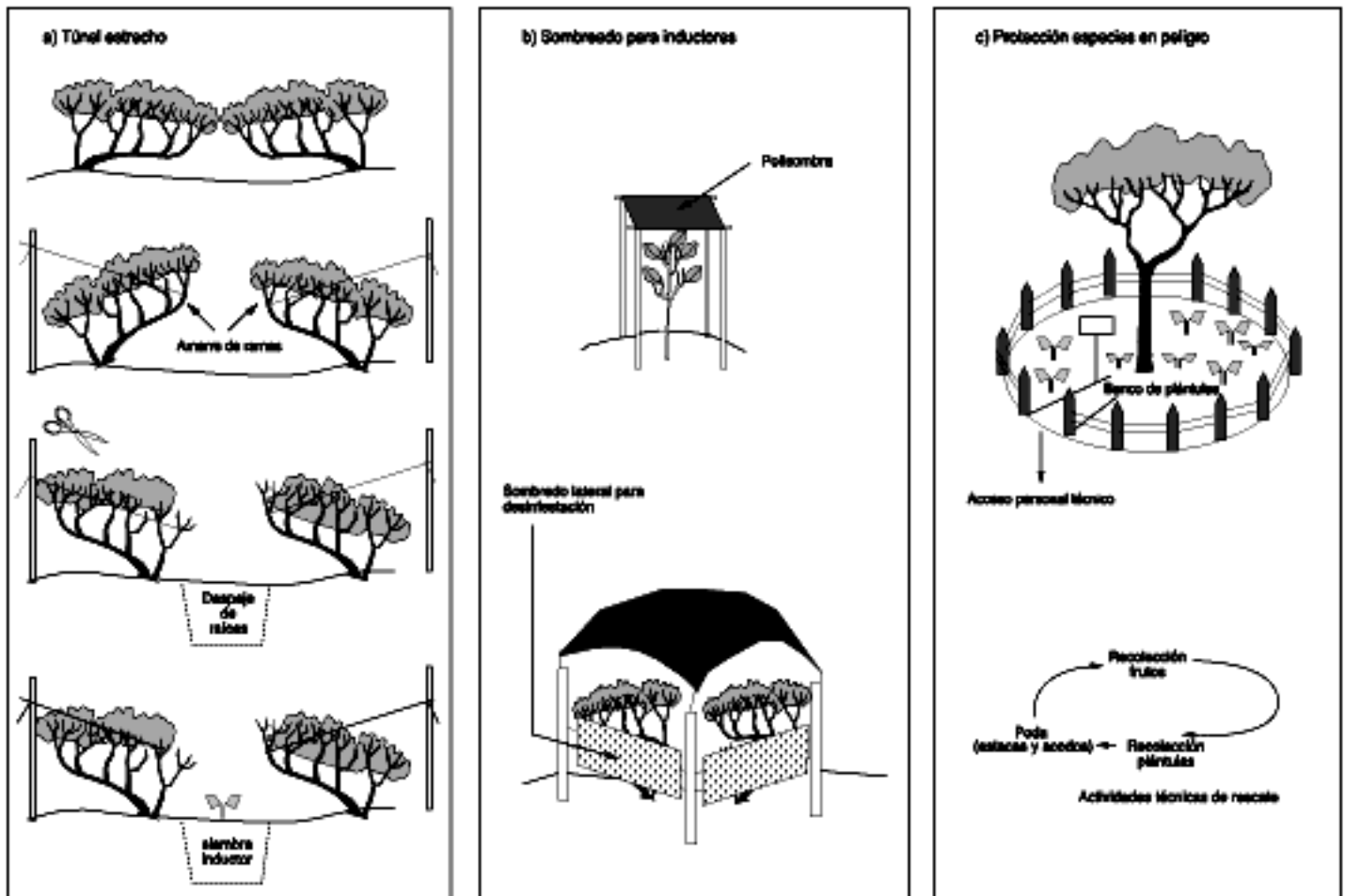
Patrón espacial

La inducción implica un despeje mínimo de los puntos de plantación, los cuales, de preferencia, no deben ubicarse bajo sofocantes agresivos como el caso para zona Andina de Ericáceas (*Cavendishia cordifolia*) o bambusoides (gregies de chuscales), ya que los desplomes de las ramas pueden ahogar o lesionar los arbolitos. Dado que los inductores preclimáticos requieren una luminosidad moderada, pueden amarrarse las ramas de los vecinos, formando un «túnel estrecho» figura 3 (a) sobre el punto de plantación, con lo que se favorece un rápido crecimiento vertical, sin provocar un exceso de radiación o la destrucción del microclima.

Patrón temporal

La temporalidad de este tratamiento se basa en la preparación del túnel estrecho

Figura 3, Inducción de matorrales y rastrojos



Consistente en:

1. **Amarre de ramas Flexibles:** Las ramas flexibles de los precursores leñosos se deben amarrar con nylon, de tal forma que permita la entrada de luz, pero no varíe drásticamente las condiciones microclimáticas favorables al Inductor preclimático.
2. **Poda de Ramas Gruesas:** En el dosel de los precursores leñosos más vigorosos se hace una poda cortando las ramas gruesas que permitiendo la entrada de luz.
3. **Corte de raíces:** Se despejan las raíces en el lugar de la siembra, de tal forma que quede un radio de 40 cm X 70 cm de profundidad libre de ellas, esto para evitar la competencia con las raíces de los precursores leñosos.

Fórmulas florísticas

Ya que se pretende inducir los rastrojos o matorrales a una fisonomía de tipo más arbóreo se deberán utilizar las especies de tipo inductor preclimático preferiblemente mesoseriales clasificadas en las fichas técnicas de especie (Sección 4).

3. Restauración de bordes de ecotono

La restauración de bordes de ecotono puede abordarse para el logro de dos objetivos, ampliar la cobertura de un relicto importante o proteger los bordes del relicto sobre acciones antrópicas. Dependiendo de ello las formulas florísticas variarán.

Patrón espacial

La restauración deberá iniciarse del borde hacia afuera, y por franjas de 5 m de ancho, la primera franja corresponde a la franja de llenado de muescas, las segundas a expansión, las cuales se irán enriqueciendo con la aparición espontánea de inductores (figura 4).

Franja de llenado de muescas:

Los bordes irregulares del relicto se tratarán procurando que las especies plantadas cubran las muescas de las entradas al relicto, esto con el fin de que el borde quede uniforme y se facilite la dispersión hacia fuera. En esta franja, es posible introducir los inductores cuando las muescas son pequeñas (menos de 3 m de radio).

Al realizar la restauración del borde de ecotono de los relictos, debe procurarse perfeccionar la circularidad del rodal. Esto quiere decir, que no sólo se restaura el cinturón bordeando la linde boscosa actual, sino que con esta misma herramienta vegetal se «rellenan» las entrantes y salientes, aproximando la forma del rodal a la circular, hasta donde sea posible.

Franja de protección:

Con especies que formen barrera densa para evitar la entrada al relicto que, según el manejo, podrán ajustarse a las fórmulas de barrera antiganado.

Franjas de expansión:

Corresponden a las franjas en donde se inducirá la sucesión para el avance del bosque, se realizará con precursores leñosos plantados a manera de barreras, en distancias entre sí de 1m o más. Las franjas de expansión serán replantadas con inductores al presentarse los primeros establecimientos espontáneos de inductores.

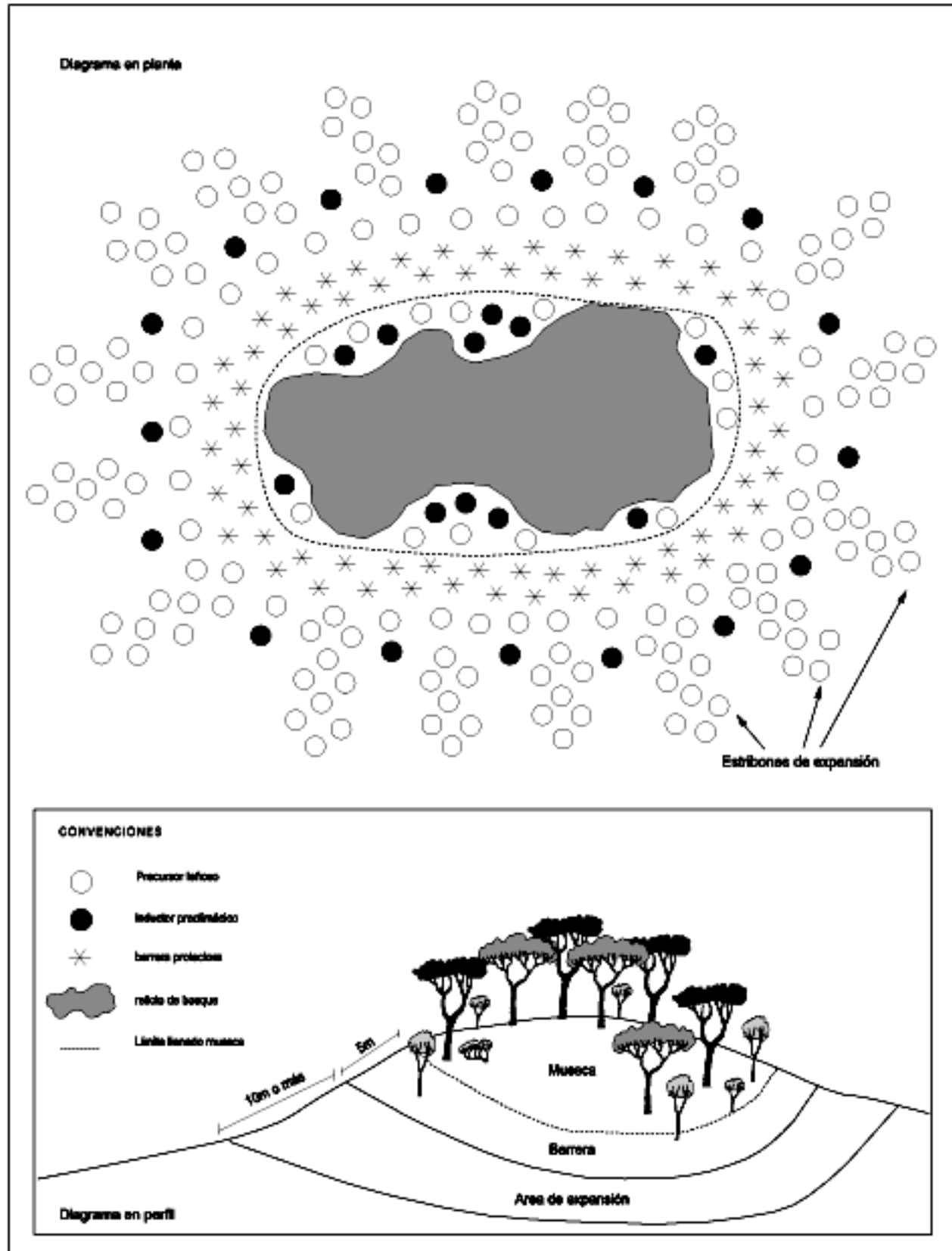
Patrón temporal

Se siguen las pautas temporales de la plantación seral, la secuencia cronológica del tratamiento es:

- Diagnóstico tipo de vegetación
- Selección de precursores e inductores según la sere
- Plantación franja de llenado de muescas.
- Establecimiento franja de protección, se establece al tiempo con la franja llenado de muescas.
- Establecimiento de franja 1 de expansión: al presentarse buena vigorosidad de las plantas sembradas en la barrera de protección. Se aplicará banco de semillas y hojarasca del interior del bosque.

- Establecimiento franja 2 de expansión: Al presentarse las primeras apariciones espontáneas de inductores, se realizará enriquecimiento del rastrojo o matorral de borde plantando inductores propios de la sere a la que pertenece el relicto.

Figura 4, Llenado borde de ecotonos



Se establecerán cuantas franjas sean necesarias para el área deseada de expansión del relicto.

Fórmulas florísticas

En la restauración de la franja de protección puntos pueden emplearse las fórmulas indicadas para barreras antiguas.

Para la franja 1 de expansión pueden utilizarse especies típicamente ecotonales, registradas en la ficha técnica de especie (sección 4) con biotipos enmarañantes y atractivas a las aves, Ej.:

- *Clusia multiflora*
- *Palicourea* spp.
- *Chusquea scandens*
- *Cavendishia cordifolia*
- *Macleania rupestris*
- *Monina* spp

Herramientas complementarias

Si se desea consolidar rápidamente la fisonomía de bosque en el borde, al consolidarse las franjas de expansión como rastrojos, puede aplicarse el «sombreado artificial» consiste en la introducción de telas sintéticas, enredaderas o bejucos agresivos en los rastrojos y ecotonos, con el fin de consolidar el sombreado para la exclusión de los precursores leñosos e impulsar la introducción del preclímax. (Figura 3 (b)).

4. Restauración en claros de bosque

Los llenados de claros de bosque requieren más conocimiento sobre la composición del bosque afectado. Dadas las condiciones de perturbación y entresaca de la mayoría de bosques del Distrito, es indispensable que el llenado de los claros amplifique la biodiversidad de estos bosques utilizando las especies reportadas en este estudio como en vía de extinción local.

Patrón espacial

Los precursores de sotobosque leñosos deben ser sembrados primeramente en distancia no mayores de 1.5 m, estableciéndose a manera de agregados en las áreas más expuestas a la luz, en una segunda etapa se establecerá cuantos inductores puedan crecer sin competencia teniendo en cuenta distancias no menores de 6 m entre sí.

Establecido el inductor se realizarán sombreado artificial para estimular el crecimiento

tal y como lo indica la figura 3 (b).

Patrón temporal

Los pasos a seguir para el establecimiento de este tratamiento son:

- **Diagnóstico tipo de vegetación del rodal a tratar y selección de inductores.**
- **Identificación de la causa que ocasiona el claro: caída de árbol maduro, desforestación, pastoreo etc. y eliminación de tensionantes**
- **Protección física del área a restaurar: cercado.**
- **Siembra, siguiendo las pautas temporales de la plantación seral.**
- **Establecimiento de sombreado artificial para los inductores y mantenimiento del mismos (trimestral, dependiendo de la velocidad de crecimiento del inductor).**

Fórmulas florísticas

Como precursores leñosos para plantación seral es recomendable utilizar especies de sotobosque de rápido crecimiento especialmente los géneros:

- **Miconia**
- **Tibouchina**
- **Palicourea**
- **Columnaea**
- **Munnozia**
- **Rubus**
- **Chusquea**

Establecidos los precursores a los seis meses puede realizarse la siembra de los inductores, se presentan en la tabla 4, los árboles de bosque maduro en vía de extinción local de acuerdo con las seres a que corresponden.

5. Rescate de especies amenazadas

Como se mencionó en el anterior ítem, existe un listado de especies amenazadas en vía de extinción sobre las cuales se debe atender y proteger tanto los pequeños rodales en

donde se encuentran estas especies como los individuos aislados maduros relictuales. Se localizan generalmente en potreros, lugares escarpados o de difícil acceso, pero también pueden encontrarse cercanos a viviendas.

Patrón espacial

Se identificarán inicialmente los relictos e individuos de las especies amenazadas y se les recogerá una muestra botánica para su confirmación, los individuos se medirán con el fin de reportar su talla, estado fitosanitario actual y realizar las aproximaciones de edad y tratamientos necesarios que requiera para garantizar su vitalidad y salud.

Esta información deberá ser socializada en primera instancia al dueño del predio y a la comunidad habitante cercana al lugar con el fin de garantizar que la medida de protección sea efectiva.

Los individuos relictuales deben ser aislados con un cerco amable con el fin de evitar que se lesionen las ramas o el tronco con el tránsito de las personas. Se debe señalar el árbol y gestionar ante el distrito un certificado de protección de árbol relictual protegido, se realizará la correspondiente señalización del árbol con un aviso resistente a la intemperie, el cual deberá ubicarse cerca del árbol pero no en él.

El cerco deberá tener un radio proporcional al área de la copa, con el fin de que el terreno ubicado en el interior del cerco pueda ser utilizado como banco de plántulas ver figura 3 (c).

Patrón temporal

Los individuos identificados de las especies amenazadas, deberán ser calificados por su estado de vitalidad seleccionando los mejores por sus características de vigor: Salud del follaje y corteza, porte y producción de semillas. Se dará especial atención a los árboles de mejores características morfológicas con el fin de que utilizarlo como árbol semillero.

Se realizará un seguimiento de la fenología o ciclo reproductivo del árbol anotando su estado:

- Vegetativo: Sin flores ni frutos**
- Prefloración: Con botones de las flores**
- Floración: Con flores abiertas**
- Posfloración: Inicio en la formación de fruto**
- Fructificación: Con el fruto ya formado**
- Dispersión: Con el fruto ya maduro**

- **Posdispersión:** Cuando el fruto ya haya perdido las semillas.

En las épocas de dispersión se realizarán las colectas de semillas, las cuales se propagarán en vivero bajo diferentes tratamientos de sustrato y nutrientes así como tratamientos pregerminativos con el fin de desarrollar estandarizar la técnica de propagación de las semillas.

Se podrán realizar algunas podas del árbol para estimular su floración y fructificación de manera que las ramas puedan ser utilizadas para pruebas de propagación vegetativa como estacas, acodos etc.

Los individuos propagados podrán ser reintroducidos en su ecosistema original teniendo en cuenta los tratamientos 2, 3 y 4.

6. Restauración nacimientos de agua

Las afectaciones de estos lugares deben responder a evitar la evaporación y la entrada de tensionantes que generen transformaciones negativas de la estructura del suelo.

Patrón espacial

Las rondas de los nacimientos en primera instancia deben acogerse a las disposiciones establecidas por el código de recursos naturales el cual contempla una franja de vegetación protectora no menor de 30 m a partir de la periferia del nacimiento.

El patrón espacial de un nacimiento se plantea con la realización de franjas concéntricas que siguen la forma del nacimiento, cada una con funciones diferentes (figura 5):

Franja doble propósito:

Su función es hacer del espacio exterior de la protección del nacimiento una barrera agradable a la comunidad y una interfase espacial entre los sistemas productivos y la zona de protección. Es recomendable el uso de especies frutales y ornamentales de tipo arbóreo.

Ej.: pera, durazno, uchuva, mora silvestre, cerezo, ciruelo, tomate de árbol, combinadas con *Vallea stipularis*, *Alnus acuminata*, *Viburnum triphyllum*, *Brugmansia* spp.

Franja de barrera protectora:

Su función es hacer de barrera a la entrada de ganado o personas, es recomendable el uso de especies con follaje muy denso y espinosas, estas barreras son muy efectivas en la protección del nacimiento, especialmente en lugares con potreros en pastoreo activo.

Ej.: *Duranta mutisii*

Xylosma spiculiferum

Berberis rigidifolia

Hesperomeles spp

Franja de infiltración:

Su función es ampliar la capacidad de infiltración, mejorando la estructura del suelo mediante el aporte de hojarasca. Es recomendable el uso de arbolitos con tasas altas de recambio de hojas; esto se da especialmente en especies con hojas membranosas de las familias Solanaceae, Piperaceae, Araceae.

Ej.: Piper bogotense + Solanum nigrum

Piper lacunosum + Datura arborea

Piper bogotense + Brugmansia spp

Solanum spp + Cestrum spp + Cordia lanata

Piper spp + Chusquea spp

Franja de control de evaporación:

Su función es disminuir la evaporación del espejo de agua, se recomiendan especies enmarañantes de porte arborescente, herbáceas de gran porte o bambusoides (Chusques).

Ej.: Chusquea spp + Rubus bogotense

Chusquea spp + Rubus floribundum

Cortaderia nitida + Rubus spp

Franja de acceso:

Solo cuando se trate de nacimientos sobre los cuales se saca directamente el agua para el consumo, es necesario determinar un corredor de acceso de un ancho no mayor de 50 cm, con el fin de evitar que el mantenimiento y manejo de las mangueras genere impactos negativos sobre la cobertura vegetal, el acceso al corredor o puerta de entrada debe ser seguro.

Patrón temporal

- La implementación de este tratamiento asume un trabajo previo de educación ambiental a la comunidad sobre el cuidado y mantenimiento de**

la vegetación plantada.

- **Una actividad previa a la siembra es el establecimiento de un cercado protector preferiblemente a cuatro hilos, se recomienda pintar el cerco de color amarillo con el fin de representar que se trata de un área intangible.**
- **La siembra se realizará en orden temporal de adentro hacia fuera del nacimiento, estableciendo primero la franja de control de evaporación, luego la de infiltración, la protectora y la de doble propósito.**
- **Las especies que conformarán las barreras serán seleccionadas de acuerdo con el tipo de vegetación existente en la localidad, siguiendo la pauta plantación seral, arriba explicada.**
- **Establecidos los árboles se puede realizar mantenimiento a su cobertura (podas), especialmente en la zona doble propósito con el objeto de aumentar su productividad de fruta y aumento de follaje y flores para el caso de los árboles ornamentales.**

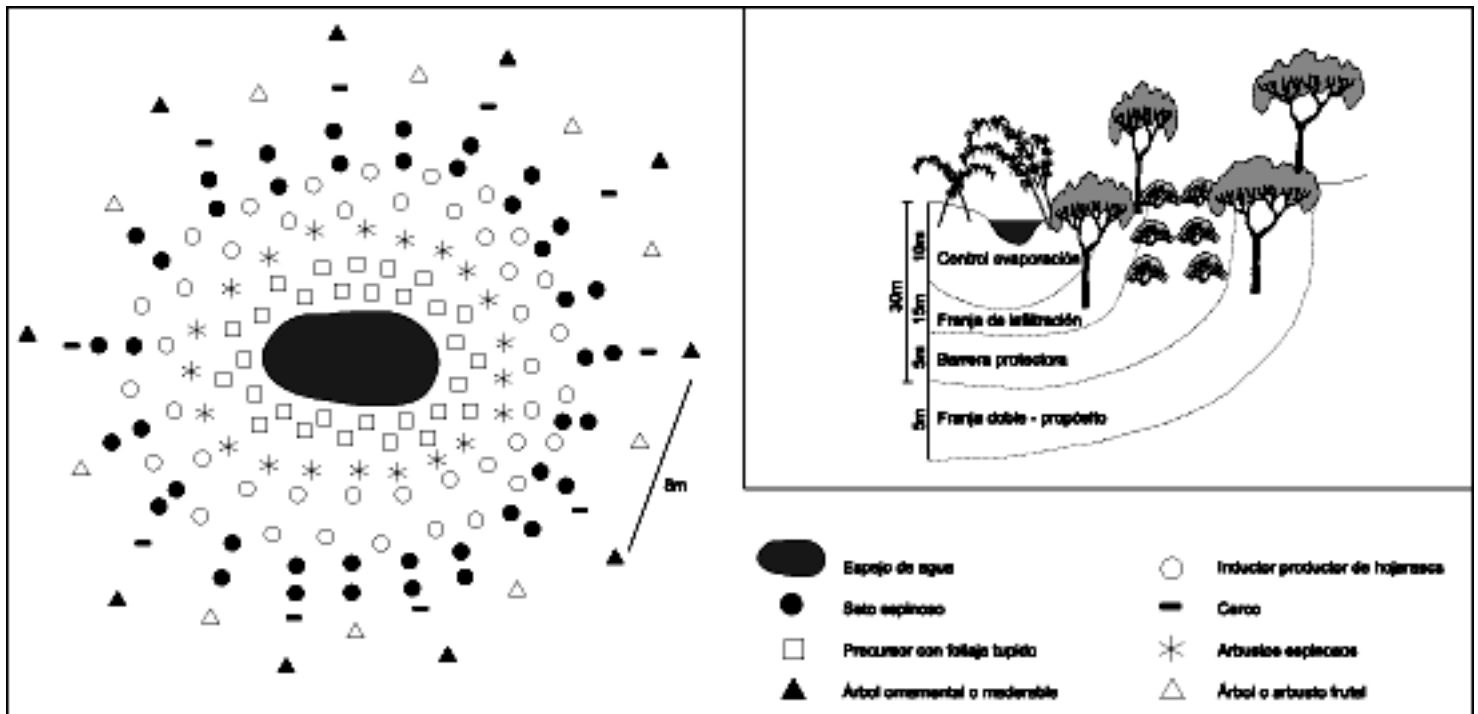
Fórmulas florísticas

Las fórmulas florísticas se presentan en cada una de las franjas y pueden ser variadas de acuerdo al potencial biótico local.

Herramientas complementarias

Previo al establecimiento de la franja de control de evaporación, si se ha decidido plantar especies enmarañantes de tipo enredadera se requerirá establecer algunos soportes para las mismas.

Figura 5, Restauración de nacimientos de agua



7. Restauración de microcuencas abastecedoras

Los tratamientos de las afectaciones más frecuentes de las quebradas y ríos abastecedores deben responder a evitar la disminución de la calidad del agua por aporte de sedimentos por erosión de las márgenes, aumentar la captación de agua por la cobertura vegetal en las zonas de recarga y exurgencia del acuífero.

Se debe ejercer control sobre tensionantes que generen transformaciones negativas de la estructura del suelo.

Las rondas protectoras de las microcuencas en primera instancia deben acogerse a las disposiciones establecidas por el código de recursos naturales el cual contempla una franja de vegetación protectora no menor de 30m a lado y lado de las márgenes.

Los tratamientos para microcuencas se plantean específicamente para tres áreas particulares de captación de agua:

- Núcleos de condensación
- Zonas de exurgencia
- Zonas de recarga del acuífero
- Márgenes

Patrón espacial

Núcleos de condensación:

Los núcleos de condensación son lugares atmosféricamente muy húmedos, por lo general se presentan en abrigos rocosos y áreas a barlovento en medias laderas o cimas.

Se recomienda un patrón de siembra que siga los drenajes y en lugares de ladera un patrón al tresbolillo.

Es preferible el uso de especies con hojas muy pequeñas y ramificación profusa con el fin de optimizar la condensación de agua.

Zonas de exurgencia freática:

El tratamiento se regirá con las especificaciones del literal 6.

Zonas de recarga del acuífero:

El patrón espacial puede ser en barrera si se ubica en una cima o al tresbolillo para laderas. Contempla el establecimiento de especies alta deposición de hojarasca, árboles de hojas diminutas (follaje micrófilo, coadyuvante de la condensación).

Márgenes:

Cuando las márgenes presenten continuos desplomes se recomienda utilizar especies con raíces extensas y profundas, como el caso de los chusques y Cyperáceas de gran porte (Cortaderia spp).

Márgenes estables pueden soportar tipos arbóreos.

Patrón temporal

El patrón general temporal para tratamientos en microcuencas parte de abordar en primera instancia la cuenca alta, cuenca media después y finalmente la baja, podrán atenderse paralelamente nacimientos de agua y zonas de recarga claves para la producción de agua en la microcuenca.

Herramientas complementarias

- Jarillones: se trata de pequeñas represas sobre las quebradas, utilizadas para aumentar la capacidad de almacenaje y regulación de agua especialmente en épocas de invierno intenso y de crecidas respectivamente.

La infraestructura es rudimentaria, se trata de una excavación más bien somera, con una capa de roca en el fondo y una externa de cemento que recubre la superficie excavada para evitar la infiltración del agua.

- Jagüey: Es un pozo somero frecuentemente utilizado para atrapar aguas lluvias, sostiene el caudal liberando el agua en el verano.

- Banquetas y pequeños reservorios: excavaciones pequeñas y someras con fondo de tierra apisonado, generalmente la periferia se constituye a manera de

montículos del material sacado en la excavación. Su función además del almacenaje, es aumentar la infiltración debido al peso que ejerce sobre el suelo el agua almacenada.

8. Cordones protectores de márgenes de río y quebrada

Los cordones protectores tienen la finalidad de reducir la erosión fluvial en las márgenes, aumentar la infiltración y la capacidad de campo, y disminuir las avenidas y la evaporación.

El cordón protector, se comporta como una barrera al aporte de sedimentos hacia los cuerpos de agua y un multiplicador del almacenaje de agua en el subsuelo.

Patrón espacial

La plantación se debe realizar al tresbolillo, a una distancia aproximadas de 2 m entre sí, si se trata de precursores leñosos y de 6m si se trata de inductores entre sí. Los cordones protectores deben estar conectados a parches relictuales mediante estribones de dispersión ornitócora.

En quebradas o ríos aledañas a potreros activos se deben establecer externamente franjas de tipo protector o barreras antiguanado aplicando las fórmulas de estos tratamientos.

Patrón temporal

Se debe priorizar el plantar inicialmente las zonas completamente desprovistas de vegetación y las que presentan desplomes frecuentes, los drenajes también son los puntos clave para el inicio de las siembras.

Fórmulas Florísticas

Teniendo en cuenta las características tanto del follaje como el tipo de raíz y la tolerancia a suelos anegados o deficientemente drenados, se recomiendan las siguientes combinaciones para los cordones:

- *Alnus acuminata* + *Vallea stipularis* + *Chusquea scandens* + *Viburnum triphyllum*
- *Piper lacunosum* + *Piper bogotense* + *Solanum oblongifolium*
- *Hedyosmum bonplandianum* + *Verbesina* sp. + *Axinaea macrophylla* (en lugares atmosféricamente muy húmedos)
- *Barnadesia spinosa* + *Piper lacunosum* + *Piper bogotense*
- *Abatia parviflora* + *Cordia lanata* + *Oreopanax floribundum*
- *Vallea stipularis* + *Viburnum* spp.
- *Duranta mutisii* + *Xylosma spiculiferum* + *Vallea stipularis*

- *Myrcianthes leucoxyla* + *Viburnum tinoides* + *Duranta mutisii*
- *Smallanthus pyramidalis* + *Myrcianthes leucoxyla* + *Viburnum tinoides*
- *Duranta mutisii* + *Rubus bogotense* + *Alnus acuminata*
- *Vallea stipularis* + *Hesperomeles goudotiana* + *Duranta mutisii*
- *Chusquea scandens* + *Hedyosmum bonplandianum*
- *Alsophila frigida* + *Chusquea scandens*

La primera de estas fórmulas constituye una réplica de la conformación básica del bosque de alisos y es, por tanto, la principal fórmula de revegetalización para las márgenes hídricas, por debajo de los 3000 msnm. Por encima de dicha altura debe excluirse *Alnus* de la fórmula. Por encima de los 3200 msnm esta fórmula se reduce a *Vallea stipularis* + *Chusquea scandens*.

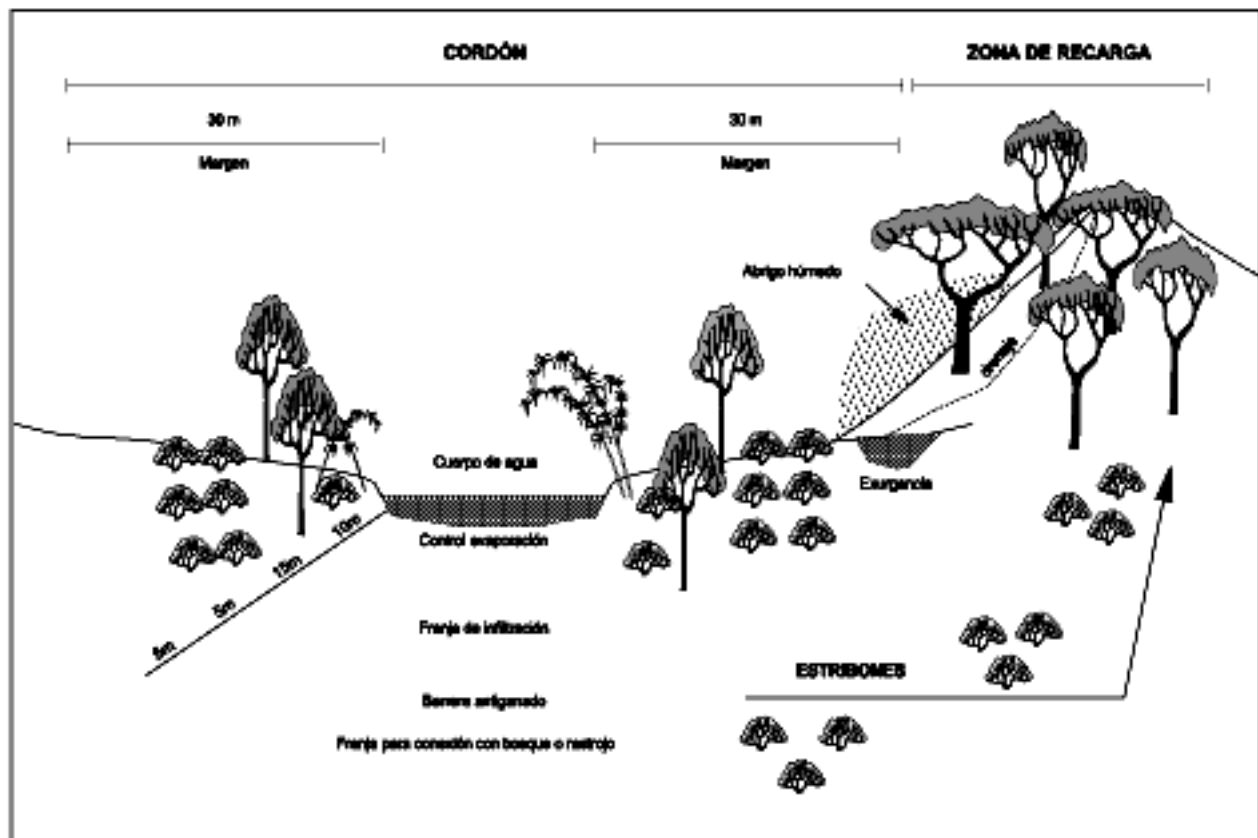
Tanto *Chusquea scandens* como *Alnus acuminata* deben constituir el grueso de la revegetalización en márgenes y nacederos. Junto con las especies de *Piper* pueden propagarse copiosamente por medios vegetativos (en *Alnus* se prefiere por semilla), por lo cual representan una alternativa rápida de revegetalización de quebradas.

Para áreas de alturas mayores a los 3100 msnm en valles aluviales amplios con suelos predominantemente arcillosos y muy húmedos atmosféricamente pueden establecerse fórmulas como:

- *Polylepis cuadrijuga* – *Chusquea weberbauerii*
- *Polylepis cuadrijuga* – *Escallonia myrtilloides* – *Chusquea weberbauerii*

En la figura 6 aparece un ejemplo de perfil de cordón ripario.

Figura 6, Cordones riparios



9. Barreras cortaviento

Estas tienen la finalidad oponerse a las corrientes de aire, creando pequeñas turbulencias, con lo que se reduce la velocidad del viento y por ende la erosión eólica y la desecación del lugar. Esto favorece el desarrollo del suelo y la acumulación de una capa de aire húmedo sobre el lugar, con lo que mejora el balance hídrico local, disminuye la incidencia de heladas y se regula la temperatura, suavizando los picos de enfriamiento y sobrecalentamiento.

Estos cambios constituyen una mejora del microclima, lo cual es uno de los principales factores de avance sucesional, al aumentar la eficacia fotosintética y el crecimiento de la biomasa.

Patrón espacial

El diseño de las barreras debe tener en cuenta la dirección del viento, la barrera se debe ubicar perpendicular a la dirección de los vientos dominantes. Puesto que en el área de estudio predominan los sistemas de circulación de fondo–valle (con vientos diurnos ascendentes y nocturnos descendentes), las barreras deben seguir, preferencialmente, las curvas de nivel.

El patrón de plantación es al tresbolillo y con tres estratos: bajo, medio y alto los cuales deben conformar tres surcos, la densidad depende de las especies a utilizar, pero es recomendable que al usar precursores leñosos la distancia sea de 1 m entre individuos. La densidad de follaje de la barrera debe ser de aproximadamente el 50–65% para que no se creen remolinos fuertes.

En su aplicación debe recordarse que el efecto de las barreras de viento se extiende a sotavento en una distancia de 10 a 15 veces la altura de la barrera.

Las barreras de viento se recomiendan especialmente para dos fines:

a. Las cuchillas de las sierras y las principales estribaciones, sobre las cuales los vientos tienden a desarrollar mayor velocidad, erosión y desecación. Estas barreras son vitales en las cimas de los Cerros Bogotanos, sobre toda la divisoria de aguas entre el Teusacá y el Bogotá.

b. En combinación con las plantaciones de los precursores leñosos de los sitios atmosféricamente secos (principalmente *Diplostegium rosmarinifolium* y *Myrica parvifolia*). En estas locaciones se pueden disponer las barreras en franjas espaciadas 50–100 m entre sí.

En la figura 7 se presentan los tipos de barreras. En la figura 8 se presentan los perfiles de barreras contra viento de tres líneas, de dos líneas y de hilera simple. Las cuales se aplican dependiendo de la velocidad del viento.

Figura 7, Función y tipo de barreras vegetales

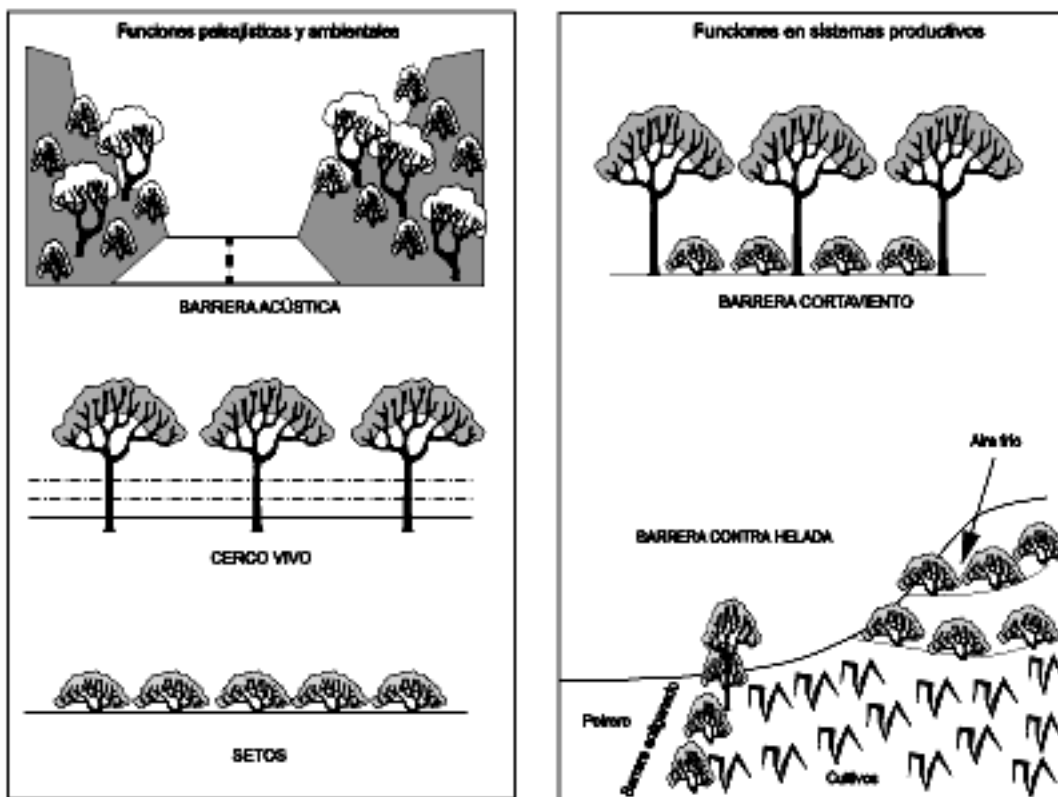
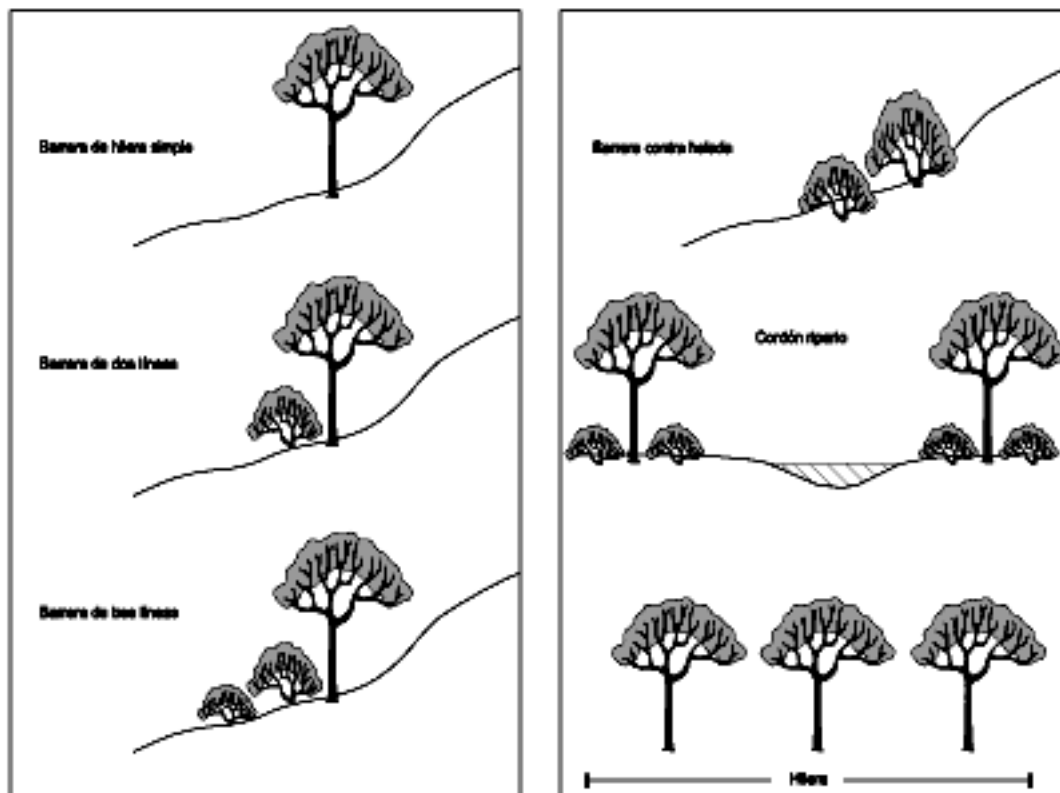


Figura 8, Perfil patrón vertical de barreras vegetales



Patrón temporal

La temporalidad de este tratamiento, no es tan compleja como la plantación seral, se requiere que al semestre de implementada, se realicen podas para consolidar la barrera. En los casos en los que se utilicen precursores leñosos se debe hacer una entresaca de retoños y plántulas en los bordes de la barrera, para evitar que se amplíe.

Fórmulas florísticas

ESTRATO ALTO ESTRATO MEDIO ESTRATO BAJO

Pinus patula + *Baccharis latifolia* + *Myrica parvifolia*

Pinus patula + *Baccharis latifolia* + *Symplocos theiformis*

Pinus radiata + *Eupatorium angustifolium* + *Myrica parvifolia*

Cupressus lusitanica + *Tibouchina grossa* + *Ardisia* sp.

Acacia decurrens + *Baccharis latifolia* + *Symplocos theiformis*

Acacia decurrens + *Baccharis latifolia* + *Myrica parvifolia*

Eucalyptus cryodora + *Eupatorium angustifolium* + *Symplocos theiformis*

Clethra fimbriata + *Bucquetia glutinosa* + *Gaultheria anastomosans*

Clethra fimbriata + *Bucquetia glutinosa* + *Pernettya prostrata*

Alnus acuminata + *Viburnum triphyllum* + *Cortaderia nitida*

Alnus acuminata + *Eupatorium angustifolium* + *Cortaderia nitida*

Estas fórmulas son, además, aptas para fines de jardinería, dado el contraste de los tonos de follaje y la armonía arquitectónica de las especies en cada terna.

Como se puede ver, en las primeras siete se emplean especies exóticas de rápido crecimiento. Sus compañeras de fórmula se han escogido tanto por su aptitud morfológica y fisiológica (para barrera), como por haber sido observadas en asociación a cultivos forestales de las respectivas exóticas acompañantes.

Estas siete fórmulas de barreras han de ser las de uso más generalizado en el proyecto. Sin embargo, no deben ser utilizadas en proximidad (mínimo 30 mts) de nacederos, márgenes hídricos o zonas de exurgencia freática difusa.

La anterior consideración debido a que:

- Las especies de rápido crecimiento consumen más agua.
- Su desarrollo se ve desfavorecido por niveles freáticos altos.
- Las zonas de exurgencia y riparias son húmedas de por sí, no necesitando barreras de viento como tales, sino sombra con otro tipo de vegetación protectora.

La ubicación de las nativas de cada terna, en las tablas de selección de especies, determina la ubicación de la barrera por altitud y tipo de sustrato.

Debe tenerse en cuenta, además, que por debajo de los 3000 msnm, deben preferirse las barreras de *Alnus acuminata*.

Las barreras con *Clethra fimbriata* sólo se aplican para los subpáramos húmedos, por encima de los 3200 msnm, en puntos bien drenados, donde pueden combinarse con *Cupressus lusitanica*, como primera fila (completando cuatro)



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



11. TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN : Tratamientos del 10 al 18

10. Barreras contra heladas

Las barreras contra heladas (fig. 7 y 8) detienen las capas de aire frío que descienden por las pendientes evitando el marchitamiento de los cultivos o jardines.

Patrón espacial

La plantación de la barrera se debe realizar al tresbolillo y perpendicular a la pendiente, debe ser muy densa y continua. Se puede establecer también, un seto en diagonal y continuo hasta una quebrada o drenaje, con el propósito de obligar al aire frío a descender hacia otra zona donde no haya cultivos o jardines.

Las distancias entre individuos dependen de la especie a utilizar. Es recomendable que con precursores leñosos las distancias sean de 1 m entre individuos y para inductores preclimáticos, mínimo de 3 m.

Patrón temporal

La temporalidad de este tratamiento, no es tan compleja como la plantación seral, se requiere que al semestre de implementada, se realicen podas para consolidar la barrera. En los casos en los que se utilicen precursores leñosos se debe hacer una entresaca de retoños y plántulas en los bordes de la barrera, para evitar que se amplíe o aplicar zanjas retardantes de regeneración (ver herramientas complementarias).

Fórmulas florísticas

- Gaultheria anastomosans + Pernettya prostrata
- Gaultheria anastomosans + Senecio pulchellus
- Myrica parvifolia
- Myrica parvifolia + Symplocos theiformis
- Myrica parvifolia + Baccharis latifolia

- *Duranta mutisii* + *Rubus bogotense*
- *Sambucus peruviana* + *Symplocos theiformis*
- *Eupatorium aristeii* + *Baccharis latifolia*
- *Miconia squamulosa* + *Duranta mutisii*

Herramientas complementarias

Zanjas retardantes de regeneración:

Se trata de zanjas de 1m de ancho y 40 cm de profundo, a las cuales se les aplica aserrín de eucalipto y hojas verdes del mismo o agujones de *Pinus patula* (Mulch), se ubican en el borde de las barreras compuestas por precursores leñosos con el fin de evitar la expansión de la barrera, lo que evita costos en mantenimiento de la barrera. Las zanjas pueden ser alimentadas con material nuevo cuando el mulch se ha descompuesto.

11. Barreras antigano

Las barreras antigano tienen la función de evitar el paso del ganado al interior de los bosques, las plantaciones del proyecto y zonas de conservación estricta (ej.: nacederos). Las especies que se recomiendan son poco palatables y en algunos casos ligeramente tóxicas para el ganado.

Puesto que los bovinos son bastante sensibles a su propia eficiencia de forrajeo, cualquier disminución de ésta, como la ingestión de material áspero, amargo o pobre en nutrientes, el estorbo del ramoneo por espinas, o el malestar fisiológico ligero, son factores de disuasión eficaces.

Este tipo de barrera es útil para la protección de áreas de cultivo, nacederos, bosques, rastrojos y barbechos en recuperación, así como en la restauración de ecotonos con potreros.

Patrón espacial

En márgenes de ríos y quebradas, con erosión intensa, se deben ubicar bordeando externamente los cordones protectores.

La distancia de plantación se realiza en tresbolillo con 1 m de distancia entre individuos, y con un mínimo de tres filas.

Se puede aplicar como barrera de dos o tres líneas (figura 8).

Patrón temporal

La temporalidad de este tratamiento, no es tan compleja como la plantación seral, se requiere que al semestre de implementada, se realicen podas para consolidar la barrera. En los casos en los que se utilicen precursores leñosos se debe hacer una entresaca de retoños

y plántulas en los bordes de la barrera, para evitar que se amplíe.

Cuando la barrera se implementa con individuos de altura menor de 1 m, es posible que el ganado la ramonee, por lo que se debe realizar su reemplazamiento.

Fórmulas florísticas

- **Duranta mutisii + Eupatorium aristeii**
- **Hesperomeles spp.**
- **Berberis rigidifolia + Duranta mutisii**
- **Hesperomeles goudotiana + Duranta mutisii**
- **Xylosma spiculiferum + Duranta mutisii**
- **Barnadesia spinosa + Duranta mutisii**
- **Eupatorium aristeii + Hypericum goyanesii**
- **Prunus serotina + Duranta mutisii**
- **Myrcianthes leucoxyla + Duranta mutisii**

Con *Ulex europaeus*, aunque útil como barrera en suelos bien drenados, debe tenerse cuidado de no plantarla en proximidad de potreros con drenaje lento a deficitario, donde se convierte en plaga, provocando problemas con los propietarios.

12. Cercas vivas

Las cercas vivas tienen como objetivo principal delimitar lotes o impedir el paso de animales, ocasionalmente pueden ser utilizadas para abastecerse de leña, forraje varas o postes.

Patrón espacial

La plantación se debe realizar en hilera conservando una distancia de 1 a 2 m entre individuo. Los individuos maduros son utilizados como sustituto de los postes de madera o piedra convencionales, fijando el alambre a sus fustes (fig. 7).

Patrón temporal

Las cercas vivas requieren especial cuidado en el cambio de las distancias del cerco a medida que crecen los árboles, este mantenimiento se puede realizar bianualmente.

Adicionalmente, los árboles plantados deben someterse a podas de sus ramas bajas (menores de 2 m) para conservar el fuste recto.

Fórmulas florísticas

La capacidad de reiteración y clonación son los factores que se han tenido en cuenta para recomendar las siguientes especies:

- **Miconia squamulosa**
- **Viburnum triphyllum**
- **Clethra fimbriata**
- **Cupressus lusitanica**
- **Escallonia paniculata**
- **Eucalyptus globulus**
- **Salix humboldtiana**
- **Prunus serotina**

Un beneficio indirecto de las cercas vivas es la fertilización del suelo de los potreros, para lo cual se recomienda:

- **Alnus acuminata**
- **Acacia decurrens**

Alternativamente, Baccharis latifolia puede utilizarse como suplemento de forraje en épocas de escasez de pastos.

13. Modelos agroforestales

Si bien, la ganadería lechera y el cultivo de la papa, que antaño ocuparan las mayores extensiones dentro del Distrito, hoy día se han visto desplazados por la urbanización y la especulación de tierras, estas actividades siguen teniendo gran importancia en algunas localidades y para no pocas familias oriundas de Santa Fe.

El cultivo de la papa es un sistema de producción extendido en las áreas suburbanas y rurales del Distrito, muy frecuente por encima de los 2900 msnm, debido a que en las partes bajas hay una mayor incidencia de plagas y pestes. Esto lleva a que los cultivos de papa, se sitúen sobre sitios con pendientes fuertes y los nacimientos y cabeceras de las quebradas. En estos puntos, frecuentemente se

labran surcos profundos cuesta abajo, utilizando tractor o yunta.

En el caso de la ganadería, se trata de explotaciones poco tecnificadas y con baja densidad de animales. Sin embargo, en áreas con pendientes fuertes y suelos intrínsecamente frágiles, el mal manejo de los potreros ha llevado a un intenso terraceo por pie de vaca.

Los animales penetran, además, en los relictos boscosos colindantes con los potreros, en el interior de los cuales crean amplios callejones, ramonean las yemas de los arbolitos juveniles, y consumen o pisotean las plántulas.

Está, además, la costumbre de quemar los páramos, para alimentar el ganado con los rebrotes del frailejón.

Se trata en todos los casos de prácticas agrícolas o pecuarias de muy baja eficiencia y poco sostenibles, las cuales pudieran mejorarse por medio de prácticas agroforestales o silvopastoriles de bajo insumo, que al mismo tiempo mitigarían los efectos ambientales negativos del uso agropecuario.

Esto no significa, que no deban hacerse todos los esfuerzos posibles por excluir estos usos de zonas especialmente frágiles, así como de las zonas de recarga del acuífero, y las de exurgencia concentrada.

Los modelos agroforestales deben implementarse partiendo de la inclusión de algunas de las herramientas vegetales de plantación lineal ya mencionadas:

Las barreras de viento y contra heladas sirven para el mejoramiento microclimático, la protección de los cultivos y, adicionalmente, pueden servir para la producción de forraje suplementario (con *Baccharis latifolia* y *Alnus acuminata*).

En los terrenos marginales y áreas rurales (porciones de la finca degradadas por la sobreexplotación) se pueden establecer setos y agregados formadores de suelo, así como estribones de dispersión.

Las barreras antigano pueden utilizarse para la división y manejo de los potreros (excluyendo invasoras agresivas como *Ulex europaeus*).

Las cercas vivas pueden utilizarse para la demarcación de los linderos y la producción de postes y leña.

Los cordones riparios (sobre las acequias) y los cordones de dispersión sobre los linderos, complementan el modelo, protegen el suministro de agua de la finca y sostienen poblaciones de insectos predadores y pequeños vertebrados insectívoros que contribuyen al control de plagas y la disminución de pérdidas en las cosechas.

Se proponen, además, otras herramientas y fórmulas, importantes en la implementación de modelos agroforestales en las fincas.

Patrón espacial

Aquí se plantean algunas fórmulas agroforestales, con miras a concentrar los esfuerzos y simplificar la tarea de su extensión.

- **Pastizal con árboles intercalados:**

Arboles al tresbolillo, 4 m entre árboles, 3 m entre líneas. Las líneas siguiendo las curvas de nivel.

- **Cercas vivas para producción de forraje suplementario:**

Arboles y arbustos al tresbolillo, en 3 líneas

2 hileras externas de arbustos

1 hilera media de árboles

3 m entre individuos, 2 m entre líneas

Fórmulas florísticas

Silvopastoriles:

- **Pastizal de *Pennisetum clandestinum* con *Alnus acuminata***
- **Pastizal de *Holcus lanatus* con *Alnus acuminata***
- **Barreras en contorno de *Alnus acuminata* + *Baccharis latifolia***

Por debajo de los 2800 msnm vale la pena experimentar la aclimatación de *Erythrina edulis* («chachafruto»).

Agroforestales:

- **Hileras intercaladas de *Alnus acuminata* + *Lupinus mutabilis***

Cada 10 surcos de papa, una franja de 3 m de ancho, en la mitad de la cual se siembre una línea de *Alnus acuminata* intercalado con *Lupinus mutabilis*, con distancias de 3 m entre individuos.

Estas especies mejoran el microclima, los suelos y la producción. De la primera puede cosecharse forraje y madera; de la segunda pueden cosecharse los frutos para alimentación humana y animal (recordando el remojo para la eliminación de los alcaloides).

Para huerto medicinal:

En las fincas y jardines pueden establecerse huertos de plantas aromáticas y medicinales, entre las cuales se pueden incluir herbáceas, arbustos y árboles.

Para huerto de frutales:

A un lado del anterior, o combinados (multiestrata) pueden ubicarse frutales, para el enriquecimiento de la dieta familiar, así como para la generación de pequeños excedentes comercializables. Entre las especies de frutales que se recomiendan están:

- **Manzano sabanero**
- **Feijoa**
- **Manzano europeo**
- **Curuba**
- **Ciruelo europeo**
- **Gulupa**
- **Cerezo europeo**
- **Guatilla**
- **Durazno**

Para huerto tintóreo:

En las fincas de sus miembros (mujeres campesinas en su mayoría) se requiere la plantación de pequeños arboretos de las especies tintóreas utilizadas en artesanías de cerámica y tintura de lana virgen.

Plantaciones dendroenergéticas

En zonas con carácter rural resiliente, en las que aún se cocina principalmente con leña, y en las zonas de ocupación densa por «chalets» donde se consume leña para calefacción en las chimeneas, se requiere el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas.

Estas deben producir postes además de leña para la venta. Con esto se aspira a suplir la demanda de estos productos, la cual promueve la entresaca de los relictos boscosos del área.

Estas plantaciones se establecen al tresbolillo (para mayor aprovechamiento del espacio).

Para producción de postes se pueden implementar:

Fórmula florística

- **Miconia squamulosa + Vallea stipularis**

Patrón espacial

- **3 m entre individuos, 2.5 m entre líneas.**
- **Líneas intercaladas: 1 de Miconia squamulosa – 1 de Vallea stipularis**
- **La primera se cosecha en turnos cortos y rebrota.**

Fórmula florística

- **Eucalyptus globulus + Miconia squamulosa**

Patrón espacial

- **3 m entre individuos, 3 m entre líneas**
- **Líneas intercaladas.**

Para leña y forraje son exitosas:

Fórmula florística

- **Acacia decurrens + Baccharis latifolia**

Patrón espacial

- **3 m entre individuos, 2.5 m entre líneas**
- **Líneas intercaladas.**
- **El forraje, producido por Baccharis, puede henificarse.**

Fórmula florística

- **Pinus radiata (o Cupressus lusitanica) + Baccharis latifolia**

Patrón espacial

- **3 m entre individuos, 2.5 m entre líneas**

14. Desinfestación de invasión de *Ulex europaeus*

La invasión del retamo espinoso por su alta capacidad de reproducción, su persistencia ante perturbaciones (fuego y tala) y su alta competitividad sobre las especies nativas, a generado una disminución considerable sobre la disponibilidad de áreas verdes para recreación y paisaje amable para el ciudadano del Distrito.

Sobre este aspecto, se ha tenido poca atención técnica, a pesar de ser un problema de amplia cobertura en el territorio del Distrito. Con base en experimentos puntuales (FEBB, 1998), se plantea este tratamiento, el cual debe ser ajustado y monitoreado para ampliar su rango de eficiencia.

Una recomendación que debe ser tomada en cuenta es la NO aplicación de fuego a estos agregados, ya que aumenta la capacidad de reiteración o retoño y estimula la germinación de las semillas, densificando aún más los agregados.

Patrón espacial

El área a tratar se dividirá en dos zonas de manejo así:

Zonas de sombreado artificial y herbicidas sistémicos:

Se aplicará sombreado artificial con telas oscuras de polietileno (ver figura 3.b) y al tiempo se aplicará un herbicida sistémico sobre la base de los tallos para de los individuos que presenten más vigorosidad después del sombreado. Los individuos de *Ulex* con mayor diámetro en el tronco se priorizarán para la aplicación del herbicida sistémico con el fin de que se extienda por las raíces subterráneas de las cuales se derivan individuos clonales, eliminando más rápidamente los agregados.

Zonas de enriquecimiento:

Mediante la aplicación de túnel estrecho se realizarán enriquecimientos con individuos de porte no menor a 2 m con las especies recomendadas. Las plantas se sembraran a distancias de 5 m para el caso de inductores y de 3m para el caso de precursores leñosos.

Patrón temporal

La desinfestación debe comenzar por los lugares en donde *Ulex* tiene menos ventaja competitiva (fuera de su rango óptimo ecofisiológico), así:

- Iniciar por suelos arenosos y bien drenados hacia las partes más altas.
- Continuar con las zonas planas anegadas.
- Terminar el tratamiento en las zonas planas con nivel freático alto

no anegadas.

Fórmulas florísticas

- **Vallea stipularis**
- **Verbesina elegans**
- **Viburnum spp.**
- **Rubus spp.**
- **Abatia parviflora**
- **Baccharis latifolia**
- **Muehlenbeckia thamnifolia**
- **Passiflora spp.**

15. Manejo de sucesiones pirogénicas

El manejo de las sucesiones pirogénicas, es decir, de vegetación o combinaciones de tipos de vegetación con tendencia recurrente a propiciar incendios, debe contar necesariamente con un cuerpo de herramientas complementarias que garantice a mediano y largo plazo su éxito en la prevención y control de los mismos.

Los lugares afectados por incendios deben ser tratados por zonas dependiendo de las coberturas vegetales presentes.

Patrón espacial

Se realizará una zonificación para realizar los tratamientos así:

- **Áreas coadyuvantes:** Son áreas en el terreno que por su condición ambiental propician los incendios, estas son zonas con desechos y basura especialmente vidrio y papel, zonas con depósito de residuos de madera o aserrín, o áreas con evacuación de combustibles aceites.

A estas áreas se les realizará una limpieza, de tal manera que el terreno quede desprovisto de los materiales que pueden propiciar un incendio.

- **Áreas de vegetación pirógena:** Aquellas que presentan en su cobertura vegetal especies pirogénicas conformando agregados muy extensos de más de 10 m de radio, como el caso de plantaciones de pino (*Pinus radiata*, *Pinus patula*), eucaliptales (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus falcatus*) muy densos y matorrales extensos de laurel

hojipequeño *Myrica parvifolia* y de *Ulex europaeus* en lugares atmosféricamente muy secos y bien drenados o bien los terrenos con combinaciones de estos tipos de coberturas.

En estas áreas se realizará una entresaca selectiva evitando la cercanía entre de individuos de especies pirogénicas.

- **En las áreas arrasadas por incendio, se establecerán estribones ornitócoros con las especies indicadas en el literal 25 con el fin de promover la dispersión de las mismas sobre las nuevas áreas a colonizar. Los retoños de las especies pirogénicas se eliminarán por sombreado artificial (ver figura 3 b).**

Los individuos pirogénicos serán reemplazados por especies piroclásticas. Las especies piroclásticas de porte arbustivo (precursores leñosos) se podrán distribuir conformando agregados con distancias al tresbolillo de 2 m y las de porte arbóreo (inductores preclimáticos) con distancias entre sí de 5 m a 6 m.

- **Para el caso de las plantaciones de Pino o eucalipto se podrán aplicar los tratamientos de franjas de enriquecimiento como se describe en el literal 16.**
- **Mapa local de dirección del viento: Se elaborará un pequeño mapa sobre la dirección de los vientos con el fin de aplicar las herramientas complementarias adecuadamente.**

Patrón temporal

Las acciones se realizarán en la siguiente secuencia cronológica:

- **Aplicación de fuego prescrito: Si técnicamente se considera necesario para prevenir incendios más extensos.**
- **Apertura de barreras cortafuegos.**
- **Limpieza preventiva de basuras del terreno.**
- **Aplicación de entresacas selectivas y sombreado artificial en áreas pirogénicas**
- **Aplicación de revegetalización de especies piroclásticas en áreas incendiadas y en zonas entresacadas**
- **Seguimiento y monitoreo trimestral en el primer año y semestral años subsiguientes.**

Fórmulas florísticas

Especies pirogénicas:

- **Myrica parvifolia**
- **Pinus patula**
- **Pinus radiata**
- **Ulex europaeus**
- **Eucalyptus spp**

Especies piroclásticas:

- **Clusia multiflora**
- **Macleania rupestris**
- **Cavendishia cordifolia**
- **Vallea stipularis**
- **Viburnum triphyllum**

Herramientas complementarias

Fuego prescrito:

Es un fuego planificado que se aplica con el fin de prevenir incendios de mayor cobertura e intensidad. Consiste en la aplicación controlada del fuego mediante acciones de aplicación y apagado. Esta técnica, debido a sus riesgos, solo puede ser aplicada por expertos.

Barreras cortafuegos:

Se trata de la eliminación de toda cobertura vegetal en franjas de aproximadamente 1m de anchas, ubicadas perpendicularmente a la dirección del viento, estas barreras tendrán se distribuirán a largo del área a tratar, en los lugares más estratégicos.

Barreras piroclásticas:

Establecimiento de barreras con especies piroclásticas a manera de cordones densos. Tienen la doble finalidad de frenar o retardar la expansión de fuegos y de inducir la transformación sucesional de coberturas más a menos inflamables.

Aplicación de compuestos químicos:

En caso de fuego prescrito puede aplicarse hidrogel protector a infraestructura o áreas vulnerables. Este material es un polímero hidrófilo de baja densidad, aún nuevo en el mercado y, por tanto, actualmente de difícil consecución.

16. Restauración de ecosistemas en plantaciones forestales de exóticas

La función principal de este tratamiento es regular y corregir los efectos negativos de plantaciones densas monoespecíficas de exóticas. La ausencia de manejo de estas plantaciones a generado en algunos casos compactación y acidificación del suelo, descenso de la capacidad regenerativa de los suelos, baja oferta alimentaria para la fauna local y transformaciones en sobre la capacidad de recarga de los acuíferos. A continuación se abordan los tratamientos para iniciar la recuperación de los ecosistemas afectados.

Patrón espacial

La plantación a tratar debe ser zonificada con base en las distancias entre individuos, estado del suelo y colonización de nativas:

- **Área de entresaca:** Para aquellas zonas con distancias entre individuos menores de 5 m, se realizará entresaca selectiva bajo recomendación de un ingeniero forestal.
- **Áreas de apertura de vuelo:** Para aquellas zonas con distancias entre individuos mayores de 7m, se realizarán podas de las ramas más altas para estimular la regeneración del bosque nativo.
- **Franjas de enriquecimiento:** Para aquellas zonas que presentan regeneración de bosque nativo en el sotobosque recuperación de suelo en los claros de la plantación o lugares ya aprovechados.

Previamente se realizará una entresaca de manera que queden franjas para revegetalizar con especies nativas de un ancho mínimo de 7m, la siembra de las especies nativas se realizará con patrón al tresbolillo con distancias entre sí de 3m para el caso de precursores leñosos y para inductores preclimáticos distancias entre 5 a 7m.

Se planearán las franjas con una orientación transversal a la pendiente de manera que las franjas plantadas sirvan como barreras microclimáticas.

- **Áreas de recuperación de suelos:** En claros de la plantación o lugares ya aprovechados, se podrán aplicar tipos de fertilización: encalado, aplicación de banco de semillas o quema fertilizante con el fin disminuir la acidez de los suelos y aumentar la probabilidad de regeneración natural.

Patrón temporal

El área se tratará por etapas secuenciales así:

- 1. Entresaca**
- 2. Apertura de vuelo**
- 3. Fertilización estratégica**
- 4. Plantación de franjas de enriquecimiento.**

Fórmulas florísticas

Las especies nativas a plantar en las primeras etapas deberán ser resistentes a condiciones de suelos ácidos, por lo que se recomienda iniciar con precursores leñosos como:

- Monina tintorea**
- Baccharis spp**
- Cestrum sp**
- Miconia squamulosa**
- Eupatorium angustifolium**
- Ageratina aristeii**
- Chusquea scandens**
- Monochaetum myrthoideum**
- Miconia spp**

Para el enriquecimiento de rastrojos dentro de las franjas se podrán utilizar las fórmulas del literal 2.

17. Jardinería amable

Frente al proceso acelerado de la urbanización en forma de condominios campestres y residencias secundarias aisladas («chaletización») en el Distrito, se contempla el diseño de bosques ornamentales supliendo las necesidades escénicas y paisajísticas de tales proyectos urbanísticos.

Las prácticas y esquemas usuales de jardinería y zonas verdes en el área son realmente destructivas y ambientalmente negativas. Es común, por ejemplo, que se

reemplacen bosques por pasto quicuyo, o que se planten en los jardines especies forestales que brindan una oferta mínima al sostenimiento de la avifauna.

Por otra parte, los residentes de origen urbano (responsables de estas actividades) generalmente se persuaden y entusiasman fácilmente, ante sugerencias en el sentido de una jardinería con especies nativas. Las acciones negativas son fruto tan sólo de la falta de asesoría.

Patrón espacial

Se adoptan como herramientas vegetales setos y bosquetes artificiales, con especies vistosas que a la vez son muy apetecidas por las aves, se aplicarán los tratamientos de recuperación de hábitats para la fauna, de esta manera se ofrece tanto belleza escénica como abrigo a la fauna.

Las áreas para implementar setos y bosquetes pueden ser las rotondas, plazoletas, o los espacios abiertos de recreación pasiva. Otras zonas claves son los separadores o los bordes de los carreteables.

Patrón temporal

Una etapa inicial clave para el éxito de este tratamiento es la asesoría a los proyectos de vivienda, se pretende promocionar y operar un cambio hacia una jardinería ambientalmente amable.

Fórmulas florísticas

- **Bucquetia glutinosa + Clethra fimbriata + Senecio pulchellus**
- **Diplostephium rosmarinifolium + Miconia ligustrina + Cavendishia cordifolia**
- **Vallea stipularis + Oreopanax floribundum + Viburnum tinoides**
- **Escallonia paniculata + Vallea stipularis + Miconia squamulosa**
- **Persea ferruginea + Macleania rupestris**
- **Persea mutisii + Macleania rupestris**
- **Ocotea sericea + Oreopanax bogotense + Ardisia**
- **Escallonia myrtilloides + Hesperomeles spp.**
- **Drimys granadensis + Befaria resinosa + Macleania rupestris**
- **Thibaudia floribunda + Brunellia sp + Hedyosmum bonplandianum**

- **Myrsine coriaceae + Myrsine guianensis + Weinmannia tomentosa**
- **Prunus buxifolia + Senecio pulchellus + Diplostephium rosmarinifolium**
- **Smallanthus pyramidalis + Dalia imperialis + Datura arborea**
- **Duranta mutisii + Fuschia boliviana + Oreopanax floribundum**
- **Plutarchia guascensis + Befaria resinosa + Clethra fimbriata**
- **Tibouchina grossa + Drimys granadensis**

Estas fórmulas pueden complementarse con enredaderas ornamentales, implementadas a manera de pérgolas. Como:

- **Nertera granadensis**
- **Bomarea spp.**
- **Passiflora spp.**
- **Smilax floribundum**
- **Munnozia senecionides**

Puesto que en condiciones de jardinería puede brindarse cuidados extra a los individuos, es recomendable promover la plantación en dichos sitios de individuos de especies raras o amenazadas dentro del área, como:

- **Weinmannia myrtifolia**
- **Weinmannia bogotensis**
- **Weinmannia rollotii**
- **Prunus buxifolia**
- **Cedrela montana**
- **Persea ferruginea**
- **Escallonia paniculata**
- **Ilex kunthiana**

- **Cordia lanata**
- **Abatia parviflora**

De las cuales, las del primer grupo deben plantarse a sotavento de rocas, viviendas o barreras de viento, o bien, acompañadas de abundantes arbustos, dado que se trata de especies umbrófilas.

18. Setos y agregados formadores de suelo

Se utilizan fórmulas de especies con una elevada tasa de renovación del follaje (lo cual no es común entre la vegetación altoandina), las cuales deponen hojarasca abundante y continuamente, acelerando y apoyando la pedogénesis.

Patrón espacial

Los setos deben ser plantados al tresbolillo en hileras continuas formando dos surcos (ver figura 7), la distancia entre individuos debe ser de 1 m a 2 m.

Los agregados deben formar manchones o círculos plantados al tresbolillo con distancias entre individuos de 1 m

Patrón temporal

Si el terreno es muy extenso y presenta grandes áreas con erosión laminar, es prioritario iniciar las siembras en las pendientes más altas, temporalmente se tratarían las pendientes fuertes, moderadas y suaves en orden secuencial, respectivamente.

Fórmulas florísticas

- **Datura arborea + Verbesina sp + Dalia imperialis**
- **Datura arborea + Verbesina sp + Alnus acuminata**
- **Smallanthus pyramidalis + Datura arborea**
- **Duranta mutisii + Miconia squamulosa**
- **Viburnum triphyllum**
- **Chusquea scandens**
- **Clusia multiflora**
- **Baccharis latifolia**

- **Lupinus albus**

Especies como *Clusia multiflora* y *Chusquea* sp son importantes formadoras de suelo dentro del bosque, o en ambientes atmosféricamente húmedos.

La acción pedogénica de estas especies, puede complementarse con fijadoras de nitrógeno como:

- **Lupinus bogotensis**
- **Lupinus spp (GC-BS 503)**
- **Alnus acuminata**
- **Ulex europaeus**
- **Cytissus monspesulanus**



[Volver al índice del Protocolo](#)



.: PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA .:



[Volver al índice del Protocolo](#)



12. TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN : Tratamientos del 19 al 27

19. Cubierta protectora de Pteridium spp

Este tratamiento es ideal para iniciar la restauración de suelos degradados por actividades agrícola o pecuaria intensivas o suelos acidificados por plantaciones densas de exóticas, se trata de establecer colchones de semillas o esporas y residuos de hojarasca de precursores leñosos altamente invasivos, esta técnica presenta una respuesta muy rápida a la colonización.

Patrón espacial

El tratamiento se establece implementando con azadón eras altas a manera de montículos de un ancho aproximado de 50 cm y 60 cm de altura, los montículos se separan entre sí por corredores a nivel del suelo en una distancia no mayor a 70 cm. entre sí. La capa vegetal se establece por todo el terreno con dos o tres capas, sin que queden espacios descubiertos.

Patrón temporal

Lo clave del establecimiento de este tratamiento es coleccionar los helechos cuando están a punto de lanzar las esporas, por lo general la coloración del helecho empieza a tornarse de un verde pálido con tonos blanquecinos.

Los helechos deben ser cortados desde la base del tallo y transportados en bolsas plásticas de manera que las esporas no se liberen antes de ser aplicados en el lugar a tratar.

Establecidas las hileras de montículos se procederá a repartir los helechos cobijando el suelo, apisonando suavemente con las manos los ubicados en los corredores a nivel. Luego, se establecerán sucesivas capas de tal manera que no queden espacios de suelo descubiertos.

Se realizará riego de las capas dos veces al día en los primeros tres días. Se recomienda que este tratamiento se inicie con las primeras lluvias con el objeto de obtener mejores y más rápidos resultados.

La colonización del Pteridium empieza a aparecer a las dos semanas de establecido el colchón y se puede consolidar un agregado maduro de Pteridium de 5–6 meses, si se incluye banco de semillas de precursores puede iniciarse un rastrojo a los 6 meses.

La siembra seral se iniciará en los montículos ya colonizados por el Pteridium.

Fórmulas florísticas

- *Pteridium aquilinum*

En el banco de semillas incluir semillas de *Baccharis* spp, *Monochaetum myrthoideum*., *Vallea stipularis* y *Myrsine* spp, implementando estacas de 5 cm de *Cavendishia cordifolia* y *Macleania rupestris*.

En los montículos ya colonizados por el helecho se pueden realizar siembras de individuos no menores a 1 m por túnel estrecho de:

- *Myrsine guianensis*
- *Vallea stipularis*

20. Control de focos de erosión severa

Los problemas de erosión focalizada, producto de la actividad agropecuaria intensiva, de extracción minera como las areneras y receberas requieren de un tratamiento especial.

Estas explotaciones mineras, son focos de erosión severa a partir de los cuales se expanden graves efectos de degradación ambiental, como la transformación mesoclimática, el descenso freático, la suspensión del tránsito de dispersores, la erosión misma, etc.

Es Distrito abunda en ejemplos de priseres rupestres, en variedad de medios que cubren desde afloramientos rocosos y peñas, hasta receberas y areneras de todos los tamaños.

Dentro de las actividades de investigación, se han identificado las principales etapas del desarrollo espontáneo de la vegetación, a partir de la suspensión de la explotación, o bien la suspensión de la actividad agropecuaria.

Se proponen aquí un conjunto de especies vegetales que componen y dinamizan la regeneración de los suelos y la vegetación dotadas de las estrategias adaptativas necesarias para colonizar y transformar estos medios difíciles.

Es importante aclarar que el protocolo, para este tratamiento, no entrará en detalles sobre los aspectos ingenieriles ni las técnicas y diseño de adecuación morfológica del terreno a tratar.

Por tanto, la aplicación de los tratamientos parte de la adecuación física del terreno para la implementación de los tratamientos vegetacionales que potencien los objetivos de la adecuación u obras físicas ejecutadas en el terreno a restaurar.

Recuperación de canteras

A partir de tales resultados, se ha formulado un paquete prototípico de tratamientos de restauración, en combinación con herramientas físicas y químicas, con especies nativas y exóticas naturalizadas, que aceleran el proceso de la sucesión, a través de la introducción de las poblaciones vegetales que determinan sus mayores avances, garantizando una cobertura significativa y la

recuperación escénica en el mediano plazo, junto con la estabilización del sustrato en el corto plazo.

También se han identificado los factores restrictivos más determinantes en el desarrollo de la cobertura vegetal, los componentes de las canteras más susceptibles a ser focos de expansión de la vegetación, y las posibles estrategias que corresponden de manera adecuada a las condiciones específicas de estos factores en cada cantera.

Patrón espacial

Con base en este conocimiento, se perfilan herramientas que se distribuyen por el terreno a tratar. La distribución de estas herramientas debe enfocarse como se ha reiterado sobre los puntos en donde es más viable la restauración: microtopografía adecuada, humedad edáfica y estabilidad del sustrato.

Se presenta aquí el mosaico de áreas que componen el tratamiento:

- Área de «Cordones de contención físicos»: Tratando la escorrentía de modo tal, que no contribuya al desmoronamiento de las márgenes de la cantera, pero tampoco se pierda sino que se haga ingresar adecuadamente para la humectación del área bajo tratamiento, se establecerán las obras físicas artesanales como trinchos y drenajes artificiales.
- Área de «Barreras vegetales de contención de escorrentía»: Siguiendo el patrón espacial de setos formadores de suelo y barreras contra viento, se establecerán estratégicamente priorizando las áreas más afectadas por la escorrentía superficial, de modo que las barreras reduzcan la velocidad del agua.
- Área de «Focos de expansión de la vegetación»: Se establecerán agregados con precursores en los puntos con mayor humedad edáfica y estabilidad del sustrato, y en micrositios con tendencia a acumular nutrientes.
- Área de «Fertilización estratégica»: Se abordará fertilización, en puntos estratégicos como las de grietas y terracetas naturales de la cantera con los denominados nódulos de desgaste lento.
- Áreas de « Implementación de estructuras artificiales de colonización»: Se implementarán terracetas, fisurados, tinglados, etc. para favorecer la colonización de especies pioneras.

La implementación de estas áreas dentro de la cantera, permiten emprender una restauración que una vez iniciada artificialmente, se retroalimenta positivamente y por sí sola, en un término indefinido de tiempo, aumentando espontáneamente la tasa de modificación y la estabilidad del medio físico con cada nueva etapa y asegurando la marcha del terreno hacia su eventual recuperación total. En este punto radica su ventaja fundamental con respecto a las técnicas tradicionales, las cuales dependen de insumos y subsidios constantes y, en el mejor de los casos, aseguran la cobertura para un corto plazo y sólo en los medios menos severos.

Se consigue así, frenar el avance de la erosión, controlar el aporte de sedimentos a la red hidrográfica, conservar cantidad y calidad del agua de las microcuencas afectadas, y recuperar las canteras a nivel escénico.

Patrón temporal

- En primer lugar, se realizará un diagnóstico rápido de la cantera identificando: áreas inestables, áreas estables, tipos de erosión (laminar, cárcavas, desplomes), focos de regeneración espontánea, drenajes, terracetas naturales.
- Se zonificarán estas áreas con las de tratamiento: Cordones de contención físicos, barreras vegetales de contención de escorrentía, focos de expansión de la vegetación, focos de fertilización estratégica, implementación de estructuras artificiales de colonización.
- Se iniciará el tratamiento con todas las obras físicas y se realizará seguimiento de las mismas para identificar sus resultados, ajustando y adecuando aquellas que no hayan funcionado o evolucionado según lo previsto.
- Terminados los ajustes, se procederá a la fertilización.
- Se implementarán barreras de contención de escorrentía
- Finalmente se implementarán los focos de expansión de la vegetación.

Fórmulas florísticas

Establecidos los cordones de contención físicos y las estructuras artificiales de colonización se pueden plantar las siguientes especies:

Ej.: *Orthrosanthus chimboracensis*

Cortaderia nitida

Puya spp

Lycium spp (en lugares atmosféricamente secos)

Dodonaea viscosa (en lugares atmosféricamente secos)

Para barreras vegetales de contención de escorrentía:

El establecimiento de especies con hábito de crecimiento reptante o rastrero, aptas para afianzar los primeros milímetros de suelo, claves en el control de erosión.

Ej.: *Befaria resinosa*

Myrica parvifolia

Muehlenbeckia tamnifolia

Rubus bogotensis

Macleania rupestris

Cavendishia cordifolia

Para los focos de expansión de la vegetación se recomienda la utilización de especies con hábito de crecimiento del tipo trepador, caracterizadas por su rápido crecimiento y su capacidad de superar pendientes fuertes.

- *Rubus* spp
- *Muehlenbeckia tamnifolia*

En focos de fertilización estratégica:

La utilización de especies con oferta de frutos atractiva para las aves, con lo que se multiplica la lluvia de propágulos sobre el área tratada, al tiempo con la fertilización adicional procedente de las deyecciones.

- *Rubus* spp
- *Gaultheria* spp
- *Pernettya* spp
- *Muehlenbeckia tamnifolia*
- *Hesperomeles* spp
- *Berberis* spp

El establecimiento de especies con hábito de crecimiento procumbente, importantes en la formación de una cobertura a nivel del suelo que cree un microclima más amable y así favorezca la ecesis de especies de etapas más avanzadas de la sucesión.

- *Macleania rupestris*
- *Myrica parvifolia*

El establecimiento de especies de tipo arbustivo sobre las etapas previas, que determinen el avance a una etapa posterior de la sucesión (dinamogenéticas).

- *Baccharis* spp
- *Ageratina aristeii*

- *Diplostephium rosmarinifolium*
- *Solanum* spp
- *Monochaetum myrthoideum*

Herramientas complementarias

En los lugares más difíciles pueden aplicarse medios complementarios. A continuación se describen los medios físicos fáciles de implementar pueden ser:

- Tinglados: pueden ser de alambre y guadua, sobre pendientes fuertes con panes de tierra sosteniendo vegetación rastrera y trepadora.
- Terracetas artificiales: de las que pueden cavarse y apisonarse con la sola ayuda de un azadón. El perímetro externo de cada terraceta debe ser lo más semicircular posible y afianzarse con material vegetal.
- Drenajes artificiales: en focos de erosión severa deben efectuarse obras de conducción consistentes en canales que conduzcan la escorrentía desviándola de los frentes de erosión y utilizándola para la irrigación de los puntos menos frágiles (siempre que sea posible).
- Descoles: zanjas de drenaje que recogen la escorrentía de exceso de las demás obras de infiltración y control de erosión, canalizándola hacia fuera del área tratada. La falta de descoles es uno de los peores y más frecuentes errores en el control de erosión.
- Trinchos: En las cárcavas pueden construirse trinchos con postes de ocal con una barrera delantera de precusores leñosos de los recomendados para suelos pesados (húmedos).
- Geotextiles: textiles biodegradables (fique preferiblemente) cubriendo a manera de tapete los lugares más afectados por escorrentía superficial.

Los medios químicos y orgánicos:

- Sopas biológicas: soluciones químicas, microbiológicas, multisémilladas o mixtas, solas o en combinación con mulch (residuos vegetales picados), para fertilización e inducción sucesional de suelos degradados.
- Nódulos de difusión lenta: (SALAMANCA & CAMARGO 1993), para equilibrar la deficiencia general de fósforo y otros elementos limitantes en terrenos desnudos y con pendientes fuertes (factores que dificultan la retención de nutrientes). Dependiendo del interés y valor de la recuperación de un sitio dado, puede aplicarse un sistema de fertilización consistente en la introducción de nódulos de gel embebido en soluciones concentradas, en agujeros dentro del sustrato a inducir (la difusión lenta del nódulo al sustrato evita el lavado rápido del fertilizante). Combinados con

puntos de colonización vegetal, ayudan a conformar núcleos de restauración en micrositios difíciles (taludes, escarpes, grietas).

- Mezcla de material rocoso fragmentado con suelo o desechos orgánicos para estimular la formación de suelo y la colonización de vegetación: se aplica para los residuos de material de la cantera en las áreas planas y estables. Se puede introducir, en una segunda etapa, la implementación de lombricultura.

21. Protección y estabilización de taludes en vías

En el Distrito se invierte con frecuencia en obras físicas para el control de derrumbes en las vías, no obstante es una generalidad que las obras ingenieriles para el control de los derrumbes en los taludes en vías son rara vez acompañadas de tratamientos vegetacionales adecuados. Los tratamientos aquí presentados cumplen dos funciones básicas: una, la de potenciar las estructuras implementadas para el control de la erosión y dos, la apariencia estética del talud.

A continuación se presentan tratamientos que al tiempo que mejoran la apariencia estética del talud, estabilizan y apoyan la durabilidad de las obras físicas implementadas.

Patrón espacial

La distribución de la vegetación en el talud a tratar debe enfocarse sobre los puntos en donde es más viable la restauración: microtopografía adecuada, humedad edáfica y estabilidad del sustrato.

Se presenta aquí el mosaico de áreas que componen el tratamiento:

- Área de «contención»: Tratando la escorrentía de modo tal, que no contribuya al desmoronamiento de las márgenes de la cantera, pero tampoco se pierda sino que se haga ingresar adecuadamente para la humectación del área bajo tratamiento, se establecerán las obras físicas como descoles, banquetas, fajinas y esterillas. Para control de derrumbes se establecerán gaviones si es conveniente.
- Área de «Barreras vegetales de contención de escorrentía»: Se establecerá en la ladera de la cual hace parte el talud (parte más alta perpendicular al talud propiamente dicho) un conjunto de setos formadores de suelo y barreras contra viento ubicados estratégicamente sobre las áreas más afectadas por la escorrentía superficial, de modo que las barreras reduzcan la velocidad del agua.
- Área de «Focos de expansión de la vegetación»: Se establecerán agregados con precursores en los puntos con mayor humedad edáfica y estabilidad del sustrato, y en micrositios con tendencia a acumular nutrientes.
- Área de «Fertilización estratégica»: Se abordará fertilización, en puntos estratégicos como las de grietas y terracetas naturales de la cantera con los denominados nódulos de desgaste lento.
- Áreas de « Implementación de estructuras artificiales de colonización»: Se implementarán terracetas, y macetas para favorecer la colonización de especies pioneras.

La implementación de estas áreas dentro del talud, permiten emprender una restauración que una vez iniciada artificialmente, se retroalimenta positivamente y por sí sola, en un término indefinido de tiempo, aumentando espontáneamente la tasa de modificación y la estabilidad del talud.

Patrón temporal

- Primeramente se realizará un diagnóstico rápido del talud identificando: áreas inestables, áreas estables, tipos de erosión (laminar, cárcavas, desplomes), focos de regeneración espontánea, drenajes, terracetas naturales.
- Se zonificarán las áreas de tratamiento: Obras físicas de contención, barreras vegetales de contención de escorrentía, focos de expansión de la vegetación, focos de fertilización estratégica, implementación de estructuras artificiales de colonización.
- Se iniciará el tratamiento con de las obras físicas y se realizará seguimiento de las mismas para identificar resultados de las obras.
- Se realizarán ajustes a las obras que presenten inestabilidad.
- Se aplican los sistemas de fertilización seleccionados.
- Se implementarán barreras vegetales de contención de escorrentía
- Finalmente se implementarán los focos de expansión de la vegetación.

Fórmulas florísticas

Establecidas las obras físicas de contención se pueden plantar las siguientes especies:

Ej.: Para los descoles:

A lado y lado de estas vías de desagüe se sembrarán herbáceas de raíces profusas y superficiales como Cortaderia nitida con distancias entre sí de 50 cm.

Para las terrazas puede utilizarse herbáceas resistentes a bajas condiciones de nutrientes combinadas con arbustos, así:

- Puya nitida + Gaultheria erecta (a 60 cm de distancia entre sí)
- Cortaderia nitida + Myrica parvifolia

El establecimiento de especies con hábito de crecimiento reptante o rastrero, aptas para afianzar los primeros milímetros de suelo, claves en el control de erosión.

Ej.: Befaria resinosa

Myrica parvifolia

Muehlenbeckia tamnifolia

Rubus bogotensis

Elementos del cordón de Ericáceas:

- *Macleania rupestris*
- *Cavendishia cordifolia*

La utilización de especies con oferta de frutos atractiva para las aves, con lo que se multiplica la lluvia de propágulos sobre el área tratada, al tiempo con la fertilización adicional procedente de las deyecciones.

- *Rubus* spp
- *Gaultheria* spp
- *Pernettya* spp
- *Muehlenbeckia tamnifolia*
- *Hesperomeles* spp
- *Berberis* spp

El establecimiento de especies con hábito de crecimiento procumbente, importantes en la formación de una cobertura a nivel del suelo que cree un microclima más amable y así favorezca la ecesis de especies de etapas mas avanzadas de la sucesión, con distancias entre sí de 70 cm.

- *Macleania rupestris*
- *Myrica parvifolia*

El establecimiento de especies de tipo arbustivo sobre las etapas previas, que determinen el avance a una etapa posterior de la sucesión (dinamogenéticas), con distancias entre sí de 80–100 cm.

- *Baccharis* spp (para taludes de suelos arcillosos)
- *Ageratina aristeei* (para taludes de suelos francos)
- *Diplostephium rosmarinifolium* (para taludes de suelos arenosos)
- *Solanum* spp (para taludes con suelos arcillosos)

- *Monochaetum myrthoideum* (para taludes con pizarras o esquistos)
- *Dodonaea viscosa* (para taludes de roca compacta)
- *Lycium* spp (para taludes suelos francos)
- *Lupinus* spp (para taludes suelos francos)

Para los Gaviones: es importante que se mezcle con los cantos rodados tierra negra y arcilla con el fin de dar posibilidad de establecimiento de especies con raíces agrietantes, en los gaviones se pueden establecer:

- *Macleania rupestris*
- *Cavendishia cordifolia*
- *Befaria resinosa*

En las terracetas y macetas artificiales pueden utilizarse:

- Bromeliáceas
- *Gaultheria* spp
- *Pernettya* spp
- *Puya* spp
- *Senecio niveoaureus*
- *Senecio formosus*

Herramientas complementarias

En los lugares más difíciles pueden aplicarse medios complementarios.

A continuación se describen los medios físicos mencionados:

- Tinglados: Pueden ser de alambre y guadua, sobre pendientes fuertes con panes de tierra sosteniendo vegetación rastrera y trepadora.
- Terracetas artificiales: de las que pueden cavarse y apisonarse con la sola ayuda de un azadón. El perímetro externo de cada terraceta debe ser lo más semicircular posible y afianzarse con material vegetal.
- Drenajes artificiales: en focos de erosión severa deben efectuarse obras de

conducción consistentes en canales que conduzcan la escorrentía desviándola de los frentes de erosión y utilizándola para la irrigación de los puntos menos frágiles (siempre que sea posible).

- **Trinchos:** En las cárcavas pueden construirse trinchos con postes de ocal con una barrera delantera de precusores leñosos de los recomendados para suelos pesados (húmedos).
- **Geotextiles:** Textiles biodegradables (fique preferiblemente) cubriendo a manera de tapete los lugares más afectados por escorrentía superficial.

Los medios químicos y orgánicos: los mencionados anteriormente.

22. Cordones ruderales

Es importante considerar la planificación de la vegetación que se ha de plantar a lado y lado de carreteras y carreteables los denominados «cordones ruderales», aunque es característico en el Distrito el desarrollo de una vegetación espontánea para estas áreas, son pocos los casos de fuerte afectación negativa de la vegetación sobre las carreteras.

Dependiendo del tipo de vía, se pueden combinar diferentes características de la vegetación nativa con el fin de ofrecer una panorámica colorida y diversa al conductor. El escoger la vegetación adecuada, reducirá los gastos de mantenimiento de las carreteras, por raíces agresivas de árboles ruderales y gastos de mano de obra para el mantenimiento de la visibilidad.

La vegetación ruderal no sólo responderá a las necesidades paisajísticas del conductor o el turista, sino a las de los habitantes cercanos a las carreteras o caminos, a los cuales ofrecerá ornato y privacidad para sus predios, barrera contra ruido y barrera contra la contaminación atmosférica (humo y polvo de la carretera). Adicionalmente, una vegetación ruderal adecuada puede garantizar el mantenimiento de vías localizadas en terrenos con niveles freáticos muy altos.

La planeación y diseño de la vegetación ruderal, debe considerar toda esta gama de usuarios sin privar del paisaje abierto, atributo indispensable del modo de vida rural.

Patrón espacial

Los cordones ruderales son mosaicos de barreras que se ajustan a las condiciones,

- **Barreras contra polución:** barreras densas de arbustos con distancias entre individuos de 6 cm que alcanzan alturas no mayores de 1.50 m, de 3 a 4 hileras con distancias de 50 cm, al tresbolillo.
- **Barreras para descenso de nivel freático:** Barreras de herbáceas y árboles de alta evapotranspiración y raíces pivotantes. Distancias entre árboles de 5 a 6m con intercalado de herbáceas de gran porte con distancias entre ellas de 2m.

- **Barreras contra ruido: Con especies de tipo arbustivo y arborescente de follaje tupido, distancias entre sí de 1m ver figura 7.**

Fórmulas florísticas

Barreras contra ruido y ornamentales:

- **Sambucus peruviana**
- **Vallea stipularis intercalada con Dalia imperialis + Bocconia frutescens**
- **Abatia parviflora + Tecoma stans**
- **Bocconia integrifolia + Abutilon insigne (exótica) + Oreopanax bogotense**
- **Vallea stipularis intercalada con Oreopanax floribundum + Viburnum spp**
- **Tibouchina grossa + Brugmansia sanguinea + Bucquetia glutinosa**

Para barreras para descenso del nivel freático Eucalyptus globulus intercalado con:

- **Agave americana**
- **Puya nitida**
- **Puya spp**
- **Crocasmia sp**
- **Furcraea sp (fique)**

Para barreos contra ruido:

- **Cupressus lusitanica**
- **Myrica parvifolia**
- **Cupressus spp**
- **Bambusa spp**

23. Corredores y estribones de dispersión ornitócora

Los corredores y estribones de dispersión tienen la función de apoyar la dispersión de semillas realizada por las aves, agilizando la restauración de bosquetes y zonas de barbecho.

Patrón espacial

El patrón de plantación es al tresbolillo con distancia de 2 m entre individuos, conformando franjas continuas de 10 mts de ancho (corredores), o cadenas de islotes de mínimo 20 mts de diámetro y separados entre sí por un máximo de 100 mts (estribones de dispersión).

Los corredores y las cadenas de estribones se disponen preferencialmente a lo largo de cercas y acequias, en lo posible lejos de las carreteras, sean éstas principales o secundarias. La ubicación de los cordones debe contemplar las fuentes de diversidad del área.

Patrón temporal

Recurriendo a las fichas técnicas de especies se podrán combinar fórmulas florísticas que garanticen oferta de frutos durante el ciclo anual.

Fórmulas florísticas

- **Macleania rupestris + Cavendishia cordifolia**
- **Gaultheria anastomosans + Pernettya prostrata**
- **Viburnum triphyllum + Myrcianthes leucoxylla + Hesperomeles spp**
- **Duranta mutisii + Miconia squamulosa + Vallea stipularis**
- **Macleania rupestris + Cavendishia cordifolia + Berberis rigidifolia**
- **Macleania rupestris + Clusia multiflora**
- **Vallea stipularis + Cavendishia cordifolia**
- **Myrica parvifolia + Macleania rupestris**
- **Miconia squamulosa + Viburnum triphyllum + Duranta mutisii**
- **Tibouchina grossa + Cavendishia cordifolia**
- **Rubus spp.**

Los bordes externos de los corredores y estribones deben protegerse con hileras cerradas (distancias de 1m) de especies espinosas, de las utilizadas en las barreras antigano.

Los biotipos enmarañantes como Chusquea scandens y Rubus spp., pueden contribuir a la densificación de los corredores, proporcionando adecuado abrigo a la avifauna.

Aquí son bien importantes las Lauráceas (*Persea mutisii*, *Persea ferruginea*, *Ocotea sericea*, *Ocotea heterophylla*), siempre acompañadas de *Chusquea scandens* o Ericáceas arbustivas densificantes como *Macleania rupestris* y *Cavendishia cordifolia*.

Las Ericáceas deben ocupar un lugar predominante en estas herramientas vegetales destinadas a la dispersión ornitócora. Entre ellas:

- ***Befaria resinosa***
- ***Macleania rupestris***
- ***Gaultheria anastomosans***
- ***Cavendishia cordifolia***
- ***Pernettya prostrata***
- ***Plutarchia guascensis***
- ***Vaccinium floribundum***

Herramientas complementarias

Existen una serie de herramientas que pueden acelerar el proceso de conexión entre estribones como son las perchas y hábitats artificiales y comederos, estas herramientas se describen más detalladamente en literal siguiente.

24. Enriquecimiento de hábitats para la fauna silvestre

Como se menciona en los cuadros de restauración, se presenta una seria desaparición de algunas de las especies de fauna suburbana y urbana antaño muy comunes en el Distrito. La desaparición de los hábitats y oferta de alimento a la par que la contaminación por ruido y escasez de refugios y alimento siguen siendo problemas a enfrentar para garantizar el retorno de los animales silvestres a través de cordones que conecten los diferentes espacios verdes de la ciudad, estos cordones de la red verde vial pueden presentar diferentes fórmulas vegetacionales y físicas entre las que se cuentan habitáculos para toma de agua, Corredores de tránsito, pepeaderos, cuevas y refugios.

El sistema de habitáculos para toma de agua y corredores es apto para aplicar en parques de recreación pasiva y chalets, así como en separadores de ancho considerable, ya que considera fórmulas florísticas de jardinería amable.

Bebederos

Dirigido a pequeños mamíferos los espacios para la toma de agua deben ser íntimos resguardados de la interferencia humana, ya que los animales requieren mucha tranquilidad para beber.

Es preferible que los habitáculos para la toma de agua estén conectados a corredores de tránsito con el fin de evitar que los animales se desplacen a campo abierto y puedan ser sorprendidos por animales domésticos (figura 9).

Patrón espacial

Se trata de piletas circulares de un radio de 1 m por 50 cm de profundo, la pileta está rodeada de con una franja de gravilla no mayor de 50 cm ancho, paralelo a esta franja continúa una barrera de arbustos o arborescentes sin espinas que pueden desarrollar una altura de 1.50 m esta intercalada con árboles de gran porte que presente frutos comestible apetecidos los animales, estos árboles se comportarán como pantallas para admirar los animales especialmente las ardillas que pueden salir a curiosear, siempre desde planos más altos para protegerse y sentirse seguras. La tercera franja es de tipo protector puede ser un seto espinoso de porte bajo.

Patrón temporal

Se debe lograr una combinación entre las coberturas de manera que se ofrezca protección a los pequeños mamíferos, por tanto, es indispensable que todo el material vegetal esté establecido antes de poner en funcionamiento la pileta.

La pileta será evacuada semanalmente con el fin de mantener las condiciones necesarias de calidad de agua, evitando problemas de sanidad animal.

La aparición de mamíferos como el borugo y la ardilla en contextos suburbanos es todo un acontecimiento en un contexto suburbano: como centro de atención de la población, se debe, en primeras etapas, tener especial atención sobre la educación ambiental, orientada a la protección y tipo de alimentación de cada animal.

Las reintroducciones de fauna no se recomiendan sin antes establecer los tratamientos adecuados para garantizar, comida, desplazamiento y tranquilidad a los animales y una revisión previa sobre el estado de salubridad del animal.

Fórmulas florísticas

Para barrera interior:

- **Myrica parvifolia**
- **Eupatorium angustifolium**
- **Baccharis tricuneata**
- **Cortaderia nítida**
- **Puya nitida**

Para barrera de protección:

- **Duranta mutisii**
- **Hesperomeles goudotiana**
- **Barnadesia espinosa**

Para árboles comestibles:

- **Prunus serotina**
- **Prunus buxifolia**
- **Cedrela montana**
- **Persea sericea**
- **Ocotea calophylla**
- **Ocotea heterophylla**
- **Juglans neotropica**
- **Axinaea macrophylla**

Herramientas complementarias

- **Comederos artificiales:** Se trata de comederos de estructuras de madera ubicadas en las partes altas y medias de los fustes de los árboles en donde se suministra alimento a los animales. Existen, también, comederos para colibríes con dispositivos especiales para el suministro de líquidos con almíbar, los cuales pueden ser adquiridos en tiendas especializadas.
- **Marcaje químico:** Se trata de implementar señales químicas sobre terreno por donde de desea transiten los animales (túnel, cueva). Esto se aplica en las primeras etapas de funcionamiento de corredores y refugios, se utilizan especialmente feromonas.

Corredores de tránsito

El fin primordial de los corredores es permitir que los animales tengan espacios seguros para desplazarse y disminuir la probabilidad de ser atacados por animales domésticos y turistas agresivos.

Fórmulas espaciales

Fórmulas florísticas

Para el caso de los corredores para pequeños mamíferos se recomiendan:

- *Macleania rupestris*
- *Miconia squamulosa*
- *Cavendishia cordifolia*
- *Myrica parvifolia*

Para el caso de los corredores para aves remitirse a las fórmulas ya descritas en los corredores de dispersión ornitócora ver literal 15.

Pepeaderos

Se trata de rodales artificiales de árboles y arbustos. Podrán constar de comederos artificiales para estimular las visitas de aves y mamíferos. Los menús de los animales a los que se les establecerán comederos serán consultados con especialista sobre cada grupo taxonómico a tratar.

Patrón espacial

A manera de mosaico se presentará un conjunto de árboles y arbustos que se caracterizan por producir cantidad abundante de frutos y semillas comestibles, o de flores melíferas frecuentadas por aves, en otros casos plantas con hojas muy apetecidas por insectos que son consumidas por aves insectívoras.

Patrón temporal

Se debe planear la composición de las fórmulas florísticas de manera que en todo el año se produzcan frutos.

Los comederos artificiales deben ser mantenidos en buenas condiciones de aseo para garantizar la salubridad de los animales.

Fórmulas florísticas

Estratos arbóreos:

- *Prunus serotina*
- *Prunus buxifolia*
- *Persea spp*

- *Vallea stipularis*
- *Abatia parvifolia*
- *Citharexylum sulcatum*
- *Viburnum triphyllum*
- *Ceroxylon andicola*
- *Bocconia frutescens*
- *Bocconia integrifolia*

Estratos subarbóreos

- *Abutilon*
- *Duranta mutisii*
- *Palicourea* spp
- *Piper* spp
- *Puya nitida*
- *Puya goudotiana*
- *Hesperomeles* spp
- *Xylosma spiculiferum*
- *Monina tintorea*

Cuevas y Refugios

Los refugios son espacios para el resguardo de los animales por lo general la conservación de rastros muy densos y gregios son ideales para el abrigo de aves. Las cuevas se constituyen como espacios ideales para los murciélagos cuya importancia es primordial en la restauración de microcuencas ya que dispersan las semillas de especies claves (especies frugívoras y melíferas) y control de plagas en cultivos (especies insectívoras).

Patrón espacial

Zarzales:

Son refugios ideales para aves frugívoras y pequeños roedores. Se trata de conformar agregados muy densos de un radio aproximado de 7 m. Estarán compuestos principalmente de individuos de especies espinosas y con fructificación constante, las distancias entre sí pueden ser de 50 cm.

Refugios para aves rapaces:

Las peñas altas con afloramientos rocosos son ideales como refugio de este tipo de aves, en las zonas bajas puede aplicarse tratamientos de comederos para pequeños mamíferos siguiendo las especificaciones para bebederos.

Bosquetes enanos:

Hábitats muy frecuentados por pequeños mamíferos, roedores y venados. Estos bosquetes pueden establecerse desde alturas de 2900 msnm hasta 3.400 msnm sobre áreas de potreros o zonas anegadas, en suelos pobres y preferiblemente ligeros. Los árboles a sembrar en patrón al tresbolillo con distancias entre sí de 4–6 m, y para el caso de herbáceas distancias de 50 cm conformando agregados de radio de 10m. En los bordes de los agregados las herbáceas dispuestas en franjas o formando agregados de radios de 5 m.

Algunos bosquetes de composición monoespecífica pueden establecerse en lugares pantanosos y son el refugio ideal para curíes y borugos.

Refugios para murciélagos:

Cerca de microcuencas fuertemente degradadas y aledaños a cercos vivos se pueden establecer cuevas con superposición de rocas grandes. La cueva tendrá una altura máxima de 80 cm y 2 m de profundo para estimular el establecimiento de murciélagos insectívoros y frugívoros, es preferible ubicarla en suelos edáficamente húmedos. El espacio de entrada a la cueva se plantará con especies que presenten de frutos apetecibles a los murciélagos con distancias entre sí de 70 cm, conformando una orla protectora sobre el contorno externo de la cueva, alrededor de este contorno se establecerá una franja con especies de morfotipo enmarañante con distancias entre sí de 50–70 cm.

En algunas áreas no es necesario el establecimiento de las cuevas pues están presentes en el paisaje local, se requiere únicamente aplicar en el contorno las fórmulas florísticas para este tratamiento.

Fórmulas florísticas

Zarzales:

- Barnadesia espinosa
- Rubus floribundus
- Rubus bogotensis

Chuscales:

Construir agregados con esquejes distanciados a 60 cm de:

- *Chusquea scandens*
- *Chusquea weberbauerii*
- *Chusquea tessellata*

Aplicar las condiciones de altitud optimas de la Sección 4.

Refugios para rapaces:

- *Puya nitida*
- *Cortaderia nitida*

Bosquetes enanos:

- *Escallonia myrtilloides* – *Cortaderia nitida* – *Puya nitida*
- *Polylepis cuadrijuga* – *Brachyotum strigosum*
- *Bucquetia glutinosa* – *Diplostephium rosmarinifolium*

Refugios para murciélagos, ronda de protección:

- *Piper lacunosum* – *Piper bogotense* – *Solanum nigrum*
- *Piper bogotense* - *Cestrum* spp – *Abatia parvifolia*
- *Smallanthus pyramidalis* – *Myrcia dugandii* – *Myrcianthes leucoxyla*

Herramientas complementarias

Comederos y habitáculos artificiales: existe un sin número de documentación para la construcción de habitáculos en madera, especiales para ardillas y diferentes grupos de aves, los cuales pueden incorporarse a los árboles plantados

- **Perchas:** las perchas (figura 9) son sitios de reposo y vigía para las aves. Se pueden establecer perchas simples o compuestas. La percha simple consiste en el establecimiento de alambres a manera de tendederos de ropa a una altura de 2m, debajo de la percha se deberá roturar el terreno esto con el fin de aprovechar la dispersión de colocar el terreno apto para el establecimiento de las semillas dispersadas por las aves que reposan en la percha. Las perchas compuestas son estructuras de alambre galvanizado que imitan la estructura de un árbol similar a la estructura de las antenas antiguas de televisión. Las perchas pueden ubicarse en lugares desprovistos de vegetación pero conectando parches o estribones de bosque

o rastrojo.

25. Generación de espacios autóctonos para la recreación y la educación ambiental.

Una de las mayores necesidades dentro de la ciudad es la generación de lugares de esparcimiento que contengan elementos autóctonos del paisaje bogotano, o bien la adecuación de espacios naturales para la educación ambiental.

Existe un desconocimiento generalizado sobre los ecosistemas altoandinos por gran parte de la comunidad escolar y la juventud, lo que es irónico, si se recuerda que Colombia ocupa el primer lugar a nivel mundial en diversidad de plantas con flores.

La estructuración de los actuales Programas Institucionales de Educación (PEI) y los Proyectos Educativos Escolares han sido por mucho tiempo el talón de Aquiles de los educandos, estructurándose proyectos educativos solo al interior de los planteles educativos y en algunos casos desarrollando temas ambientales fuera de contexto.

Santa Fe de Bogotá, por fortuna cuenta con una serie de relictos boscosos de gran valor, no solo por sus funciones ecológicas, sino por la edad de los bosques y las particulares especies de animales y árboles que los componen. Sin embargo, el inicio de un ecoturismo mal planeado implicaría la destrucción de los mismos ecosistemas y su pérdida irreparable.

En vista de estas consideraciones, se requiere cada vez con más urgencia sensibilizar al ciudadano y hacerlo realmente partícipe de la recuperación del espacio público, la naturalización de la ciudad, y la conservación de ecosistemas relictuales incorporando las acciones educativas al uso de los espacios naturales del Distrito, para reconocer y valorar los ecosistemas y la flora y fauna nativa altoandina.

Ejemplo de señalización en el área de ingreso

Reserva Forestal Bosque de Chuwacá – Localidad de Usaquén. Tipo de ecosistema: Bosque Altoandino Tipo de bosque: Bosque de chuwacá (<i>Prunus buxifolia</i>) y aguacatillos (<i>Ocotea heterophylla</i>) msnm: 3.050 Instrucciones de uso: • Utilice solo los senderos y espacios permitidos. • No realice fogatas. • No bote basura, use las canecas. • Procure silencio al interior del bosque. Balones en uso serán decomisados.
--

Este es un tratamiento integrado que requiere la combinación de otros anteriormente expuestos, se pretende dar un conjunto de pautas para el manejo de zonas potencialmente ecoturísticas dentro y fuera de la ciudad. Generar este tratamiento en áreas con ecosistemas relictuales requiere de especial atención para evitar poner en riesgo la integridad de los ecosistemas por acciones vandálicas hacia árboles y animales. Se deberá, por tanto, enfatizar en el manejo la promoción de los valores ecológicos y el estímulo sobre el visitante a adquirir conocimiento sobre las funciones y composición de los bosques altoandinos.

El tratamiento puede aplicarse tanto a ecosistemas naturales como plantaciones forestales protectoras o áreas de restauración.

Patrón espacial

El área fijada para esta función deberá contener tipos de áreas en los cuales se desarrollan acciones específicas.

Área de ingreso:

Zona de entrada, es preferible que sea una sola, con el fin de evitar la creación espontánea de caminos, la desinformación al usuario sobre las normas de uso del espacio. Es importante implementar un aviso de tamaño considerable presentando un croquis del lugar y un listado de instrucciones preventivas.

Se debe evitar la entrega de volantes informativos para prevenir se constituyan como fuente de basura del Lugar.

La señalización en la entrada debe ser sucinta y clara, (ver ejemplo de señalización).

Áreas de movilización:

Se trata de los caminos o senderos para ingresar o recorrer el área, los senderos preferiblemente deben ser estrechos 60 cm de ancho, con el fin de promover el silencio y la contemplación del lugar. Los senderos muy largos deberán poseer algunos espacios de descanso denominadas estaciones de guianza.

Para lugares con alta diversidad paisajística (ej.: peñascos, afloramientos rocosos, cuevas) se pueden realizar desviaciones hacia lugares de difícil accesibilidad con el fin de invitar a turistas más arriesgados al desarrollo de actividades de esparcimiento como escalar e inspeccionar.

- Estaciones de guianza: son áreas abiertas circulares presentes en los senderos de movilización aptas para detenerse y escuchar instrucciones de un guía. Es preferible que estén ubicadas en lugares con vista panorámica o donde se presente alta diversidad y esplendor visual del ecosistema, las estaciones pueden tener ayudas visuales como letreros con mensajes educativos sobre historia de uso o descripción ecológica del ecosistema.

- Museos vivientes: lugares en donde se presenta a manera de exposición la diversidad de la flora del ecosistema, ej.: Orquídeas, bromelias, musgos etc.

Áreas de recreación pasiva:

Existen algunos lugares de belleza escénica que pueden ser adecuados para recreación pasiva: lectura, caminata libre, ejercicio de orientación geográfica.

Podrán adecuarse miradores altos de 7m, dentro del bosque para contemplación de aves, estos preferiblemente en estructuras metálicas, resistente alta humedad, o miradores fuera del bosque de tipo panorámico ubicados en lugares de mayor altura y visibilidad.

Para el caso de espacios de cobertura en pastizal, se pueden promover miradores de pequeños mamíferos y aves, aplicado los tratamientos del literal 24.

Áreas para la contemplación y aprendizaje:

Se adecuarán algunos senderos de movilización dentro del bosque para la contemplación, los senderos deben ser angostos y protegidos a lado y lado con una malla metálica verde de altura no menor a 1.20 m, la penetración hacia el bosque no debe permitirse ya que el bosque altoandino es muy sensible al pisoteo. Señalizarán los individuos más representativos identificando su grupo taxonómico, determinación y nombre vulgar.

Se pueden implementar tramos pequeños en puentes colgantes para contemplación del dosel del bosque y aves, estos se ubicarán a la altura de 12 m que es el promedio aproximado del dosel de bosque altoandino maduro. Los tramos no pueden ser mayores a 100 m. Y deben adecuarse a la distribución de los árboles del bosque.

Algunas áreas en restauración se mostrarán para instruir a los visitantes sobre los conceptos de conservación, restauración y las técnicas y tratamientos aplicados en el área.

Tabla 5. Zonificación y acciones para espacios de recreación y educación ambiental

CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	TRATAMIENTO	TIPO DE USO
Áreas con pastizal	Recuperación hábitats fauna	Rp – Ra – AA • Miradores y comederos de fauna • Kioscos
Áreas con bosque alto Nativo	Llenado ecotonos	Rc – Rp – Sm • Puentes colgantes • Miradores de fauna
Plantaciones densas de exóticas	Recuperación de ecosistema	Ra
Puntos probables para ingreso y salida del lugar	Jardinería amable	Si • Señalización
Áreas probables para senderos	Barreras antigando	Sm • Adecuación
Claros o perturbaciones dentro del bosque	Restauración de claros de bosque Barreras antigando	Si – Mv • Señalización
Ecotono bosque pastizal	Llenado de ecotonos	Si
Áreas con buena visibilidad panorámica	Jardinería amable	Pp • Mirador
Afloramientos rocosos	Barreras con Ericáceas para orientar los desplazamientos	Ra • Implementación cuerdas y estacas para escalar
Cuevas	Acceso con Jardinería amable	Ra • Señalización
Peñas de más de 60 grados con escasa vegetación pero estables	Control de erosión y barreras cortaviento	Ra • Implementación columpios y poleas
Margen de Quebradas	Barreras vegetacionales a lado y lado del sendero	Si – Ra – Mv • Puentes colgantes • Poleas
Nacimientos	Recuperación	I
Arboles relictuales de especies en extinción	Rescate de especies en peligro	Rc – Eg – Mv • Señalización
Ra ... Recreación activa Rc ... Recreación contemplativa	I ... Zona intangible MV ... Museo vivo	Si ... Sendero interpretativo Eg ... Estación de guianza Rp ... Áreas de apreciación y aprendizaje Sm ... Sendero de movilización AA ... Áreas para toma de alimentos

Áreas para la recreación activa:

Este tipo de recreación para espacios naturales en conservación es más bien limitada, se requiere potenciar el uso de espacios abiertos con menor cobertura vegetal con el fin de que la recreación no lesione el ecosistema, el diseño de columpios gigantes ubicados en cimas, telarañas o mallas para escalar infantiles dentro de matorrales o pastizales arbustivos o sistemas de poleas para cortos recorridos son los más recomendados.

En plantaciones forestales protectoras con exóticas (Pino o Eucalipto) se puede permitir el uso de balones pero en ecosistemas naturales no deberá ser permitido.

Área para toma de alimentos:

En espacios abiertos se podrán establecer Kioscos o refugios para departir, su arquitectura debe ser sencilla con un mínimo de material de concreto y colores crípticos que no interfieran con el verde de los bosques. Alrededor de estos espacios se integrarán comederos y bebederos para las aves y se aplicarán setos de especies melíferas.

Patrón espacial

- La aplicación de este tratamiento requiere la elaboración de una zonificación del área, cada lugar por sus características podrá ser planteado para cierto uso y manejo. Algunos lugares son de alta fragilidad por lo que se denominarán áreas intangibles, es decir, en donde se restringirá el acceso al turista o la implementación de cualquier tipo de obra física e infraestructural.

En la tabla 5 se resumen las posibles áreas y su manejo.

- Se deberá realizar un muestreo general sobre las especies arbóreas, orquídeas briófitos y bromelias del área.
- Se deberá realizar un inventario de fauna silvestre.
- Las especies arbóreas aledañas a los senderos o lugares de recreación pasiva se señalarán con letreros con su nombre vulgar y científico.
- Terminada la zonificación e inventarios de flora y fauna, se debe iniciar la integración de la comunidad vecina al conocimiento de la zona y si es viable se propenderá por su incorporación a las actividades ecoturísticas del lugar a través de capacitación en guianza ecológica.
- Se debe realizar temporalmente monitoreo y mantenimiento del estado de la señalización, senderos e infraestructura y procurar nutrir el muestrario de museo viviente.

26. SELECCION DE ESPECIES PARA LOS TRATAMIENTOS

La sección 4 contiene una muestra representativa de las principales dinamogenéticas del sistema sucesional regional, caracterizándolas según su aptitud morfológica y ecofisiológica para la conformación de las distintas herramientas vegetales (barreras de viento, cordones riparios, etc.).

Los tipos de Tratamiento, muestran en las fórmulas florísticas combinaciones exitosas, sin embargo, las que no estén presentes son viables en la medida en que el lector considere las especificaciones de la especie para la sere a la que pertenezca. De esta manera se pueden realizar cuantas combinaciones de especies, sin dejar de alto las especificaciones ambientales descritas en la ficha especialmente las relacionadas con la posición altitudinal, tipo de suelo, y las condiciones de pendiente etc.

La gama de morfotipos de las especies nativas del Distrito es muy amplia, dando la posibilidad aprovechar al máximo sus características particulares para diferentes usos.

En los tratamientos es importante tener en cuenta, por supuesto, los diferentes usos de las especies: como medicinales, maderables, ornamentales, alimenticias, etc., los cuales pueden suplir necesidades locales, al tiempo que aumentan el interés de la comunidad por la restauración.

La gran mayoría de las dinamogenéticas detectadas presentan propiedades medicinales y cualidades ornamentales, lo cual facilita en gran medida su aceptación y uso dentro por parte de los habitantes del Distrito. La idea del «jardín–botica», por ejemplo, se ha mostrado como uno de los más efectivos enganches de la restauración.

27. APLICACIÓN LOCAL DE TRATAMIENTOS. Ventanas de Restauración.

Con el fin de abordar y espacializar programas locales de restauración se realizó bajo el convenio DAMA - FUNDACIÓN BACHAQUEROS el «Mapa Plan de Restauración». Uno de los productos de este mapa plan, es un juego de 7 mapas denominados ventanas de restauración a escala 1:10.000.

Las ventanas de restauración pertenecen a las localidades de San Cristóbal, Usaqué, Santa Fe, Chapinero, Ciudad Bolívar, Usme y Sumapaz.

En esta cartografía se localizan los tratamientos de restauración aquí expuestos, aplicados a cada unidad de cobertura vegetal existente, teniendo en cuenta la dinámica de los sistemas de alteridad atendiendo las necesidades de armonización entre los procesos biofísicos, culturales y socioeconómicos presentes.

Las áreas seleccionadas para cada localidad se derivan del Diagnóstico y priorización de problemática ambiental del «Plan de Ecosistemas Estratégicos de las áreas Rurales del Distrito Capital» elaborada por la Fundación Bachaqueros en el marco del Convenio DAMA – CORPOICA.

A continuación se describen las áreas seleccionadas como ventana de Restauración:

- Localidad de San Cristóbal: Cuenca baja del Río San Cristóbal Localidad de Usaqué: Quebrada Contador y Parque Ecológico Recreacional San Rafael.
- Localidad de Santa Fe: Cerro de Guadalupe, Monserrate, El Cable y Parque Nacional.
- Localidad de Ciudad Bolívar: Área de Influencia acueducto La Lechuza.
- Localidad de Usme: Cuenca Media y baja del Río Mugroso
- Localidad de Sumapaz: Quebrada Jericó (vereda Las Animas).

Matriz 1, Tratamiento específico X Cuadros de restauración

Tratamiento específico	Cuadros de Restauración																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Plantaciones protectoras en bloque																		
2. Inducción a matorrales y rastrojos																		
3. Restauración de bordes de ecotono																		
4. Llenado de claros de bosque																		
5. Rescate flora amenazada																		
6. Restauración nacimientos de agua																		
7. Restauración de microcuencas																		
8. Cordones riparios																		
9. Barreras cortaviento																		
10. Barreras contra heladas																		
11. Barreras antigando																		
12. Cercas vivas																		
13. Modelos agroforestales																		
14. Control exóticas invasoras																		
15. Control de sucesiones pirogénicas																		
16. Restauración de plantaciones forestales																		
17. Jardinería amable																		
18. Setos y agregados formadores de suelo																		
19. Cubiertas de Pteridium																		
20. Control de focos de erosión severa																		
21. Protección de taludes en vías																		
22. Cordones ruderales																		
23. Cordones y estribones omitócoros																		
24. Enriquecimiento hábitats fauna																		
25. Educación ambiental – ecoturismo																		

 Tratamiento complementario
 Tratamiento principal

Matriz 2, Especies dinamogenéticas X Tratamiento específico

Especies diemagenéticas	Tratamiento específico																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Ocotea calophylla</i>																									
<i>Ocotea heterophylla</i>																									
<i>Ocotea sericea</i>																									
<i>Oreopanax bogotense</i>																									
<i>Oreopanax floribundum</i>																									
<i>Orthosanthus chimboracensis</i>																									
<i>Pentacalia pulchellus</i>																									
<i>Piper bogotense</i>																									
<i>Polyiepis quadrijuga</i>																									
<i>Prunus buxifolia</i>																									
<i>Pteridium aquilinum</i>																									
<i>Rubus bogotensis</i>																									
<i>Rubus floribundus</i>																									
<i>Saurauia ursina</i>																									
<i>Solanum lycioides</i>																									
<i>Solanum oblongifolium</i>																									
<i>Tibouchina grossa</i>																									
<i>Vallea stipularis</i>																									
<i>Verbesina elegans</i>																									
<i>Viburnum tinoides</i>																									
<i>Viburnum triphyllum</i>																									
<i>Weinmannia tomentosa</i>																									
<i>Xylosma spiculiferum</i>																									



[Volver al índice del Protocolo](#)