

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN VASCULAR  
EN ÁREAS CON DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA SORATAMA,  
LOCALIDAD DE USAQUÉN – DISTRITO CAPITAL.**

**María Alejandra Arias Escobar**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
CARRERA DE ECOLOGÍA  
BOGOTÁ D.C.  
JULIO DE 2005**

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN VASCULAR  
EN ÁREAS CON DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA SORATAMA,  
LOCALIDAD DE USAQUÉN – DISTRITO CAPITAL.**

**María Alejandra Arias Escobar**

APROBADO

---

**José Ignacio Barrera C. Msc**

Director

---

**Carlos A. Devia C. Msc**

Departamento de Ecología y Territorio  
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales  
Pontificia Universidad Javeriana

---

**Juan Camilo Caribello**

Biólogo, Consultor  
Instituto de Investigaciones  
Alexander von Humboldt

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente por la oportunidad de participar en el proyecto para la formulación del Plan de manejo y restauración de la cantera Soratama.

Al profesor José Ignacio Barrera por su dirección, asesoría y paciencia en la realización de este trabajo.

A Sergio Suárez por su amistad, su gran ayuda en la fase de campo y por acompañarme en gran parte de este proceso.

A David, mi diseñador gráfico.

A mi papá por apoyarme sin queja alguna durante este "largo" proceso.

A mis amigas Carolina, Adriana y Alexandra por los buenos momentos y por tener una frase alentadora y motivadora cada vez que fue necesario.

A Dios... por todo!!!.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	9
Abstract .....	11
1. Introducción.....	12
2. Marco conceptual.....	14
2.1 Teoría de comunidades .....	14
2.2 Comunidades vegetales de los cerros circundantes de Bogotá.....	18
2.3 Teoría del Disturbio .....	20
2.4 Efecto del disturbio en las comunidades vegetales.....	22
2.5 El disturbio como generador de la dinámica sucesional .....	23
2.6 La minería a cielo abierto como actividad generadora del disturbio ..	26
2.7 La restauración ecológica como herramienta en la recuperación de pasivos ambientales originados por la minería a cielo abierto. ....	28
3. Problema de investigación.....	30
4. Pregunta de investigación .....	31
5. Justificación .....	31
6. Objetivos .....	33
6.1 Objetivo general.....	33
6.2 Objetivos específicos .....	33
7. Marco geográfico .....	34
7.1 Localidad de Usaquén .....	34
7.1.1 Geomorfología.....	34
7.1.2 Suelos .....	35
7.1.3 Hidrografía .....	36
7.1.4 Clima.....	36
7.1.5 Vegetación.....	36
8. Métodos.....	37
8.1 Descripción del área de estudio .....	37
8.2 Zonificación de la cantera Soratama .....	39

8.2.1 Zona Descapotada (DC) .....	41
8.2.2 Zona de Depósito de Estériles (DE) .....	42
8.2.3 Zona de Depósito de Descapote (DD) .....	45
8.2.4 Relicto de Bosque (RB).....	47
8.2.5 Bosque Adyacente a la cantera (BA) .....	49
8.3 Métodos de campo .....	51
8.3.1 Unidad y tipo de muestreo.....	51
8.3.2 Variables y atributos obtenidos en campo. ....	51
8.4 Métodos de laboratorio.....	54
8.5 Métodos de análisis de datos.....	54
8.5.1 Composición florística .....	54
8.5.2 Estructura vertical.....	54
8.5.3 Estructura horizontal.....	55
8.5.4 Descripciones fisionómico-estructurales .....	57
8.5.5 Formas de vida de las plantas .....	57
8.5.6 Análisis de clasificación .....	58
9. Resultados .....	59
9.1. Composición florística.....	59
9.2 Estructura vertical y horizontal.....	64
9.3 Perfiles de vegetación.....	75
9.4 Formas de vida de la vegetación .....	82
9.5 Análisis de clasificación de la vegetación. ....	91
10. Discusión.....	92
11. Conclusiones.....	102
12. Recomendaciones .....	103
13. Bibliografía.....	104
Apéndice.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ilustración de las formas de vida propuestas por Raunkiaer .....	<b>22</b>
<b>Figura 2.</b> Mapa de la cantera Soratama y áreas de estudio.....	<b>44</b>
<b>Figura 3.</b> Vista general de la Zona Descapotada .....	<b>45</b>
<b>Figura 4.</b> Taludes que hacen parte de la Zona Descapotada .....	<b>46</b>
<b>Figura 5.</b> Parte plana de la Zona Descapotada.....	<b>47</b>
<b>Figura 6.</b> Ubicación de las áreas de depósitos de estériles (DE) y descapote (DD).....	<b>47</b>
<b>Figura 7.</b> Vista detallada al interior de la Zona de Depósito de Estériles.....	<b>48</b>
<b>Figura 8.</b> Rocas depositadas en el depósito de estériles.....	<b>48</b>
<b>Figura 9.</b> Vista del costado oriental del Depósito de Descapote .....	<b>50</b>
<b>Figura 10.</b> Vista del costado nor-oriental de la Zona de Depósito de Descapote .....	<b>50</b>
<b>Figura 11.</b> Vista general del costado Occidental del Relicto de Bosque y del Bosque Adyacente .....	<b>51</b>
<b>Figura 12.</b> Vista desde la zona descapotada del Relicto de Bosque .....	<b>52</b>
<b>Figura 13.</b> Vegetación característica del Relicto de Bosque.....	<b>52</b>
<b>Figura 14.</b> Vista del costado Oriental del Bosque Adyacente a la cantera ...	<b>54</b>
<b>Figura 15.</b> Vegetación al interior del Bosque Adyacente.....	<b>54</b>
<b>Figura 16.</b> Apertura de claros en el interior del bosque .....	<b>55</b>
<b>Figura 17.</b> Esquema para estimar la proyección de la copa de un árbol .....	<b>57</b>
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de especies por familia encontradas en la Zona Descapotada .....	<b>65</b>
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de especies por familia encontradas en el área de Depósito de Estériles.....	<b>66</b>
<b>Figura 20.</b> Porcentaje de especies por familia registradas en el área de Depósito de Descapote.....	<b>67</b>
<b>Figura 21.</b> Porcentaje especies por familias, encontradas en el área de Relicto de Bosque.....	<b>68</b>

<b>Figura 22.</b> Porcentaje de especies por cada familia registrada en el Bosque Adyacente .....	<b>68</b>
<b>Figura 23.</b> Estratos de la vegetación en la Zona Descapotada.....	<b>70</b>
<b>Figura 24.</b> Estratos de la vegetación en el Depósito de Estériles.....	<b>71</b>
<b>Figura 25.</b> Estratos de la vegetación en el Depósito de Descapote .....	<b>73</b>
<b>Figura 26.</b> Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las clases de DAP en el Depósito de Descapote.....	<b>74</b>
<b>Figura 27.</b> Estratos de la vegetación en el Relicto de Bosque .....	<b>75</b>
<b>Figura 28.</b> Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las clases de DAP en el Relicto de Bosque.....	<b>76</b>
<b>Figura 29.</b> Estratos de la vegetación en el Bosque Adyacente .....	<b>78</b>
<b>Figura 30.</b> Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las clases de DAP en el Bosque Adyacente.....	<b>79</b>
<b>Figura 31.</b> Perfil de la vegetación de la Zona Descapotada .....	<b>81</b>
<b>Figura 32.</b> Perfil de la vegetación del Depósito de Estériles .....	<b>82</b>
<b>Figura 33.</b> Perfil de la vegetación del Depósito de Decapote.....	<b>83</b>
<b>Figura 34.</b> Perfil de la vegetación del Relicto de Bosque .....	<b>84</b>
<b>Figura 35.</b> Perfil de la vegetación del Bosque Adyacente .....	<b>85</b>
<b>Figura 36.</b> Porcentaje de especies en las formas de vida de la Zona Descapotada .....	<b>86</b>
<b>Figura 37.</b> Porcentaje de especies en las de formas de vida del Depósito de Estériles.....	<b>87</b>
<b>Figura 38.</b> Porcentaje de especies en las formas de vida del Depósito de Descapote .....	<b>88</b>
<b>Figura 39.</b> Porcentaje de especies en las formas de vida del Relicto de Bosque .....	<b>88</b>
<b>Figura 40.</b> Porcentaje de especies en las formas de vida del Bosque Adyacente.....	<b>89</b>
<b>Figura 41.</b> Análisis de Correspondencia Canónico entre las áreas y las categorías de formas de vida.....	<b>90</b>
<b>Figura 42.</b> Dendrograma de clasificación del índice de Jaccard.....	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Definición de las variables que describen un disturbio.....	<b>21</b>
<b>Tabla 2.</b> Tamaño y número de parcelas dispuestas en cada una de las áreas de muestreo .....	<b>52</b>
<b>Tabla 3.</b> Estratos y rangos de altura propuestos por Rangel y Velásquez .....	<b>54</b>
<b>Tabla 4.</b> Familias registradas en las cinco áreas de la cantera Soratama con sus respectivas especies. ....	<b>60</b>
<b>Tabla 5.</b> Listado de formas de vida y especies presentes en la Zona Descapotada .....	<b>86</b>
<b>Tabla 6.</b> Listado de formas de vida y especies en el Depósito de Estériles.....	<b>87</b>
<b>Tabla 7.</b> Listado de formas de vida y especies en el Depósito de Descapote .. ..	<b>88</b>
<b>Tabla 8.</b> Listado de formas de vida y especies del Relicto de Bosque.....	<b>89</b>
<b>Tabla 9.</b> Listado de formas de vida y especies del Bosque Adyacente.....	<b>90</b>

## RESUMEN

Una de las causas actuales de la heterogeneidad del paisaje en los Cerros Orientales es la extracción de materiales a cielo abierto que afecta de manera drástica todos los componentes del ecosistema. Cuando la explotación se lleva a cabo de manera no planeada, al momento de su abandono es posible evidenciar áreas con diferente condición en cuanto al estado del suelo, vegetación, fauna y condiciones microclimáticas.

Con el ánimo de entender qué ha pasado a nivel del restablecimiento natural después de diez años de abandono de las actividades mineras en la cantera Soratama (Localidad de Usaquén, Distrito Capital) y de tener un punto de referencia de las posibles fuentes de propágulos para el diseño experimental con aplicación de biosólidos como enmienda orgánica del suelo, se realizó la caracterización florística y estructural de la vegetación en tres áreas con diferente condición de abandono y dos fragmentos de bosque en esta cantera. La zona descapotada presentó una baja riqueza de especies dominada por elementos herbáceos que proporcionaron poca cobertura vegetal, y un alto porcentaje de suelo desnudo que continua expuesto a los agentes erosivos. En las áreas de depósitos hubo una riqueza de especies similar: 29 en estériles y 28 en descapote. Aunque en el depósito de estériles hubo presencia de especies arbustivas, la dominancia en cobertura y en número de individuos herbáceos fue importante. Por otro lado, en el depósito de descapote, por la deposición de la capa fértil del suelo, el estrato arbustivo se encontró un poco más desarrollado, pero también se registró gran influencia de las especies exóticas *Ulex europaeus* y *Pteridium aquilinum*, tanto por su abundancia como por su cobertura. El estudio de dos fragmentos de bosque secundario se realizó como punto de referencia y posibles fuentes de propágulos de las otras áreas directamente afectadas por la minería. Específicamente, el bosque adyacente es el que

más elementos florísticos arbóreos nativos conserva, que representan estados primarios de lo que fue este fragmento.

A partir del estudio de la estructura y composición florística se pudo evidenciar un mosaico de varios estados sucesionales como resultado del disturbio generado por la actividad minera, que están siendo influidos tanto por los agentes erosivos como por la proliferación de especies exóticas que aprovechan estos espacios abiertos. A pesar de las diferencias entre las áreas, se registró a la especie *Cavendishia cordifolia* en los cinco sitios estudiados lo que sugiere la plasticidad ecológica de esta.

## ABSTRACT

One of the most important causes of the Cerros Orientales land heterogeneity is the open cast mining that affects drastically every ecosystem components. When the open cast mining works in a non planning way, it lets some different areas with different conditions refers to the soil, vegetation, fauna and microclimatic conditions.

We want to understand what have happened in ten years about natural recuperation of vegetation. In this sense, in this study, was evaluated the structure and floristic composition in five areas with different condition of abandonment after open cast mining in Soratama quarry. In these areas, was evident by vegetation condition a variety of successional states between early and intermediate successional conditions. In the area where the soil fertile horizon is absent, the herbs were dominant, the species richness was low and there were a high percentage of bare soil that is exposed to erosive agents. In the deposit areas species richness was similar (28 species in sterile deposit and 29 species in fertile horizon of soil deposit). In deposit of sterile soil area, was registered some shrubs species but the herbs species was dominant by cover and abundance. On the other hand, in deposit of fertile horizon of soil area, the shrubs layer was more developed, but was a great influence of exotic species like *Ulex europaeus* and *Pteridium aquilinum*. The study of secondary forest fragments was made to have a reference of vegetation to the others areas of study. Adjacent forest conserves more trees species that represents original states of the forests. In this study was clear the difference in structure and composition between areas, evidence of this, was that just *Cavendishia cordifolia* was in common between five areas and that suggests the plasticity of this specie.

## 1. INTRODUCCIÓN

Grandes extensiones de paisajes alrededor del mundo, han sido convertidas en áreas improductivas por las actividades humanas, pero es particularmente alarmante en las áreas tropicales, donde se han perdido bosques y se han destruido ecosistemas como consecuencia de la minería de carbón, la implementación de canteras y otros procesos que demandan materiales para la industria. Desafortunadamente, el incremento de las poblaciones humanas y la necesidad de recursos no cesa, situación que seguramente conducirá mucho más rápido a la degradación de más hábitats naturales.

En el Distrito Capital existen cerca de 144 predios localizados sobre los Cerros Orientales en los que se han realizado extracciones de material a cielo abierto, que han generado un impacto severo, ya que además de haberse alterado la estética del paisaje, se ha destruido la naturaleza física y biológica de los ecosistemas naturales de esta importante reserva forestal.

La pérdida total o parcial del suelo y la vegetación como resultado de las actividades mineras, genera una mayor incidencia de altas temperaturas, reduce la humedad en el suelo, el contenido de materia orgánica y de nutrientes, y aumenta la acidez del sustrato, condiciones que dificultan el establecimiento y crecimiento de las plantas colonizadoras; lo cual se traduce en una disminución o eliminación de la productividad de estos terrenos (Jha & Singh, 1991; Bradshaw, 1997).

Específicamente, la eliminación de la vegetación por la práctica minera, tiene implicaciones severas para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que se interrumpe la adquisición de energía y de nutrientes, se disminuye la retención de agua, se elimina el hábitat para las especies de fauna, y el soporte del sustrato. Situación que deja a los ecosistemas vulnerables a la

acción de agentes que pueden llegar a ser degradativos, como el agua y el viento (UNESCO, 1980).

El presente trabajo, que hace parte del convenio 017/2003 celebrado entre el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) y la Pontificia Universidad Javeriana, pretende conocer la composición florística, la estructura de la vegetación y sus formas de vida, en sitios con diferente condición de abandono en la cantera Soratama.

Para ello se seleccionaron cinco áreas que fueron identificadas dentro de la cantera por su cobertura vegetal, tres de estas hacen referencia a su uso durante la extracción de materiales minerales. De esta forma se caracterizó la vegetación en: una zona donde se retiró el horizonte que contiene la mayoría de la materia orgánica y los nutrientes, una zona de depósito de estériles, una zona de depósito de descapote, y dos relicto de vegetación nativa, uno ubicado dentro de la cantera y otro adyacente a esta, que pueden servir como sistemas de referencia en los procesos de recuperación.

Los resultados de este trabajo serán de utilidad en el manejo y recuperación de la vegetación tanto en estas áreas de la cantera Soratama, como en otras con condiciones similares, ya que, aunque no sugiere con especificidad las especies con potencial utilidad en la restauración de este tipo de predios, sugiere características adaptativas generales de la vegetación ante situaciones de diferencias sucesionales.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 Teoría de comunidades**

El hombre, con la intención de encontrar respuestas sobre los fenómenos de la naturaleza que le circunda, ha tendido a definir límites para explicar sus niveles de organización y las interacciones entre estos.

De esta forma, se han propuesto niveles que van desde una visión general como un ecosistema compuesto por varias comunidades y las características del ambiente físico, hasta un individuo que tiene unas características establecidas y es influido por el medio circundante (Begon *et al*, 1999).

El presente trabajo se enfoca en el nivel de organización de comunidades vegetales. De esta forma, una comunidad cualquiera es una agrupación de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio y el tiempo (Begon *et al*, 1999), y una comunidad vegetal será el conjunto de diferentes especies vegetales, que conviven e interactúan bajo unas condiciones ambientales específicas, en un espacio y un tiempo (Kuchler, 1966).

Dado que las comunidades son más que la suma de las especies que las constituyen, para su estudio se ha planteado la necesidad de encontrar patrones de su distribución en la naturaleza y en las formas en que pueden ser influidas, tanto por las interacciones entre las diferentes especies, como por las características físicas y ambientales del medio circundante. Una de las formas más simples para evidenciar estos patrones en las comunidades vegetales, es el estudio de su estructura y composición (Whittaker, 1975; Begon *et al*, 1999).

La descripción de la composición de una comunidad vegetal, consiste simplemente en establecer un recuento o una lista de las especies existentes en ella, lo cual permite, además de describir, comparar las comunidades en función de su riqueza en especies (Begon *et al.*, 1999)

Por otro lado, la estructura de las comunidades vegetales está definida por su ordenamiento espacial (Kuchler, 1966), que se refiere a la organización en sentido vertical y horizontal de las especies de plantas (Kuchler, 1966; Rangel & Velásquez, 1997).

En sentido vertical, el atributo que mejor refleja este aspecto es la estratificación dada por las alturas de las especies, y en sentido horizontal aparecen la densidad, el área basal y la cobertura. En general, la estructura de la vegetación está directamente relacionada con el mantenimiento de una atmósfera más o menos estable, pues influye en el nivel de incidencia de la radiación, en el flujo de la precipitación al interior de la comunidad y sobre la acción del viento. Adicional a esto, el arreglo de las plantas según estratos, y sus valores de cobertura influyen en el metabolismo de la comunidad, ya que controlan la cantidad de radiación y la evapotranspiración en la fotosíntesis (Rangel & Velásquez, 1997)

Las listas taxonómicas y la distribución de la comunidad en los diferentes estratos y con diferentes tipos de coberturas, no sugiere mucho cuando no se complementa con una clasificación de las especies vegetales dentro de un espectro de formas de vida y biología (Begon *et al.* 1999).

De acuerdo con Box (1981; En: Batalha & Martins, 2004) el estudio de las formas de vida de las plantas es importante porque además de proveer los componentes estructurales de los conjuntos de vegetación, y de generar respuestas a nivel general de la relación planta-ambiente sin llegar a entrar

en detalles taxonómicos, las características morfológicas de las plantas tienen mucho que ver en los procesos fisiológicos primarios de las plantas.

De esta forma, el estudio de las formas de vida de las plantas, permite agrupar a las plantas en clases a partir de sus similitudes en estructura y función (Muller-Dombois & Ellemberg, 1974). Bajo este supuesto se han propuesto varias clasificaciones para el estudio de las formas de vida de las plantas (Matteucci & Colma, 1982), sin embargo la clasificación propuesta por el botánico Danés Raunkiaer ha sido la más empleada por ser la más completa y simple, lo que ha ayudado a que los resultados sean muy cercanos a la realidad (Matteucci & Colma, *op. cit.*; Begon *et al.*, 1999)

Raunkiaer eligió como principio de clasificación la adaptación de las plantas a la estación desfavorable, como el invierno o el verano (sin embargo, el tiempo desfavorable para las plantas no está siempre determinado exclusivamente por el clima regional, si no también por el clima local o microclima). De manera que la posición y protección de los órganos persistentes (yemas o brotes) durante la estación desfavorable, son determinantes de la inclusión de las plantas en una determinada clase (Braun-Blanquet, 1979)

Como las yemas son las responsables de la renovación del cuerpo aéreo de las plantas cuando llega la estación favorable, se podría interpretar que entre más pronunciada es la estación desfavorable, más protegidas están las yemas (Batalha & Martins, 2004).

En este sentido, dentro de esta clasificación hay cinco clases principales propuestas de acuerdo al incremento de protección de las yemas: fanerófitos, caméfitos, hemicriptófitos, geófitos y terófitos (Muller-Dombois & Ellemberg, 1974; Braun-Blanquet, 1979; Matteucci & Colma, 1982; Begon *et al.*, 1999).

**Geófitos:** plantas cuyas yemas quedan incluidas en el sustrato más o menos a una profundidad de 2 – 3 cm, y así están poco expuestas a la influencia de la estación desfavorable.

**Caméfitos:** plantas con las yemas de renovación por encima de la superficie del suelo y reciben tan solo la protección que la misma planta les ofrece, ya sea por el crecimiento muy denso o por los vástagos muertos.

**Fanerófitos:** arbustos y árboles, que tienen las yemas de renovación entre 0,25 y 2 m sobre las ramas que sobresalen del sustrato, incluyendo las lianas y bejucos leñosos, y las gramínoideas arborescentes.

**Hemicriptófitos:** plantas herbáceas y en algunos casos arbustivas, que tienen los retoños o yemas ubicadas justo a nivel del suelo. Esta clase está subdividida en:

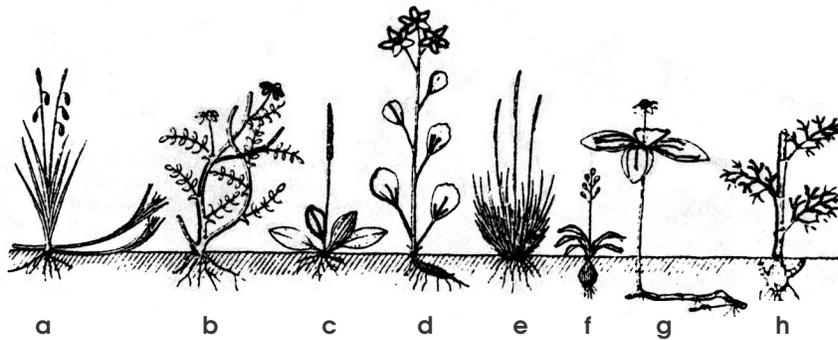
**Cespitosos:** las yemas de renovación están recubiertas y protegidas por una envoltura pajiza formada por las vainas de las hojas en descomposición, son generalmente gramíneas.

**En roseta:** similares a las cespitosas, son generalmente hierbas bajas con las hojas basales dispuestas en roseta y tallo sin hojas que soporta la inflorescencia

**Escaposos:** la mayoría son hierbas altas, en las que puede estar o no la roseta basal.

**Trepadores:** a este grupo pertenecen varias plantas perennes con tallo trepador con yemas basales.

**Reptantes:** son generalmente plantas perennes que producen estolones que luego arraigan.



**Figura 1.** Ilustración de las formas de vida propuestas por Raunkiaer (1934. En: Braun-Blanquet, 1979). **a.** Caméfito (hierba reptante); **b-e**, hemicroptófitos: **b**, trepador; **c**, en roseta; **d**, escaposo; **e**, cespitoso; **f-h**, geófitos: **f**, bulboso; **g**, rizomatoso; **h**, con yemas radicales.

## 2.2 Comunidades vegetales de los cerros circundantes de Bogotá

Los cerros circundantes de la Sabana de Bogotá presentan un gradiente altitudinal que va de zonas altas frías, atmosféricamente húmedas y suelos bien drenados, a zonas bajas, cálidas, atmosféricamente secas y suelos mal drenados. Asociado a este gradiente, se hacen evidentes dos factores ambientales que son la temperatura (que varía cerca de 1<sup>o</sup> C cada 100 m de altitud) y el drenaje del suelo, siendo este último la expresión compuesta de textura, estructura, pendiente y nivel freático. Estas características descritas son las que influyen en el desarrollo de ciertos tipos de comunidades vegetales (Salamanca & Camargo, 2002).

En su estado primario (sin ningún tipo de intervención) se pueden distinguir tres formaciones vegetales (tres tipos de fisionomía): el bosque altoandino, seguido hacia arriba por el subpáramo y el páramo (Salamanca & Camargo, *op. cit*).

Si alguna de las laderas de los cerros orientales de Bogotá se hubiera preservado hasta la actualidad, se presentaría desde las laderas bajas, comunidades de cedros que se harían más escasos al aumentar la altura y

se harían más dominantes los encenillos. Este encenillal bajo estaría mezclado con agregados de chuwacá y hacia las laderas medias, donde los suelos se hacen mas ligeros daría paso al encenillal típico. Este último sería una asociación 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 serían reemplazados por el canelo o ají de páramo. Este encenillal sería mucho más rico en uvas de monte y pegamoscos, pues estaría en la transición del límite superior del bosque al subpáramo, en donde se sitúa el cordón de ericáceas (Van der Hammen, 1998; Salamanca & Camargo, *op. cit*).

El límite superior del bosque sería el límite de la vegetación arbórea continua. Este límite aún se sitúa alrededor de los 3200 m en vertientes atmosféricas secas y de los 3400 m.s.n.m. en las vertientes húmedas. Por encima de este límite se extiende el subpáramo, formación que se va fragmentando hacia arriba a medida que se integra con el páramo, cuyo tipo distintivo es el frailejónal-pajonal, vegetación principalmente herbácea con abundantes y densos manchones de frailejones y arbustos dispersos (Salamanca & Camargo, *op. cit*).

Actualmente, estas comunidades primarias descritas con anterioridad se han perdido casi en su totalidad, solamente se encuentran pequeños restos de bosques secundarios que aún son objeto de explotación. Pese a la drástica transformación del paisaje, los remanentes de vegetación que aún existen en estas localidades, guardan todavía elementos dominantes asociados de las comunidades vegetales originales (Cortés *et al*, 1999). En general, la vegetación actual de los cerros circundantes de Bogotá está representada por parches de matorrales y bosques muy fragmentados que se presentan como un mosaico de varios estados sucesionales, a causa de las actividades antrópicas de extracción (tanto de madera como de material mineral), la plantación de exóticas y la urbanización (Cortés, 2003).

Cortés (2003) y Cortés y colaboradores (1999) registraron en su estudio cinco tipos de comunidades predominantes que son resultado de las intervenciones antrópicas, como son Matorrales bajos (compuestos por especies como *Dodonaea viscosa*, *Baccharis rupícola* y *Stevia lucida*) Matorrales rosetosos, (compuestos por una mezcla de elementos florísticos arbustivos de bosque andino como *Ilex kunthiana*, *Clethra fimbriata*, y *Cavendishia bracteata*, junto con especies de subpáramo como *Espeletiopsis corymbosa*, *Puya lineada* y *Calamagrostis effusa*), Matorrales altos (comprenden elementos como *Ilex kunthiana*, *Miconia ligustrina*, *Weinmannia tomentosa*, *Myrica parvifolia*, *Viburnum tinoides*, *Macleania rupestres*, *Xylosma spiculifera*, *Daphnopsis caracasana*, *Miconia squamulosa* y *Myrcianthes leucoxylla*), bosques andinos altos (con dominancia de las especies *Miconia ligustrina* y *Weinmannia tomentosa*) y bosque andinos bajos (representados por las especies *Daphnopsis caracasana* y *Xylosma speculifera*, entre otras). En estas comunidades, aunque se encuentran especies remanentes de estados anteriores del bosque, se hacen evidentes especies típicas de áreas en estados de regeneración.

### **2.3 Teoría del Disturbio**

Un disturbio es un evento que genera una alteración, cambio, o interrupción en la estructura de las poblaciones, comunidades, ecosistemas o paisajes y que causa daño, muerte o desplazamiento de los organismos, y heterogeneidad espacial, temporal y funcional (Sousa, 1984; White, & Pickett, 1985; van Andel & van den Berg, 1987 En: Glenn-Lewin *et al.*, 1992).

Estos eventos pueden ser originados por causas naturales, como explosiones volcánicas o simples tormentas, o por actividades antrópicas como las prácticas de agricultura, la expansión urbana y las explotaciones mineras, entre otras (Bazzaz, 1996; Dale, *et al.*, 1998).

Independientemente del origen del disturbio, varios autores se han concentrado en la caracterización de estos y sus efectos. Sousa (1984) por ejemplo, propone que los criterios de caracterización de los disturbios son la extensión del área afectada por el disturbio, la magnitud, la frecuencia, la predecibilidad y la tasa de cambio o periodo de rotación de estos. Estos parámetros fueron resumidos por White & Pickett (1985) y Glenn – Lewin y colaboradores (1992) en espacio, tiempo y magnitud. (Tabla 1).

**Tabla 1.** Definición de las variables que describen un disturbio.

<b>VARIABLES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>ESPACIO</b>	Extensión del área afectada, distribución espacial
<b>TIEMPO</b>	Frecuencia: número de eventos en un periodo de tiempo Tasa de cambio: tiempo que transcurre entre un disturbio y otro
<b>MAGNITUD</b>	Intensidad: Fuerza física del evento, medida por área y por tiempo. Severidad: impacto sobre los organismos, la comunidad, o los ecosistemas.

Fuente: Bazzaz, (1996); Sousa (1984); White & Pickett (1985); Glenn – Lewin et al., (1992).

Específicamente, la magnitud se refiere al efecto que puede causar el disturbio en los diferentes niveles de organización de la naturaleza (Sousa, 1984; White & Pickett, 1985), de tal forma que pueden verse afectados algunos individuos de una población, una población completa, la comunidad, el ecosistema o el paisaje (Bazzaz, 1996).

Los cambios propiciados por las fuerzas de la naturaleza suelen ser normales dentro del funcionamiento y la dinámica de cualquier nivel de organización (Bazzaz, 1996). Dichos cambios juegan un papel muy importante en el origen de los paisajes, en la reorganización de las comunidades, en el mantenimiento de la diversidad de especies y en la selección y evolución de las historias de vida de las mismas, lo que les permite soportar o no ciertos disturbios (Bazzaz, 1996; White & Pickett, 1985).

Sin embargo, muchos eventos transformadores que son inducidos por las actividades humanas, superan la capacidad de recuperación natural o resiliencia de cualquier nivel en la naturaleza, ya que son mucho más extensivos y constantes (Bazzaz, 1996), causan la fragmentación del paisaje y generan alteraciones microclimáticas. Estas últimas, se refieren a los cambios en los flujos de la radiación, del viento y del agua que llegan a influir negativamente en el restablecimiento del suelo, la vegetación y la fauna (Saunders *et al*, 1990).

#### **2.4 Efecto del disturbio en las comunidades vegetales.**

White & Pickett (1985) sugieren que las comunidades naturales están sujetas a una dinámica constante, originada por variaciones en los factores que constituyen su hábitat (ej: la humedad del suelo, el pH, los nutrientes, o su estructura). Sin embargo, se presentan eventualidades que constituyen alteraciones físicas de mayor magnitud como los cambios climáticos extremos, la erosión, el pastoreo o cualquier actividad extractiva del hombre.

Específicamente, la mayor evidencia de la magnitud de un disturbio suele ser generalmente, la destrucción parcial o total de la comunidad vegetal (Grime, 1989), que se traduce en una interrupción en la oferta de recursos como luz, agua y nutrientes, factores que son determinantes en el futuro de las poblaciones vegetales y en su distribución espacial (Bazzaz, 1996).

Sin embargo, la apertura de un espacio nuevo y la creación de micrositios permite el reclutamiento de nuevas especies que podrían conducir a un incremento en la riqueza de estas, pero cuando la tasa de disturbio es muy alta y el daño es severo lo que puede ocurrir es una exclusión competitiva, y la riqueza de especies podría ser nuevamente baja (Crawley, 1997).

## 2.5 El disturbio como generador de la dinámica sucesional

Independientemente de las características del disturbio, las comunidades vegetales tienden a recuperarse espontánea y naturalmente mediante el proceso llamado sucesión (Bazzaz & Pickett, 1980; White & Pickett, 1985; Luken, 1990; Glenn – Lewin *et al*, 1992; Beeby, 1993), que se refiere a la tendencia de las comunidades vegetales a cambiar a través del tiempo y en un espacio determinado (Luken, 1990). Esta dinámica vegetal, además de que implica un reemplazamiento de especies vegetales, involucra cambios en la estructura poblacional, y en la disponibilidad de recursos como luz y nutrientes (Luken, 1990).

Aunque Clements fue el primero en suministrar información coherente sobre la teoría sucesional, su planteamiento sobre la sucesión como un proceso determinista dependiente del clima local, pronto fue debatido por otros autores, quienes sugirieron que, adicional a esto, intervienen las características locales, como el tipo de suelo, la posición topográfica y los gradientes ambientales (Tansley, 1935, Bazzaz & Pickett, 1980; Bazzaz, 1996;), lo cual propone que este además, es un proceso producto del azar y de la variación ambiental (Gleason, 1939).

Bajo estas afirmaciones, White & Pickett (1985) plantean que la intensidad de interrupción en el ecosistema es determinante en el inicio de la sucesión, y por lo tanto lo es en la selección de especies que se establecen, colonizan y permanecen durante las etapas de este proceso. En este sentido, una especie sólo se presentará dónde y cuándo (i) sea capaz de alcanzar una localidad, (ii) existan las condiciones y los recursos apropiados, y (iii) los competidores, los depredadores y los parásitos no la eliminen (Begon *et al*, 1999).

Se ha sugerido que, si el disturbio es muy intenso y deja un sustrato expuesto, usualmente con baja fertilidad de nitrógeno, y sin un legado biológico vegetal (banco de semillas, materia orgánica), se inicia una sucesión primaria con la llegada de organismos oportunistas que presentan atributos de buenos colonizadores y dispersores, y otras adaptaciones que los hacen exitosos para vivir en este tipo de sitios (Gorham *et al*, 1979; Grime, 1989; Beeby, 1993; Stiling, 1999). Por otro lado, si el disturbio es simplemente una interrupción en el desarrollo de la vegetación y existe un suelo desarrollado, y un legado biológico preexistente, se origina una sucesión secundaria (Grime, 1989; Bazzaz, 1996).

Las especies capaces de establecerse y formar colonias en la primeras etapas de la sucesión primaria, presentan características morfológicas y fisiológicas que las hacen aptas para persistir, competir y regenerarse bajo condiciones ambientales extremas (déficit de nutrientes, cambios drásticos en el clima y en el microclima); gran parte de ellas tienen además, la función de modificar algunos factores microambientales a medida que avanza el tiempo y la sucesión, los cuales son necesarios para el establecimiento de otras especies de fases tardías, que requieren de mayor acumulación de biomasa, humedad y nutrientes (Glenn-Lewin, *et al*, 1992; Beeby, 1993; Krebs, 2000).

De esta manera, la vegetación de un área específica es consecuencia de la acción de los factores ambientales sobre un conjunto de especies que interactúan y cohabitan en un espacio continuo que reflejan el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, al igual que los factores antrópicos (Matteucci & Colma, 1982). Específicamente, este conjunto de factores que interactúan y los mecanismos biológicos de cada especie, son los responsables de que estas exhiban un determinado atributo vital o característica esencial para su desempeño durante la sucesión y en general en la dinámica vegetal (Noble & Slatyer, 1980).

La respuesta que tienen las plantas después de un disturbio, es individualista y particular para cada especie, y de esta forma la composición y abundancia de las plantas es totalmente variable de acuerdo a las circunstancias (Myster, 2001).

En este sentido, Bazzaz (1979) sugiere que en hábitat de sucesión primaria, la variabilidad ambiental es mayor que en los de sucesión secundaria o donde se presentan estados maduros en las comunidades vegetales. Esta variabilidad está relacionada principalmente con la cantidad de energía que incide en la superficie del suelo y la forma como esta se dispersa en el espacio. Por esta razón, en estos lugares abiertos, el intercambio de energía, y las fluctuaciones máximas de temperatura y de humedad del suelo ocurren sobre o cerca a la superficie del mismo. De esta forma, las semillas y los rebrotes experimentan un amplio rango de fluctuaciones con respecto a estas variables, más que en ambientes con vegetación mas desarrollada.

Bajo estas condiciones, las semillas en este tipo de hábitat presentan una mayor sensibilidad a la luz, y a las fluctuaciones de temperatura, ya que estas variables activan su germinación, y por eso este proceso se lleva a cabo sobre o cerca de la superficie del suelo (Dalling, 2001). Como respuesta a esto cuando se da la germinación, sus cotiledones con capacidad fotosintética, crecen rápidamente y alargan su superficie en el menor tiempo posible para seguir con el ciclo de regeneración (Bazzaz, 1979)

Este crecimiento de los brotes, es entonces seleccionado por las adaptaciones ecofisiológicas que presentan las especies a esta variabilidad ambiental, es decir deben ser de un nicho amplio, y evidencia de esto es que estas especies generalmente presentan altas tasas fotosintéticas y respiratorias sobre un amplio rango de temperatura y de humedad del suelo (Bazzaz, 1979; Myster, 2001).

## **2.6 La minería a cielo abierto como actividad generadora del disturbio**

En la actualidad, la minería es concebida como una de las prácticas antrópicas con más impactos sobre los ecosistemas naturales. Como todas las actividades del hombre, ha surgido debido al aumento de la población humana y a las consecuentes necesidades de espacio habitable y de recursos para la construcción, tanto de vivienda, como de infraestructura de las ciudades.

Esta actividad comprende diferentes técnicas que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales (MME, en línea). Específicamente la minería a cielo abierto, que consiste en la extracción de materiales de interés que se encuentran en la superficie de un terreno, presenta diferentes modalidades, según los materiales explotados y la forma de explotación (Andrés, 1999).

Las canteras son explotaciones de minerales a cielo abierto, que se caracterizan por que su proceso de operación consiste en la excavación o voladura de laderas montañosas para extraer materiales destinados básicamente a la construcción (grava, arena, arcilla y piedra) (Andrés, 1999; MME, en línea).

Sea cual sea el método de explotación, se origina una serie de impactos medioambientales por la utilización temporal del terreno y su consecuente abandono en condiciones de degradación (Andrés, 1999).

Indudablemente, los impactos más evidentes son los provocados por la destrucción total de los recursos geológicos explotados, que adicionalmente implica la pérdida de suelos y de las comunidades vegetales y animales que estos soportan (Goodman, 1974; Bradshaw, 1997). Esto no solo tiene un impacto visual, debido a la interrupción en la uniformidad de los paisajes,

sino una alteración de los flujos de materia y energía dentro y entre los ecosistemas (Andrés, 1999).

Después de finalizada la explotación, las minas a cielo abierto se encuentran en condiciones físicas, químicas y biológicas diferentes a las iniciales, lo que implica, que su capacidad regenerativa se convierta en un proceso lento (Croston, 1928, Down, 1975, Bradshaw & Chadwick, 1980; Roberts *et al*, 1981; Marrs *et al*, 1981 En: Jha & Singh, 1991; Bradshaw, 1997.).

Aunque la recuperación natural de estas áreas resulta complicada y dispendiosa (Bradshaw, 1997) por la ausencia de bancos de semilla y de nutrientes, estos espacios abiertos son una oferta para las especies de áreas adyacentes no disturbadas, pues allí pueden encontrar micrositios con características más favorables para establecerse y formar colonias. De esta forma se pueden crear pequeños parches o islas de vegetación que con el tiempo pueden llegar a unirse y conformar una cobertura total (Game *et al*, 1982).

Durante el proceso sucesional en las áreas donde las condiciones lo permiten, las plantas cumplen un rol importante, ya que protegen la superficie del suelo de la erosión generada, tanto por el viento como por el agua, y propician la acumulación de partículas finas y nutrientes, de manera que especies de plantas con otros requerimientos puedan con el tiempo llegar a establecerse, lo que favorece también, la llegada de algunas especies de fauna (Bradshaw, 1997).

Skousen y colaboradores (1994), encontraron que la mayoría de las plantas que colonizan las áreas abandonadas después de una explotación minera, son malezas o arvenses dispersadas por el viento, tolerantes a condiciones extremas de temperatura, humedad y radiación solar, características que reflejan su condición de pioneras.

Aunque aparentemente las canteras constituyen áreas homogéneas, en su interior se encuentran zonas morfológicamente diferentes que impiden un desarrollo uniforme de la sucesión o recuperación natural. Un ejemplo de ello son los taludes escarpados, que por sus pendientes pronunciadas impiden el establecimiento de la vegetación y quedan expuestos constantemente a los efectos del agua y el viento, por lo que son más propensos a los desplomes de materiales y derrumbes. Por esta razón la rehabilitación natural de las áreas es un proceso dispendioso, que demanda mucho tiempo para volver a sus condiciones iniciales, o por lo menos parecidas.

## **2.7 La restauración ecológica como herramienta en la recuperación de pasivos ambientales originados por la minería a cielo abierto.**

La pérdida de hábitats naturales debido a las prácticas mineras ha originado una necesidad urgente de hacer esfuerzos destinados hacia la restauración y conservación de estos (Singh *et al*, 2002).

La ecología de la restauración nace como una rama paralela a la ecología básica y tiene como objetivo estudiar, analizar e interpretar los fenómenos que ocurren durante la recuperación natural de los atributos bióticos en las áreas que han sido disturbadas (Barrera & Ríos, 2002).

Por su parte, la restauración ecológica es la aplicación de técnicas y estrategias para la restauración de áreas disturbadas, para lo cual se utiliza como referencia el estado de los ecosistemas antes del disturbio, y la dinámica sucesional en los mismos (Singh *et al*, 2002).

Cabe aclarar, que la restauración ecológica de un área que fue objeto de algún tipo de disturbio, se puede llevar a cabo en los diferentes niveles de organización de la naturaleza, como son las poblaciones, las comunidades,

el ecosistema o el paisaje. Sin embargo, la definición de la escala en el seguimiento de este proceso permite tener claridad de las variables que se deben considerar durante este procedimiento. El aspecto que marca la definición de la escala es el tipo de disturbio presentado (Barrera & Ríos, *op. cit.*).

La restauración a nivel de comunidades vegetales tiene en cuenta las especies que componen la comunidad, la estructura, que tiene que ver con la riqueza, diversidad y patrones de distribución de las especies, tanto en sentido vertical como horizontal; y las interacciones entre las diferentes especies (Competencia, depredación, parasitismo, etc) (Barrera & Ríos, *op. cit.*).

El disturbio de extensas áreas generado por actividades mineras ha propiciado el inicio de una serie de programas de restauración cuyos objetivos tienen en cuenta el mejoramiento de las características físicas y químicas del sustrato y la recuperación de la cobertura vegetal (Bradshaw, 1997).

La recuperación de las comunidades vegetales en áreas donde ha habido extracciones mineras se ha hecho cada día más necesaria, debido a que estas cumplen papeles importantes dentro de los ecosistemas pues, además de proveer alimento y refugio para especies de fauna y ser las productoras primarias de los sistemas naturales, la vegetación amortigua la caída del agua, lo que disminuye la posibilidad de erosión y actúa como sistema de anclaje por medio de sus raíces, que actúan como grapas que sostienen el sustrato, con lo cual se evitan los deslizamientos en masa y la pérdida del sustrato(Andrés, 1999).

### 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la cantera Soratama, se originó un mosaico de áreas con características diferentes especialmente a nivel del sustrato, debido al uso que se les dio durante la extracción de materiales. Esto ha influido en el proceso de recuperación natural de las coberturas vegetales, que se ha dado durante los últimos 10 años desde la finalización de las actividades extractivas.

Debido a esto, actualmente se observa en las áreas de depósitos una mezcla de especies nativas con exóticas, dentro de las que se cuentan pastos, hierbas y arbustos; por otro lado en la zona donde se retiró la capa orgánica del suelo, la vegetación es incipiente y domina el sustrato desnudo y en algunas partes se hace evidente la roca madre. Aparte de estas áreas, permanecen dos fragmentos de bosque secundario, donde aún se conservan elementos florísticos nativos que pueden ser fuentes potenciales de propágulos para la recuperación de las áreas más degradadas de la cantera.

A partir de la descripción anterior y de observaciones previas a este estudio se podría sugerir que no hay certeza de que el proceso de recuperación natural que se ha dado hasta ahora, se dirija hacia la conformación de una comunidad vegetal nativa (aunque secundaria) semejante a la que se encontraba previamente al disturbio, ya que existen factores como el establecimiento y colonización de especies exóticas que aprovechan estas áreas disturbadas, y la incidencia de agentes degradativos, que influyen negativamente en la dinámica sucesional.

En este sentido, el conocimiento de la composición y la estructura de la vegetación que ha colonizando estas áreas con diferente condición de abandono, indican el estado de cada una y la posible dirección sucesional que podría tomar si se permite continuar con este proceso. Adicionalmente,

estas características de la vegetación son herramienta importante en la interpretación ecológica y en la consecuente implementación de mecanismos para la restauración ecológica del predio, teniendo en cuenta que la vegetación responde con ciertos caracteres adaptativos a las condiciones de cada área.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la estructura, composición y formas de vida de la vegetación vascular en las áreas con diferente condición de abandono y en los fragmentos de bosque de la cantera Soratama?

#### **5. JUSTIFICACIÓN**

Los Cerros Orientales de Bogotá han sido considerados como uno de los componentes ambientales más importantes para el Distrito Capital debido a su potencial ambiental y ecológico. Gracias a ello, en el año 1977 fueron declarados por el Ministerio de Agricultura, Reserva Forestal protectora.

Esta calificación, los integra dentro de la Estructura Ecológica Principal del Distrito, cuya finalidad es la conservación y recuperación de los recursos naturales (recursos hídricos y biodiversidad de fauna y flora), lo que implica que el único uso que se le puede dar a este territorio es el forestal.

A pesar de habersele asignado tales categorías de manejo, el territorio de los Cerros Orientales ha sido transformado por actividades extractivas como la tala y la explotación de materiales minerales para construcción. Esta última, se considera como la práctica que mayor impacto ha generado en este sistema montañoso, debido al método de operación poco planificado

y tecnificado, que ha resultado en la pérdida del suelo, de la vegetación y de la fauna.

La evidencia principal de la severidad de este disturbio es la ausencia de vegetación, ya que por su eliminación, han quedado cicatrices que no sólo dañan la estética del paisaje, si no que además, el sustrato queda expuesto a procesos erosivos originados por la acción del agua y el viento. Esta condición, aumenta la degradación y la inestabilidad, y la probabilidad de deslizamientos y derrumbes que en muchos casos implican riesgos para los pobladores cercanos a estas áreas.

En el Distrito Capital se han identificado 144 predios de canteras ubicados principalmente en las estribaciones de los cerros que rodean la ciudad, en las localidades de Usme, Tunjuelito, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar y Usaquén. Debido a esto, el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente como entidad ambiental competente, tiene el propósito de dar cumplimiento a lo propuesto por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT, 2000) de los Cerros Orientales, de esta forma ha iniciado un proyecto piloto para la restauración de la cantera Soratama, propiedad del distrito, ubicada en la localidad de Usaquén.

En el marco de este proyecto, fue necesario definir el estado tanto de las comunidades vegetales que se han desarrollado en áreas con diferente condición de abandono después de la extracción de materiales, como de las que quedaron resultantes de la fragmentación de bosques altoandinos por esta y otras actividades antrópicas, ya que la comunidad vegetal de estas áreas comprende el punto de referencia para el posible desarrollo de la vegetación en las parcelas del diseño experimental con aplicación de biosólidos como enmienda orgánica del suelo de la misma cantera.

Todo lo anterior hace parte del intento de promover el establecimiento de una cobertura vegetal nativa en los Cerros Orientales, y por supuesto de conducir a la reposición de todos los compartimentos (Suleo, vegetación y fauna) que le dan funcionalidad a los sistemas naturales, lo cual les permitiría autoregularse y por otro lado, generar bienes y servicios para la recreación visual, activa y pasiva de los ciudadanos del Distrito Capital.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la vegetación vascular en cuanto a su estructura, su composición y sus formas de vida en las áreas con diferente condición de abandono y en los fragmentos de bosque de la cantera Soratama.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir la composición y estructura vegetal en las áreas con diferente condición de abandono y en los fragmentos de bosque de la cantera Soratama.
- Identificar las formas de vida de la vegetación a partir de la clasificación de Raunkiaer en cada área de la cantera, como un rasgo de adaptación a las características del sitio.
- Comparar la composición florística entre las cinco áreas estudiadas en la cantera.

## **7. MARCO GEOGRÁFICO**

### **7.1 Localidad de Usaquén**

La localidad de Usaquén está ubicada en la parte nor-oriental del Distrito Capital. Tiene una extensión de 6.534 hectáreas, de las cuales más del 50% se encuentran en la zona baja o plana y el resto, hacen parte la zona montañosa sobre las estribaciones de los Cerros Orientales. Esta localidad limita al norte con el municipio de Chía (calle 236); al sur, con la Localidad de Chapinero (calle 100); al oriente, con el municipio de La Calera, y al occidente, con la Localidad de Suba (IDCT, 2004).

#### **7.1.1 Geomorfología**

La zona baja o plana, suavemente ondulada de la localidad, está constituida por una llanura cuaternaria de origen fluvio-lacustre; y los sectores planos más bajos están formados por depósitos aluviales del río Bogotá. Por otro lado, la zona montañosa, está compuesta de formaciones sedimentarias de rocas arenosas, duras y resistentes a la erosión y por rocas arcillosas blandas, con edades desde el cretáceo superior hasta el terciario (IDCT, *op. cit*).

En la parte montañosa las rocas más antiguas son las de la formación Chipaque, sobre las cuales se acomoda estratégicamente el grupo Guadalupe y, en orden ascendente, las formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá, y cuyas unidades litológicas son areniscas resistentes, areniscas friables, plaeners y arcillolitas de varios colores (IDCT, *op. cit*).

Los procesos geodinámicos externos son muy relevantes en la montaña, en especial aquellos generados por el agua. Así, las zonas de afloramientos de areniscas duras son las más resistentes a la erosión hídrica, y presentan

escurrimientos difusos normales, una alta estabilidad y buen comportamiento geotécnico. Las areniscas friables presentan erodabilidad mediana altamente resistente, pero su porosidad favorece la meteorización, aunque tienen un comportamiento geotécnico bueno. Para la zona plana no se presentan procesos de erosión hídrica superficial, aunque debido a que sus suelos son en general blandos y compresibles se presentan procesos de asentamientos diferenciales (IDCT, *op. cit*).

### **7.1.2 Suelos**

La Localidad de Usaquén posee suelos planos y suelos montañosos. La zona plana se encuentra hacia los sectores del norte y del noroeste y pertenece a la serie Tibaitatá, de drenajes moderados y diferentes espesores, desde poco profundos hasta profundos y ligeramente ácidos. En los sectores que comprenden las vegas inundables de los ríos, se encuentran suelos de la serie Bogotá, de drenajes deficientes y material parental arcilloso ligeramente ácido (IDCT, *op. cit*).

Por su parte, los suelos de la zona montañosa se componen de grupos de la serie Monserrate, Cabrera-Cruz Verde y Bojacá. En las zonas más escarpadas y pendientes (30°-75°) predominan los suelos de la serie Monserrate, derivada de areniscas y plaeners bastante superficiales, de fertilidad baja y ácidos (IDCT, *op. cit*).

Según su vocación agroecológica, los suelos de los Cerros Orientales son de uso eminentemente forestal. Su uso potencial es exclusivamente protector del suelo, por lo que no está autorizada la urbanización o la explotación minera (IDCT, *op. cit*).

### **7.1.3 Hidrografía**

Las corrientes superficiales de los cerros orientales son típicas quebradas de alta montaña, de áreas reducidas (en promedio 2 km<sup>2</sup>), con pendientes pronunciadas que oscilan entre 12° y 50°. Generalmente, son de corto trayecto, cuyo nacimiento se ubica en la zona del subpáramo o páramo húmedo de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental. Esta red hídrica hace parte de la cuenca alta del río Bogotá, y comprende un gran número de corrientes que recorren la zona montañosa, dentro de los que se cuentan como los más importantes: Las Quebradas, La Floresta, La Cita, San Cristóbal, Delicias del Carmen, Contador y La Chorrera (IDCT, *op. cit.*).

### **7.1.4 Clima**

En general, los Cerros Orientales exhiben un clima húmedo con moderada deficiencia de agua y con cambios medianos de temperatura.

La precipitación media anual en la localidad de Usaquén es de 790 mm. La humedad relativa en tiempo seco se encuentra entre 68-74% y en tiempo lluvioso entre 74-77%. La velocidad del viento es baja con 22 m/seg, y presenta variaciones de 1-3,9 m/seg (IDCT, *op. cit.*).

### **7.1.5 Vegetación**

De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge (1979), la vegetación de esta zona de los Cerros Orientales corresponde a:

- Zona de Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB): ubicada en el piso térmico de tierra fría con precipitación promedio anual de 1160 mm, y una temperatura promedio de 13°, que asciende hasta una altura de 2800 m.s.n.m.

- Zona de Bosque muy húmedo Montano (bmh-M): ubicada en el piso térmico de transición entre bosque y páramo (suppáramo). La temperatura oscila entre los 6 – 12 °C, con fenómenos de heladas y vientos. Su altura varía entre los 2800-3400 m.s.n.m. aproximadamente, y se hace evidente la presencia de vegetación de páramo (*Calamagrostis* sp., *Espeletia* sp. e *Hypericum* sp.)

Las comunidades vegetales típicas de los Cerros Orientales, antes de cualquier intervención antrópica, debieron haber representado un bosque Alto Andino típico entre alturas de 2650 hasta los 2960 m.s.n.m aproximadamente, constituido principalmente por especies de alisos (*Alnus acuminata*), tibar (*Escallonia paniculata*), cedro (*Cedrela montana*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*) y chuwacá (*Prunus buxifolia*), entre otras especies (Salamanca & Camargo, 2002).

## **8. MÉTODOS**

### **8.1 Descripción del área de estudio**

La cantera Soratama está ubicada en la Localidad de Usaquén, en la calle 167 sobre la carrera 2da. Comprende un área aproximada de 5,8 hectáreas ubicadas entre las cotas de 2720 y 2925 m.s.n.m, en las coordenadas 106900 E y 116000 N (Barrera, 2002). Limita hacia el Sur con la cantera Servitá, hacia el Norte con otra cantera, hacia el Oriente con el municipio de la Calera y hacia el Occidente con el Barrio Soratama.

El acceso se hace por una vía de pendientes altas con curvas pronunciadas que atraviesa el Barrio Soratama desde la Carrera Séptima hasta la cantera, con una longitud de 1900 m (Correa & Correa, 2003)

En un principio, este predio fue propiedad de la desaparecida Secretaría de Obras Públicas (SOP), entidad que realizó durante treinta años la extracción de materiales para la industria minera. Actualmente, la cantera pertenece al Distrito Capital, su restauración se realiza bajo la coordinación del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) (Barrera, 2002).

En la cantera Soratama los suelos se caracterizan por ser, desde muy superficiales a sectorialmente profundos. Se encuentran desde bien a excesivamente drenados. Pueden ser finos y franco finos, y algunas áreas pequeñas de cenizas volcánicas. Son muy pobres en contenido de fósforo, y tienen reacciones muy ácidas (EXPERT, 1997). En general, son orgánico-minerales estructurados, de colores pardo oscuros hasta negros, de textura franco-limosa, con fracción arenosa correspondiente por lo general, al cuarzo hialino (C.I.C. 1995).

El predio de la cantera se encuentra ubicado en una microcuenca de forma alargada en el sentido Oriente – Occidente, que a su vez, hace parte de la subcuenca de Torca, afluente del río Bogotá. Debido a que la explotación minera deterioró la morfología local, se eliminaron los cauces naturales, por lo que el agua escurre de forma desordenada (Correa & Correa, 2003).

Según Sánchez (2003), la vegetación que se encuentra en la cantera Soratama evidencia un claro proceso sucesional iniciado después del disturbio. Así, se presentan ciertas especies según el grado de alteración. Este es el caso de la zona de patios o frente de explotación, en la cual es frecuente encontrar una especie colonizadora no nativa común como *Hipochaeris radicata*, pastos como *Anthoxantum odoratum* y *Calamagrostis* sp., y la especie invasiva *Ulex europaeus*; a comparación de los pequeños relictos de bosque secundario que presentan especies arbustivas como

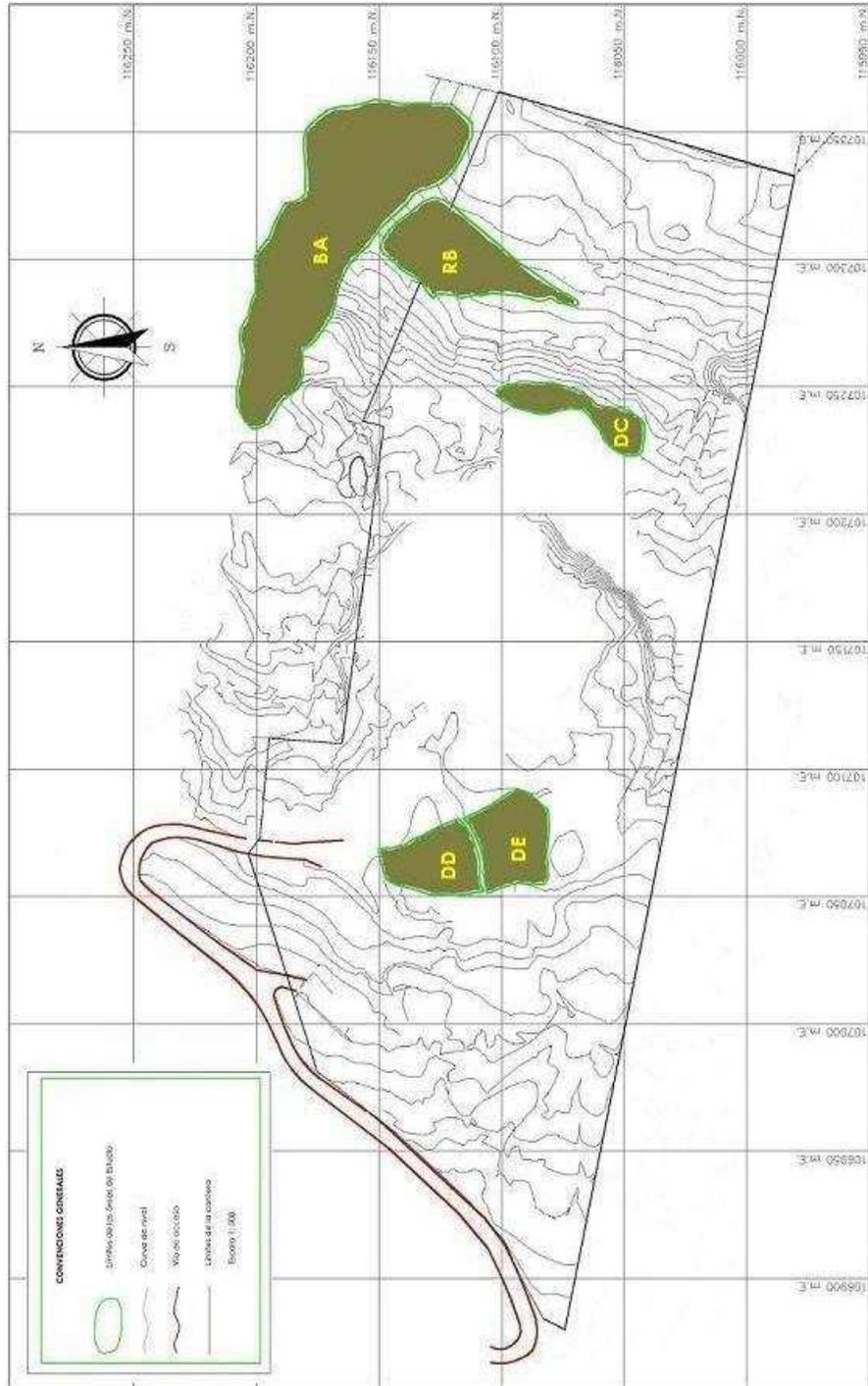
*Monochaetum myrtoideum* (angelito), *Cavendishia cordifolia* (uva de anís), *Myrica parvifolia* (laurel hojipequeño) y *Miconia* sp. (tuno), entre otras, las cuales son sugeridas por el autor como poseedoras de atributos pioneros.

## **8.2 Zonificación de la cantera Soratama**

Barrera (2002) realizó la zonificación de la cantera de acuerdo con el estado de la vegetación, los suelos, la edafofauna y el componente social, con el objetivo de establecer la manera de abordar la restauración ecológica del predio y su uso posterior. De acuerdo al estado de la vegetación resultaron cuatro zonas:

1. Zona de vegetación de subpáramo
2. Zona de vegetación de bosque alto andino.
3. Zona de patios y frente de explotación.
4. Zona de depósito de descapote y estériles.

Las áreas de estudio se escogieron a partir de la zonificación realizada por Barrera (2002), sin embargo se dio relevancia al tipo de vegetación y de sustrato de cada área, como resultante del uso durante la explotación y de las condiciones que se dejaron en las diferentes áreas de la cantera después de su finalización. Además de las tres áreas directamente afectadas por la práctica minera, se incluyeron dos fragmentos de bosque, uno ubicado dentro del predio y otro fuera de este, como referentes de un mejor estado de la vegetación. De esta forma, las zonas de estudio para este trabajo se asignaron como se detalla a continuación, seguido de su respectiva descripción.



**Figura 1.3. Zonas de estudio de la concesión.**

### 8.2.1 Zona Descapotada (DC)

Corresponde a la zona de vegetación de subpáramo en la zonificación de Barrera (2002). Ubicada a una altura de 2780 m.s.n.m. en la parte sur oriental de la cantera, esta comprendida por dos áreas, una plana y otra con pendiente de 15°. De estas dos, se extrajo todo el perfil del suelo para poderse explotar el material mineral, sin embargo esta actividad no se llevó a cabo. A raíz de que el sustrato se dejó expuesto, la acción del viento y de la lluvia aumentó la pérdida de los perfiles del suelo, hasta hacer visible la roca madre en el área con pendiente, y en gran parte de la zona plana (Figuras 3 y 4).



**Figura 3.** Vista general de la Zona Descapotada, donde son evidentes las condiciones extremas en las que se dejó la cantera después de su explotación.

La zona plana presenta un sustrato arenoso, cuyo pH se registró como fuertemente ácido (5,3) y el porcentaje de materia orgánica es muy bajo (0,51%). Por otro lado, la zona con mayor pendiente, no presenta ni siquiera un sustrato arenoso por que se ha acumulado en las partes más bajas de la

cantera debido a su arrastre por el agua y el viento, y como resultado de esto, predomina un sustrato pedregoso.



**Figura 4.** Taludes que hacen parte de la Zona Descapotada .

Es indudable entonces, que en ambas zonas prevalecen condiciones severas que impiden el establecimiento de la vegetación, sin embargo este proceso es mucho más difícil en el área con pendiente, dadas sus características descritas. A pesar de esto, es importante resaltar la presencia de la especie típica de subpáramo *Calamagrostis* sp. o paja de páramo, por su conformación de agregados (Figura 5).

### **8.2.2 Zona de Depósito de Estériles (DE)**

Está localizada en la parte baja de la cantera a una altura de 2740 m.s.n.m. Hace parte de la zona de descapote y estériles identificada por Barrera (2002) (Figura 6), sin embargo en este trabajo fue separada por que allí se depositó un tipo de material llamado “estéril” (como el nombre del área lo sugiere), no por que así sea su condición natural, si no por que no tiene un valor comercial. Sánchez (2003) en la caracterización del suelo de esta área,

encontró que este material presenta una textura Franca – Arenosa, que tiene relación con la alta presencia de Arenas de la Formación Guadalupe y por consiguiente, presenta una baja capacidad de retención de agua. Adicionalmente, este sustrato presenta un pH fuertemente ácido (5,4), muy deficiente en materia orgánica (1,73%) y con bajos contenidos de Nitrógeno (0,08%), lo que conduce a una baja disponibilidad de nutrientes, y probablemente ha influido en el crecimiento lento de las plantas.



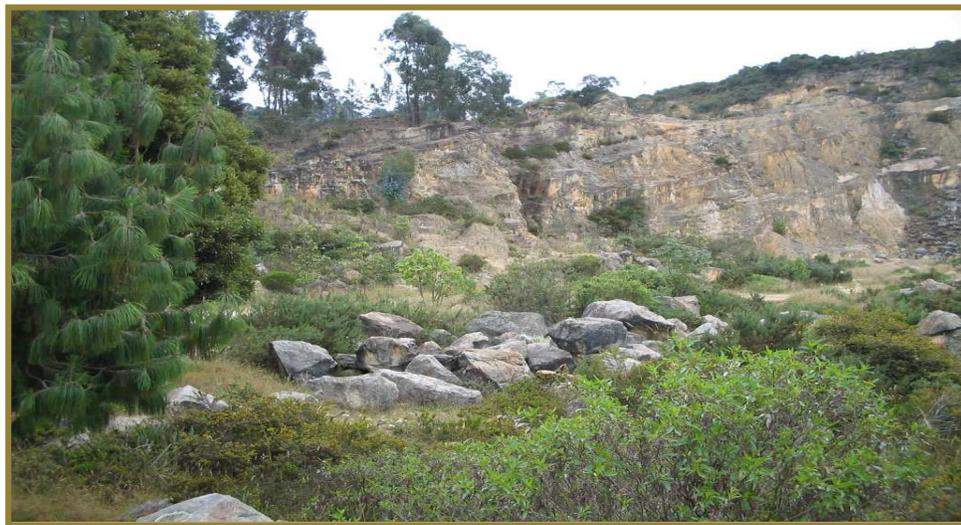
**Figura 5.** Parte plana de la Zona Descapotada. Se evidencia una cobertura vegetal incipiente.



**Figura 6.** Ubicación de las áreas de depósitos de estériles (DE) y descapote (DD).



**Figura 7.** Vista detallada al interior de la Zona de Depósito de Estériles. Nótese la pendiente pronunciada, las porciones de suelo desnudo, el tipo de vegetación que ha colonizado esta área, y algunos individuos de *Alnus acuminata* (aliso) que fueron plantados.



**Figura 8.** Rocas depositadas en el depósito de estériles. Al fondo, frente de explotación

Esta área se caracteriza por ser físicamente heterogénea, ya que presenta sectores con pendientes de  $13^{\circ}$  (Figura 7) y sectores casi planos donde se encuentran rocas de gran tamaño (Figura 8). Esto ha tenido gran influencia en la formación de micrositos, y como respuesta a esto, se encuentra una mezcla de especies características del subpáramo y páramo, como la

espadilla (*Orthrosantus chimboracensis*) el chite o escobo (*Hypericum juniperinum*) y la paja de páramo (*Calamagrostis* sp.), con especies que generalmente se encuentran en el llamado cordón de Ericáceas, que marca el límite entre el Bosque Alto Andino y el páramo, como la uva de anís (*Cavendishia cordifolia*) y el laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*) entre otras, y además hay una influencia marcada de algunos pastos no nativos como el kiikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y la falsa poa (*Holcus lanatus*).

### **8.2.3 Zona de Depósito de Descapote (DD)**

También hace parte de la zona de descapote y estériles identificada por Barrera (2002), y se encuentra adyacente a la zona de depósito de estériles en dirección sur (Figura 5). Se diferenció por que allí se depositó el descapote o capa superficial de suelo rica en materia orgánica que fue extraída de las zonas altas de la cantera. No obstante, presenta las mismas características en la textura (Franca – Arenosa) y la alta acidez del suelo (5,4) que se presentan en la zona de depósito de estériles (Sánchez, 2003). Sin embargo, el porcentaje de materia orgánica es mayor que en la zona de estériles (2,94%) (IGAC, 2004).

Al igual que la zona vecina, la heterogeneidad física evidencia diferentes pendientes que van desde 5° hasta los 40°, lo cual también ha tenido influencia en la heterogeneidad de la vegetación, dado que existe una mezcla de pastos nativos y no nativos con agregados de especies arbustivas nativas, (laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*) y el tuno (*Miconia squamulosa*)), y especies invasoras (*Ulex europaeus*, *Pteridium aquilinum*) que predominan por la gran cobertura de área que alcanzan (Figuras 9 y 10).



**Figura 9.** Vista del costado oriental del Depósito de Descapote, donde sobresale la cobertura de pastos, especialmente de *Calamagrostis* sp . y *Holcus lanatus*.



**Figura 10.** Vista del costado nor-oriental de la Zona de Depósito de Descapote. Nótese la mezcla de arbustos nativos (*Myrica parvifolia* y *Miconia squamulosa*) con especies exóticas (*Ulex europaeus* y *Pteridium aquilinum*).

### 8.2.4 Relicto de Bosque (RB)

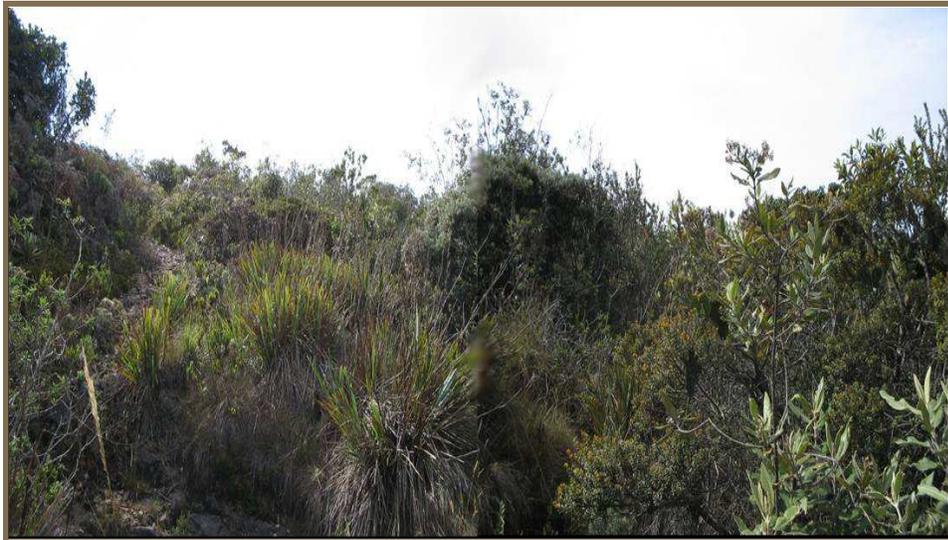
Corresponde a la zona designada como vegetación de bosque alto andino por Barrera (2002). Este pequeño relicto de bosque se encuentra en dirección sur oriental de la cantera (Figura 11), en la cota de 2800 m.s.n.m., 20 metros arriba de la Zona Descapotada (DC) (Figura 12). Sánchez (2003) encontró que los suelos de esta área también presentan una textura Franca – Arenosa, y los datos de análisis de suelos (IGAC, 2004) sugieren que el pH del suelo es fuertemente ácido (4,5), como es característico de los Cerros Orientales. Según Barrera, (2002) el porcentaje de materia orgánica es de 5,2%, y sugiere que se caracteriza por presentar las mejores condiciones biológicas de la cantera, ya que conserva parte de los atributos florísticos del bosque alto andino.



**Figura 11.** Vista general del costado Occidental del Relicto de Bosque y del Bosque Adyacente. Se puede observar la matriz transformada por las plantaciones forestales y por la explotación minera.



**Figura 12.** Vista desde la zona descapotada del Relicto de Bosque que finaliza en el corte del talud dejado por la práctica de extracción minera



**Figura 13.** Vegetación característica del Relicto de Bosque. Es evidente la mezcla de vegetación herbácea y arbustiva típica en la transición entre bosque alto andino y páramo.

El acceso a este relicto se realiza por dos caminos, uno se encuentra al sur de la cantera y el otro hacia el norte, y la vegetación cercana es en su mayoría herbácea y alguna arbustiva de porte bajo, como resultado de la intervención por la actividad extractiva. Se puede sugerir entonces que es

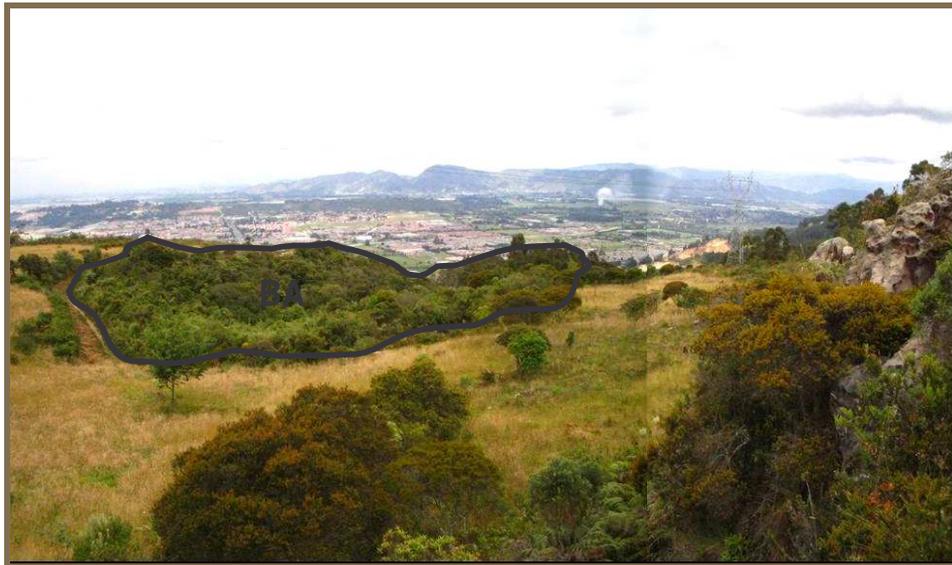
un matorral abierto que contiene especies arbustivas y arbóreas que no son de porte muy alto (máximo aproximado de 7m de altura) y se desarrollan sobre pendientes máximas de 38° y mínimas de 26°. Entre las especies arbustivas más comunes se pueden observar el laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*), el angelito (*Monochaetum mirtoideum*), la uva de anís (*Cavendishia cordifolia*) y el blanquillo (*Eupatorium angustifolium*).

#### **8.2.5 Bosque Adyacente a la cantera (BA)**

Como su nombre lo indica, este bosque no hace parte del predio de la cantera, y en este estudio es el área de referencia por ser la que mejor conserva sus atributos florísticos nativos, y a pesar de ser un fragmento de bosque secundario, puede ser fuente de semillas para las otras áreas de la cantera. Además de ser afectado por la explotación, su área se ha visto reducida por la potrerización (Figura 14), las urbanizaciones subnormales y el cultivo de especies exóticas, y existen evidencias de que aún es fuente de madera para algunos habitantes del barrio Soratama.

Este fragmento se encuentra a una altura entre 2794 y 2800 m.s.n.m. al nor-oriental de la cantera, sobre lo que era una vía de drenaje. El suelo presenta un pH muy ácido (4,3) y un porcentaje de materia orgánica de 23,8 que según las consideraciones para la interpretación de esta variable propuesta por el IGAC, se puede calificar como alto.

Su vegetación se caracteriza por tener un mayor porte que la que se encuentra en el relicto de la cantera (RB) (Figura 15 y 16), que se desarrolla sobre pendientes muy fuertes (desde 32° hasta 65°). Mediante observaciones previas al estudio, se evidenció la presencia de especies arbóreas como el tuno (*Miconia* sp.), el gaque o cucharo (*Clusia multiflora*) y el encenillo (*Weinmannia tomentosa*), entre otras, y además, varias especies de helechos en el estrato herbáceo.



**Figura 14.** Vista del costado Oriental del Bosque Adyacente a la cantera. Nótese la matriz transformada que rodea a esa pequeña área de bosque, donde sólo hay pocos arbustos.



**Figura 15.** Vegetación al interior del Bosque Adyacente (BA) a la cantera, caracterizada por tener varios estratos.



**Figura 16.** Apertura de claros en el interior del bosque que genera cambios en la vegetación, nótese la influencia de vegetación herbácea.

### **8.3 MÉTODOS DE CAMPO**

#### **8.3.1 Unidad y tipo de muestreo**

El tipo de muestreo empleado fue el sistemático preferencial (Mateucci & Colma, 1982), ya que las parcelas fueron dispuestas en zigzag para intentar cubrir la totalidad de cada una de las áreas de estudio.

La unidad de muestreo empleada en todas las áreas de estudio fue la parcela. El número de parcelas dispuestas en cada una de las áreas de muestreo, y sus respectivos tamaños se observan en la tabla 2

#### **8.3.2 Variables y atributos obtenidos en campo.**

Los datos de las siguientes variables se registraron en formatos de campo (Anexo 2)

- **Densidad.** Número de individuos de cada especie dentro del área de muestreo. La medida de abundancia en las especies clonales o graminoides se estimó a partir del conteo de las unidades modulares o individuos genéticamente distintos (Harper, 1977 En: Magurran, 1989. Giraldo, 1995).

**Tabla 2.** Tamaño y número de parcelas dispuestas en cada una de las áreas de muestreo.

ESTRATOS		Rasante y Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo
TAMAÑOS DE PARCELAS (m <sup>2</sup> )		2x2	5x5	10x5 o 10x10
ÁREAS DE ESTUDIO	Zona Descapotada	5		
	Depósito de Estériles	16	4	
	Depósito de Descapote	16	4	
	Relicto de Bosque	8	4	4 (10x5)
	Bosque Adyacente	10	5	5 (10x10)

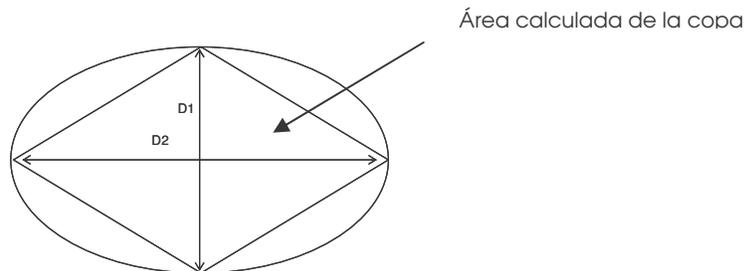
- **Altura total de los individuos.** Medida en metros que permite conocer la estructura vertical o estratificación de la comunidad, y se ilustra en los perfiles de vegetación (Rangel & Velásquez, 1997).
- **Cobertura.** Definida como la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos, la estimación del área cubierta por el total de individuos de una especie, usualmente es expresada como un porcentaje (%) del área total (Kershaw, 1973; Mueller-Dombois & Elleberg, 1974).

La cobertura de las especies arbustivas y arbóreas, se midió bajo el criterio planteado por Prieto (1994; en: Rangel & Velásquez, 1997) quién asumió una forma ovalada de los árboles y arbustos, y a partir de las estimaciones de la longitud del eje mayor y del eje perpendicular a este, consideró como la proyección de la copa al rombo interior definido por estos ejes (Figura 17). Para definir la cobertura de la copa (C1) de cada individuo en m<sup>2</sup> se empleó la fórmula:

$$C1 = \frac{1}{2} (D1 \times D2)$$

D1= Diámetro mayor

D2= Diámetro menor



**Figura 17.** Esquema para estimar la proyección de la copa de un árbol. Tomado de Prieto, 1994, en Rangel y Velásquez, 1997.

Bajo este mismo criterio se midió la cobertura de las especies herbáceas, pero su porcentaje fue estimado bajo la fórmula planteada por Sánchez & López (2003), propuesta estrictamente para especies de este estrato:

$$C = \pi \left( \frac{1}{4} (D1 + D2) \right)^2$$

- **DAP** (Diámetro a la altura del pecho) es una medida de los árboles relacionada con el área basal. Se tomó utilizando una cinta diamétrica en los árboles con DAP mayor de 2,5.
- **Formas de vida.** Se definieron cuatro formas de vida principales bajo el criterio de clasificación de Raunkiaer (1934, En: Mueller-Dombois & Ellemberg, 1974). Estas fueron evaluadas por su observación y excavación en campo cuando fue necesario, y además con ayuda de material bibliográfico. Las características de cada forma de vida se encuentran descritas en el marco conceptual.
- **Características diagnósticas de las especies:** presencia de flores, olores característicos, resinas, aceites.

## 8.4 MÉTODOS DE LABORATORIO

Para cada especie registrada en las cinco áreas de estudio se recolectaron tres ejemplares que fueron prensados, conservados y llevados al horno de secado durante cuatro días. Luego se realizó su determinación taxonómica, en el Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana y del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

## 8.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

### 8.5.1 Composición florística

El análisis de la composición de la vegetación se realizó a partir de la riqueza de especies halladas en cada área (Número de especies por unidad de área muestreada) (Magurran, 1989), que fueron determinadas y clasificadas dentro de las categorías taxonómicas de familia, género y especie.

### 8.5.2 Estructura vertical

La estratificación vertical de la comunidad se obtuvo con la clasificación de los individuos dentro de los rangos de altura y estratos propuestos por Rangel y Velásquez (1997) (Tabla 3)

**Tabla 3.** Estratos y rangos de altura propuestos por Rangel y Velásquez (1997)

Estratos	Rango de Altura (m)
Rasante (ra)	< 0,3
Herbáceo (h)	0,3 - 1,5
Arbustivo (ar)	1,5 - 5
Arbolitos (Ar)	5 - 12
Arbóreo inferior (Ai)	12 - 25

### 8.5.3 Estructura horizontal

La variable de cobertura fue analizada de acuerdo con la estructura vertical que evidenció cada comunidad vegetal teniendo en cuenta los estratos anteriormente nombrados.

Con los datos obtenidos de DAP se realizó la distribución de clases diamétricas en la vegetación donde se registró este parámetro a partir de la ecuación propuesta por Sturges (en: Rangel y Velásquez, 1997)

$$C = (X_{\max} - X_{\min})/m$$

$$m = 1 + 3,3 (\log n)$$

Donde:

- n**: número total de individuos
- m**: número de intervalos
- C**: amplitud del intervalo
- X**: parámetro a analizar.

#### 8.5.3.1 Diversidad florística.

El análisis de las medidas de diversidad se basa en modelos matemáticos o índices de diversidad, que relacionan el número de especies y la proporción de sus individuos (Ramírez, 1999). La existencia de un gran número de índices y modelos matemáticos, referidos al análisis de la diversidad, sugiere entonces que no existe uno que exprese totalmente el estado de una comunidad, por lo cual es fundamental complementarlos, para obtener un resultado más confiable y con una interpretación ecológica cercana a la realidad. Debido a esto, en este trabajo se tienen en cuenta tanto la riqueza de especies como los índices basados en la abundancia proporcional de especies (Magurran, 1989; Moreno, 2001):

#### 8.5.3.1.1 Índice basado en la abundancia proporcional de especies

**Diversidad de especies de Shannon-Wiener ( $H'$ ).** Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande. También asume que todas las especies están representadas en la muestra, y entre más equitativa sea la distribución de las abundancias en las especies, más alto será el valor del índice, es decir más diversa será la comunidad en estudio (Magurran, 1989)

$$H' = - \sum (P_i \ln P_i)$$

$P_i$  = proporción de individuos hallados en la especie  $i$ .

La diversidad máxima que pudiera darse se hallaría en una situación en la que todas las especies fueran igualmente abundantes, en otras palabras si  $H' = H_{max} = \ln S$ . La relación entre diversidad observada y diversidad máxima puede, por consiguiente ser tomada como una medida de Equidad ( $E$ ). El valor de  $E$  se sitúa entre 0 y 1, donde 1 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes. Al igual que  $H'$ , esta medida de uniformidad considera que todas las especies en la comunidad se han contabilizado en la muestra.

Margalef (1972, En Magurran, 1989) sugiere que este índice suele resultar entre valores de 1,5 y 3,5, y raramente sobrepasa 4,5. Entonces, dependiendo de la equidad de los valores de abundancias en las especies será mayor o menor.

#### 8.5.3.1.2 Índice basado en la dominancia de especies

**Medida de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ).** Al contrario del índice de Shannon, este índice se pondera según la abundancia de las especies más comunes, es decir que está fuertemente recargado hacia las especies más

abundantes de la muestra, mientras que es menos sensible a la riqueza de especies. Da la probabilidad de que dos individuos, extraídos al azar de una comunidad indefinidamente grande, perteneciesen a diferentes especies.

$$\lambda = \sum (n_i(n_i - 1) / N_i(N_i - 1))$$

$n_i$  = número de individuos en la especie  $i$ .

$N$  = número total de individuos en la muestra.

Ludwing & Reynolds (1988) y Krebs (2000), plantean que los rangos aproximados de los valores del índice de Dominancia de Simpson se encuentran entre 0 y 1. Donde 0 se puede interpretar como una baja diversidad referida a la poca dominancia de especies y 1, lo contrario.

#### **8.5.4 Descripciones fisionómico-estructurales**

Con el objetivo de entender la estructura de la vegetación registrada, se realizaron los perfiles de vegetación, en los que se muestra mediante un dibujo, la realidad de cada una de las áreas estudiadas con respecto a la cobertura vegetal.

#### **8.5.5 Formas de vida de las plantas**

Se construyeron gráficas de barras en las que se representó el porcentaje de especies en cada una de las categorías propuestas, a partir de la presencia de cada una de estas en el conjunto de especies.

Adicionalmente, se realizó una de las técnicas de análisis de ordenación con el fin de ordenar los objetos de estudio a lo largo de los ejes de acuerdo a las relaciones existentes entre estos. De esta forma, los objetos más cercanos entre sí dentro del espacio de ordenación son generalmente más similares

entre sí que los objetos distantes. Dentro de las técnicas de ordenación se encuentra el Análisis de Correspondencia (CA), que permite ordenar simultáneamente estaciones y especies, y por tal motivo, posibilita observar la interrelación entre unas y otras (Ramírez, 1999).

En este caso se realizó la correlación entre las formas de vida de la vegetación y las áreas de estudio de la cantera por medio del Análisis de Correspondencia Canónico (CCA) a partir del programa PC-ORD (McCure & Mefford, 1997), en donde la ordenación de la matriz principal (por el promedio recíproco) es dirigida por una regresión múltiple sobre variables incluidas en la segunda matriz. En ecología de comunidades esto significa que la ordenación de muestras y especies es dirigida por sus relaciones con variables ambientales.

#### **8.5.6 Análisis de clasificación**

La clasificación, al igual que la ordenación, comprende un conjunto de técnicas que tienen por objeto ubicar variables u observaciones provenientes de un espacio multidimensional, en unas pocas dimensiones manteniendo sin embargo una alta cantidad de información (Mateucci & Colma, 1982; Ramírez, 1999). El resultado de la clasificación es el agrupamiento de las muestras o las especies según sus características, en este caso la presencia o ausencia especies en las diferentes áreas estudiadas en la cantera.

Para este fin se empleó el índice de atributos binarios de Jaccard (1908), analizado con el programa Biodiversity Professional versión 2 (McAleece, 1997)

$$A_{jk} = a / a+b+c$$

Donde  $A_{jk}$  es la afinidad entre las estaciones  $j$  y  $k$ ,  $a$  el número de atributos comunes,  $b$  el número de atributos que se encuentran en la entidad  $j$  pero no en la  $k$ ,  $c$  el número de atributos que se encuentran en la entidad  $k$ , pero no en la  $j$  (Ramírez, 1999).

## 9. RESULTADOS

El estudio de la vegetación realizado en un área total de 848 m<sup>2</sup>, que comprendió la Zonas descapotada, las de Depósitos de Estériles y de Descapote, el Relicto de Bosque y el Bosque Adyacente, arrojó un registro de 1577 individuos correspondientes a 46 familias, 79 géneros y 99 especies.

La tabla 4 muestra las cuatro familias comunes a las cinco áreas y el total de especies registrados para cada una de estas en el muestreo de todas las áreas. Sin embargo, sólo *Cavendishia cordifolia* fue la única especie registrada en las cinco áreas.

### 9.1. Composición florística

#### 9.1.1 Zona descapotada (DC)

Esta área se caracteriza por tener una vegetación típicamente herbácea y una predominancia del suelo desnudo, lo cual se corroboró con el escaso registro tanto de familias (7), como de géneros (10) y de riqueza de especies (10) (Anexo 1a), en un área de 20m<sup>2</sup>.

De las familias registradas Poaceae comprende el 30% de las especies, Asteraceae el 20% y Ericaceae, Eriocaulaceae, Hypericaceae y Melastomataceae el 10% cada una, al igual que la familia Grimmiaceae,

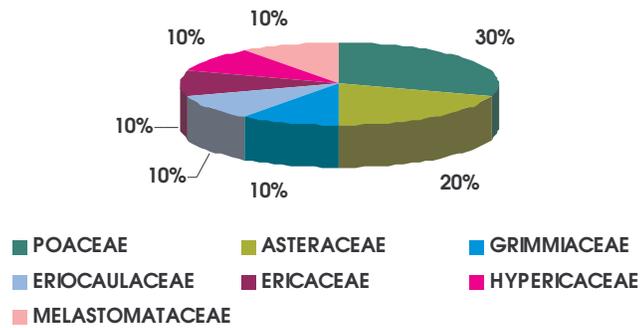
(Figura 18). De las diez especies registradas, *Holcus lanatus* y *Taraxacum officinale* son no nativas.

**Tabla 4.** Familias registradas en las cinco áreas de la cantera Soratama con sus respectivas especies.

<b>FAMILIAS</b>	<b>ESPECIES</b>
<b>ASTERACEAE</b>	<i>Achyrocline</i> sp. <i>Baccharis latifolia</i> <i>Bidens</i> sp. <i>Diplostephium rosmarinifolium</i> <i>Eupatorium angustifolium</i> <i>Hipochaeris sessiliflora</i> <i>Jungia</i> cf. <i>coarctata</i> <i>Munnozia senecionidis</i> <i>Oligactis</i> sp. <i>Smallanthus pyramidalis</i> <i>Sonchus</i> sp. <i>Stevia lucida</i> <i>Taraxacum officinale</i>
<b>ERICACEAE</b>	<i>Befaria resinosa</i> <i>Cavendishia cordifolia</i> ** <i>Gaultheria anastomosans</i> <i>Macleania rupestris</i>
<b>MELASTOMATACEAE</b>	<i>Chaetolepis microphylla</i> <i>Miconia</i> sp.1 <i>Miconia</i> sp.2 <i>Miconia squamulosa</i> <i>Monochaetum mirtoideum</i>
<b>POACEAE</b>	<i>Anthoxantum odoratum</i> <i>Calamagrostis</i> sp. <i>Chusquea scandens</i> <i>Cortaderia nitida</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Pennisetum clandestinum</i>

(\*\*Especie registrada en las cinco áreas)

A pesar de no ser una planta vascular, el musgo *Rhacomitrium crispipilum* de la familia Grimmiaceae, se tomó dentro del muestreo por ser una especie tan conspicua en el área, evidencia de esto es que fue la segunda con mayor abundancia en el área (56 individuos).



**Figura 18.** Porcentaje de especies por familia encontradas en la Zona Descapotada.

### 9.1.2. Depósito de estériles (DE)

En 100m<sup>2</sup>, se registraron 377 individuos correspondientes a una riqueza de 29 especies, 27 géneros y 16 familias (Anexo 1b); de estas últimas, las mejor representadas tanto en géneros como en especies fueron Asteraceae y Polypodiaceae. Para la primera se registraron seis especies (*Achyrocline* sp., *Baccaris latifolia*, *Hipochaeris sessiliflora*, *Smallanthus pyramidalis*, *Stevia lucida* y *Taraxacum officinale*), que correspondien al 20,7% y para la segunda cuatro especies (*Campyloneurum* cf. *angustifolium*, *Polypodium lanceolatum*, *Polypodium* sp1. y *Polypodium* sp2.), es decir, el 13,8% del total de las especies (Figura 19). De las 29 especies, se registraron cinco exóticas: *Holcus lanatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Rumex acetosella*, *Taraxacum officinale* y *Ulex europaeus*.

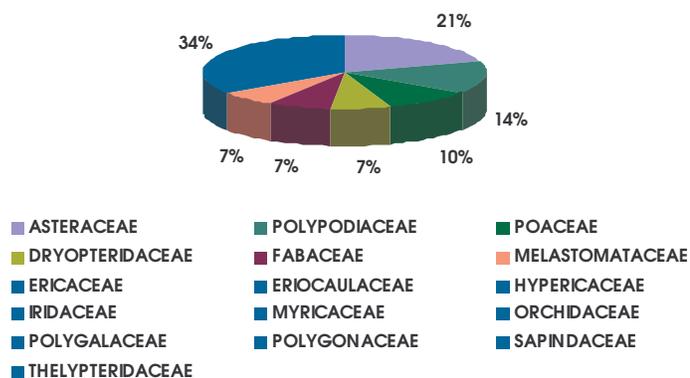
### 9.1.3 Depósito de descapote (DD)

En esta área hubo un registro de total de 303 individuos en un área de 100m<sup>2</sup>, que correspondió a una riqueza de 28 especies, 27 géneros y 19 familias (Anexo 1c); de estas últimas, las mejor representadas tanto en géneros como en especies fueron Poaceae con cuatro especies (*Holcus lanatus*, *Calamagrostis* sp., *Pennisetum clandenstinum* y *Anthoxantum*

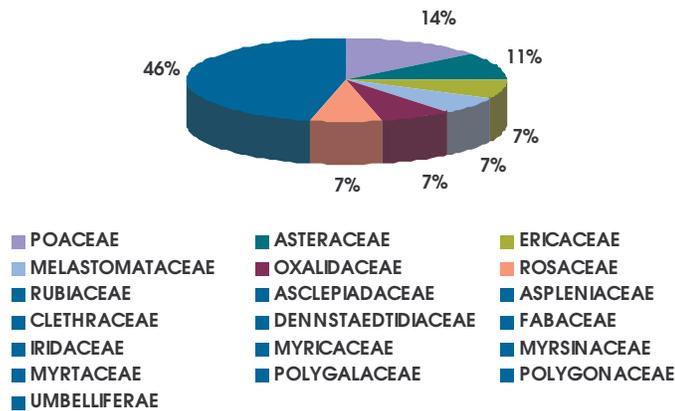
*odoratum*) que equivale al 14,3%, y Asteraceae con tres (*Baccharis latifolia*, *Sonchus* sp. y *Taraxacum officinale*), que corresponde al 10,7% del total de las especies registradas (Figura 20). Se registraron nueve especies exóticas: *Anthoxantum* sp., *Eucaliptus globulus*, *Holcus lanatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Pteridium aquilinum*, *Rumex acetosella*, *Sonchus* sp., *Taraxacum officinale* y *Ulex europaeus*.

#### 9.1.4 Relicto de bosque (RB)

En un área total muestreada de 200m<sup>2</sup>, se registraron 325 individuos correspondientes a una riqueza de 44 especies, 38 géneros y 28 familias (Anexo 1d). Las familias que presentaron el mayor porcentaje de especies en esta área fueron Ericaceae (9,09%) con las especies *Befaria resinosa*, *Cavendishia cordifolia*, *Gaultheria anastomosans* y *Macleania rupestris*; Asteraceae (9,09%) con *Baccharis latifolia*, *Diplostephium rosmarinifolium*, *Eupatorium angustifolium* y *Oligactis* sp.; Rubiaceae (6,82%) con las especies *Arcyctophyllum nitidum*, *Gallium hipocarpium* y *Palicourea* cf. *vaginata*; Rosaceae (6,82%) con *Hesperomeles glabrata*, *H. goudotiana* y *Rubus floribundus*; y finalmente Melastomataceae (6,82%) con las especies *Miconia* sp1., *M. squamulosa* y *Monochaetum mirtoideum* (Figura 21). De las 44 especies sólo se registró una especie exótica: *Pteridium aquilinum*.



**Figura 19.** Porcentaje de especies por familia encontradas en el área de Depósito de Estériles (DE).



**Figura 20.** Porcentaje de especies por familia registradas en el área de Depósito de Descapote (DD).

### 9.1.5 Bosque adyacente (BA)

Se muestreo un área de 500m<sup>2</sup> donde hubo un registro de 360 individuos, distribuidos en 44 especies, 37 géneros y 29 familias (Anexo 1e). Las familias que registraron el mayor porcentaje de especies fueron Asteraceae con el 11,6% que lo conforman las especies *Baccharis latifolia*, *Bidens* sp, *Jungia* cf. *coarctata*, *Munozzia senecionidis* y *Oligactis* sp.; Dryopteridaceae con el 9,3% que corresponde a las especies *Diplazium* sp., *Dryopteris* sp., *Elaphoglossum* sp1, *E.* sp2. y *E.* sp3.; y por último la familia Piperaceae con el 7% que lo conforman las especies *Piper bogotense*, *P. lacunosum* y *Peperomia* sp. (Figura 22).

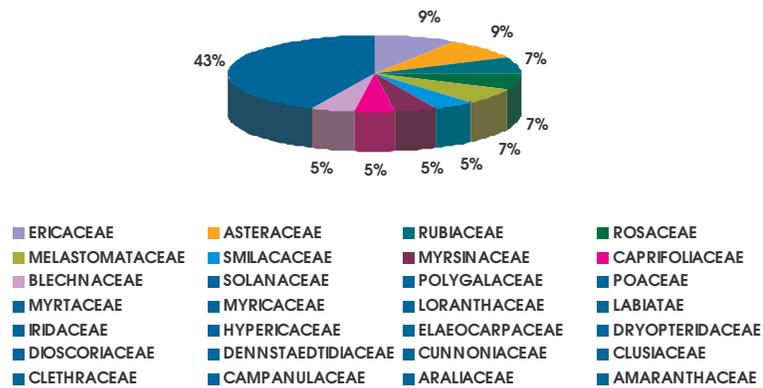


Figura 21. Porcentaje especies por familias, encontradas en el área de Relicto de Bosque.

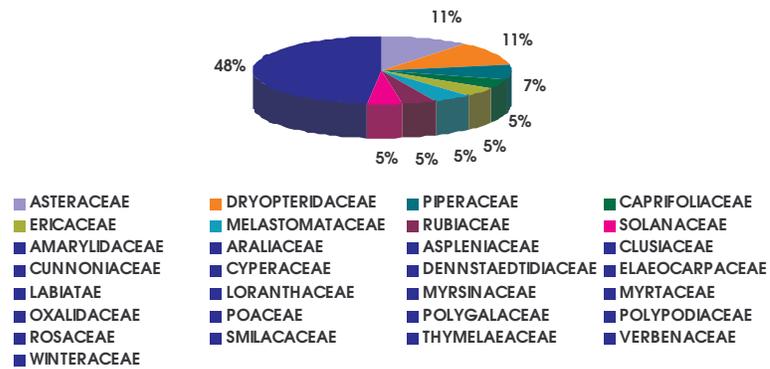


Figura 22. Porcentaje de especies por cada familia registrada en el Bosque Adyacente a la cantera Soratama.

## 9.2 Estructura vertical y horizontal

### 9.2.1 Zona Descapotada (DC)

**Estratificación.** En esta zona la altura de la vegetación está muy por debajo de 1,50m, debido al hábito herbáceo de la mayoría de especies registradas (a excepción de un solo individuo de la especie *Cavendishia cordifolia* de hábito arbustivo), por lo cual se identificaron dos estratos: rasante (< 0,30 m) y herbáceo (0,30 – 1,50 m) (Figura 23a). El primero agrupó casi el 90% del total de individuos de las diez especies registradas

(*Rhacomitrium crispipilum*, *Achyrocline* sp., *Cavendishia cordifolia*, *Chaetolepis microfila*, *Holcus lanatus*, *Paepalanthus* sp., *Taraxacum officinale*, *Hypericum juniperinum* y *Corateria nitida*); y el segundo estuvo representado en su mayoría, por individuos de la especie *Calamagrostis* sp.

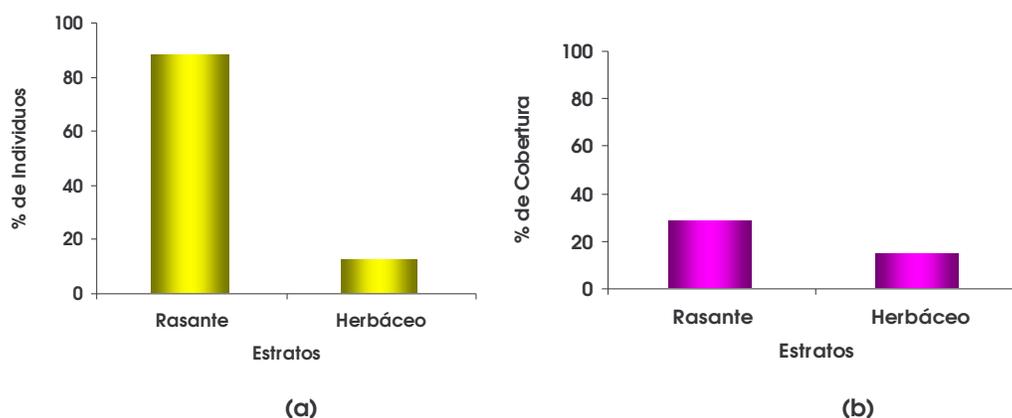
**Cobertura.** El mayor porcentaje de cobertura lo tuvo el estrato rasante (28,2%) debido en parte al agrupamiento del mayor número de individuos, contrario al resultado del estrato herbáceo (14,5%) (Figura 23b).

En el estrato rasante (Figura 23b) las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron *Cortaderia nitida* (45,8%), *Taraxacum officinale* (26,1%) y *Calamagrostis* sp. (13,8%), que alcanzan aproximadamente el 85% de la cobertura de este estrato, mientras que las especies *Achyrocline* sp., *Cavendishia cordifolia*, *Chaetolepis microfila*, *Holcus lanatus*, *Hypericum juniperinum*, *Paepalanthus* sp. y *Rhacomitrium crispipilum* agrupan el 15% restante.

En el estrato herbáceo la especie con mayor porcentaje de cobertura fue *Calamagrostis* sp con el 84%, y *Cortaderia nitida*, *Hypericum juniperinum* y *Taraxacum officinale* comprendieron el 12% restante.

#### **Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson**

De acuerdo al resultado que arrojó el índice de Shannon-Wiener ( $H' = 1,57$ ), se puede decir que esta área presenta una diversidad alta. A su vez, el valor de Equidad ( $E = 0,68$ ), sugiere una distribución equitativa de las abundancias de las especies, lo que conduce a suponer que no hay especies con abundancias dominantes, esto se pudo corroborar con el resultado que arrojó el índice de Simpson ( $\lambda = 0,26$ ) que sugiere una baja dominancia.



**Figura 23.** Estratos de la vegetación en la Zona Descapotada (DC). **a.** Porcentaje de individuos correspondientes a los estratos rasante y herbáceo. **b.** Porcentaje de cobertura dado por los individuos de los estratos rasante y herbáceo.

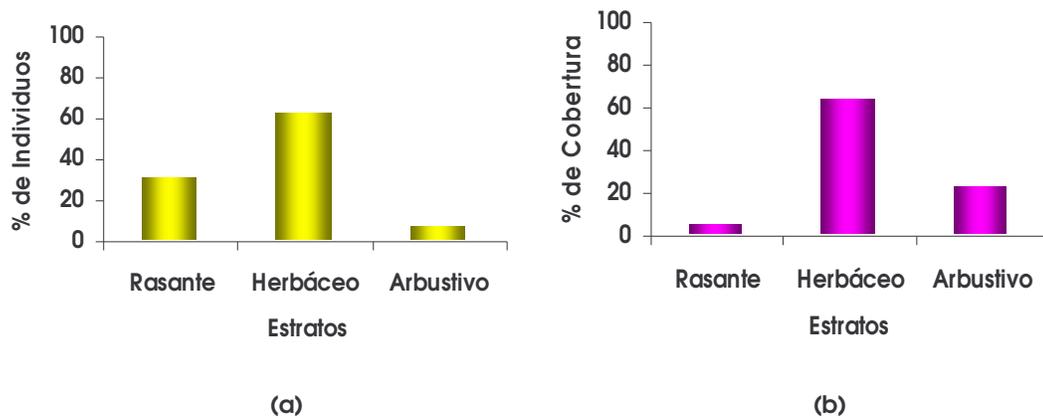
### 9.2.2. Depósito de Estériles (DE)

**Estratificación.** Dado que en esta área convergen elementos florísticos de hábito herbáceo y arbustivo que alcanzan casi los 3m de altura, se evidenciaron tres estratos: rasante (< 0,3 m), herbáceo (0,3 – 1,50 m) y arbustivo (1,5 – 5 m). De estos, el que agrupó el mayor porcentaje de individuos fue el herbáceo con el 62,6% del total, seguido del estrato rasante con el 30,8% y del arbustivo con el 6,6% (Figura 24a).

Las especies con mayor número de individuos en el estrato herbáceo fueron *Hypericum juniperinum* (97), *Myrica parvifolia* (34) y *Orthrosantus chimboracensis* (23). En el estrato rasante estuvieron presentes las arvenses *Taraxacum officinale* (45) y *Rumex acetosella* (17). Por último, en el estrato arbustivo las especies *Myrica parvifolia* y *Monochaetum mirtoideum* con igual número de individuos (7).

**Cobertura.** A partir de los estratos evidenciados, se encontró que el estrato herbáceo presenta una cobertura de 62,9%, seguido del arbustivo con el 21,71%, y por último, el estrato rasante con el 4,08% (Figura 24b).

La mayor cobertura dentro del estrato herbáceo la presentó la especie *Myrica parvifolia* con un 57% del total de la cobertura de este estrato, a pesar de no ser la especie con mayor número de individuos dentro del estrato, su hábito arbustivo le otorga la capacidad de tener mayores coberturas que especies como *Hypericum juniperinum* de hábito herbáceo que fue la que mayor número de individuos presentó en este estrato.



**Figura 24.** Estratos de la vegetación en el Depósito de Estériles (DE). **a.** Porcentaje (%) de individuos en los estratos. **b.** Porcentaje (%) de cobertura de los estratos en el Depósito de Estériles (DE).

### Indices de Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson

El valor del índice de Shannon-Wiener para esta área ( $H' = 2,52$ ) sugiere una diversidad alta, lo que también arrojó el resultado de la Equidad ( $E = 0,75$ ) que plantea una distribución equitativa de las abundancias de las especies. Estos resultados se corroboraron con el resultado del índice de Simpson ( $\lambda = 0,13$ ) que se resultó en una baja dominancia.

### 9.2.3 Depósito de Descapote

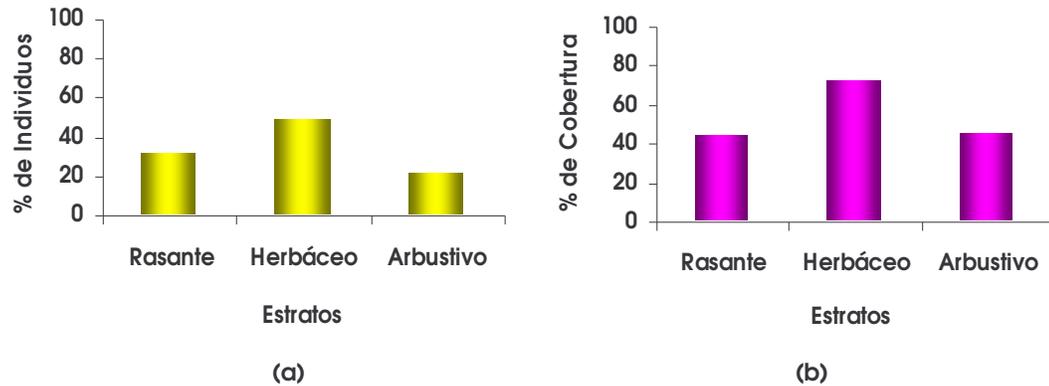
**Estratificación.** En esta área, al igual que en el depósito de estériles, convergen especies vegetales de hábito herbáceo y arbustivo. De este último, se registraron especies que alcanzan casi los 4m de altura, por lo cual se evidenciaron los mismos tres estratos (Figura 25a): rasante (< 0,3 m), herbáceo (0,3 – 1,50 m) y arbustivo (1,5 – 5 m). De estos, el herbáceo, agrupó el 47% de los individuos registrados, seguido del estrato rasante, con un 31% y por último el arbustivo estuvo con el 21,1%.

Se registraron tres especies dentro del estrato herbáceo con el mayor número de individuos: *Pteridium aquilinum* (62 individuos), *Ulex europaeus* (24 individuos), y *Calamagrostis* sp. (22 individuos). Las dos primeras son exóticas y reconocidas por su capacidad invasora. En el estrato rasante estuvieron presentes las especies exóticas *Taraxacum officinale* (31), *Holcus lanatus* (16) y *Rumex acetosella* (14); y en el arbustivo, de nuevo la especie *P. aquilinum* (18), acompañada de las nativas *Baccharis latifolia* (11) y *Monochaetum mirtoideum* (10).

**Cobertura** En cuanto a la variable de cobertura, también el estrato herbáceo obtuvo el mayor porcentaje con el 72,2%, seguido de los estratos arbustivo y rasante, que presentaron un porcentaje similar entre sí (44,7% y 43,7% respectivamente) (Figura 25b).

La especie con mayor cobertura en el estrato herbáceo fue *Pteridium aquilinum* (44,5%), seguida de, *Ulex europaeus* (13%) y *Calamagrostis* sp. (10%), que coincide con ser las especies con mayor número de individuos en el mismo estrato. Los estratos rasante y arbustivo también presentaron una cobertura importante. En el primero, el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) presentó el 91% de la cobertura; y en el segundo, también la

especie *P. aquilinum* presentó el mayor porcentaje de cobertura con 22,8%, seguida de *Baccharias latifolia* (20,5%).

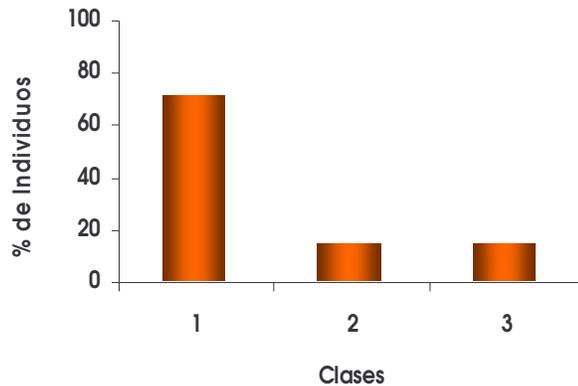


**Figura 25.** Estratos de la vegetación en el Depósito de Descapote (DD). **a.** Porcentaje (%) de individuos los estratos. **b.** Porcentaje de cobertura por cada estrato.

**Clases diamétricas.** La presencia de elementos florísticos arbustivos y arbóreos maduros fue escasa, lo que se refleja en los pocos individuos registrados con valores de DAP mayor a 2,5. Sólo se encontraron siete individuos distribuidos en las tres primeras clases de DAP (Figura 26). En la primera, que comprende los menores valores de DAP (3 a 3,5), agrupó el 71,4% de los individuos (5 individuos) de las especies *Baccharis latifolia* y *Monnina cf. aestuans*. Las otras dos clases agruparon los valores de DAP de 3,5 a 7, y comprendieron el 28,6% restante, con individuos de *Monnina cf. aestuans* y *Clethra fimbriata*.

#### Indices de Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson

El resultado del índice de Shannon-Wiener ( $H' = 2,65$ ) sugiere una diversidad alta. Este resultado también se deduce del valor que arrojó la Equidad ( $E = 0,79$ ), que sugiere una distribución equitativa de las abundancias de las especies. Adicionalmente, estos resultados se pueden corroborar a partir del valor del índice de dominancia de Simpson ( $\lambda = 0,11$ ), que plantea una baja dominancia de especies.



**Figura 26.** Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las tres clases de DAP. Clase 1: intervalos de 3-3,5; Clase 2: intervalos de 3,6-4; Clase 3: intervalos de 4,1-7.

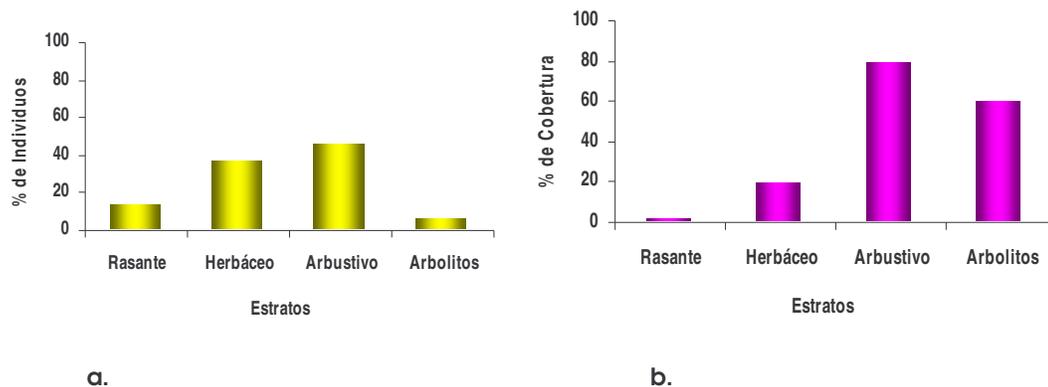
#### 9.2.4 Relicto de Bosque. (RB)

**Estratificación.** En esta área se evidenció una mayor presencia de especies arbustivas y arbóreas que alcanzan casi los 9m de altura. En este sentido, La vegetación se agrupó en cuatro estratos (Figura 27a): Rasante (0 – 0,30m), Herbáceo (0,30 – 1,50m), Arbustivo (1,50 – 5m) y Arbolitos (5 – 12m). De estos el estrato Arbustivo concentró casi la mitad del total de los individuos (45,5%), seguido del Herbáceo con el 36,3%, el rasante con el 12,6%, y finalmente el estrato de Arbolitos que representó el 5,5%.

Las especies con mayor número de individuos dentro del estrato Arbustivo fueron *Cavendishia cordifolia* (31 individuos) y *Eupatorium angustifolium* (26 individuos). En el estrato Herbáceo, se encontró a *Cortaderia nitida* (12 individuos) y a *Syphocampilus columnae* (10 individuos), esta última también con el mayor número de individuos en el estrato rasante (7), acompañada de *Oligactis* sp. (5 individuos). Por último, en el estrato de Arbolitos se encontró la especie *Clusia multiflora* con 7 individuos.

**Cobertura.** En cuanto a esta variable, el estrato arbustivo también fue el que presentó el mayor porcentaje con el 79%, seguido del estrato Arbolitos que representó el 59,3%, luego el Herbáceo con el 18,9% y finalmente el rasante con el 1,05% (Figura 27b).

La especie con mayor cobertura en el estrato Arbustivo fue *Cavendishia cordifolia* con el 50%, que coincide además con ser la especie con mayor número de individuos en el mismo estrato, y estuvo acompañada de *Miconia squamulosa* que presentó el 27%. Por otro lado, en el estrato de Arbolitos se registró a la especie *Clusia multiflora* con aproximadamente el 100% de cobertura en este estrato. *Cortaderia nitida* y *Myrica parvifolia* (esta última, a pesar de ser de hábito arbustivo), se registraron en el estrato Herbáceo con el porcentaje de cobertura más alto de 24% y 23,6% respectivamente. Finalmente, en el estrato Rasante no se encontró ninguna especie con una cobertura significativa.



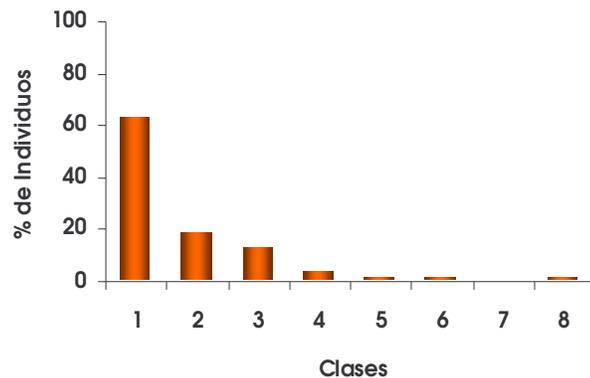
**Figura 27.** Estratos de la vegetación en el Relicto de Bosque (RB). **a.** Porcentaje (%) de individuos en los cuatro estratos obtenidos. **b.** Porcentaje de cobertura de cada estrato.

**Clases diamétricas.** La distribución de valores de DAP diferenció 8 clases (Figura 28), en las que se observa la tendencia a presentar mayor abundancia de individuos en la clase de menor diámetro, mientras que los

valores de abundancia disminuyen hacia las clases de mayor DAP. De esta forma, la primera agrupó el 62,5% de los individuos que se registraron con DAP entre 2,5 y 4,5, donde se encontró a *Cavendishia cordifolia* con 18 individuos, y a *Miconia squamulosa* y *Eupatorium angustifolium* con 5 individuos cada una. En la última clase que comprende valores entre 17,1 y 19,2 sólo se encontró un individuo de la especie *Clusia multiflora*. El 37,5% del total de individuos está distribuido en las siete clases restantes.

### Indices de Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson.

El resultado del índice de Shannon-Wiener ( $H' = 3,35$ ) sugirió una diversidad alta, junto con el resultado de la Equidad ( $E = 0,88$ ), que se puede atribuir a que la distribución de las abundancias entre las especies es equitativa. Por otro lado, el resultado del índice de dominancia de Simpson ( $\lambda = 0,05$ ) corroboró lo planteado anteriormente, ya que hace referencia a que no existen especies con abundancias muy altas que las califique como dominantes.



**Figura 28.** Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las ocho clases de DAP obtenidas para el Relicto de Bosque. Clase 1: 2,5-4,5; Clase 2: 4,6-6,6; Clase 3: 6,7-8,7; Clase 4: 8,8-10,8; Clase 5: 10,9-12,9; Clase 6: 13-15,1; Clase 7: 15,2-17,1; Clase 8: 17,2-19,2.

### 9.2.5 Bosque Adyacente (BA)

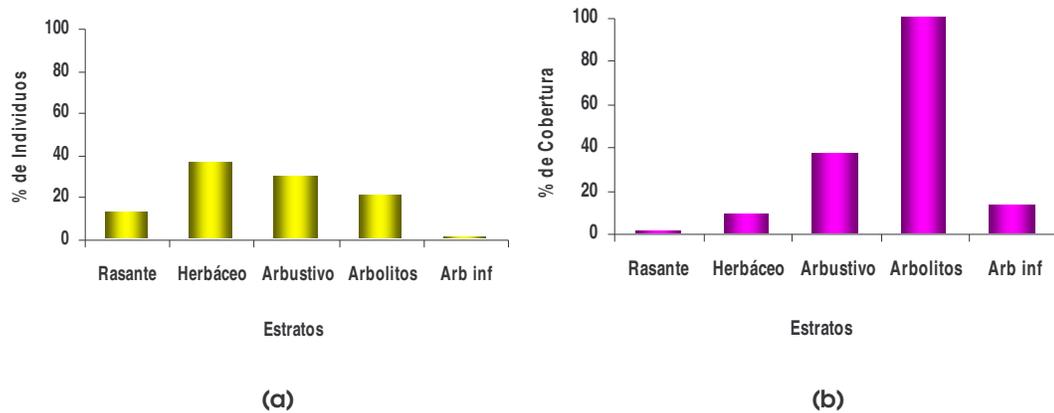
**Estratificación.** En este fragmento de bosque, la estratificación de la vegetación resultó en cinco estratos (Figura 29a) (Rasante, Herbáceo, Arbustivo, Arbolitos y Arbóreo Inferior). De estos, el estrato con mayor porcentaje de individuos fue el Herbáceo (36,6%), seguido del Arbustivo (29,7%), Arbolitos (20%), Rasante (12,7%), y finalmente el Arbóreo Inferior (0,8%).

A pesar de ser especies de hábito arbóreo, las especies *Palicourea* sp. y *Miconia* sp1. tuvieron el mayor número de individuos en el estrato herbáceo (19 y 16 individuos respectivamente). En el estrato arbustivo también se registró a *Miconia* sp1. con 16 individuos y a *M. sp2.*, con 15. *Clusia multiflora* y nuevamente *Miconia* sp1, aparecen en el estrato de Arbolitos con 16 y 14 individuos respectivamente. En el estrato rasante se registró a *Peperomia* sp. con 13 individuos; y por último, del estrato Arbóreo inferior sólo se registraron tres especies: *Weinmannia tomentosa*, *Clusia multiflora* y *Daphnopsis* sp., cada una con un individuo.

**Cobertura.** En cuanto a esta variable, el estrato que mayor porcentaje presentó fue el de Arbolitos (100%), seguido del Arbustivo (36,5%), Arbóreo inferior (12,5%), Herbáceo (8,48%) y por último, el estrato Rasante (0,45%).

Las especies con mayor porcentaje de cobertura en el estrato de Arbolitos fueron *Clusia multiflora* (con el 30%), *Wienmannia tomentosa* y *Miconia* sp.1 (las dos con 18%), esta última acompañada de *Cavendishia cordifolia* presentaron el mayor porcentaje (32% y 16% respectivamente). En el estrato Arbóreo inferior se encontró a *Clusia Multiflora* con el 8% de cobertura. Finalmente en el estrato Herbáceo se registraron a los helechos: *Diplazium* sp. y *Elaphoglossum* sp.1 con el 9% cada una, y a *Palicourea* sp., que es de

hábito arbustivo, con el 8%. El estrato rasante no presentó valores de cobertura significativos por lo que no se reporta (figura 29b).

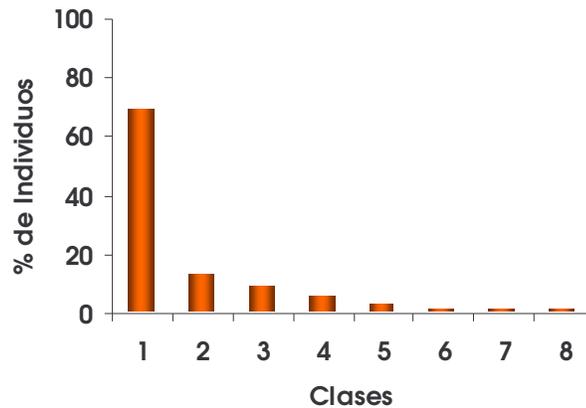


**Figura 29.** Estratos de la vegetación en el Bosque Adyacente (BA). **a.** Porcentaje (%) de individuos en cada uno de los estratos evidenciados. **b.** Porcentaje de cobertura por estrato.

**Clases diamétricas.** Al igual que en el relicto de Bosque, la distribución de valores de DAP arrojó ocho clases (figura 30), en las cuales los individuos se distribuyen con la misma tendencia, es decir, la mayoría de individuos en las primeras clases, y va haciéndose menor la abundancia a medida que las clases aumentan. Por esto se observó que el 69,2% de los individuos arbustivos y arbóreos se agruparon en la primera clase DAP con valores entre 2,5 y 9, y el 30,8% restante se encuentra repartido en las demás clases. Entre las especies con mayores abundancias en esta clase se encontraron *Miconia* sp1, *Cavendishia cordifolia* y *Clusia multiflora*. Las últimas tres clases (6, 7 y 8) agruparon sólo un individuo de las especies *Drymis granadensis*, y *Myrcianthes leucoxila* con DAP entre 46 y 55.

### Indíces de Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson

Los resultados de los índices de diversidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson y Equidad, en esta área fueron iguales a los del Relicto de Bosque. Esto puede deberse a que los dos fragmentos tienen el mismo número de especies y las abundancias muy similares.



**Figura 30.** Distribución del porcentaje de individuos en cada una de las ocho clases de DAP obtenidas en el Bosque Adyacente. Clase 1: 2,5-9,1; Clase 2: 9,2-15,8; Clase 3: 15,9-22,5; Clase 4: 22,6-29,2; Clase 5: 29,3-35,8; Clase 6: 35,9-42,5; Clase 7: 42,6-49,2; Clase 8: 49,3-55,9.

### 9.3 Perfiles de vegetación

En los diagramas de perfil de la vegetación se pueden observar algunas características de la vegetación establecida en cada área

En el área descapotada (Figura 31) es evidente la dominancia de especies de hábito herbáceo dentro de las cuales sobresalen los agregados de *Calamagrostis* sp. tanto en el área con pendiente de sustrato pedregoso como en la parte plana de sustrato arenoso. Con respecto a las demás áreas, es evidente que es la que menos cobertura vegetal presenta.

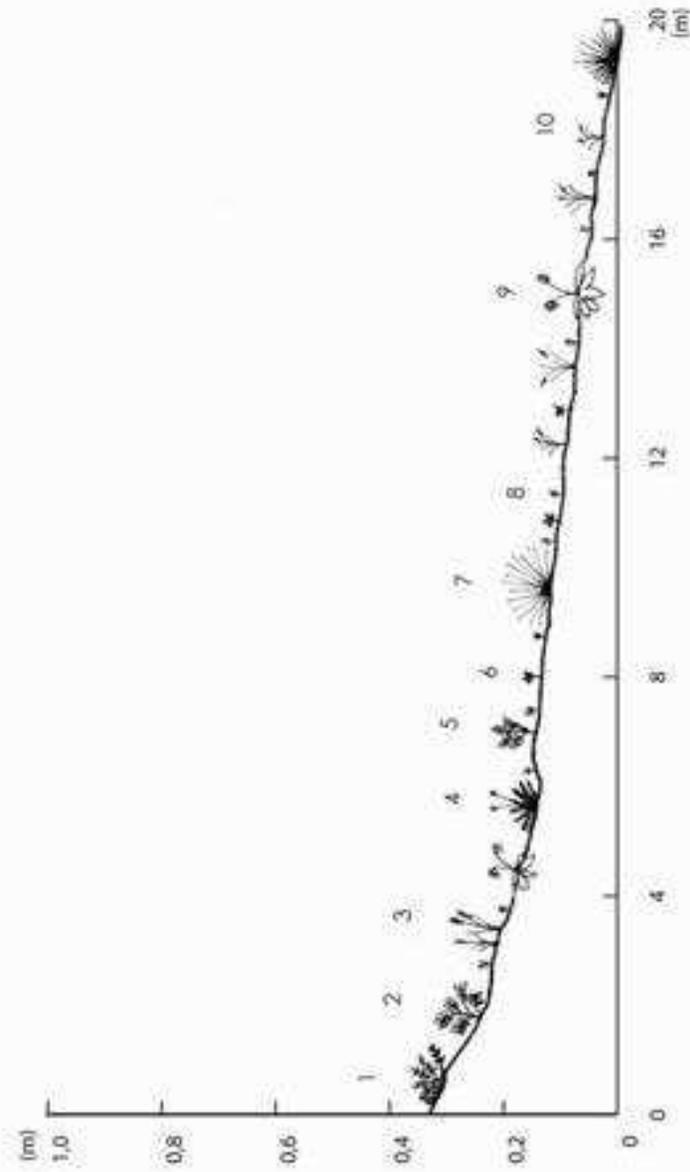
En el depósito de Estériles (Figura 32) las características fisionómicas y estructurales están determinadas por las especies de hábito herbáceo, acompañadas de elementos arbustivos que no alcanzan mayores alturas. Es de resaltar que en esta área aunque aún existen espacios de suelo desnudo, la cobertura es mucho más continua que en la zona descapotada, pero con el agravante de la influencia marcada de varias especies exóticas. Por

otro lado, la deposición de rocas ha creado micrositios que han propiciado el establecimiento de especies más exigentes en cuanto a humedad y sombra, como los helechos. La especie más conspicua por su abundancia fue *Hypericum juniperinum*, y por su aporte de cobertura, *Myrica parvifolia*.

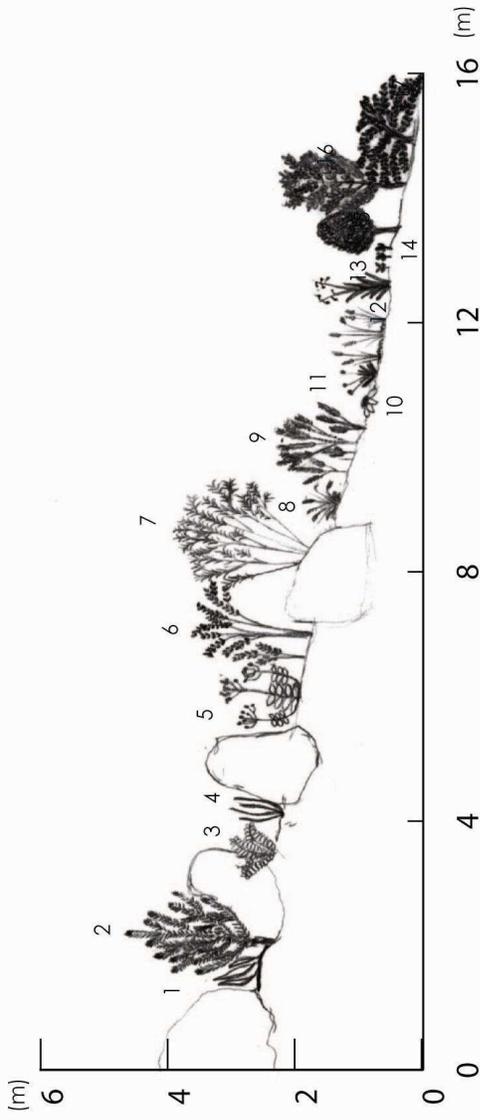
Al igual que en el área anterior, el depósito de descapote presenta una mezcla de elementos florísticos herbáceos y arbustivos (Figura 33). Sin embargo, estos últimos se hacen más evidentes ya que alcanzan mayores alturas. Tal y como se observa en el perfil de vegetación las especies arbustivas son más frecuentes sobre la pendiente, mientras que en las partes más planas dominan los pastos (*Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus* y *Calamagrostis* sp.). Por su cobertura y abundancia sobresalen las especies exóticas *Ulex europaeus* y *Pteridium aquilinum*.

El Relicto de Bosque de la cantera presenta una dominancia de elementos arbustivos y arbóreos (Figura 34), que en su mayoría son frecuentes en la transición de Bosque altoandino y subpáramo. De esta forma, en el borde físico de este fragmento se observan las especies herbáceas (*Hypericum juniperinum*, *Orthrosanthus chimboracensis* y *Calamagrostis* sp.) que frecuentemente se encuentran en la franja de subpáramo y páramo, entremezcladas con arbustos bajos como *Myrica parvifolia*.

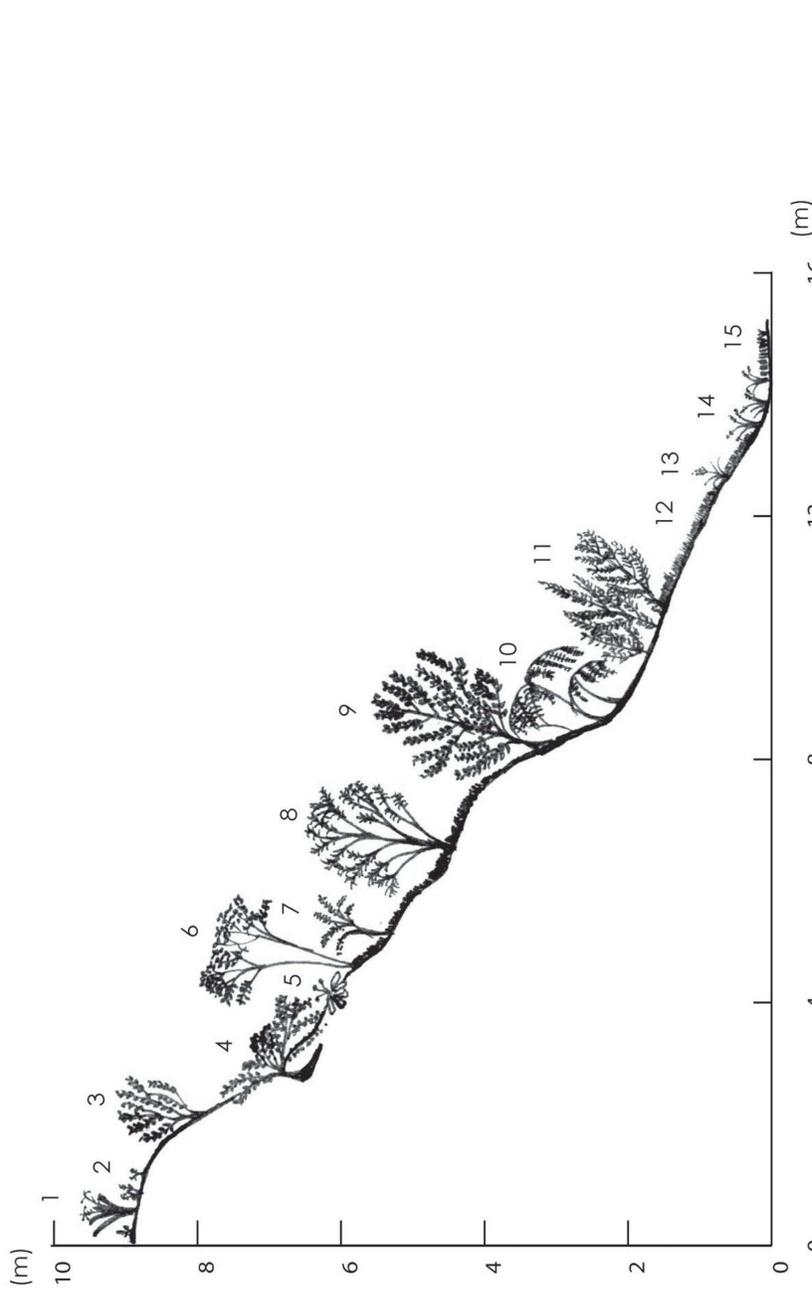
A pesar de que los dos fragmentos de bosque estudiados hicieron parte de uno solo, el Bosque Adyacente se caracteriza por una mayor complejidad en cuanto a la estratificación, ya que son evidentes las especies de hábito arbóreo (*Myrcianthes rhopaloides*, *Miconia* sp.1, *Viburnum troides*, *Weinmannia tomentosa*, entre otras) y escasas las de hábito herbáceo, entre las que sobresalen *Peperomia* sp. *Pecluma* sp. y *Elaphoglossu* sp.1 (Figura 35).



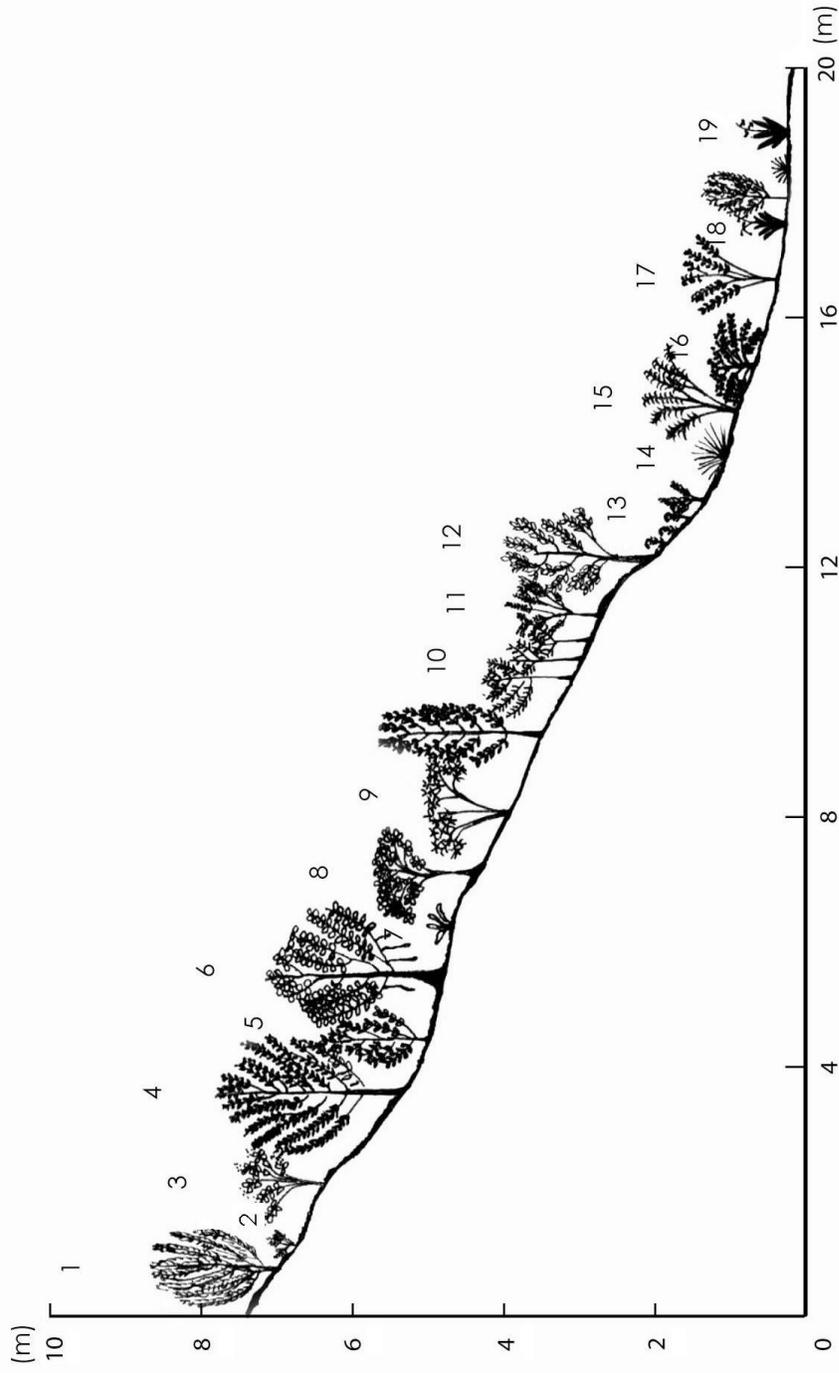
**Figura 31.** Perfil de la vegetación registrada en la Zona Descapotada. 1. *Cavendishia corallifolia*. 2. *Chaetolepis miranphi*. 3. *Cotamagrostis* sp. 4. *Paspallanthus* sp. 5. *Hypericum juniperinum*. 6. *Achyrocline* sp. 7. *Cordia* nitida. 8. *Rhacomitrium crispulum*. 9. *Taraxacum officinale*. 10. *Holcus lanatus*.



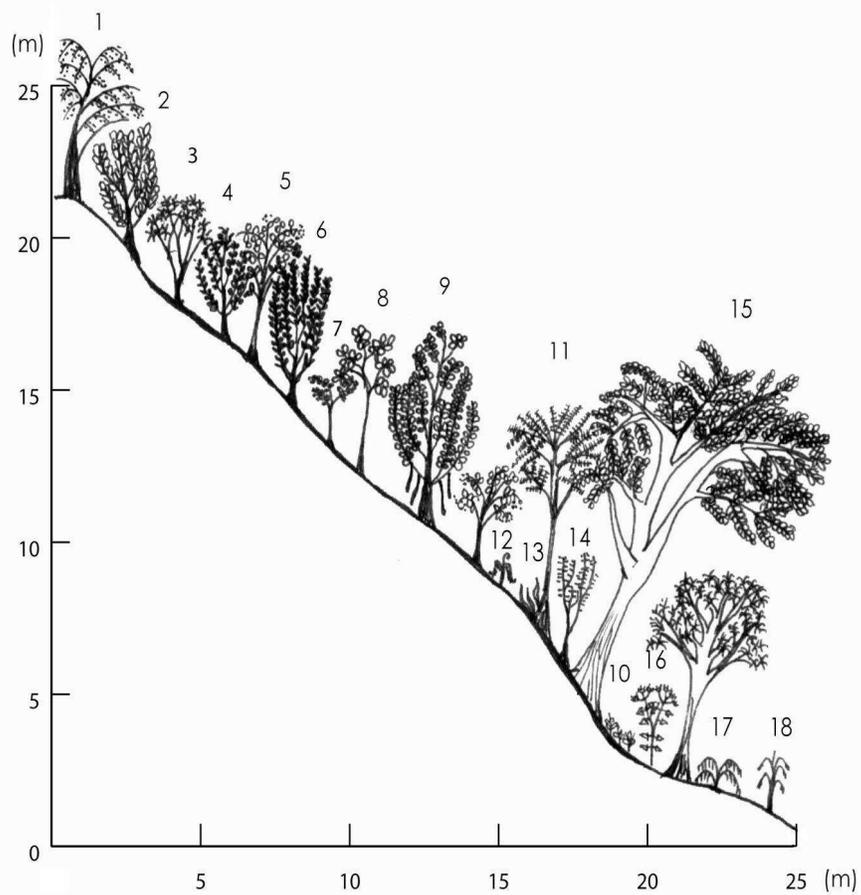
**Figura 32.** Perfil de la vegetación registrada en el Depósito de Estérites. 1. *Elaphoglossum* sp.1. 2. *Ulex europaeus*. 3. *Dryopteris wallichiana*. 4. *Campyloneurum angustifolium*. 5. *Epidendrum elongatum*. 6. *Monochaetum mirtoideum*. 7. *Baccharis latifolia*. 8. *Holcus lanatus*. 9. *Hypericum juniperinum*. 10. *Hypochaeris radicata*. 11. *Paepalanthus* sp. 12. *Calamagrostis* sp. 13. *Orthrosanthus chimboracensis*. 14. *Achyrocline* sp. 15. *Dodonaea viscosa*. 16. *Miconia squamulosa*. 17. *Myrica parvifolia*.



**Figura 33.** Perfil de la vegetación registrada para el Depósito de Descapote. 1. *Orthrosanthus chimboracensis*. 2. *Rumex acetosella*. 3. *Cavendishia cordifolia*. 4. *Myrica Parvifolia*. 5. *Taraxacum officinale*. 6. *Mannina cf. aestuans*. 7. *Monochaetum mirtoideum*. 8. *Baccharis latifolia*. 9. *Miconia squamulosa*. 10. *Pteridium aquilinum*. 11. *Ulex europaeus*. 12. *Pennisetum clandestinum*. 13. *Holcus lanatus*. 14. *Calamagrostis* sp. 15. *Ditassa cf. longifolia*.



**Figura 34.** Perfil de la vegetación del Relicto de Bosque: 1. *Garadendron punctatum*. 2. *Arcytophilum nitidum*. 3. *Viburnum tinoides*. 4. *Miconia squamulosa*. 5. *Cavendishia cordifolia*. 6. *Clusia multiflora*. 7. *Elaphoglossum* sp.1. 8. *Clethra fimbriata*. 9. *Oreopanax floribundum*. 10. *Eupatorium angustifolium*. 11. *Diplostephium rosmarinifolium*. 12. *Myrsine coriacea*. 13. *Syphocampylus columnae*. 14. *Hypericum juniperinum*. 15. *Cortaderia nitida*. 16. *Baccharis latifolia*. 17. *Myrica parvifolia*. 18. *Monochaetum mirtoideum*. 19. *Orthrosantus chimboracensis*.

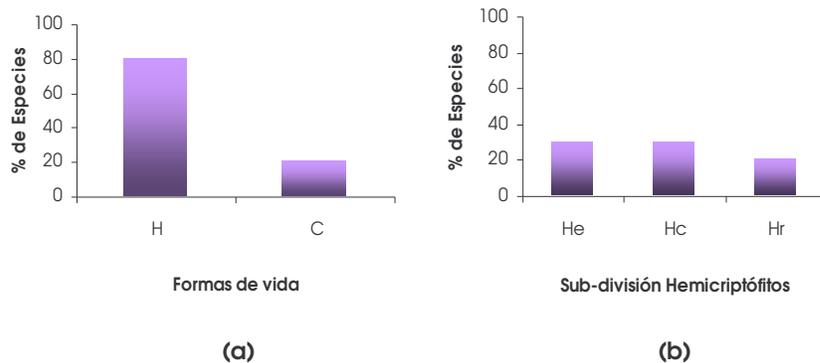


**Figura 35.** Perfil de la vegetación del Bosque adyacente: 1. *Vallea stipularis*. 2. *Myrsine coriacea*. 3. *Oreopanax floribundum*. 4. *Cavendishia cordifolia*. 5. *Viburnum tinoides*. 6. *Miconia squamulosa*. 7. *Palicourea* sp. 8. *Piper lacunosum* 9. *Clusia multiflora*. 10. *Peperomia* sp. 11. *Weinmannia tomentosa*. 12. *Pecluma* sp. 13. *Ellaphoglosum* sp.1. 14. *Palicourea angustifolia*. 15. *Myrcianthes rhopaloides*. 16. *Munozzia senecionidis*. 17. *Diplazium* sp. 18. *Carex* sp.

## 9.4 Formas de vida de la vegetación

### 9.4.1 Zona Descapotada

El 80% de las especies son hemicriptófitos (Figura 36a), es decir, tienen sus tejidos de regeneración ubicados justo a nivel del suelo. Dentro de estas especies se encuentran (Tabla 4): *Achirocline* sp., *Chaetolepis microfila* e *Hypericum juniperinum* dentro de la categoría de Hemicriptófitos escaposos; *Calamagrostis* sp., *Cortaderia nitida* y *Holcus lanatus*, corresponden a Hemicriptófitos cespitosos; y *Paepalantus* sp. y *Taraxacum officinale* son Hemicriptófitos en roseta (Figura 36b). Por otro lado, *Cavendishia cordifolia* y *Rhacomitrium crispipilum* hacen parte del grupo de Caméfitos correspondiente al 20% restante (Figura 36a), cuyas yemas se encuentran por encima de la superficie del suelo.

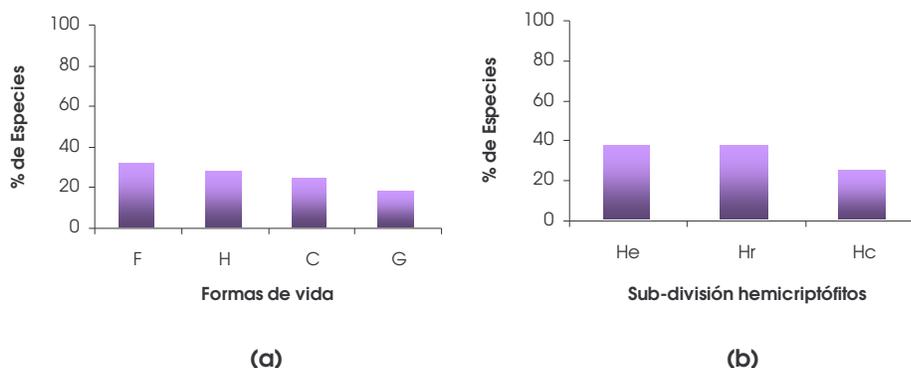


**Figura 36.** Porcentaje de especies en las formas de vida de la Zona Descapotada. **(a)** Porcentaje de Hemicriptófitos (H) y Caméfitos (C); **(b)** Porcentaje de las subcategorías de Hemicriptófitos: H. escaposos (He), H. cespitosos (Hc) y H. en roseta (Hr).

### 9.4.2 Depósito de estériles (DE)

Fueron registradas cuatro formas de vida (Figura 37<sup>a</sup>; Tabla 5), de las cuales el grupo de Fanerófitos, conformado por arbustos y árboles con las yemas ubicadas sobre las ramas que sobresalen del sustrato, agrupó el 30% de las especies, seguido de los hemicriptófitos con el 27%, los caméfitos con 24% y

geófitos con 17%. Dentro de la categoría de hemicriptófitos (Figura 37b), se encontraron H. en roseta, H. escaposos y H. cespitosos, los dos primeros con el 10% y el ultimo con 7%.



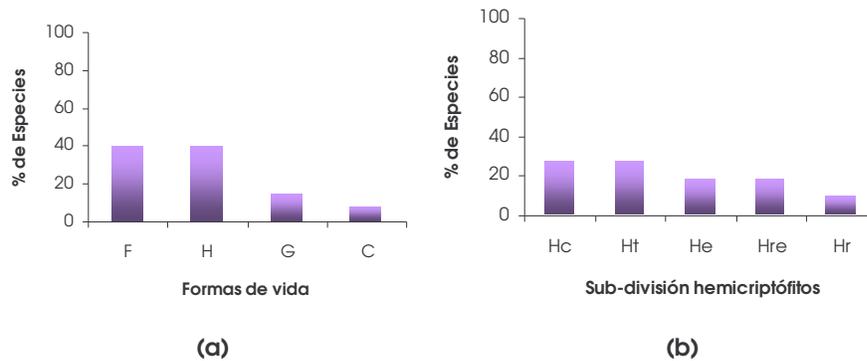
**Figura 37.** Porcentaje de especies en las de formas de vida del Depósito de Estériles: **(a)** Phanerófitos (F), Hemicriptófitos (H), Caméfitos (C) y Geófitos (G); **(b)** Porcentaje de especies en las sub-categorías de Hemicriptófitos: H. escaposos (He), H. en roseta (Hr) y H. cespitosos (Hc).

### 9.4.3 Depósito de Descapote (DD)

Se registraron cuatro formas de vida (Tabla 6), de las cuales los fanerófitos (árboles y arbustos con las yemas en las ramas), y hemicriptófitos (hierbas con las yemas a sobre el suelo) alcanzaron el 40% cada uno, seguidos de los geófitos (14%) y los caméfitos (7%) (Figura 38a). Los hemicriptófitos (Figura 38b) se subdividieron en H. cespitosos, H. trepadores, H. escaposos, H. reptantes y H. en roseta (Tabla 8).

### 9.4.4 Relicto de bosque

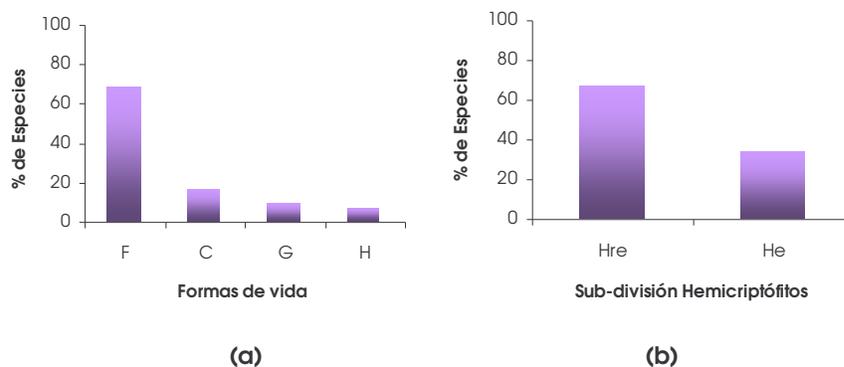
Se evidenciaron las cuatro formas de vida principales (Tabla 7), donde los fanerófitos agruparon el 70% de las especies, seguidos de los hemicriptófitos con el 13%, geófitos con 9% y caméfitos con 7% (Figura 39a). En las subcategorías de hemicriptófitos (Figura 38b) están: hemicriptófitos escaposos con el mayor porcentaje (66%) de especies, seguido de los h. trepadores y h. cespitosos con 16% cada uno.



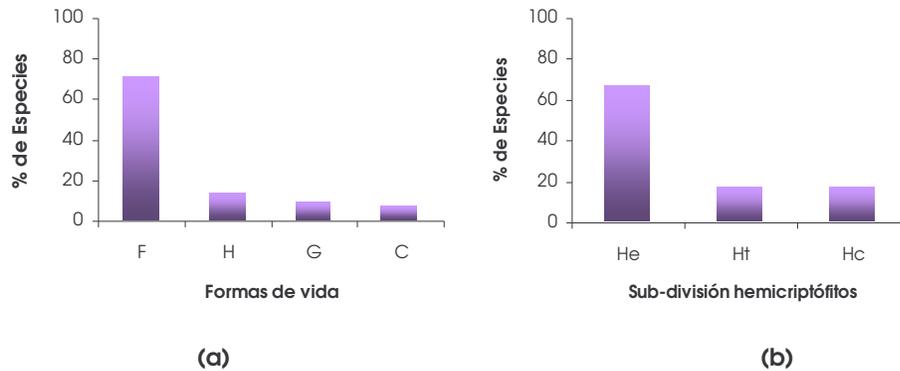
**Figura 38.** Porcentaje de especies en las formas de vida del Depósito de Descapote: **(a)** Fanerófitos (F), Hemicriptófitos (H), Geófitos (G) y Caméfitos (C); **(b)** Porcentaje de especies en las sub-categorías de Hemicriptófitos: H. cespitosos (Hc), H. trepadores, H. escaposos, H. reptantes (Hre) y H. en roseta (Hr).

#### 9.4.5 Bosque Adyacente (BA)

Se registraron cuatro formas de vida (Tabla 8) de las cuales los fanerófitos agruparon el 68% de las especies, seguidos de los caméfitos con el 15% y de los geófitos y hemicriptófitos con el 9% y 6% respectivamente (Figura 39a). Para la categoría de hemicriptófitos sólo se registraron dos subclases: h. reptantes y h. escaposos (Figura 39b).

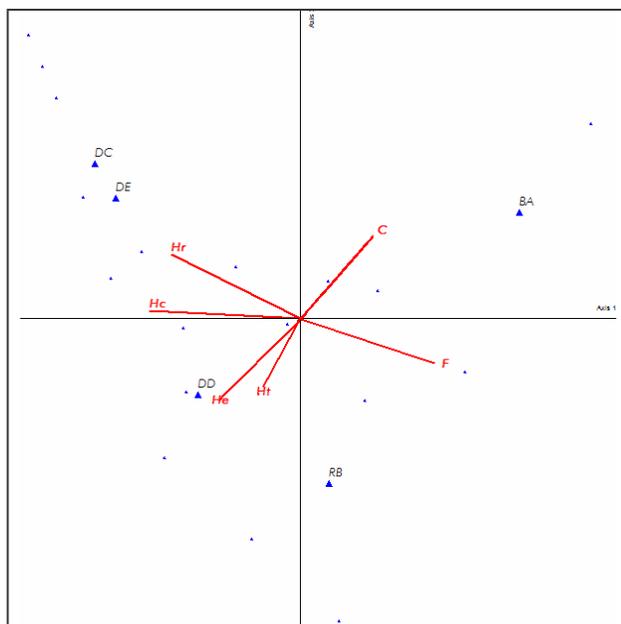


**Figura 39.** Porcentaje de especies en las formas de vida del Relicto de Bosque: **(a)** Fanerófitos (F), Caméfitos (C), Geófitos (G) y Hemicriptófitos (H); **(b)** Porcentaje de especies en las sub-categorías de Hemicriptófitos: H. reptantes (Hre) y H. escaposos.



**Figura 40.** Porcentaje de especies en las formas de vida del Bosque Adyacente: **(a)** Fanerófitos (F), Hemicriptófitos (H), Geófitos (G) y Caméfitos (C); **(b)** Porcentaje de especies en cada una de las subdivisiones de la categoría Hemicriptófitos: H. escaposos (He), H. trepadores (Ht), H. cespitosos (Hc).

El Análisis de Correspondencia Canónico (Figura 41) sugiere que existe una asociación de la mayoría de las formas de vida con las áreas. De esta forma, se observó que los hemicriptófitos cespitosos y en roseta están asociados con la Zona Descapotada. De la misma forma, los caméfitos se encuentran asociados con el Bosque Adyacente y el Depósito de Estériles. Con el Depósito de Descapote se encontraron asociados los hemicriptófitos escaposos y trepadores. Finalmente, los dos fragmentos de bosque, se encuentran asociados con los fanerófitos, ya que estos corresponden a los hábitos arbustivos y arbóreos. Los neófitos y los hemicriptófitos reptantes no se encontraron asociados a ningún área pues los datos de sus abundancias no fueron significativos.



**Figura 41.** Análisis de Correspondencia Canónico entre las áreas y las categorías de formas de vida. ▲ SITIOS: (DC) Zona descapotada, (DE) Depósito de estériles, (DD) Depósito de descapote, (RB) Relicto de Bosque y (BA) Bosque adyacente. FORMAS DE VIDA: (F) Fanerófitos, (C) Caméfitos, (He) Hemicriptófitos escaposos, (Hc) Hemicriptófitos cespitosos, (Hr) Hemicriptófitos en roseta, (Hf) Hemicriptófitos trepadores.

**Tabla 5.** Listado de formas de vida y especies presentes en la Zona Descapotada.

ZONA DESCAPOTADA	
FORMA DE VIDA	ESPECIE
Hemicriptófito escaposo ( He )	<i>Achyrocline</i> sp. <i>Chaetolepis microfila</i> <i>Hypericum juniperinum</i>
Hemicriptófito cespitoso ( Hc )	<i>Calamagrostis</i> sp. <i>Cortaderia nitida</i> <i>Holcus lanatus</i>
Hemicriptófito en roseta ( Hr )	<i>Taraxacum officinale</i> <i>Paepalanthus</i> sp.
Caméfito ( C )	<i>Cavendishia cordifolia</i> <i>Racomitrium crispipilum</i>

**Tabla 6.** Listado de formas de vida y especies en el Depósito de Estériles.

<b>DEPÓSITO DE ESTÉRILES</b>	
<b>FORMA DE VIDA</b>	<b>ESPECIES</b>
Fanerófitos (F)	<i>Baccharis latifolia</i> <i>Stevia lucida</i> <i>Cavendishia cordifolia</i> <i>Miconia squamulosa</i> <i>Monochaetum mirtoideum</i> <i>Myrica parvifolia</i> <i>Monnina cf. aestuans</i> <i>Dodonea viscosa</i> <i>Smilax pyramidalis</i>
Caméfitos (C)	<i>Campyloneurum cf. angustifolium</i> <i>Elaphoglossum sp1.</i> <i>Pennisetum clandestinum</i> <i>Polypodium lanceolatum</i> <i>Polypodium sp.1</i> <i>Polypodium sp.2</i> <i>Thelypteris cf. hispidula</i>
Geófitos (G)	<i>Cytisus montpesulanus</i> <i>Dryopteris wallichiana</i> <i>Epidendrum elongatum</i> <i>Orthrosanthus chimboracensis</i> <i>Ulex europaeus</i>
Hemicriptófito escaposo (He)	<i>Achyrocline sp.</i> <i>Hypericum juniperinum</i> <i>Rumex acetosella</i>
Hemicriptófito en roseta (Hr)	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> <i>Paepalanthus sp.</i> <i>Taraxacum officinale</i>
Hemicriptófito cespitoso (Hc)	<i>Calamagrostis sp.</i> <i>Holcus lanatus</i>

**Tabla 7.** Listado de formas de vida y especies en el Depósito de Descapote.

DEPÓSITO DE DESCAPOTE	
FORMA DE VIDA	ESPECIE
Fanerófitos (F)	<i>Baccharis latifolia</i> <i>Cavendishia cordifolia</i> <i>Clethra fimbriata</i> <i>Eucaliptus globulus</i> <i>Gaultheria anastomosans</i> <i>Hesperomeles cf. goudotiana</i> <i>Miconia squamulosa</i> <i>Monnina cf. aestuans</i> <i>Monochaetum mirtoideum</i> <i>Myrica parvifolia</i> <i>Myrsine coriaceae</i>
Geófitos (G)	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> <i>Pteridium aquilinum</i> <i>Rubus floribundus</i> <i>Ulex europaeus</i>
Hemicriptófitas cespitosas (Hc)	<i>Anthoxantum sp.</i> <i>Calamagrostis sp.</i> <i>Holcus lanatus</i>
Hemicriptófitas trepadoras (Ht)	<i>Ditassa cf. longifolia</i> <i>Galium hypocarpium</i> <i>Galium sp.</i>
Hemicriptófito escaposo (He)	<i>Rumex acetosella</i> <i>Sonchus sp.</i>
Hemicriptófitas reptante (Hre)	<i>Hydrocotyle sp.</i> <i>Oxalis sp.</i>
Caméfito ( C )	<i>Asplenium sp1</i> <i>Pennisetum clandestinum</i>
Hemicriptófitas en roseta (H)	<i>Taraxacum officinale</i>

**Tabla 8.** Listado de formas de vida y especies del Relicto de Bosque.

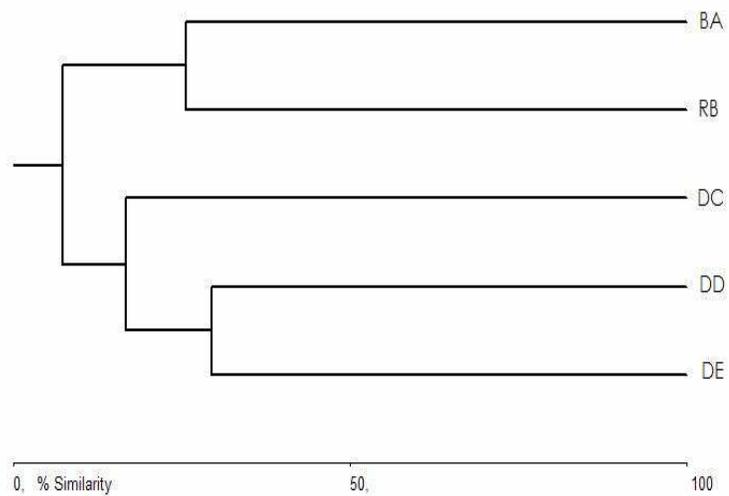
RELICTO DE BOSQUE	
FORMA DE VIDA	ESPECIE
Fanerófito (F)	<i>Baccharis latifolia</i> <i>Befaria resinosa</i> <i>Cavendishia cordifolia</i> <i>Cestrum mutisii</i> <i>Clethra fimbriata</i> <i>Clusia multiflora</i> <i>Dioscorea</i> sp. <i>Diplostephium rosmarinifolium</i> <i>Eupatorium angustifolium</i> <i>Gaiadendron punctatum</i> <i>Gaultheria anastomosans</i> <i>Hesperomeles glabrata</i> <i>Hesperomeles</i> cf. <i>goudotiana</i> <i>Macleania rupestris</i> <i>Miconia</i> sp.1 <i>Miconia squamulosa</i> <i>Monnina</i> cf. <i>aestuans</i> <i>Monochaetum mirtoideum</i> <i>Myrcianthes</i> cf. <i>rhopaloides</i> <i>Myrica parvifolia</i> <i>Myrsine coriaceae</i> <i>Myrsine guianensis</i> <i>Oligactis</i> sp. <i>Oreopanax floribundum</i> <i>Palicourea</i> cf. <i>vaginata</i> <i>Simulx scabriuscula</i> <i>Smilax tomentosa</i> <i>Vallea stipularis</i> <i>Viburnum tinoides</i> <i>Viburnum trifilum</i> <i>Weinmannia tomentosa</i>
Hemicriptófito escaposo (He)	<i>Alternanthera</i> sp. <i>Arcitophyllum nitidum</i> <i>Hypericum juniperinum</i> <i>Siphocampylus columnae</i>
Geófito (G)	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> <i>Pteridium aquilinum</i> <i>Rubus floribundus</i> <i>Salvia</i> sp.
Caméfito (C)	<i>Blechnum</i> sp1 <i>Blechnum</i> sp2 <i>Elaphoglossum</i> sp1
Hemicriptófito cespitoso (Hc)	<i>Cortaderia nitida</i>
Hemicriptófito trepador (Ht)	<i>Galium hypocarpium</i>

**Tabla 9.** Listado de formas de vida y especies del Bosque Adyacente.

BOSQUE ADYACENTE	
FORMA DE VIDA	ESPECIE
Fanerófito (F)	<i>Baccharis latifolia</i> <i>Bomarea</i> sp. <i>Cavendishia cordifolia</i> <i>Cestrum mutisi</i> <i>Chusquea scandens</i> <i>Clusia multiflora</i> <i>Citharexylum</i> sp. <i>Daphnopsis</i> sp. <i>Drymis granadensis</i> <i>Gaidendron punctatum</i> <i>Jungia</i> cf. <i>coarctata</i> <i>Macleania rupestris</i> <i>Miconia</i> sp.2 <i>Miconia</i> sp1 <i>Monnina</i> cf. <i>aestuans</i> <i>Munnozia senecionidis</i> <i>Myrcianthes leucoxylla</i> <i>Myrsine coriaceae</i> <i>Oligactis</i> sp. <i>Oreopanax floribundum</i> <i>Palicourea angustifolia</i> <i>Palicourea</i> sp. <i>Piper bogotense</i> <i>Piper lacunosum</i> <i>Smilax scabriuscula</i> <i>Solanum</i> sp. <i>Vallea stipularis</i> <i>Viburnum tinoides</i> <i>Viburnum trifilum</i> <i>Weinmannia tomentosa</i>
Caméfito ( C )	<i>Asplenium</i> sp2 <i>Carex</i> sp. <i>Diplazium</i> sp <i>Elaphoglossum</i> sp1 <i>Ellaphoglossum</i> sp2 <i>Elaphoglossum</i> sp3 <i>Pecluma</i> sp.
Geófito (G)	<i>Dryopteris</i> sp. <i>Pteridium arachnoideum</i> <i>Rubus</i> sp. <i>Salvia</i> sp.
Hemicriptófito reptante (Hr)	<i>Oxalis</i> sp. <i>Peperomia</i> sp.
Hemicriptófito escaposo (He)	<i>Bidens</i> sp.

### 9.5 Análisis de clasificación de la vegetación.

El diagrama del índice de Jaccard (Figura 42) para la comparación de la composición florística entre las cinco áreas estudiadas sugirió que no existe un porcentaje de similitud significativa, sin embargo, las áreas más similares entre sí son el depósito de estériles y el depósito de descapote con el 30% y el Bosque Adyacente y el Relicto de Bosque con el 25% de Similitud, de esta forma composición florística de la zona descapotada aunque está un poco más cercana de las áreas de depósitos, no presentó similitudes significativas con todas las áreas.



**Figura 42.** Dendrograma de clasificación del índice de Jaccard obtenido en la comparación de la composición florística de las cinco áreas estudiadas. DE: Depósito de Estériles; DD: Depósito de Descapote; DC: Zona Descapotada; RB: Relicto de Bosque; BA: Bosque Adyacente.

## **10. DISCUSIÓN**

La vegetación de las áreas de la cantera Soratama está representada por parches de matorrales entremezclados con vegetación herbácea en las áreas de depósitos, fragmentos de bosque embebidos en una matriz de pastizales y especies exóticas, y parches amplios de suelo desnudo.

Este mosaico de áreas en estados tempranos e intermedios de sucesión, son el resultado de un proceso de recuperación natural que se inició hace aproximadamente diez años, después de la finalización de las actividades mineras en el predio, y que tal como lo sugiere Mora (1999), estos estados sucesionales están estrechamente ligados a la expresión diferencial de las estrategias de historias de vida de las especies de plantas, ante las condiciones particulares de cada sitio.

Como respuesta a las condiciones físicas y ambientales que presenta cada área, se evidencian ciertas características en la composición, la riqueza y la estructura de la comunidad vegetal, lo cual a su vez, indica el estado de la vegetación en el predio en general.

### **Composición florística**

A partir de los resultados arrojados por el índice de Jaccard es evidente que la composición florística entre las cinco áreas estudiadas presenta diferencias significativas, esto probablemente por el estado sucesional en el que se encuentra cada una de ellas, evidente a partir de las especies dominantes en cada área, de sus estrategias adaptativas y además de la estructura de la comunidad vegetal en general.

La composición florística entre las áreas estudiadas, mostró similitudes a nivel de las familias registradas. Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae y

Poaceae se mantuvieron en las cinco áreas. Sin embargo, a nivel de especie solo *Cavendishia cordifolia* se registró en todas las áreas. En el caso específico de las familias, esto puede atribuirse principalmente a que estas agrupan varias especies capaces de establecerse en sitios abiertos y en zonas de regeneración temprana, sin importar demasiado el grado de alteración, ya que en primera medida las estrategias de dispersión anemócora (Asteraceae y Poaceae) y ornitócora (Ericaceae y Melastomataceae) les permite llegar a áreas más alejadas de las plantas parentales (Mendoza & Ramírez, 2000; Vargas, 2002).

Mora (1999) en su estudio en la mina de gravas el Tunjuelo, encontró que las familias Poaceae y Asteraceae se constituyeron en los grupos taxonómicos de mayor importancia en las tres etapas de sucesión primaria de 18, 36 y 120 meses sobre los depósitos de material residual de gravas gracias a sus estrategias reproductivas y dispersoras.

*Cavendishia cordifolia* es un elemento importante en el conocido cordón de Ericaceas situado generalmente cerca al ecotono entre subpáramo. Tiene la capacidad de alcanzar a dispersarse largas distancias dado que es una especie ornitócora, soporta suelos pesados, amplios rangos de humedad y puede encontrarse expuesta a la luz directa o en claros de bosque con menor incidencia de luz, y es capaz de regenerarse vegetativamente, condiciones que le permiten estar en estados tempranos e intermedios de sucesión (Salamanca & Camargo, 2002)

Es posible que tal como lo sugiere el Modelo sucesional de la composición florística inicial planteado por Egler (1954. En: Collins *et al*, 1995), *C. cordifolia* sea una especie capaz de presentarse desde el inicio de la sucesión y reflejarse en etapas tempranas (como en el caso de la zona descapotada) e intermedias (como en el Relicto de Bosque), dependiendo de sus tasas de crecimiento diferencial en etapas tempranas y la capacidad de

sobrevivencia a medida que aumenta la competencia entre especies de etapas un poco más avanzadas.

En la Zona Descapotada, Depósito de Estériles y Depósito de Descapote y en el borde físico del Relicto de Bosque, hubo un registro importante de especies exóticas (*Anthoxanthum* sp., *Cytisus monspesulanus*, *Eucaliptus globulus*, *Holcus lanatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Pteridium aquilinum*, *Rumex acetosella*, *Sonchus* sp., *Taraxacum officinale* y *Ulex europaeus*). Varios autores sugieren al respecto, que el disturbio facilita la llegada de las plantas invasoras por que disminuye o elimina las barreras físicas (en este caso la presencia de vegetación arbórea) y ambientales (la sombra generada por la vegetación de mayor porte) (Brothers & Spingarn, 1992; Hobbs & Huenneke, 1992; Parendes & Jones, 2000) a partir de la apertura de espacios nuevos donde se elimina la competencia principalmente por luz. Esto también explica que en el interior de los fragmentos de bosque no se hayan encontrado especies invasoras, pues un dosel cerrado disminuye los niveles de luz, la posibilidad de acceso hacia el interior y la capacidad de germinación de sus semillas (Parendes & Jones, *op.cit*).

A partir del planteamiento anterior, la zona descapotada aparentemente tendría todos los requisitos para ser invadido por especies exóticas, ya que la competencia por espacio y por luz es mínima, dada la ausencia de vegetación. Sin embargo, sólo *Taraxacum officinale* y *Holcus lanatus* se registraron, y con muy bajas abundancia y cobertura.

La poca vegetación tanto nativa como exótica en la zona descapotada, Según Bell y Ungar (1981), es muy posible que se deba a la eliminación de la porción fértil del suelo, que origina tres situaciones por las cuales estas áreas explotadas no recuperan una cobertura vegetal en un lapso de tiempo prudente: (a) por que definitivamente no hay semillas en el suelo, (b) por que las condiciones edáficas no son aptas para su germinación, y (c) puede

ser que las semillas germinen en algunos sitios un poco mas favorables, pero muchas veces los brotes no pueden sobrevivir, por la influencia de factores externos que impiden la retención de nutrientes y propágulos provenientes de los bosques cercanos.

De acuerdo a lo anterior, Mora (1999) concluyó que las áreas estudiadas en la mina de gravas el Tunjuelo, la ausencia de un legado biológico y la presencia de un sustrato con baja fertilidad especialmente de nitrógeno, determinan que la dinámica vegetal establecida sobre los depósitos de material residual, se constituya en una sucesión de tipo primaria.

La zona descapotada es evidencia del impacto severo que tuvo la actividad minera sobre la comunidad vegetal, y sobre el sistema en general. La eliminación de la porción fértil del suelo se llevó además el banco de semillas (por lo que no existe una oferta inmediata de estas para la regeneración del área) y los nutrientes y materia orgánica disponibles para ser asimilados por las plantas (Bradshaw, 1997). En este sentido, el área hace diez años se encuentra en las primeras etapas de un proceso sucesional que no ha logrado superar, por que se encuentra expuesta a una degradación constante que imposibilita la germinación y la persistencia de las plantas y la retención de nutrientes y propágulos provenientes del Relicto de Bosque ubicado en las partes más altas.

En esta área, el agua y el viento como agentes degradativos, actúan como un disturbio con una frecuencia muy alta, esto impide un avance en el proceso sucesional más allá de la etapa primaria, y un aumento en la riqueza de especies (Connell, 1978; Collins *et al*, 1995)

En las áreas de Depósitos de Estériles y Descapote, se registró una riqueza de especies similar entre las dos (Depósito de Estériles con 29 y Depósito de Descapote 28 especies), pero la composición florística presentó diferencias

significativas, a pesar de ser zonas adyacentes, ya que según el índice de Jaccard, sólo se encontró 30% de similitud en la composición de especies. Estas diferencias pueden ser originadas principalmente por el tipo de material depositado en cada área.

La deposición de material estéril (llamados así no por su condición natural, si no por que no tiene un valor comercial) de una textura arenosa y con más contenido de grava y piedra, al parecer ha sido apropiado para el establecimiento de especies herbáceas como *Hypericum juniperinum*, *Orthrosanthus chimboracensis* y *Calamagrostis* sp., frecuentes en la franja de subpáramo y páramo. Por otro lado, la deposición del descapote o capa superficial del suelo donde se encuentra la mayor parte de materia orgánica de este, nutrientes y bancos de semillas, es probable que haya favorecido la recuperación de la vegetación con más éxito que en el depósito de estériles, pues la cobertura es más continua y hay mayor presencia de especies arbustivas de mayor porte; sin embargo, se observó una proliferación de las especies exóticas como *Pteridium aquilinum* y *Ulex europaeus*.

La creación de microsítios es otro aspecto importante en el proceso de recuperación natural (Game *et al*, 1982) que ha originado, en depósito de estériles el establecimiento de especies de helechos (*Campyloneurum* cf. *angustifolium*, *Dryopteris wallichiana*, *Elaphoglossum* sp1, *Polypodium lanceolatum*, *Polypodium* sp1., *Polypodium* sp2. y *Thelypteris* cf. *hispidula*), en los espacios que quedan entre las piedras depositadas, posiblemente por que allí se acumula el agua y se evitan altas tasas de evaporación, y a su vez se favorece el proceso de la fecundación en el ciclo de vida pteridofítico, por la presencia de un medio acuático (Rodríguez, 2002). Adicionalmente, estas especies tienen la capacidad de establecerse en áreas en proceso de regeneración natural, (tal vez bajo una menor severidad), y propician la llegada de nuevas especies al lugar (Rodríguez,

*op. cit*). De la misma forma, en depósito de descapote, la presencia de especies herbáceas y arbustivas de mayor porte le dan la oportunidad de establecimiento a herbáceas enredaderas ya que les proporcionan sombra y un soporte para trepar (*Galium* sp., *G. hypocarpium*, y *Ditassa* cf. *longifolia*).

Se puede decir que la composición arbustiva actual de las áreas de depósitos ha sido influenciada por la oferta de propágulos provenientes de la vegetación de áreas adyacentes a la cantera, ya que especies como *Baccharis latifolia*, *Cavendishia cordifolia*, *Miconia squamulosa*, *Monnina* cf. *aestruans* y *Myrica parvifolia*, entre otras, tienen la ventaja de dispersarse por el viento o por aves, estrategias que facilitan la colonización de espacios nuevos. Estas especies además, se establecen y desarrollan bien sobre sustratos que han sido disturbados que presentan baja oferta de nutrientes. Por otro lado, tanto juveniles (semillas y retoños) como adultos, son tolerantes a la alta luminosidad y a las fluctuaciones de temperatura (Salamanca & Camargo, 2002; Vargas, 2002), factores que determinan la germinación de las semillas de especies pioneras (Bazzaz, 1979).

El relicto de bosque, es semejante al matorral alto descrito por Cortés (2003), que corresponde a etapas de recuperación intermedia del bosque andino secundario, con especies arbustivas, que pueden indicar un proceso avanzado de la sucesión. La misma autora sugiere que este tipo de fisionomía, vegetal es el más común de las montañas de la sabana de Bogotá, debido a la transformación de los bosques nativos por las actividades humanas. Por otro lado, el fragmento de bosque adyacente a la cantera presentó en su mayoría especies arbóreas, comprendidas dentro del *Winmannietum* descrito por Cuatrecasas, que correspondería a la vegetación original madura frecuente en los declives de las montañas del borde oriental de la Sabana de Bogotá (Cortés *et al*, 1999). Algunos de los elementos arbóreos asociados a esta vegetación son *Myrcianthes*

*rhopaloides*, *Daphnopsis* cf. *bogotensis* y *Citharexylum sulcatum*, que son remanentes de estados previos a los diferentes disturbios del bosque.

### **Estructura de la vegetación**

Al igual que la composición florística, la estructura tanto vertical como horizontal de la vegetación es respuesta de las condiciones originadas por el disturbio y del desarrollo sucesional. Esto implica que estos dos aspectos no son estáticos, y por el contrario, cambiantes (Crawley, 1997), lo que explica las diferencias encontradas entre las áreas.

En este sentido, el que este mosaico de áreas esté inmerso en una matriz común, bajo unas condiciones climáticas similares, no implica que el desarrollo sucesional sea igual, por que además influyen en este proceso las condiciones diferenciales dentro de cada una de ellas, que conducen a la formación de micrositios e influyen en la composición y la estructura como evidencia de la respuesta de la vegetación (Tansley, 1935, Bazzaz & Pickett, 1980; Bazzaz, 1996).

De esta forma, se pueden observar situaciones tales como la que presenta la zona descapotada, que fue la más afectada por el disturbio y sólo dominan especies del estrato rasante y herbáceo. En las áreas de depósitos, donde hubo un aporte de sustrato diferente pero con alguna oferta de semillas y nutrientes, se observó especies del estrato arbustivo; en el relicto de bosque y en el bosque adyacente que fueron afectados mucho tiempo atrás por otros disturbios y se han recuperado, aumentó la estratificación con la presencia de arbustos y árboles maduros.

La presencia de diferentes estratos entre las áreas también está directamente relacionada con la incidencia de la luz, ya que esta es el principal factor que origina la estratificación en la vegetación (Crawley,

1997; Hogan & Machado, 2002). En las áreas en sucesión primaria, como en el caso de la zona descapotada, la incidencia de luz es directa y constante, situación que sólo especies pioneras (tanto juveniles como adultos) pueden tolerar. En los bosques sucede lo contrario, ya que las especies arbóreas limitan la entrada de luz hacia las partes más cercanas al sustrato, sin embargo allí se encuentran especies tolerantes a esas bajas tasas de luminosidad (generalmente en menor abundancia), lo que diversifica la estratificación (Bazzaz, 1979; Crawley, 1997; Liira *et al*, 2002). Adicionalmente, una respuesta asociada a la estratificación y a la capacidad de adquisición de luz y su asimilación en la fotosíntesis es la producción de biomasa en pie que se traduce en el área que la especie alcanza a cubrir (Hogan & Machado, 2002).

Otra variable evaluada para la estructura horizontal de la vegetación, fue el DAP > 2,5, la cual se encontró en la vegetación de las áreas de depósito de descapote, relicto de bosque y bosque adyacente. Para el depósito de descapote fueron muy pocos registros de especies con esta variable, y el hecho de que estén en las clases diamétricas menores sugiere que aún son ejemplares muy jóvenes de las especies *Baccharis latifolia*, *Monnina* cf. *aestuans* y *Miconia squamulosa*, entre otras, y se puede corroborar el estado de regeneración en el que se encuentra el área. Tanto en el relicto de bosque como en el bosque adyacente, hubo la mayoría de registros de especies con DAP > a 2,5, que también estuvieron agrupadas en las primeras clases y se puede concluir lo mismo que en el depósito de descapote, y a pesar de estar constituidos por vegetación de mayor porte, fue muy escaso o raro el registro de especies con DAP mayores, testimonio de lo que fue el bosque (UNESCO, PNUMA & FAO, 1980).

## **Diversidad**

Dado que la composición y la estructura de la vegetación en cada una de las áreas son muy diferentes, la comparación a nivel de diversidad no es fundamental por el estado sucesional en el que se encuentra cada área. En esta medida, en el contexto de cada área se encontró que la diversidad es alta respecto al índice de Shannon ( $H'$ ), lo cual se corroboró con la Equidad (E), que sugiere que las abundancias de las especies se aproximan mucho a un buen nivel de equidad; y por otro lado, el índice Simpson indicó valores de baja dominancia con respecto a las abundancias de las especies (Magurran, 1989).

## **Formas de vida**

La asociación de los Hemicriptófitos en roseta y cespitosos con las características físicas y climáticas de la zona descapotada, puede deberse a que la posición de las yemas de regeneración están inmediatamente sobre la superficie del suelo, pero protegidas por el follaje de la misma planta (Braun-Blanquet, 1979), lo cual puede ser efectivo en estos sustratos poco profundos donde son típicas aquellas especies herbáceas que no alcanzan mayor porte y que en situación de escasez de nutrientes y agua puedan regenerarse sin mayores requerimientos y en menor tiempo. Adicionalmente, la mayoría de estas especies con estas formas de vida, son anemócoras (dispersadas por el viento), y sus semillas livianas tienen la capacidad de germinar a ras del suelo y en el momento en el que arriban (Bazzaz, 1979).

Especies con este tipo de formas de vida, generalmente son pioneras en áreas en sucesión primaria, ya que prefieren sitios donde la competencia por espacio y por luz no exista (McIntyre *et al*, 1995; Batalha & Martins, 2004). La forma y disposición de las hojas sobre el sustrato, por ejemplo en los

hemicriptófitos en roseta, es ventajosa en la adquisición de luz, y en las altas tasas fotosintéticas.

Los hemicriptófitos trepadores se vieron más asociados con el depósito de descapote. Las dos categorías de hemicriptófitos tienen las mismas implicaciones que en la zona descapotada, pero además en esta área tienen el medio en donde crecer y con los requerimientos de sombra y soporte para crecer. En el caso de los geófitos, las yemas están incluidas en el sustrato y por lo tanto se mantienen poco expuestas a las condiciones desfavorables; la presencia de esta forma de vida en esta área está favorecida por que se encuentra un sustrato donde arraigar, debido a esto suelen ser poco sensibles a los cambios climáticos. Algunos de estos geófitos rizomatosos (*Pteridium aquilinum*, *Ulex europaeus*) tienen la capacidad de desplazarse por debajo de la superficie terrestre por lo que se ven favorecidos por la presencia del sustrato arenoso (Braun-Blanquet, 1979).

Los caméfitos resultaron asociados con el bosque adyacente y depósito de estériles, ya que esta forma de vida comprende las especies de helechos que en su mayoría fueron registradas en estas áreas principalmente. Aunque los tejidos regenerativos en esta forma de vida se encuentran por encima de la superficie del suelo y reciben tan sólo la protección que la misma planta les ofrece, está favorecida por las formaciones microclimáticas que disminuyen los cambios bruscos de las condiciones climáticas durante el día. Adicionalmente, el depósito de estériles presenta formas de vida en común con las áreas de depósito de descapote y la zona descapotada.

Por último, los fanerófitos que constituyen árboles, arbustos, trepadoras leñosas y arbustos gramínoideos, tienen los tejidos de regeneración por fuera del suelo desde los 25cm sobre este, y pueden o no estar protegidas por las hojas de la misma planta. Estudios sugieren que estos son predominantes en los trópicos ya que no hay cambios climáticos extremos (Batalha & Martins,

2004). Para el caso del relicto de bosque y el bosque adyacente, es probable que estos conjuntos de vegetación arbustiva y arbórea conformen un ambiente microclimático protector de la incidencia de fluctuaciones climáticas bruscas (Batalha & Martins, *op.cit*), como las que se presentan en las demás áreas de la cantera.

## **11. CONCLUSIONES**

Tanto La composición como la estructura de la vegetación son evidencia del lento proceso de recuperación natural que se ha llevado a cabo durante los últimos 10 años en las áreas directamente afectadas por la extracción minera en la cantera Soratama. Adicionalmente, fue evidente que entre más disturbada se encuentre un área, como en el caso de la zona descapotada, menor es la riqueza de especies, la cobertura y la estratificación de la vegetación.

Las formas de vida de las plantas se vieron relacionadas con las condiciones microclimáticas de cada área. Evidencia de esto fue la asociación de los caméfitos (helechos) con el depósito de estériles y el bosque adyacente, los hemicriptófitos cespitosos y en roseta con la zona descapotada y los fanerófitos con los dos fragmentos de bosque.

En general, las cinco áreas estudiadas en la cantera no presentaron similitudes significativas en cuanto a la composición florística, sin embargo, las áreas de depósitos fueron las más similares entre sí, seguidas de los fragmentos de bosque.

## 12. RECOMENDACIONES

Se debe procurar la unificación del tamaño de la unidad de muestreo en todas las áreas, ya que esto facilita un manejo y análisis cuantitativo de los datos, que permitiría además realizar comparaciones entre las áreas.

En trabajos futuros sería importante realizar un análisis de los componentes edáficos esenciales para el desarrollo de la vegetación que podrían resolver preguntas acerca del desarrollo de la vegetación.

Igualmente, se recomienda llevar un registro de la recuperación de la vegetación a través del tiempo o dinámica sucesional, sobre todo en áreas similares a la zona descapotada y a los depósitos, cuyos resultados podrían ser implementados en proyectos de restauración de áreas afectadas por minería.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

**Andrés, P.** 1999. La vegetación como herramienta antierosiva. Memorias Primer Curso de Ecología de la Restauración. Fundación Restauración de Ecosistemas Tropicales (FRET), Centro de Reserca Ecologica y Aplicacions Forestals -CREAF (Universidad Autónoma de Barcelona).Bogotá.

**Barrera, I.** 2002. Formulación de tratamientos de restauración ecológica en la cantera Soratama de la Localidad de Usaquén. Bogotá D.C. Contrato 049 Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

**Barrera, I & H. F. Ríos.** Acercamiento a la ecología de la restauración. Perez – Arbelaezia. No 13.

**Batalha, M. A. & F. R. Martins.** 2004. Floristic, frequency, and vegetation life-form spectra of a cerrado site. Brazilian Journal of Biology. Vol 64 No 2.

**Bazzaz, F.A** 1979. The physiological ecology of plant succession Ann. Rev. Ecol. Syst 10: 351 - 371

**Bazzaz, F.A.** 1996. Plants in changing environments. Cambridge University Press. 320 p.

**Bazzaz, F.A & S.T.A. Pickett.** 1980. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 287-310.

**Beeby, A.** 1993. Applying Ecology. Chapman & Hall. Capítulo 7.

**Begon, M., Harper, J. & C.R. Townsend.** 1999. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Tercera edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona 1148p.

**Bell, T. & I. A. Ungar.** 1981. Factors affecting the establishment of natural vegetation on a coal strip mine spoil in Southeastern Ohio. *American Midland Naturalist*, Vol 105, No 1 pp 19-31.

**Bradshaw, A.** 1997. Restoration of mined lands – using natural processes. *Ecological Engineering* 8: 255-269.

**Braun-Blanquet, J. 1979.** Fitosociología. Base para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones. Madrid. 820p.

**Brothers, T.S. & A. Spingarn.** 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of Central Indiana Old-Growth forests. *Conservation Biology*, Vol 6, No 1. 91-100.

**C.I.C. Consultores de Ingeniería y Cimentaciones Ltda.** 1995. Informe técnico. Caracterización Geomorfológica, Geotécnica y Ambiental, Cantera Villa Servitá. Informe No 050-95-ES.

**Collins, S., Glenn, S. & D. Gibson.** 1995. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition decoupling cause and effect. *Ecology* 76(2) pp 486-492-.

**Connell, J.H.** 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, Vol. 199, No 4335. 1302-1310.

**Correa, A. A. & Correa, J. D.** 2003. Recuperación Morfológica y Ambiental de la Antigua Cantera Soratama. IV Seminario Colombiano de Geotecnia y IX Congreso Colombiano de Geotecnia.

**Cortés, S.** 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25(1): 119-137.

**Cortés, S., Van der Hammen, T. & J.O. Rangel-Ch.** 1999. Comunidades vegetales y patrones de distribución y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía-Cundinamarca-Colombia. *Rev.Acad.Colomb.Cienc.* 23(89): 529-554.

**Crawley, M.** 1997. *Plant Ecology*. Second Edition. Blackwell Publishing USA. 717 pp.

**Dale, V.H., Lugo, A.E., MacMahon, J.A. & S.T.A. Pickett.** 1998. Ecosystems management in the context of Large, Infrequent Disturbances. *Ecosystems* 1: 546 – 557.

**Dalling, W.J.** 2001. Ecología de semillas. En: Guariguata, M.R. & G. Catan. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR. Costa Rica. 345-375pp.

**EXPERT LTDA.** 1997. Plan de Recuperación Morfológica y Ambiental del Predio Villa Servitá. Bogotá.

**Game, M. Carrel, J.E. & T. Hoptrabhavandra.** 1982. Patch dynamics of plant succession on abandoned surface coal mines: a case history approach. *Journal of Ecology* 70: 707-720.

**Giraldo-Cañas, D.** 1995. Estructura y composición de un bosque secundario fragmentado en la Codillera Central, Colombia. P 159-167. En: Churchill, S.P., Balslev, H., Forero, E. & J.L. Luteyn. *Biodiversity and conservation of neotropical mountain forest*. New York Botanical Garden.

**Gleason, H.A.** 1939. The individualistic concept of the plant association. *American Midland Naturalist*, vol21. No 1. 92-110.

**Glenn – Lewin, D., Peet, R., & T. Veblen.** 1992. *Plant Succession: Theory and Prediction*. Chapman & Hall. U. S. A. Capítulo 1.

**Gorham, E., Vitousek, P.M. & W.A. Reiners.** 1979. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystems succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10. 53-84.

**Grime, J. P.** 1989. Estrategia de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Editorial Limusa. México. 291 pp.

**Goodman, G.T.** 1974. Ecology and the problems of rehabilitating wastes from mineral extraction. *Proc. R. Soc. London A.* 339: 373-387.

**Hobbs, R.D. & L.F. Huenneke.** 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* Vol 6, No 3, 324-332.

**Holdridge, L.R.** 1977. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia: Memoria explicativa y mapas. IGAC. Bogotá 238p.

**Hogan, K.P. & J.L. Machado.** 2002. La luz solar: consecuencias biológicas y su medición. En: Guariguata, M.R. & G. Catan. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR. Costa Rica. 119-143pp

**IDCT.** 2004. Bogotá, Panorama turístico de 12 localidades. Ficha turística Localidad de Usaquén. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.

**IGAC.** 2004. Resultados de análisis químico del suelo Cantera Soratama. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. División Laboratorio de Suelos.

**Jha, A. K. & S. Singh.** 1991. Spoil characteristics and vegetation development of an age series of mine spoils in a dry tropical environment. *Vegetatio* 97: 63 – 76.

**Kershaw, K.A.** 1973. Quantitative and dynamic plant ecology. Segunda Edición, Edward Arnold. Londres. 308p.

**Krebs, C.** 2000. Ecological methodology. Segunda edición. University of British Columbia.

**Kuchler, A.W.** 1966. Analyzing the physiognomy and structure of vegetation. *Annals of the Association of American Geographers* No 1. Vol 56 112-127.

**Liira, J. Zobel, K. Magi, R. & G. Molenberghs.** 2002. Vertical structure of herbaceous canopies: the importance of plant growth-form and species-specific traits. *Plant Ecology*, 163: 123-134.

**Ludwing, J.A. & J.F. Reynolds.** 1988. Statistical ecology. John Wiley & Sons. USA. 336 p.

**Luken, J. O.** 1990. Directing Ecological Succession. Chapman & Hall.

**Magurran, A. E.** 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. España. 200 p.

**Matteucci, S. D. & A. Colma.** 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. 160 p.

**McIntyre, S., S. Lavorel & R. M. Tremont.** 1995. Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology* No. 83. p 31 – 44.

**McAleece, N.** 1997. BioDiversity Professional version 2. The Natural History Museum (NHM) and The Scottish Association For Marine Science (SAMS)

**McCure, B. & M.J. Mefford.** 1997. *Multivariate Analysis of Ecological Data.* Version 3.17. MJM Software. Glenden Beach, Oregon.

**Mendoza, H. C., & B. Ramírez.** 2000. *Plantas con flores de la Planada. Guía ilustrada de familias y géneros.* Fundación FES social, Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF. 244 pp.

**MME.** 2003. *Glosario Minero.* Ministerio de Minas y Energía. Página web [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co).

**Mora, R.A.** 1999. *Patrones de sucesión vegetal sobre depósitos de material residual mineral en minas de gravas (Bogotá D.C).* Tesis de Pregrado en Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

**Moreno, C.** 2001. *Métodos para medir la biodiversidad.* Manuales y Tesis SEA 1. CYTED, ORCYT, SEA.

**Mueller-Dombois, D. & H. Elleberg.** 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* John Wiley & sons.USA. 547p.

**Myster, R.** 2001. *Mechanisms of plants response to gradients and after disturbances.* *The Botanical Review* 164(4), 441-452.

**Noble, I. R. & R. O. Slatyer.** 1980. The use of attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5-21.

**Parendes, L.A. & J.A. Jones.** 2000. Role of light availability and dispersal in exptic plant invasión along roads and streams in the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology* Vol 14, No1. 64-75.

**POT, 2000.** Decreto 619/2000. Plan de Ordenamiento Territorial para el Distrito Capital.

**Ramírez, A.** 1999. *Ecología Aplicada. Diseño y Análisis Estadístico.* Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

**Rangel, J.O. & A. Velásquez.** 1997. Métodos de estudio de la vegetación. En: *Colombia –Diversidad Biótica II.* J.O. Rangel, P.D. Lowey & M. Aguilar. Bogotá.

**Rodríguez, W.** 2002. *Helechos, licopodios, selaginelas y equisetos del Parque Regional Arví.* Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Fundación Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe. Medellín

**SAS.** 1999. *Statistical Analysis System Version 8.* SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

**Salamanca, B & G, Camargo.** 2002. *Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá.* DAMA.

**Sánchez, V. J. P.** 2003. Caracterización de vegetación y suelo en la Cantera Soratama. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Bogotá.

**Sánchez-González, A & L. López-Mata.** 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del Norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Serie Botánica 74 (1):47-71. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Skousen, J.G., Johnson, C.D. & K. Garbut.** 1994. Natural revegetation of 15 abandoned mine land sites in West Virginia. J. of Environmental Quality. 23: 1224-1230.

**Saunders, D., Hobbs, R. & C. Margules.** 1990. Biological consequences of Ecosystem fragmentation: a review. Conservation Biology Vol 5 No 1, 18-31.

**Singh, A.N., Raghubanshi, A.S. & J.S. Singh.** 2002. Plantations as a tool for mine spoil restoration. Current Science No 12, Vol 82,1436-1440.

**Sousa, W. P.** 1984. The role of disturbance in natural communities. Ann. Rev. Ecol. Syst. 15: 353-391.

**Stiling, P.** 1999. Ecology. Theories and applications. Third Edition. Prentice Hall. USA. 638pp.

**Tansley, A.G.** 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, vol 16, No 3. 284-307.

**UNESCO, PNUMA & FAO.** 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Altamira S.A. Barcelona.

**Van der Hammen, T.** 1998. Plan ambiental de la cuenca alta del Río Bogotá. Análisis de la problemática y soluciones recomendadas. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Bogotá.

**Vargas, W.** 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Editorial Universidad de Caldas. 813pp.

**Whittaker, R.H.** 1975. Communities and Ecosystems. MacMillan Publishing. Estados Unidos de América. 385p.

**White, P. S. & T. A. Pickett.** 1985. Natural Disturbance and Patch Dynamics: An Introduction. P 3-13 En: Pickett, S.T.A. & P.S. White. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. U.S.A. 472pp.

## APÉNDICE

Anexo 1a. COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA ZONA DESCAPOTADA

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	No INDIV
ASTERACEAE	<i>Achyrocline</i> sp.		3
	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	87
ERICACEAE	<i>Cavendishia cordifolia</i>	Uva de anís	1
ERIOCAULACEAE	<i>Paepalanthus</i> sp.	Flor de harina	1
HYPERICACEAE	<i>Hypericum juniperinum</i>	guardarocío, chite, pinito de páramo	10
MELASTOMATAEAE	<i>Chaetolepis microphila</i>		1
POACEAE	<i>Calamagrostis</i> sp.	paja de páramo	27
	<i>Cortaderia nitida</i>	cortadera	22
	<i>Holcus lanatus</i>	falsa poa	4
GRIMMIACEAE	<i>Rhacomitrium crispipilum</i>	musgo	56
			212

Anexo 1b. COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA ZONA DE DEPÓSITO DE DESCAPOTE

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	No INDIV
ASCLEPIADACEAE	<i>Ditassa cf. longifolia</i>		9
ASPENIACEAE	<i>Asplenium</i> sp1		1
ASTERACEAE	<i>Baccharis latifolia</i>	chilco, chilca	12
	<i>Sonchus</i> sp.		5
	<i>Taraxacum officinale</i>	diente de león	33
CLETHRACEAE	<i>Clethra fimbriata</i>	manzano, cacao de páramo	1
DENNSTAETIDIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	helecho marranero	80
ERICACEAE	<i>Cavendishia cordifolia</i>	uva de anís	5
	<i>Gaultheria anastomosans</i>	uvito de páramo	2
FABACEAE	<i>Ulex europaeus</i>	retamo espinoso	29
IRIDACEAE	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	espartillo	5
MELASTOMATAEAE	<i>Miconia squamulosa</i>	esmeraldo	7
	<i>Monochaetum mirtoideum</i>	angelito	10
MYRICACEAE	<i>Myrica parvifolia</i>	laurel hojipequeño, cruz de mayo	13
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i>	cucharo blanco, cucharo rosado	1
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus globulus</i>		1
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i> sp.		3
POACEAE	<i>Anthoxanthum</i> sp.	grama de olor	1
	<i>Calamagrostis</i> sp.	paja de páramo	22
	<i>Holcus lanatus</i>	falsa poa	23
	<i>Pennisetum clandestinum</i>	quicuyo	8
POLYGALACEAE	<i>Monnina cf. aestuans</i>	tinto	7
POLYGONACEAE	<i>Rumex acetosella</i>	acedera	14
ROSACEAE	<i>Hesperomeles cf. goudotiana</i>	mortiño	1
	<i>Rubus floribundus</i>	mora silvestre	2
RUBIACEAE	<i>Galium hypocarpium</i>	coralito	2
	<i>Galium</i> sp.		3
UMBELLIFERAE	<i>Hydrocotyle</i> sp.		3
			303

Anexo 1c. COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA ZONA DE DEPÓSITO DE ESTÉRILES

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	No INDIV
ASTERACEAE	<i>Achyrocline</i> sp.		12
	<i>Baccharis latifolia</i>	chilco, chilca	2
	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	chicoria	11
	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	arboloco	1
	<i>Stevia lucida</i>	jarilla	14
	<i>Taraxacum officinale</i>	diente de león	50
DRYOPTERIDACEAE	<i>Dryopteris wallichiana</i>	Helecho macho	2
	<i>Elaphoglossum</i> sp1		5
ERICACEAE	<i>Cavendishia cordifolia</i>	uva de anís	1
ERIOCAULACEAE	<i>Paepalanthus</i> sp.	flor de harina	4
FABACEAE	<i>Cytisus monspesulanus</i>	retamo liso	1
	<i>Ulex europaeus</i>	retamo estpino	11
HYPERICACEAE	<i>Hypericum juniperinum</i>	guardarocío, chite, pinito de páramo	109
IRIDACEAE	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	espartillo	23
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia squamulosa</i>	tuno esmeraldo	1
	<i>Monochaetum mirtoideum</i>	angelito	16
MYRICACEAE	<i>Myrica parvifolia</i>	laure hojipequeño, cruz de mayo	42
ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum elongatum</i>		4
POACEAE	<i>Calamagrostis</i> sp.	paja de páramo	20
	<i>Holcus lanatus</i>	falsa poa	13
	<i>Pennisetum clandestinum</i>	quicuyo	5
POLYGALACEAE	<i>Monnina cf. aestuans</i>	tinto	1
POLYGONACEAE	<i>Rumex acetosella</i>	acedera	19
POLYPODIACEAE	<i>Campyloneurum cf. angustifolium</i>		2
	<i>Polypodium lanceolatum</i>		2
	<i>Polypodium</i> sp.1		1
	<i>Polypodium</i> sp.2		2
SAPINDACEAE	<i>Dadonea viscosa</i>	hayuelo	2
THELYPTERIDACEAE	<i>Thelypteris cf. hispida</i>		1
			377

Anexo 1d. COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL RELICTO DE BOSQUE

FAMILIA	ESPECIE	NOBRE COMUN	No INDIV
AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera</i> sp.		1
ARALIACEAE	<i>Oreopanax floribundum</i>	mano de oso	14
ASTERACEAE	<i>Baccharis latifolia</i>	chilco	3
	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	romero blanco	6
	<i>Eupatorium angustifolium</i>	jome, blanquillo	31
	<i>Oligactis</i> sp.		11
BLECHNACEAE	<i>Blechnum</i> sp1		4
	<i>Blechnum</i> sp2		2
CAMPANULACEAE	<i>Syphocampilus columnae</i>	zarcillejo, candelito	17
CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum tinoides</i>	garrocho, cuje, sauco de monte	9
	<i>Viburnum trifilum</i>	garrocho, cuje, sauco de monte	2
CLETHRACEAE	<i>Clethra fimbriata</i>	manzano	11
CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque, Cucharo	17
CUNNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>	encenillo	3
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	helecho marranero	1
DIOSCORIACEAE	<i>Dioscorea</i> sp.		1
DRYOPTERIDACEAE	<i>Elaphoglossum</i> sp1		8
ELAEOCARPACEAE	<i>Valea stipularis</i>		2
ERICACEAE	<i>Befaria resinosa</i>	pegamosco	5
	<i>Cavendishia cordifolia</i>	uva de anís	45
	<i>Gaultheria anastomosans</i>	uvito de páramo	4
	<i>Macleania rupestris</i>	uva camarona	6
HYPERICACEAE	<i>Hypericum juniperinum</i>	guardarocío, chite, pinito de páramo	5
IRIDACEAE	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	espartillo	7
LABIATAE	<i>Salvia</i> sp.		1
LORANTHACEAE	<i>Gaiadendron punctatum</i>	tagua	6
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia</i> sp.1	tuno	4
FAMILIA	ESPECIE	NOBRE COMUN	No INDIV
	<i>Miconia squamulosa</i>	tuno esmeraldo	13
	<i>Monochaetum mirtoideum</i>	angelito	5
MYRICACEAE	<i>Myrica parvifolia</i>	laurel hojipequeño, cruz de mayo	12
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i>	cucharo blanco, cucharo rosado	17
	<i>Myrsine guianensis</i>	cucharo, cucharo rojo, chagualito	2
MYRTACEAE	<i>Myrcianthes</i> cf. <i>hopaloides</i>	arrayán	2
POACEAE	<i>Cortaderia nitida</i>	cortadera	12
POLYGALACEAE	<i>Monnina</i> cf. <i>aestuans</i>	tinto	2
ROSACEAE	<i>Hesperomeles glabrata</i>	mortiño, mortiño parejo	4
	<i>Hesperomeles</i> cf. <i>goudotiana</i>	mortiño	5
	<i>Rubus floribundus</i>	mora silvestre	4
RUBIACEAE	<i>Arcitophyllum nitidum</i>	jazmín de páramo	5
	<i>Gallium hypocarpium</i>	coralito	3
	<i>Palicourea</i> cf. <i>vaginata</i>		5
SMILACACEAE	<i>Smilax scabriuscula</i>	zarzaparrilla	1
	<i>Smilax tomentosa</i>	zarzaparrilla	1
SOLANACEAE	<i>Cestrum mutisii</i>	tinto	6
			325

Anexo 1e. COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE ADYACENTE A LA CANTERA

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	No INDIV
AMARYLIDACEAE	<i>Bomarea</i> sp.	pecosa	2
ARALIACEAE	<i>Oreopanax floribundum</i>	mano de oso, higuieron	12
ASPLENIACEAE	<i>Asplenium</i> sp2		2
ASTERACEAE	<i>Baccharis latifolia</i>	chilco	1
	<i>Bidens</i> sp.		1
	<i>Jungia</i> cf. <i>coarctata</i>		3
	<i>Munnozia senecionidis</i>		3
	<i>Oligactis</i> sp.		6
CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum tinoides</i>	garrocho, cuje, sauco de monte	19
	<i>Viburnum trifilum</i>	garrocho, cuje, sauco de monte	7
CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i>	gaque, cucharo	21
CUNNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>	encenillo	18
CYPERACEAE	<i>Carex</i> sp.		5
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium arachnoideum</i>		2
DRYOPTERIDACEAE	<i>Diplazium</i> sp		12
	<i>Dryopteris</i> sp.		4
	<i>Ellaphoglossum</i> sp1		9
	<i>Ellaphoglossum</i> sp2		5
	<i>Ellaphoglossum</i> sp3		2
ELAEOCARPACEAE	<i>Valea stipularis</i>		7
ERICACEAE	<i>Cavendishia cordifolia</i>	uva de anís	17
	<i>Macleania rupestris</i>	uva camarona	4
LABIATAE	<i>Salvia</i> sp.		1
LORANTHACEAE	<i>Gaidendron punctatum</i>	tagua	4
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia</i> sp.2	tuno, esmeraldo	18
	<i>Miconia</i> sp1	tuno, esmeraldo	47
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriaceae</i>		10
FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	No INDIV
MYRTACEAE	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	cucharo blanco, cucharo rosado	6
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i> sp.	arrayán	2
PIPERACEAE	<i>Peperomia</i> sp.		13
	<i>Piper bogotense</i>	cordoncillo	4
	<i>Piper lacunosum</i>	cordoncillo	18
POACEAE	<i>Chusquea scandens</i>	chusque	1
POLYGALACEAE	<i>Monnina</i> cf. <i>aestuans</i>	tinto	3
POLYPODIACEAE	<i>Pecluma</i> sp.		6
ROSACEAE	<i>Rubus</i> sp.	mora silvestre	2
RUBIACEAE	<i>Palicourea angustifolia</i>	coralito	10
	<i>Palicourea</i> sp.		26
SMILACACEAE	<i>Smilax scabriuscula</i>	zarzaparrilla	1
SOLANACEAE	<i>Cestrum mutisii</i>	tinto	8
	<i>Solanum</i> sp.		7
THYMELAEACEAE	<i>Daphnopsis</i> sp.		1
VERBENACEAE	<i>Cytharexylum sulcatum</i>	cajeto	1
WINTERACEAE	<i>Drymis granadensis</i>	canelo de monte, ají de páramo	9
			360