

**ESTUDIO DEL ENSAMBLAJE DE COLEÓPTEROS EN ÁREAS CON
DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA
SORATAMA. LOCALIDAD DE USAQUÉN, BOGOTÁ D.C.**

ADRIANA ALVAREZ DUARTE

JOSÉ IGNACIO BARRERA, Director

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar el título de**

Bióloga

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOLOGÍA
Bogotá, D.C.
Agosto 5 de 2005**

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“ La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

**ESTUDIO DEL ENSAMBLAJE DE COLEÓPTEROS EN ÁREAS CON
DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA
SORATAMA. LOCALIDAD DE USAQUÉN, BOGOTÁ D.C.**

ADRIANA ALVAREZ DUARTE

APROBADO

**José Ignacio Barrera, Biólogo MSc.
Director**

**Jairo Pérez, Biólogo. PhD.
Jurado**

**Jorge Noriega, Biólogo
Jurado**

**ESTUDIO DEL ENSAMBLAJED DE COLEÓPTEROS EN ÁREAS CON
DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA
SORATAMA. LOCALIDAD DE USAQUÉN, BOGOTÁ D.C.**

ADRIANA ALVAREZ DUARTE

APROBADO

**Angela Umaña M.Phil
Decana Académica**

**Cecilia Espindola, Bióloga, MSc
Directora de Carrera**

Bogotá, Agosto 5 de 2005

Señores
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Ciudad

Estimados Señores:

Yo Adriana Alvarez Duarte, identificada con C.C No. 52.708.466 de Bogotá, autor del trabajo de grado titulado Estudio del ensamblaje de Coleópteros en áreas con diferente condición de abandono en la Cantera Soratama. Localidad de Usaquén, Bogotá D.C., presentado como requisito para optar el título de biología en el año de 2005; autorizó a la Universidad Javeriana a:

- a) Reproducir el trabajo de grado en medio digital o electrónico con el fin de ofrecerlo para la consulta en la Biblioteca general ____ Si ____
- b) Poner a disposición para la consulta con fines académicos, en la página web de la facultad, de la biblioteca General y en redes de información con las cuales tenga convenio la Universidad Javeriana ____ Si ____
- c) Enviar el trabajo en formato impreso o digital, en caso que sea seleccionado para participar en concursos de trabajos de grado ____ Si ____
- d) Distribuir ejemplares de la obra, para la consulta entre entidades educativas con las que la facultad tenga convenio de intercambio de información, para que este sea consultado en las bibliotecas y centros de documentación de las respectivas entidades ____ Si ____
- e) Todos los usos que tengan finalidad académica ____ Si ____

Los derechos morales sobre el trabajo son del autor de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 23 de 1982 y en el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. Atendiendo lo anterior, siempre que se consulte la obra, mediante cita bibliográfica se debe dar crédito al trabajo y a su autora. Este documento se firma, sin perjuicio de los acuerdos que la autora pacte con la Unidad Académica referentes al uso de la obra o a los derechos de propiedad industrial que pueden surgir de la actividad académica.

Adriana Alvarez Duarte
C.C. 52.708.466

FORMATO DESCRIPCIÓN TRABAJO DE GRADO

AUTOR

Apellidos	Nombre
Alvarez Duarte	Adriana

DIRECTOR

Apellidos	Nombre
Barrera Cataño	José Ignacio

Trabajo por optar el título de: Bióloga.

Título completo del trabajo: Estudio del ensamblaje de coleópteros en áreas con diferente condición de abandono en la cantera Soratama. Localidad de Usaquén, Bogotá D.C.

Facultad: Biología

Programa: Carrera __X__ Especialización _____ Maestría _____ Doctorado _____

Nombre del programa:

Ciudad: Bogotá. Año de presentación del trabajo: 2005

Número de páginas:

Tipo de Ilustraciones:

-Tablas y gráficos.

-Fotografías.

Descriptores o palabras claves

Cantera Soratama, coleópteros, composición del ensamblaje, gremios tróficos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no podría haber sido realizado sin la colaboración de diferentes personas entre las cuales quiero reconocer al Departamento Técnico y Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) por su apoyo financiero y especial a la Bióloga Sandra Montoya por su colaboración, al profesor José Ignacio Barrera de la Pontificia Universidad Javeriana por aclarar mis dudas con gran paciencia durante la elaboración del proyecto. Al ingeniero James Copete de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá por suministrarme los datos climáticos.

A mis padres y hermano por su apoyo no solamente durante la realización de este trabajo sino de toda mi carrera. A mis amigas Alexandra, Carolina y Alejandra por ayudarme en cualquier dificultad.

Tabla de contenido

Resumen.....	15
Abstract	16
1. Introducción	17
2. Antecedentes	19
2.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.2. Antecedentes nacionales	20
3. Marco Teórico	22
3.1. Industria minera	22
3.1.1. Industria minera en Colombia.....	22
3.1.2. Situación minera en Bogotá	23
3.1.3. Industria minera en la localidad de Usaqué	23
3.2. Disturbios: eventos modificadores del ecosistema	24
3.3. La minería a cielo abierto como un tipo de disturbio.....	25
3.3.1. Impactos ambientales generados por la industria extractiva.....	26
3.4. Los disturbios y la fauna	27
3.4.1. Respuestas de las poblaciones de insectos a los disturbios.....	27
3.5. Fauna Edáfica.....	28
3.5.1. Clasificación de la fauna edáfica	29
3.5.2. Funciones de la macrofauna.....	30
3.5.3. Grupos de insectos edáficos	31
3.5.4. Orden Coleoptera	31
4. Planteamiento del problema.....	32
5. Pregunta de Investigación	33
6. Justificación	34
7. Objetivos	35
7.1. Objetivo General	35
7.2. Objetivos Específicos.....	35
8. Marco Geográfico	36

8.1. Localidad de Usaquéen	36
78.1.1. Geología	36
8.1.2. Geomorfología	37
8.1.3. Suelos	37
8.1.4. Sistema Hídrico	38
8.1.5. Clima	39
8.1.6. Vegetación	39
8.1.7. Fauna	40
8.2 Cantera Soratama	41
8.2.1. Localización	41
8.2.2. Aspectos generales	41
9. Métodos	47
9.1. Métodos en campo	47
9.2. Métodos de laboratorio	49
9.3. Análisis de la información	49
9.3.1. Análisis de la abundancia y composición	49
10. Resultados	53
10.1. Composición de la comunidad de Coleópteros (adultos).....	53
10.2. Composición de la comunidad de Coleópteros (larvas).....	66
11. Discusión	75
12. Conclusiones	81
13. Recomendaciones.....	82
14. Referencias.....	82
ANEXOS	91

Índice de tablas

Tabla 1. Número total de individuos de Coleópteros por familia, capturados en cada una de las áreas de la cantera Soratama y en el bosque adyacente.	54
Tabla 2. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados por el método de trampas pitfall en la cantera Soratama y en el bosque adyacente.	54
Tabla 3. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados por el método de apiques en la cantera Soratama y en el bosque adyacente.	55
Tabla 4. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en las tres áreas evaluadas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.	58
Tabla 5. Comparación de la diversidad de los Coleópteros adultos mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	60
Tabla 6. Comparación de la dominancia de los Coleópteros adultos mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	63
Tabla 7. Número de individuos de larvas de Coleópteros por familias, colectadas en las muestras de suelo tomadas en la cantera Soratama y el bosque adyacente.	67
Tabla 8. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en las tres áreas evaluadas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.	69

Tabla 9. Comparación de la diversidad de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t para cada una de las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados..... 71

Tabla 10. Comparación de la diversidad de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados..... 71

Tabla 11. Comparación de la dominancia de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t para cada una de las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados..... 74

Tabla 12. Comparación de la dominancia de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados..... 74

Indice de figuras

Figura 1. Ubicación de las localidades de Bogota.	36
Figura 2. Panorámica de la zona descapotada en la cual se observa el alto grado de intervención, debido a que se retiró la capa superficial del suelo para ser explotada.....	42
Figura 3. Panorámica de la zona de depósito de estériles, donde se observa vegetación arbustiva.	43
Figura 4. Panorámica del relicto de bosque altoandino, donde se observa vegetación arbórea y arbustiva de bajo porte.	45
Figura 5. Panorámica del bosque adyacente a la cantera Soratama, donde se observa vegetación de mayor porte.	46
Figura 6: Posición de las trampas colocadas en cada área de muestreo. Transecto: —; muestra de suelo (apique):	47
Figura 7. Ubicación de la trampa pitfall a nivel del suelo.	48
Figura 8. Abundancias relativas por familias presentes en el relicto de bosque altoandino.....	55
Figura 9. Abundancias relativas por familias presentes en la zona de depósito de estériles.....	56
Figura 10. Abundancias relativas por familias presentes en la zona descapotada.....	56

Figura 11. Abundancias relativas por familias presentes en el bosque adyacente a la cantera.	57
Figura 12. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados durante los cuatro muestreos realizados en la cantera Soratama y el bosque adyacente.....	57
Figura 13. Variación de la riqueza de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	59
Figura 14. Variación de la diversidad de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	60
Figura 15. Variación de la equidad de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	62
Figura 16. Abundancia relativa de Coleópteros adultos agrupados en gremios tróficos en las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.....	64
Figura 17. Diagrama de similaridad de Bray – Curtis de las tres áreas de muestreo de la cantera Soratama y el bosque adyacente.	65
Figura 18. Diagrama del análisis de correspondencia canónica, donde se observan las especies compartidas entre las diferentes zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.....	66
Figura 19. Número de larvas colectadas por muestras de suelo en la cantera Soratama y el bosque adyacente.....	68

Figura 20. Número de larvas de Coleópteros colectados durante los cuatro muestreos realizados en la cantera Soratama y el bosque adyacente.	68
Figura 21. Variación de la riqueza de las larvas de Coleópteros en cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	70
Figura 22. Variación de la diversidad de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	70
Figura 23. Variación de la equidad de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	73
Figura 24. Variación de la dominancia de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.	73

RESUMEN

En este trabajo se comparó la abundancia y composición del ensamblaje de coleópteros (adultos y larvas) a través del tiempo en la Cantera Soratama (Bogotá D.C.) la cual fue abandonada hace diez años y actualmente presenta áreas con diferente condición de abandono, como son: a) zona descapotada, 2) zona de depósito de estériles y 3) un relicto de bosque altoandino. Además se tomó como sitio de referencia el bosque adyacente a la cantera. En cada uno de estos sitios se realizaron cuatro transectos de veinte metros cada uno. En cada transecto se colocaron once trampas “pitfall”, separadas cada dos metros entre sí, para un total de 44 trampas por zona. De igual manera se utilizaron apiques, con un volumen de suelo de 20 x20 x30 a dos profundidades (0-15 cm) y (15-30 cm), con cinco repeticiones en las cuatro áreas de muestreo. Se colectaron un total de 857 coleópteros adultos agrupados en doce familias, donde las más representativas son: Staphylinidae (44%) y Carabidae (25%). La mayor abundancia y diversidad se encontró en el bosque adyacente; mientras que los valores más bajos se registraron en la zona descapotada. En cuanto a la composición del ensamblaje de larvas se colectaron 86 pertenecientes a seis familias, donde las más representativas fueron: Curculionidae (28%) y Scarabaeidae (26.7%). El bosque adyacente presentó la mayor diversidad, pero la mayor abundancia estuvo en la zona de depósito de estériles. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la composición del ensamblaje entre las áreas, debido a la complejidad estructural de la vegetación, a las condiciones microclimáticas y a la disponibilidad de recursos que estos hábitats proporcionan a las especies.

ABSTRACT

In this study compared the abundance and the composition of the assemblaje the beetles (adults and larvae) in the Soratama quarry. This quarry was abandoned also ten years old. Current this quarry presents areas with different abandonment condition as: 1) without a soil area, 2) waste deposit area and 3) relictual forest. Beside if took as reference place adjacent forest. In each place had four transect of 20 meters. In each transect to put eleven pitfall traps, each trap were separated of two meters; on the whole of forty four traps of area. The same way it had samples of the soil a two depth (0- 15 cm) and (15 – 30 cm), with five repetitions in each area. In total 857 adult beetles of twelve families were captured, the families more representative were: Staphylinidae (44.1%) and Carabidae (25%). The adjacent forest showed the biggest abundance and diversity and the lowest was found in the without a soil area. The assemblaje composition the larvae in total 86 larvae de beetles in six families were captured, the families mores representative were: Curculionidae (28%) and Scarabaeidae (26.7%). The adjacent forest showed the bigger were diversity, but the bigger abundance was waste deposit area. Found different significatives ($P < 0.05$) in the composition's assemblaje community the beetles, due of the different structural and microclimatic conditions these habitats provide the species.

1. Introducción

Los Cerros Orientales de Bogotá presentan una gran heterogeneidad paisajística como consecuencia de los diferentes tipos de disturbio tales como: 1) la tala, 2) los incendios forestales, 3) el pastoreo, 4) la invasión de especies exóticas, 5) la extracción de materiales a cielo abierto, 6) la expansión urbana, entre otros (Salamanca & Camargo, 2002).

Todos estos tipos de disturbios generan de una u otra manera diferentes tipos de problemas sobre los ecosistemas, por ejemplo: la tala y los incendios forestales producen pérdida de la cubierta vegetal, el pastoreo compacta el suelo, la invasión de especies exóticas genera un reemplazo de las especies nativas del área y reduce el hábitat para la fauna.

En el caso particular de la extracción de materiales a cielo abierto, se producen varios efectos negativos sobre todos los compartimentos del ecosistema como son la pérdida total del suelo, de la capa vegetal y de la fauna. Adicionalmente, por la falta de planificación se producen otros problemas como es la inestabilidad de los taludes y el desprendimiento de rocas en épocas de lluvia, lo cual puede ser peligroso para los habitantes de los barrios subnormales que se asientan cerca a las canteras (Correa, 2000). Tanto el estado de las áreas adyacentes como las condiciones de abandono de las canteras, hacen que su recuperación sea extremadamente lenta, debido a las fluctuaciones drásticas de temperatura y humedad que limitan el establecimiento de la vegetación y por lo tanto de la fauna.

En Bogotá se identifican 144 predios con este tipo de actividad, de los cuales la mayor concentración se localiza en los Cerros Surorientales, particularmente en las localidades de Usme, Rafael Uribe y San Cristóbal. Esta actividad también se presenta en las localidades de Usaquén, Ciudad Bolívar y Tunjuelito (Delgado & Mejía, 2000).

Con la pérdida de la vegetación y del suelo, los insectos son fuertemente afectados, ya que tienen que migrar y ocupar sitios de dominio de otras especies, esto como consecuencia de la falta de alimento y refugio necesario para su existencia, además en muchos casos se perjudica su ciclo de vida por la pérdida del suelo (Sousa, 1984; Medina *et al.*, 2002).

Los insectos son importantes dentro de los ecosistemas, ya que ocupan una gran variedad de microhábitats, y realizan muchas funciones ecológicas. Pueden ser utilizados como indicadores del estado de conservación del ecosistema debido a que son sensibles a los cambios ambientales; además se reproducen rápidamente, presentan grandes tamaños poblacionales, son relativamente fáciles de muestrear y muchos de ellos son relativamente sedentarios, entre otros (Brown, 1991; Kremen *et al.*, 1993; Longcore 2003;).

Dentro del grupo de los insectos el grupo más abundante y diverso es el orden Coleoptera (De la Fuente, 1994) además, se ha encontrado que pueden ser útiles como bioindicadores del ecosistema debido a la sensibilidad que presentan a las variaciones ambientales (Jansen, 1997; Amézquita & Rodríguez, 2001; Vulinec, 2002;). Además, son fundamentales en el funcionamiento del ecosistema, ya que llevan a cabo funciones muy importantes como la post-dispersión de semillas, la polinización, el ciclo de nutrientes, son parte importante de la dieta de muchos animales, especialmente de algunos mamíferos y aves y sirven de control de vectores de parásitos y enfermedades (Escobar & Medina, 1996; Medina & Kattan, 1996; Escobar, 1997; Gibbs & Stanton, 2001; Vulinec, 2002;). Asimismo, los estados inmaduros contribuyen a la transformación física del suelo al abrir túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación (Malagon *et al.*, 1995).

Este trabajo se planteó con el objetivo de evaluar las diferencias en el tiempo del ensamblaje de coleópteros presentes en la Cantera Soratama, la cual fue abandonada diez años atrás y al día de hoy presenta áreas con diferente condición de abandono

como son: 1) la zona donde se retiró la capa del suelo, por lo tanto solo presenta roca madre, 2) la zona donde se depositaron los estériles, es decir, el material que no fue utilizado y 3) un relicto de bosque altoandino, el cual fue fragmentado durante la explotación. Además se tomo como sitio de referencia el bosque adyacente a la cantera, debido a que es el área menos alterada por la extracción de materiales y en donde se encuentran árboles de mayor porte.

El presente proyecto esta enmarcado dentro del convenio No. 017 entre el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) y la Pontificia Universidad Javeriana que tiene como objetivo elaborar diseños de restauración ecológica en la cantera Soratama de acuerdo a consideraciones sociales, políticas, jurídicas y ambientales.

2. Antecedentes

2.1. Antecedentes Internacionales

Rieske y Buss (2001) evaluaron la riqueza, diversidad, equidad y abundancia de los Coleópteros de la hojarasca y del suelo en dos bosques de Kentucky; relacionaron la diversidad de los escarabajos con las características del hábitat. Encontraron que los sitios de muestreo presentaron diferencias en cuanto al porcentaje de cobertura arbustiva y herbácea, profundidad de la hojarasca, entre otras variables; lo cual pudo afectar la comunidad de Coleópteros ya que se observaron diferencias en riqueza, equidad y diversidad entre los sitios de muestreo.

Klein (1989) comparó la comunidad de coprófagos en la Amazonía en tres fragmentos de bosques diferentes y observó una disminución tanto en la abundancia como en la riqueza de la comunidad, proporcional a la alteración del bosque.

Halfpeter y Arellano (2002), examinaron la comunidad de Coleópteros coprófagos en dos bosques tropicales caducifolios de México, los cuales presentaban condiciones macroclimáticas semejantes, y eran bosques modificados por actividad humana. La diferencia principal se presentó en la oferta de alimento, debido a que solamente en uno de los lugares hubo presencia de ganado vacuno. Ellos encontraron que la cubierta forestal, y no la oferta de alimento, fue el principal elemento conformador de la estructura y diversidad de los gremios.

Larsen *et al.*, (2003) en el noroeste de Iowa estudiaron los carabidos en diferentes hábitats (llanura, cultivos de maíz, soya, avena y en un campo maduro) con el objetivo de cuantificar la influencia del tipo de hábitat sobre la actividad y distribución de los carabidos. Encontraron especies generalistas, es decir que se encontraron en los diferentes hábitats, así como especies que solo se observaron en los cultivos o en la llanura. Este último hábitat fue el que presentó mayor abundancia y riqueza de carabidos.

Pearce *et al.*, (2003) estudiaron la influencia del hábitat y el microhábitat sobre los carabidos (Coleoptera: Carabidae) en cuatro tipos de bosque (bosque de conifera, bosque deciduo, bosque mixto y bosque talado); observaron grandes diferencias en las poblaciones de carabidos que habitan los diferentes tipos de bosque. Esto puede ser explicado por la diferencia estructural y las condiciones microclimáticas que los bosques proporcionan.

2.2. Antecedentes nacionales

El estudio realizado por Escobar y Medina (1996) en la Reserva Natural La Planada localizada en el Departamento de Nariño, consistió en monitorear a la familia Scarabaeidae en tres tipos de hábitats y encontraron que las especies de Coleópteros disminuyen su abundancia en los hábitats más alterados y además que presentan un

grado de especificidad por un determinado hábitat según la estructura de la vegetación y el tipo de suelo.

Medina y Kattan (1996) compararon la abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos entre bosque secundario y palmar de chontaduro en la Reserva Forestal de Escalere, situada en el Pacífico colombiano. Encontraron dieciocho especies en el bosque y siete especies en el palmar. Solo se colectó una especie exclusivamente en el palmar, mientras que doce especies se colectaron exclusivamente en el bosque. Ellos concluyen que los escarabajos coprófagos son muy sensibles a la estructura y microclima del hábitat y que las especies de bosque no toleran hábitats perturbados o abiertos, esto puede deberse a factores físicos como humedad y temperatura.

Escobar (1997), estudió la comunidad de Coleópteros coprófagos en un remanente de bosque seco del Tolima, el cual se caracteriza, por una alta transformación del paisaje. Se realizó un muestreo en época seca y otro en época lluviosa. Se encontraron cambios en la abundancia de las especies entre los periodos de muestreo y en la composición de las especies entre zonas con cobertura boscosa y potreros.

Amézquita *et al.*, (1999) compararon la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos en remanentes de bosque en la Orinoquía Colombiana y observaron que la riqueza y composición de las especies varía debido a la calidad y cantidad de recursos alimenticios y por las condiciones edáficas de temperatura y humedad del suelo.

Escobar (2000) trabajó en la Reserva Natural Nukak, en el departamento del Guaviare, comparó la diversidad de Coleópteros coprófagos en tres tipos de ambientes: bosque de tierra firme, bosque inundable y sabana natural; los cuales se diferencian por el tipo de suelo, estructura y composición de la vegetación. La mayor riqueza y abundancia de especies se encontró en tierra firme mientras que los valores más bajos se registraron en sabana.

3. Marco Teórico

3.1. Industria minera

La industria minera es el conjunto de operaciones materiales que concurren en la exploración, explotación y aprovechamiento de los minerales. Se diferencia de todas las demás industrias en que la materia prima está constituida por recursos naturales no renovables, que no se reproducen y que se encuentran por lo general en el interior de la tierra en combinación con otros elementos (Ortiz, 1992).

Las explotaciones mineras pueden clasificarse en dos grandes grupos: subterráneas y a cielo abierto; Entre este último grupo se encuentran las canteras de la que se extraen minerales no metálicos como arena, cascajos y piedras comunes destinados a la construcción (Ayala *et al.*, 1989; Ortiz, 1992).

3.1.1. Industria minera en Colombia

Hasta principios de los años setenta, el desarrollo minero se basó, principalmente, en la eficiencia económica de los proyectos sin que el beneficio social y el deterioro ambiental fueran factores importantes. Los mineros tenían prioridad en el otorgamiento del derecho a utilizar cualquier recurso natural aun en detrimento del bienestar común (Vargas, 1998).

Sin embargo, la ley de 1993 se constituyó en el marco general de las restricciones, ya que la gestión y conservación de los recursos naturales renovables se deben imponer a las actividades económicas. Con esta nueva ley aparecieron nuevas disposiciones que han afectado al sector minero, entre estas se encuentran: 1) Licencias ambientales, 2) Póliza de cumplimiento, la cual exige la restauración o sustitución morfológica y ambiental de todo el suelo intervenido con la explotación, 3) Audiencias públicas, 4) Tasas retributivas y compensatorias, donde las empresas mineras deberán pagar por la

utilización de la atmósfera, del agua y del suelo, además deberán invertir económicamente para la recuperación y preservación de la cuenca hidrográfica (Hernández, 1996).

Actualmente, el DAMA como entidad competente dentro del perímetro urbano del Distrito Capital, exige la presentación del Plan de recuperación morfológica y Ambiental (PRMA) para efectuar la recuperación de aquellas áreas donde se realiza la extracción de materiales (Delgado & Mejía, 2002).

3.1.2. Situación minera en Bogotá

Hoy por hoy dentro del perímetro urbano de Bogotá se identifican 144 predios, donde existe o existió actividad minera, de los cuales la mayor concentración se localiza en los Cerros Surorientales, particularmente en las localidades de Usme con 39, Rafael Uribe con 30 y San Cristóbal con 19. También se registran explotaciones mineras en la localidad de Ciudad Bolívar con 33 predios, la localidad de Usaquén con 16 y Tunjuelito con 7 (Delgado & Mejía, 2000).

Según Delgado & Mejía (2000), el tamaño de las actividades extractivas, de acuerdo con los rangos de minería definidos por el Ministerio de Minas, corresponde en gran proporción a pequeñas explotaciones con el 73%, un 17% a mediana minería y el 10% representa la gran minería que se lleva a cabo principalmente en la localidad de Tunjuelito.

3.1.3. Industria minera en la localidad de Usaquén

En la localidad de Usaquén, sector nororiental de la ciudad de Bogotá, entre las calles 127 y 180, varios predios son explotados desde hace varias décadas, para extraer el material que aflora en este sector de los Cerros Orientales, constituido por cuatro

unidades geológicas, aptas para la producción de materiales de construcción (Delgado & Mejía, 2000).

Según Delgado & Mejía (2000), en respuesta a la alta demanda de materiales de construcción, en la localidad de Usaquén se ha efectuado una intensa actividad extractiva, desde hace más de 30 años. Esta actividad se desarrolla con métodos poco tecnificados, lo que ha generado altos impactos ambientales y grave deterioro a los Cerros nor-orientales. Actualmente, se identifican 16 actividades extractivas en jurisdicción del DAMA, de las cuales siete se encuentran activas, cinco inactivas y cuatro abandonadas.

3.2. Disturbios: eventos modificadores del ecosistema

Todas las comunidades naturales se caracterizan por dos aspectos importantes. Primero por ser sistemas dinámicos (sus poblaciones cambian en el tiempo y en el espacio) y segundo, por ser heterogéneas. Esta heterogeneidad esta dada por el tipo de disturbio, que además es un agente de selección natural en la evolución de las historias de vida de todas las comunidades (Sousa, 1984).

Los disturbios han sido abordados por varios investigadores principalmente desde finales de la década de los 70 del siglo pasado. Mientras Grime (1979) lo definió como el conjunto de mecanismos que restringe el aumento de biomasa en las plantas y puede causar su destrucción parcial o total; Sousa (1984) expone que un disturbio es un desplazamiento o daño discreto, que mata puntualmente, a uno o más individuos y crea directa o indirectamente una oportunidad para los nuevos individuos que comienzan a establecerse. De otra parte White & Pickett (1985) explican que son eventos relativamente discretos en el tiempo que rompen la estructura del ecosistema, comunidad o de la población, y además producen cambios en los recursos, en la disponibilidad de sustratos y en el ambiente. De igual manera, Forman & Godron (1986) exponen que los disturbios generan un aumento en la

diversidad de especies, la disponibilidad de energía, cambios en la biomasa y en la organización vertical y horizontal de las especies.

Los procesos físicos y biológicos actúan como agentes de disturbio. Los primeros están relacionados con el fuego, las inundaciones, las sequías y los deslizamientos; y los agentes biológicos tienen que ver con las conductas de predación y por el desplazamiento de organismos, entre otros (Sousa, 1984).

Los eventos de disturbio se pueden clasificar de diferentes maneras: 1) de acuerdo a la causa en: antrópicos o naturales, 2) la extensión, 3) la magnitud: grandes, medianos o pequeños, 4) la frecuencia: abruptos o graduales y 5) la predecibilidad (Sousa, 1984; Turner *et al.*, 1998, Barrera & Ríos, 2002).

3.3. La minería a cielo abierto como un tipo de disturbio

La mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son en mayor o menor medida agresivas para la naturaleza. La minería ha sido históricamente una de las actividades que ha causado más degradación debido, a que en todos los proyectos de explotación de materiales se retira la capa vegetal y la capa de suelo fértil para dejar expuestas la roca que se va a explotar, lo que genera la pérdida de todos los compartimentos del ecosistema (Vadillo, 1991; Correa, 2000).

Para reducir los impactos generados por la remoción del suelo y de la vegetación en las áreas donde se desarrolla esta actividad, es importante almacenar la capa fértil del suelo para posteriormente a la explotación extenderla y acelerar la colonización de la vegetación y de la fauna y así recuperar más rápidamente estas áreas altamente degradadas (Vadillo, 1991).

3.3.1. Impactos ambientales generados por la industria extractiva

La minería a cielo abierto, desde el punto de vista económico, ocupa el primer lugar en la industria de la construcción, porque genera la mayor parte de los materiales necesarios para satisfacer las necesidades de las ciudades; sin embargo el proceso intenso de explotación de materiales, produce varios impactos negativos sobre el medio ambiente. Entre los impactos más notorios están los siguientes (Vadillo, 1991; Correa, 2000):

Impacto atmosférico: La contaminación del aire se debe a la presencia de partículas sólidas como polvo debido al incremento del tránsito automotor (maquinaria) y por la emisión de gases que estos producen. Además, al retirar la capa del suelo y la capa vegetal en época de verano las partículas sueltas son levantadas, lo cual causa enfermedades respiratorias a las personas que viven cerca de las canteras.

Impacto sobre el agua: Se incrementan los sólidos suspendidos en el agua principalmente en invierno debido a que las fuertes precipitaciones arrastran los sedimentos de los patios de acopio con grasas y combustibles de la maquinaria ocasionando taponamiento de las redes de alcantarillado lo que causa encharcamientos e inundaciones.

Impacto sobre el suelo y la vegetación: Para realizar la explotación se retira la capa orgánica por consiguiente se elimina la cobertura vegetal, lo cual genera la pérdida de especies endémicas del área.

Impacto sobre la fauna: La fauna depende directamente de la vegetación para su alimentación y refugio, por lo tanto al retirar la capa vegetal se retira la fauna, obligándola a ocupar sitios de dominio de otras especies en los ecosistemas vecinos.

3.4. Los disturbios y la fauna

Se ha estudiado poco sobre las influencias directas o indirectas de los disturbios en los animales, debido a que no es tan fácil de observar y de medir como en los organismos sesiles. Sin embargo, los disturbios físicos como las sequías, las inundaciones pueden ejercer indirectamente un fuerte impacto negativo sobre las poblaciones de animales. Por ejemplo la falta de un recurso vital para estos puede producir la muerte de un gran número de organismos o incluso cuando la falta de un recurso no causa alta mortalidad, los individuos que permanecen en el área pueden experimentar un aumento en la competición intra e interespecífica (Sousa, 1984).

Otra consecuencia indirecta que causan los disturbios sobre las poblaciones de animales esta dado por los efectos que ejercen sobre la composición y estructura de la vegetación, ya que transforman sus comunidades dentro de un mosaico de diferentes estados sucesionales, lo cual produce cambios en la complejidad estructural y en la composición de la vegetación lo que afecta los requerimientos básicos de la fauna (Sousa, 1984).

3.4.1. Respuestas de las poblaciones de insectos a los disturbios

Los disturbios influyen en las densidades de las poblaciones de insectos, frecuentemente a través de los cambios en la condición del hábitat, de manera que influyen en las interacciones y procesos de las poblaciones, comunidades y en el ecosistema a nivel de organización (Schowalter, 1985).

Según Schowalter (1985) las especies de insectos responden de manera diferente a la dinámica de los disturbios, dependiendo de su relativa habilidad para localizar y explotar los parches disturbados. Algunos insectos están particularmente adaptados a explotar los parches disturbados, mientras que otros son virtualmente eliminados por

los disturbios. Los principales factores que gobiernan estas respuestas son: la dispersión, la selección del hábitat y la cantidad y calidad del recurso.

La proporción y dirección del desarrollo de la comunidad son funciones primarias de la frecuencia y severidad del disturbio. Los disturbios menos severos cambian la relación de la densidad de las especies, mientras que los disturbios más severos previenen el desarrollo extenso de la comunidad y a menudo reinician la sucesión. La secuencia del establecimiento, la proliferación y la disminución de especies vegetales determinan la secuencia del establecimiento, proliferación y la disminución de especies de insectos. Los cambios en el hábitat, la abundancia y la condición a través del tiempo y espacio producen cambios en la dominancia de especies de insectos como en la vegetación. (Schowalter, 1985).

La composición de las comunidades de insectos cambia con el estado sucesional de la vegetación. La densidad de las poblaciones y la riqueza de las especies de animales frecuentemente disminuyen en los últimos estados sucesionales, tendencia similar que se observa en la vegetación. Algunas especies, sin embargo, llegan a ser más abundantes en los últimos estados sucesionales. Todo esto refleja la respuesta específica de las especies de insectos a los cambios en la estructura y composición, disponibilidad de alimento y a las interacciones interespecíficas que van acompañadas de los cambios sucesionales en las comunidades de las plantas (Sousa, 1984).

3.5. Fauna Edáfica

La fauna edáfica o del suelo está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie del suelo o debajo del suelo. Para vivir en el suelo, los organismos edáficos han tenido que adaptarse a tres limitaciones principales, como son: la baja calidad de fuentes de alimentación, condiciones microclimáticas no

favorables y al movimiento en el limitado y discontinuo espacio de los poros en el suelo (Lavelle *et al.*, 1994; Lavelle *et al.*, 1995; Brown *et al.*, 2001).

3.5.1. Clasificación de la fauna edáfica

La fauna edáfica se puede clasificar por su tamaño corporal, preferencia por su hábitat y por la actividad que realiza. Diversos autores (Malagon *et al.*, 1995; Lavelle *et al.*, 1994; Fragoso *et al.*, 2001) plantean que de acuerdo a su tamaño los organismos edáficos se pueden clasificar como:

a). Microfauna: Constituida por los invertebrados que viven en el agua que esta libre en el suelo, son usualmente microdepredadores de microorganismos. Su tamaño es menor de 0.2 mm. Protozoos y nemátodos son los más representativos. Son importantes en el ciclo de nutrientes en la rizosfera.

b). Mesofauna: Comprende microartropodos (colembolos, acaros) y pequeños oligoquetos como enquitreidos. Su tamaño promedio es de 0.2 a 2 mm. Son típicos habitantes de la hojarasca de la cual se alimentan y pueden tener un significativo impacto positivo sobre esta y la dispersión de esporas de hongos.

c). Macrofauna: Son grandes invertebrados con un tamaño superior a 2 mm (lombrices, grandes insectos). Pueden romper el suelo y modificar su estructura a través de sus movimientos y su comportamiento alimenticio. Son los “ingenieros del ecosistema” debido a que pueden transportar y mezclar suelo, recursos orgánicos en el perfil del suelo y crear diversas estructuras.

La macrofauna puede subdividirse de acuerdo a su función en organismos epígeos, endógeos y anécicos. Los epígeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca y los otros comen plantas vivas y son predadores

del resto de la fauna. La función primordial de los epígeos es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición (Brown *et al.*, 2001).

Los endógeos representados principalmente por las lombrices de tierra (geófagas, ingieren suelo) y los termes viven en el suelo y se alimentan de materia orgánica y raíces. Producen amplias galerías y abundantes excretas, debido a la gran cantidad de alimento que deben ingerir por la baja calidad de recursos nutritivos. Las estructuras como galerías pueden tener efectos significativos como la infiltración del agua, la agregación del suelo o la resistencia a la erosión.

Los organismos anécicos, representados por las lombrices de tierra, termes y las hormigas, se alimentan principalmente de la hojarasca de la superficie, pero viven en el suelo formando redes semipermeables de galerías. Su principal papel está en la reubicación de la hojarasca, cambiando la dinámica de su descomposición y su distribución espacial (Lavelle *et al.*, 1995; Brown *et al.*, 2001).

3.5.2. Funciones de la macrofauna

De acuerdo con Amat & Soto (1988), las principales funciones de la macrofauna y su importancia edáfica son:

- La fragmentación mecánica y desintegración de los residuos orgánicos, optimización de la degradación microbiana y, por consiguiente, la rápida incorporación de materia orgánica al suelo.
- Los procesos de digestión-excreción de la fauna que dan como resultado la síntesis de materiales húmicos y las formas disponibles para las plantas, así como también la mezcla de la fracción orgánica con la mineral del suelo.

- La movilidad vertical y horizontal de la macrofauna, que inciden en ciertas propiedades físicas del suelo.
- La producción de microflora intestinal como factor que permite el enriquecimiento microbiológico y a su vez un aumento de la fertilidad edáfica.

3.5.3. Grupos de insectos edáficos

Dentro de la clase insecta se encuentran órdenes como Dermaptera, Trichoptera, Neuroptera y Thysanura que debido a su esporádica distribución y baja densidad, se registran pocas veces como miembros activos e importantes de la fauna del suelo; los órdenes Orthoptera, Hemiptera, Homoptera y algunos Lepidoptera ejercen, una influencia muy marcada en el suelo. El grupo de insectos más consistente y mejor representado en el medio edáfico esta integrado por los órdenes Collembola, Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Isoptera y algunos Lepidopteros (Malagon *et al.*, 1995).

3.5.4. Orden Coleoptera

Los Coleópteros llamados comúnmente “escarabajos”, constituyen el grupo más numeroso donde se han descrito cerca de 400.000 especies que corresponden al aproximadamente el 40% de los hexápoda. Han colonizado todos los medios (la tierra, el aire y el agua) aunque muestran una especial atracción por los medios edáficos y por el aprovechamiento de la materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo. También existen grupos muy amplios de Coleópteros asociados con árboles, arbustos o diversas plantas herbáceas. Algunas familias son acuáticas, otras incluyen formas semiacuáticas (Burges & Raw, 1971; De la Fuente, 1994; Malagon *et al.*, 1995).

Los Coleópteros presentan diferentes gremios tróficos (Borror, *et al.*, 1989; Jaillier, 1999; Barberena & aide, 2003), entre los que se encuentran:

- Familias fitófagas: Curculionidae, Chrysomelidae, Cerambycidae, Scolytidae, Tenebrionidae, entre otras.
- Familias predadoras: Staphylinidae, Carabidae, Pselaphidae, Scydmaenidae, Cucujidae, Cicindelidae y Coccinellidae.
- Familias saprofagas: Scarabaeidae, Silphidae, Elateridae, Anthicidae, Nitidulidae e Hydrophilidae.

Las especies de Coleópteros presentan numerosas formas que de una u otra manera, cooperan en la formación del suelo, debido a que sus estados inmaduros y adultos modifican el suelo al abrir túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación; la construcción de galerías por dichos organismos incorporan materia orgánica en horizontes inferiores. Además, los materiales excretados por los coleópteros aumentan los niveles de fósforo y potasio aprovechables en la relación suelo-planta (Malagon *et al.*, 1995). Sin embargo, existen factores como es el tamaño de los espacios de los poros existentes, que influyen para que estos individuos estén presentes en el suelo; también la densidad de la colonización de las especies que no son excavadoras se ve afectada por este factor (Kuhnelt *et al.*, 1976).

Otros factores importantes son: a) la humedad, la cual afecta mas a las larvas que a los estados adultos b) la profundidad, debido a que debajo de 10 cm disminuye enormemente el número de individuos y c) el contenido de materia orgánica, importante debido a que es el alimento de los organismos. (Kuhnelt *et al.*, 1976).

4. Planteamiento del problema

La cantera Soratama fue explotada, desde finales de la década de los cincuenta del siglo pasado, durante aproximadamente treinta años, con métodos mecanizados pero poco tecnificados, lo que generó la pérdida de todos los componentes del ecosistema, como son el suelo, la vegetación y la fauna. Sin embargo, no todas las zonas de la cantera fueron alteradas de la misma manera durante el proceso de la explotación, de ahí que se puedan observar dentro de la cantera áreas con diferente condición de abandono como son: 1) una zona descapotada, es decir, la zona donde se retiró la capa orgánica, 2) una zona donde fueron depositados los materiales sin valor económico en el proceso de explotación y 3) un relicto de bosque altoandino como producto de la explotación. Además se escogió como sitio de referencia un bosque adyacente a la cantera, ya que esta área fue la menos alterada por la extracción de materiales.

Debido a que la cantera Soratama presenta áreas con diferente condición de abandono por los cambios producidos en el suelo y en la vegetación a causa de la extracción de materiales a cielo abierto, es importante conocer la composición y abundancia de la comunidad de Coleópteros, ya que estos organismos se ven afectados porque no encuentran las condiciones necesarias para sobrevivir, reproducirse, por lo tanto, no solo se ve afectada la riqueza de las especies sino también su composición original, debido a que en las áreas altamente alteradas llegan especies exóticas que desplazan a las especies nativas, y además se pierden ciertas funciones ecológicas que estos organismos cumplen en el ecosistema porque hay un reemplazo, migración o extinción de especies; por lo tanto los coleópteros pueden ser utilizados como indicadores del ecosistema, ya que responden rápidamente a cambios ambientales producidos por actividades humanas (Kremen *et al.*, 1993; Hill, 1995; Escobar & Medina, 1996; Jansen, 1997; Amézquita *et al.*, 1999; Gibbs & Stanton, 2001; Amézquita & Rodríguez, 2001).

5. Pregunta de Investigación

¿Como difiere la composición y abundancia del ensamblaje de Coleópteros en áreas que presentan diferente condición de abandono en la cantera Soratama?

6. Justificación

Los Cerros Orientales de Bogotá fueron declarados Reserva Forestal Protectora en 1977 por el Inderena que para esa época era la institución responsable del manejo de los recursos naturales del país, debido a su gran importancia ya que forman una barrera natural que circunda a la ciudad en su costado oriental y que evitan el crecimiento de la ciudad hacia el oriente y por presentan gran variedad de zonas de preservación de hábitat para la flora y fauna nativa. Además, hacen parte del sistema regulador del clima, ya que influyen en el control de la dirección e intensidad de los vientos y en los niveles de precipitación. También son la base del sistema hídrico de la ciudad, porque de estos nacen muchas quebradas y corrientes superficiales que unidas dan lugar a importantes afluentes del río Bogotá.

Sin embargo, una buena parte de los Cerros Orientales han sido afectados por una gran variedad de intervenciones antrópicas, como es el caso de la industria extractiva, en la que una gran parte de las explotaciones no han sido planeadas, ni realizadas técnicamente, lo que ha generado varios problemas como: a) la inestabilidad y desprendimientos de rocas por las fuertes pendientes de los taludes y b) la pérdida de todos los compartimentos del ecosistema (suelo, vegetación y fauna). Todo esto hace que la recuperación natural de estos ecosistemas sea muy lenta.

En los Cerros de Bogotá se lleva acabo una intensa extracción de materiales como consecuencia del rápido crecimiento de la ciudad, esta actividad se localiza principalmente en las estribaciones de los Cerros Orientales norte, sur, Cerros Suroccidentales y en el Valle del río Tunjuelito (Delgado & Mejía, 2002).

Los insectos se ven afectados por este tipo de disturbio, debido a que no encuentran las condiciones necesarias para vivir y desarrollarse, ya que se pierde la vegetación y el suelo. Los Coleópteros pueden ser una herramienta útil para informar sobre la heterogeneidad de un hábitat, debido a su pequeño tamaño, abundancia, ciclos generacionales cortos y su sensibilidad a variaciones ambientales. Además ocupan una gran variedad de nichos funcionales y microhábitats; por lo tanto el monitoreo de este grupo puede proveer avisos sobre cambios ecológicos y pueden ser usados para investigar la relación que existe entre estos y el grado de alteración del hábitat (Kremen *et al.*, 1993; Jansen, 1997; Amézquita & Rodríguez, 2001).

Debido a que poco se conoce sobre este tema, se pretende realizar un acercamiento sobre la respuesta de varias familias del orden Coleoptera al disturbio en la Cantera Soratama, la cual fue abandonada aproximadamente hace diez años y la cual presenta áreas muy pequeñas y con diferente condición de abandono.

7. Objetivos

7.1. Objetivo General

Evaluar las diferencias del ensamblaje de Coleópteros a través del tiempo en áreas con diferente condición de abandono en la Cantera Soratama.

7.2. Objetivos Específicos

Identificar la composición y abundancia del ensamblaje de Coleópteros presentes en el suelo en áreas con diferente condición de abandono en la Cantera Soratama.

Analizar las diferencias en la composición y abundancia del ensamblaje de Coleópteros existentes en el suelo en áreas con diferente condición de abandono en la Cantera Soratama.

Identificar los gremios tróficos del ensamblaje de Coleópteros presentes en el suelo en cada una de las áreas con diferente condición de abandono.

8. Marco Geográfico

8.1. Localidad de Usaqué

Esta localidad esta ubicada en el sector nor-oriental de Bogotá, sus límites son: al sur la calle 100, al occidente el eje principal de la autopista norte y al norte y oriente sus límites son el municipio de Chía y la Calera respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de las localidades de Bogota.

8.1.1. Geología

En el área afectada por actividad extractiva, se identifican principalmente las unidades geológicas del Grupo Guadalupe, consideradas desde hace muchos años, como aptas para la producción de diferentes materiales de construcción. De los

bancos de areniscas de diferentes características de dureza, color y tamaño se extrae la arena de peña y arena de trituración y grava. Las interestratificaciones de limolitas, lodolitas y arcillolitas son utilizadas como material de recebo para afirmados. La piedra o bloque de arenisca también es usada en construcción (Delgado & Mejía, 2000).

Las principales unidades de rocas explotadas corresponden a las cuatro formaciones del Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners, Formación Arenisca de Labor y Formación Arenisca Tierna (Delgado & Mejía, 2000).

8.1.2. Geomorfología

En el área de la localidad de Usaquén se reconocen dos unidades geomorfológicas claramente diferenciables (Delgado & Mejía, 2000):

1). Zona plana a suavemente ondulada: Constituida por una llanura cuaternaria de origen fluviolacustre, cuyos sectores planos más bajos están formados por depósitos aluviales del río Bogotá.

2). Zona montañas de formaciones sedimentarias de rocas arenosas, duras y resistentes a la erosión y por rocas arcillosas con edades desde el cretáceo superior hasta el terciario.

8.1.3. Suelos

Los suelos en el área de la localidad de Usaquén, se han clasificado en dos grandes grupos, acordes con la geomorfología de la zona (Delgado & Mejía, 2000); Un grupo ubicado en la zona plana, hacia los sectores norte y nor-occidental de la localidad, esta constituida por importantes depósitos de las series Tibaitatá y Bogotá.

Los suelos de la serie Tibaitatá presentan drenajes moderados, diferentes espesores, desde pocos profundos hasta profundos y ligeramente ácidos. Los suelos de la serie Bogotá presentan drenajes deficientes material parental arcilloso y ligeramente ácido.

El otro grupo de suelos presentes en la zona montañosa, lo componen los suelos de la serie Monserrate, Cabrera- Cruz Verde y Bojacá.

Las series Monserrate y Cabrera – Cruz Verde, se presenta en las zonas mas escarpadas y pendientes (30-75%). Son los suelos derivados principalmente de las areniscas y plaeners, son bastantes superficiales, de baja fertilidad, ácidos y con altas concentraciones de aluminio. La serie Bojacá, se presenta en áreas con precipitaciones muy regulares y clima seco. El material parental esta conformado por arcillas, por tanto presenta horizontes argílicos y sódicos. Son superficiales, bien drenados y presentan una delgada capa vegetal (Delgado & Mejía, 2000).

Por otra parte, los suelos del área intervenida por la minería en Usaquén son básicamente de dos tipos (Delgado & Mejía, 2000):

1). Suelos de Coluvios: En las partes medias y bajas, con predominio en los sectores occidentales del área. Fisiográficamente corresponden a pequeños valles o áreas de depresión a una altitud poco mayor al piso de la Sabana de Bogotá, presentando bloques de areniscas y limolita de diferente tamaño.

2). Suelos de Colinas: Entre las cotas 2700-3100 m.s.n.m en el área se localizan en la parte más oriental, su espesor es variable y presenta bloques de arenisca de diferente tamaño distribuidos sobre su superficie, fueron utilizados para la ganadería y agricultura.

8.1.4. Sistema Hídrico

Las corrientes superficiales de los Cerros Nor- Orientales son típicas quebradas de alta montaña, de áreas reducidas (un promedio de 2 Km²), con pendientes pronunciadas que oscilan entre el 12% y el 50%, de corto trayecto y cuyo nacimiento esta en la zona del subpáramo o páramo húmedo de la vertiente occidental de la cordillera oriental (Delgado & Mejía, 2000).

Para la zona montañosa de Usaquéen corre gran número de corrientes, dentro de las cuales las más importantes son: las quebradas Torca, la Floresta, la Cita, San Cristóbal, Delicias del Carmen, Contador, la Chorrera, el Canal Callejas de la calle 117, más numerosas escorrentías como el afluente de la quebrada San Cristóbal (Delgado & Mejía, 2000).

8.1.5. Clima

El clima de Usaquéen es frío, subhúmedo, con una clara tendencia a la sequía, la cual aumenta en dirección sur y sur occidente. Los vientos son de baja intensidad, sin embargo son frecuentes las heladas (Delgado & Mejía, 2000).

En cuanto a la precipitación según la estación la Torca (Cr.7 con 220) se registran rangos promedio de 1220 mm. Las precipitaciones son bastantes significativas en cuanto a duración e intensidad, con una variabilidad interanual alta y régimen bimodal, con períodos más lluviosos entre septiembre y noviembre y períodos más secos de diciembre a febrero (Delgado & Mejía, 2000).

La humedad relativa promedio es de 78%, en los meses lluviosos oscila entre 84%-87% y en los meses secos entre 68%-74%. La temperatura media multianual es de 14°C, con variaciones anuales inferiores a un grado, y con tendencia a un régimen bimodal. En los meses secos se registran variaciones de temperatura muy altas con

valores máximos en el día de 27°C y mínimos en la madrugada 4°C (Delgado & Mejía, 2000)

8.1.6. Vegetación

La vegetación de la localidad esta determinada por dos zonas de vida según los pisos altitudinales y la zonificación bioclimática (Delgado & Mejía, 2000):

1). Zona de Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB): Esta ubicada en el piso térmico de tierra fría con precipitación promedio de 1160 mm/año, y temperatura promedio de 13°C, desciende hasta una altura de 2800 m.s.n.m.

2). Zona de Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M): Ubicada en el piso térmico de transición a páramo o subpáramo con temperaturas entre 6 y 12°C. Con fenómenos de heladas y vientos, se presenta desde los 2800 m.s.n.m y se manifiesta en el terreno por aparición de vegetación de páramo (frailejón y escobo).

En la localidad las asociaciones vegetales más importantes son: chuscal, olival, encenillal, frailejonal y pajonal.

En la zona de extracción minera, la vegetación existente corresponde a arbustiva de tipo secundario con muy pocas especies pertenecientes al paisaje original (Delgado & Mejía, 2000).

En general, la vegetación de Usaquén ha sufrido profundas alteraciones, de tal manera que los relictos de vegetación autóctona que se pueden encontrar, se caracterizan por el predominio de especies pioneras de crecimiento rápido como el chusque, algunos bejucos y las gramíneas de gran tamaño (Delgado & Mejía, 2000).

8.1.7. Fauna

Los grupos más abundantes e importantes son los de las aves, pequeños mamíferos e insectos. Entre los insectos se encuentran, los insectos apterigotos como colémbolos y dipluros. También se pueden encontrar otros insectos como tijeretas, cucarachas y algunos tipos de grillos, además estados juveniles o larvas de escarabajos “chizas”, escarabajos adultos y muchas especies de moscas. La mayor parte de estas especies habitan en los bosques y rastrojales de los alrededores de la ciudad, encontrando en la montaña un hábitat más apropiado para su resguardo y protección (DAMA, 2002).

Las especies mas afectadas son los mamíferos propios de alta montaña, en especial los grupos insectívoros y las especies de gran tamaño como: el oso de anteojos, el venado de páramo, tigrillo, jaguar, puma y zorro

Otro grupo bastante vulnerable lo constituyen las especies de herpetofauna, aunque la reducción paulatina de su hábitat es una creciente restricción a su desarrollo y reproducción. Dentro de este grupo las especies mas amenazadas son los anfibios y los lagartos arborícolas de alta montaña (Delgado & Mejía, 2000).

8.2 Cantera Soratama

8.2.1. Localización

La cantera Soratama esta ubicada en los Cerros nor-orientales de la ciudad, arriba de la carrera séptima con calle 167 entre la cota de los 2810 y 2930 m.s.n.m y entre las coordenadas 10°69'00''E y 11°60'00'' N, dentro de la localidad de Usaquén, con un área aproximadamente de 5.8 ha (Correa & Correa, 2003).

8.2.2. Aspectos generales

El acceso a la cantera se hace por una vía de pendientes fuertes con curvas pronunciadas que atraviesan el barrio Soratama desde la Avenida Séptima hasta la cantera, con una longitud de 1900 m (Correa & Correa, 2003).

Esta cantera comenzó su explotación en el año 1965 y su cierre se dio en el año 1995. Para el año 1998 el Distrito adquiere la administración de este predio, es decir la cantera presenta 10 años de abandono (Correa & Correa, 2003). En la cantera se diferencian tres zonas según la condición de abandono (Sánchez *et al.*, 2003) (Anexo 1).

1). Zona descapotada (ZD)

La zona descapotada, se encuentra ubicada en la parte central de la cantera, entre las cotas 2850- 2860 m.s.n.m. con una pendiente de 15°; se caracteriza por presentar una topografía variada (pendientes suaves a abruptas) y drásticamente intervenida, debido al retiro de la capa superficial del suelo, sin embargo, esta área no fue explotada (Figura 2).



Figura 2. Panorámica de la zona descapotada en la cual se observa el alto grado de intervención, debido a que se retiró la capa superficial del suelo para ser explotada.

El substrato presente es de textura Arenosa, con pH muy ácido (5.4) y un porcentaje de materia orgánica de 0.05%.

La vegetación en este sitio es incipiente pero contiene varias especies comunes de páramo como: la paja de páramo (*Calamagrostis* sp), la espadilla (*Orthrosantus chimboracensis*) y la uva de anis (*Cavendishia cordifolia*).

2). Zona de depósito de estériles (ZA)

La zona de depósito de estériles es conocida, por ser el antiguo lugar de vertimiento de escombros provenientes de la labor de extracción en la cantera. Esta zona se encuentra en la parte baja de la cantera, entre las cotas 2810 y 2845 m.s.n.m encontrándose la cota más baja en límites con el barrio Soratama (Figura 3).



Figura 3. Panorámica de la zona de depósito de estériles, donde se observa vegetación arbustiva.

Esta zona presenta geoformas de relieve suave a moderado, la pendiente oscila entre los 8°-15° aproximadamente, con taludes laterales de pendientes altas en las áreas conformadas por escombros de excavación y botaderos.

Se caracteriza por sus suelos de textura Franca- Arenosa, consecuencia del material parental de la Formación Guadalupe, por consiguiente presenta baja capacidad de retención de agua, adicionalmente las geoformas existentes, acentúan el proceso de erosión y cárcavamiento. Presenta un pH muy ácido (5.4) lo que causa la solubilidad de muchos nutrientes que son lixiviados por el agua y la deficiencia de elementos como Magnesio y Boro.

Es muy deficiente en materia orgánica (1.72%) con bajos contenidos de nitrógeno (0.08%), lo que genera una baja disponibilidad de nutrientes y por consiguiente un crecimiento lento de las plantas; la relación Carbono- Nitrógeno es de 13.75%

definida como baja a media, lo que determina la disminución en el número de microorganismos en el suelo, necesarios para el reciclaje de nutrientes.

La vegetación presente se caracteriza por presentar especies de ecosistemas de paramo y subpáramo como: la espadilla (*Orthrosantus chimboracensis*) , el chite o escobo (*Hypericum juniperinum*), la paja de páramo (*Calamagrostis* sp), el laurel hojipequeño (*Myrica parvifolia*) y la uva de anís (*Cavendishia cordifolia*) entre otras, y unos pastos no nativos muy dominantes como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y la falsa poa (*Holcus lanatus*)

3). Zona de vegetación nativa de bosque altoandino (ZB)

Esta zona se encuentra ubicada en la parte alta de la cantera entre las cotas 2900-2920 m.s.n.m. Este relicto se caracteriza por la presencia de una cobertura arbustiva nativa, este relicto es uno de los pequeños remanentes del bosque altoandino que ha resultado más fragmentado como consecuencia de la extracción de materiales. La zona se encuentra influenciada por fuertes vientos, radiación solar, e inestabilidad del terreno en la parte baja, como consecuencia de la proximidad a la cornisa de la cantera (Figura 4).

Esta zona presenta un relieve con pendientes entre 10° en la ladera y 20° cerca de los escarpes de roca. El proceso morfodinámico que la caracteriza, es la erosión laminar y en surcos en superficies desprovistas de vegetación, además, hay problemas de compactación del suelo. El relicto de bosque nativo favorece que haya mejores condiciones edáficas en toda el área de estudio.



Figura 4. Panorámica del relicto de bosque altoandino, donde se observa vegetación arbórea y arbustiva de bajo porte.

Esta área presenta suelos con textura Arenosa - Franca, con presencia de cobertura vegetal estratificada. El pH es fuertemente ácido (4.5), lo que incide sobre la solubilidad de los nutrientes del suelo, los cuales pueden ser lixiviados fácilmente. Presenta un contenido de materia orgánica medio (5.17%), se observa la presencia de una gran cantidad de necromasa al interior del bosque, que por procesos de humificación realizados por microorganismos permiten modificar las propiedades de los suelos arenosos potenciando la fertilidad natural y proporcionando nutrientes. El porcentaje de nitrógeno (0.23%), se acerca al valor medio establecido, resultado que confirma que la presencia de humus favorece la producción de nitrógeno para las plantas, permitiendo un mejor desarrollo de ellas.

Es un relicto de vegetación arbórea y arbustivas de bajo porte, las especies arbustivas mas comunes son la uva de anís (*Cavendishia cordifolia*) y el blanquillo (*Eupatorium angustifolium*) y herbáceas como el zarcillejo (*Syphocampilus columnae*).

Además de estas tres áreas se tomo un sitio de referencia que es el bosque adyacente a la cantera.

Este bosque esta ubicado en el costado nor-oriental de la cantera, a una altura entre 2794 - 2800 m.s.n.m. El suelo presenta un pH fuertemente ácido de 4.4 y un porcentaje alto de materia orgánica de 23.79.

Es un bosque semiabierto con vegetación de porte alto se desarrolla sobre pendientes muy fuertes desde 32° hasta 65°. Las especies arbóreas más comunes son: una especie de tuno (*Miconia* sp.), el gaque o cucharo (*Clusia multiflora*) y el encenillo (*Weinmannia tomentosa*), y entre las especies herbáceas se encuentran varios helechos y *Peperomia* sp., entre otras (Figura 5).

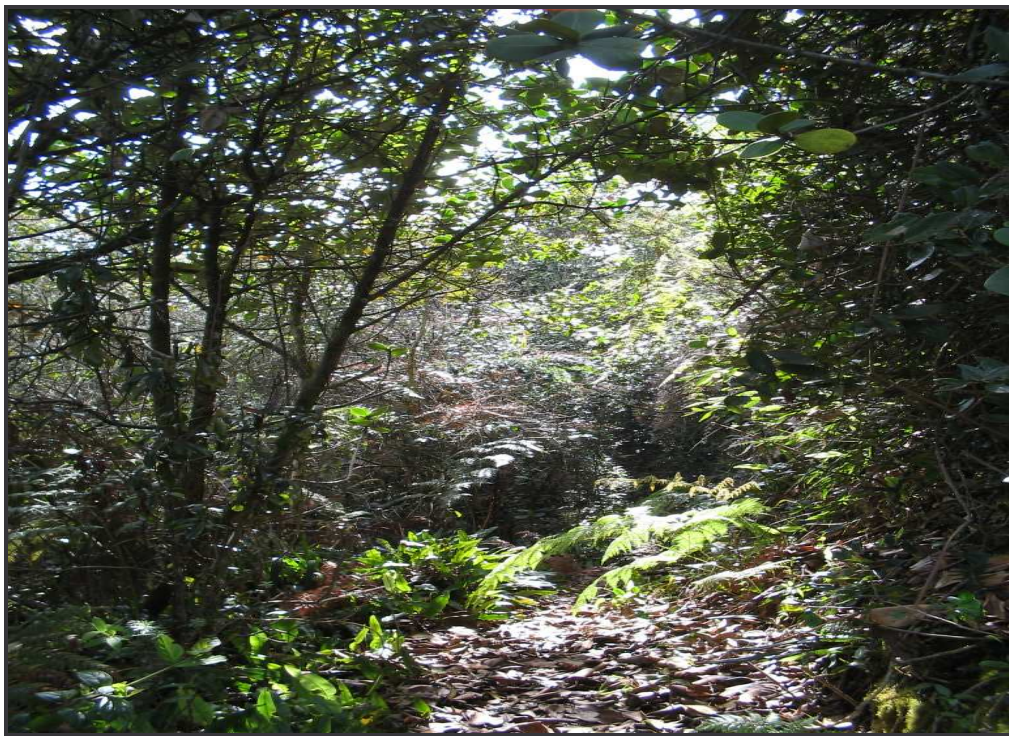


Figura 5. Panorámica del bosque adyacente a la cantera Soratama, donde se observa vegetación de mayor porte.

9. Métodos

9.1. Métodos en campo

Para definir la composición y abundancia del ensamblaje de Coleópteros se tomaron tres áreas de la cantera Soratama: 1) un relicto de bosque altoandino, 2) una zona de depósito de estériles, 3) una zona descapotada. Además se tomo un bosque adyacente a la cantera como sitio de referencia. Estas áreas se escogieron porque cada una presenta diferente tipo de vegetación y tipo de suelo; como consecuencia de la condición de abandono.

Para la captura de los Coleópteros adultos se realizaron cuatro transectos de veinte metros cada uno en cada una de las áreas. En cada transecto se colocaron once trampas pitfall o de caída, separadas cada dos metros entre si, para un total de cuarenta y cuatro trampas por zona (Figura 6).

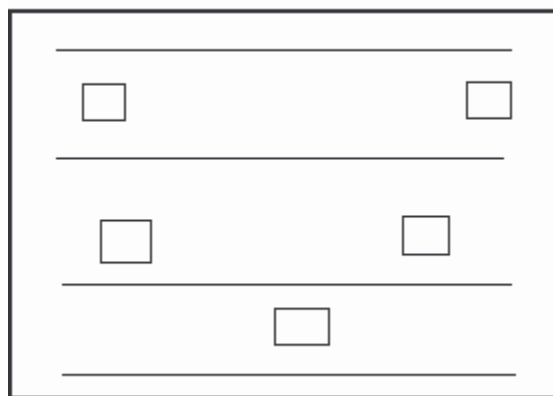


Figura 6: Posición de las trampas colocadas en cada área de muestreo. Transecto: —; muestra de suelo (apique) □

Las trampas pitfall constan de un vaso desechable de 250 ml con un contenido de agua y jabón enterrado a ras del suelo (Figura 7). Las pitfall fueron colocadas cada tres meses. Este procedimiento se realizó durante diez meses divididos en dos

periodos lluviosos y dos periodos secos, debido a que en el trópico se han reportado cambios estacionales en la abundancia de las especies con un pico durante la estación lluviosa y un notable descenso durante la estación seca (Frith & Frith. 1990; Escobar & Medina, 1996).



Figura 7. Ubicación de la trampa pitfall a nivel del suelo.

Las trampas pitfall en cada uno de los muestreos se recogieron cuarenta y ocho horas después de haber sido colocadas. Posteriormente el contenido de cada trampa fue colocado en un frasco plástico debidamente marcado para su análisis en el laboratorio.

Con el propósito de coleccionar los estados inmaduros del ensamblaje de coleópteros se hicieron apiques, que son muestras de la capa superficial del suelo. El método consiste en tomar un volumen de suelo de 20 x20 x30 por medio de un barreton a dos profundidades (0 – 15 cm) y (15 – 30 cm), con cinco repeticiones (Figura 6), en cada una de las cuatro áreas de muestreo. Las muestras de suelo se depositaron en bolsas plásticas que fueron debidamente marcadas y cerradas herméticamente, para posteriormente ser llevadas al laboratorio. Esto se realizó a la par con el muestreo de las pitfall (Chamorro, 1990).

9.2. Métodos de laboratorio

El material colectado en las trampas pitfall, fue separado en el laboratorio 108 B del Edificio 53 de la Universidad Javeriana, los individuos capturados, fueron colocados en frascos de vidrio de 5 ml para preservarlos en alcohol al 70%. Posteriormente el material fue determinado hasta familia mediante el uso de las claves taxonómicas de Borror *et al* (1989) y se utilizó un estereoscopio. Posteriormente los ejemplares de cada familia fueron separados en morfoespecies.

Las muestras de suelo fueron analizadas por observación directa y las larvas fueron extraídas manualmente y luego se depositaron en alcohol al 70% para su preservación y posterior determinación por medio de las claves interactivas de Lawrence *et al.*, (1999).

9.3. Análisis de la información

Los datos de cada muestreo fueron digitados en una matriz de excel; en la digitalización se consideró el método de captura (pitfall y suelo), el área y la fecha del muestreo.

El análisis de la información se realizó mediante la separación de los datos de los individuos adultos y las larvas de Coleópteros, para posteriormente realizar un análisis de resultados por separado.

9.3.1. Análisis de la abundancia y composición

Efectividad del muestreo

La efectividad del muestreo se estimó mediante la elaboración de estimadores de riqueza, utilizando el programa estimateS versión 6.0b1 (Colwell, 2000). Estos estimadores son no paramétricos, ya que no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado. Requieren solamente datos de presencia- ausencia (Moreno, 2001).

Abundancia

La abundancia se tomó como el número de individuos por familia y por cada área de estudio.

Riqueza

Dado que una morfoespecie es entendida como una especie definida morfológicamente (Oliver & Beatier, 1993) en este trabajo la riqueza se define como el número de morfoespecies presentes en cada área.

Diversidad

La diversidad se estimó mediante el índice de Shannon. Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Su valor se encuentra entre 1.5 y 3.5 (Margalef 1972 en Magurran, 1988).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

p_i = Proporción de la especie i en la muestra.

Equidad

La equidad se estimó para establecer que tan uniformes fueron las abundancias presentes en la muestra y que tan cerca de la diversidad teórica se encontró la diversidad de la muestra. El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad calculada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$J' = H' / H_{\max} = H' / \ln S$$

Dominancia

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Para la dominancia se estimó el índice de Simpson el cual manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes. Sus valores son inversos a los del índice de equidad (Magurran, 1988; Ramírez, 1999).

$$\lambda = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

λ = Dominancia de cada área muestreada.

n_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos de la muestra.

Comparación de la composición de la comunidad

Debido a que las muestras fueron muy pequeñas, se aplicó el método de Hutcheson (1970), el cual se obtiene por un sistema de cálculo t (prueba de comparación), para comparar las diferencias significativas entre las muestras.

$$T = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^{1/2}}$$

Donde:

H'_1 = Diversidad de la muestra 1.

$\text{Var } H'_1$ = La varianza de la diversidad.

Según Taylor (1978), los índices de Shannon y Simpson se distribuyen normalmente, lo que hace posible el uso de la estadística paramétrica (Magurran, 1988).

Similitud entre áreas

Se utilizó la prueba de similitud de Bray – Curtis, que permite establecer la similitud entre las comunidades presentes en dos estaciones, teniendo en cuenta las abundancias de las especies (Ramírez, 1999).

$$D_{jk} = \frac{\sum 1 |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})}$$

Donde:

D_{jk} = Disimilaridad entre las estaciones j y k.

X_{ij} = Abundancia de la especie i en la estación j.

X_{ik} = Abundancia de la especie i en la estación k.

S = Número de especies que se comparan.

Especies compartidas

Se realizó un análisis de correspondencia canónica, en el cual se utiliza el número de individuos por especie, y así considerar las especies que comparten cada una de las áreas muestreadas (Gibson, 2002).

Coefficiente de Spearman

Se realizó el coeficiente de correlación de Spearman para saber si hay una correlación entre la abundancia de las especies y la precipitación obtenida durante los cuatro muestreos realizados.

Gremios tróficos

Se definieron los gremios tróficos en cada área, teniendo en cuenta lo reportado en la literatura (Borror *et al.*, 1989; Jaillier, 1999; Barberena & Aide, 2003)

10. Resultados

10.1. Composición de la comunidad de Coleópteros (adultos)

En total se colectaron 857 coleópteros pertenecientes a doce familias y sesenta y dos morfoespecies. Las familias más representativas fueron: Staphylinidae con el 44.1% y Carabidae con el 25%, las familias restantes de acuerdo a su porcentaje son: Nitidulidae (8.5%), Curculionidae (7.5%), Chrysomelidae (4.5%), Elateridae (3.7%), Anthicidae (3%), Scarabaeidae (2.1%), Leiodidae (1.3%), Coccinellidae, Erotylidae y Lagriidae (0.1%) cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Número total de individuos de Coleópteros por familia, capturados en cada una de las áreas de la cantera Soratama y en el bosque adyacente.

FAMILIA	ZM	ZB	ZA	ZD	TOTAL
Carabidae	27	40	105	42	214
Chrysomelidae	26	9	2	2	39
Coccinellidae	-	-	-	1	1
Curculionidae	34	4	21	5	64
Elateridae	3	-	29	-	32
Erotylidae	1	-	-	-	1
Lagriidae	-	1	-	-	1
Leiodidae	7	2	2	-	11
Nitidulidae	64	9	-	-	73
Scarabaeidae	2	-	16	-	18
Anthicidae	22	3	-	-	25
Staphylinidae	225	117	10	26	378
TOTAL	411	185	185	76	857

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

El mayor número de capturas se registró por el método de trampas pitfall, representando el 96.1% de los individuos capturados (Tabla 2). Tan solo el 3.8% de los individuos se capturaron con muestras de suelo (Tabla 3).

Tabla 2. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados por el método de trampas pitfall en la cantera Soratama y en el bosque adyacente.

Familia	ZM	ZB	ZA	ZD	TOTAL
Carabidae	27	39	103	42	211
Chrysomelidae	26	7	2	2	37
Coccinellidae	-	-	-	1	1
Curculionidae	34	3	21	5	63
Elateridae	3	-	28	-	31
Erotylidae	1	-	-	-	1
Lagriidae	-	1	-	-	1
Leiodidae	7	1	2	-	10
Nitidulidae	64	9	-	-	73
Scarabaeidae	2	-	16	-	18
Anthicidae	22	3	-	-	25
Staphylinidae	223	118	7	5	353
TOTAL	409	181	179	55	824

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Tabla 3. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados por el método de apiques en la cantera Soratama y en el bosque adyacente.

Familia	ZM	ZB	ZA	ZD	TOTAL
Carabidae	-	1	2	-	3
Chrysomelidae	-	1	-	-	1
Elateridae	-	-	1	-	1
Staphylinidae	2	2	3	21	28
TOTAL	2	4	6	21	33

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

En el relicto bosque altoandino se colectaron 181 individuos con trampas pitfall y 4 individuos con muestras de suelo para un total de 185 individuos pertenecientes a ocho familias, donde las más representativas fueron: Staphylinidae (63.2%) y Carabidae (21.6%) (Figura 8); en la zona de depósito de estériles se colectaron en total 185 individuos, 179 por trampas pitfall y 6 individuos por muestras de suelo, los coleópteros en esta área fueron representados por siete familias y las más representativas fueron: Carabidae (56.7%) y Elateridae (15.7%) (Figura 9).

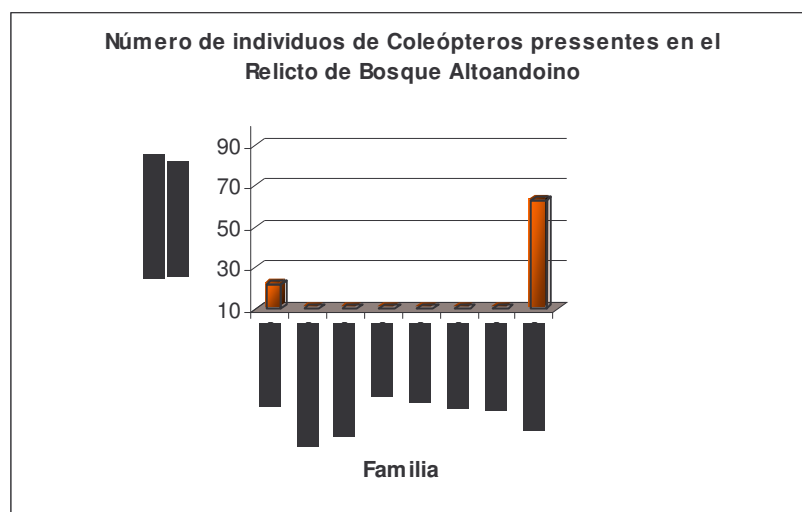


Figura 8. Abundancias relativas por familias presentes en el relicto de bosque altoandino.

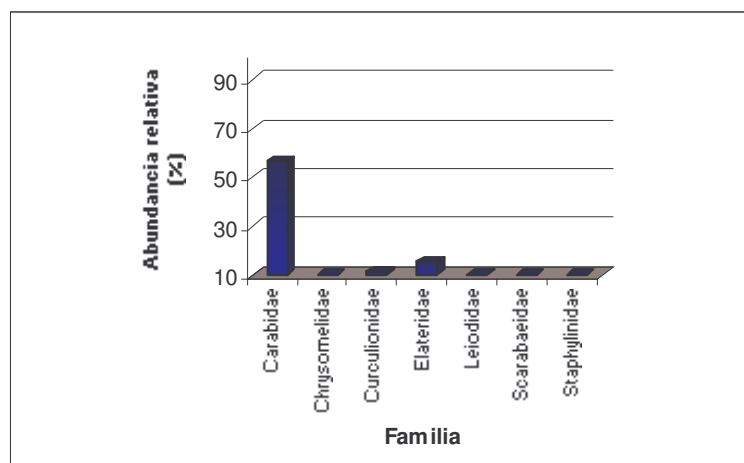


Figura 9. Abundancias relativas por familias presentes en la zona de depósito de estériles.

En la zona descapotada se colectaron 55 individuos con trampas pitfall y 33 individuos con muestras de suelo, para un total de 76 individuos, pertenecientes a cinco familias, donde las más representativas fueron: Carabidae (55.3%) y Staphylinidae (34.2%) (Figura 10); en el bosque adyacente a la cantera se capturaron 411 individuos, 409 por trampas pitfall y dos por muestras de suelo, los coleópteros en esta área pertenecieron a diez familias y las más representativas fueron: Staphylinidae (54.7%) y Nitidulidae (15.6%) (Figura 11).

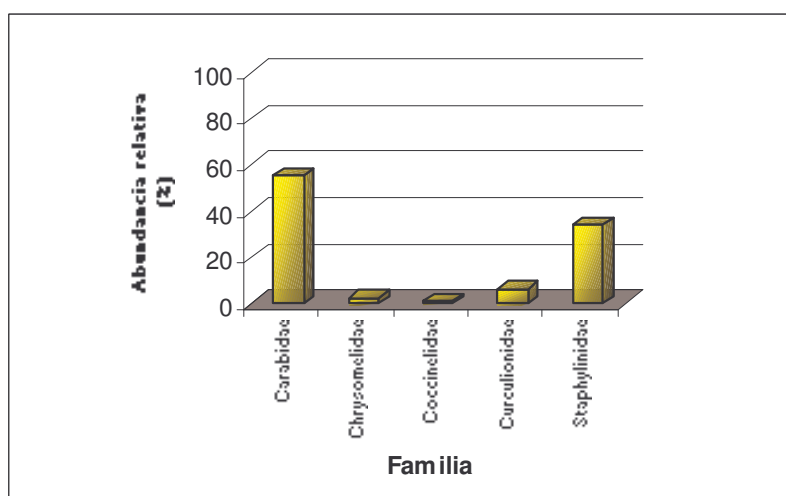


Figura 10. Abundancias relativas por familias presentes en la zona descapotada

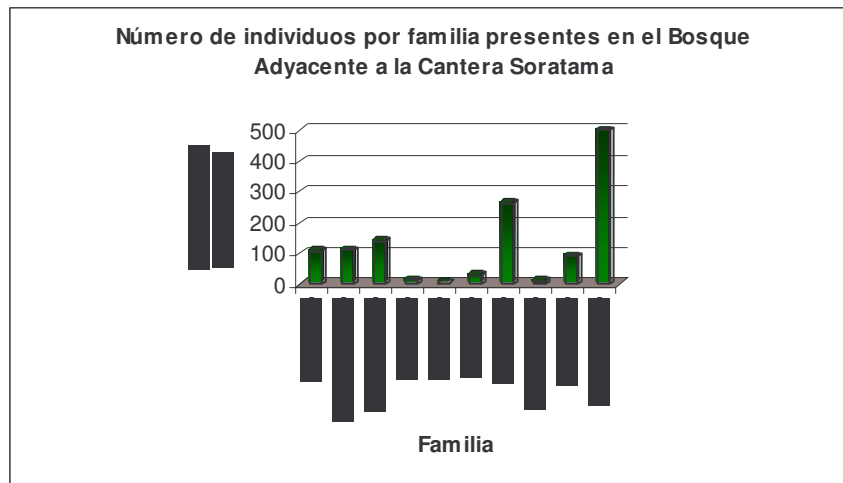


Figura 11. Abundancias relativas por familias presentes en el bosque adyacente a la cantera.

Según la época de muestreo y la zona se observó bastante variación en la abundancia de Coleópteros (Figura 12 y Anexo 2), sin embargo, no se encontró temporalidad en el ensamblaje de Coleópteros según los datos de precipitación obtenidos de la Estación de Usaqué para el año de 2004 (Anexo 3) al realizar la prueba de correlación no paramétrica de Spearman (Spearman rank correlation coefficient= 0.0693, $P=0.7158$).

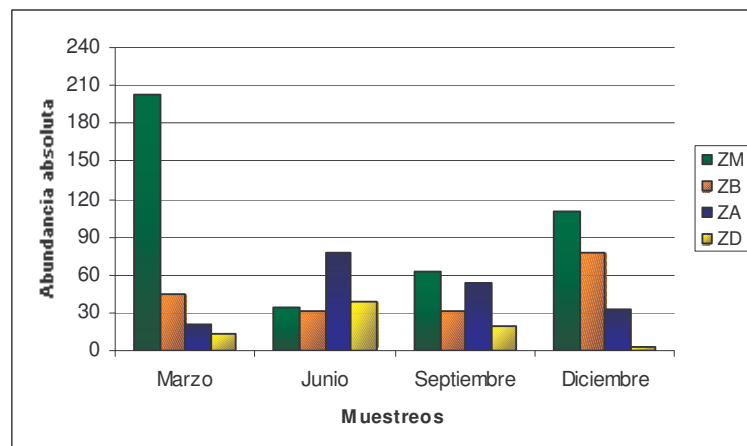


Figura 12. Número de individuos de Coleópteros adultos colectados durante los cuatro muestreos realizados en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

Los análisis de riqueza, diversidad, dominancia y equidad solo se realizaron con los Coleópteros colectados por trampas pitfall, debido a que se capturaron muy pocos individuos a través de las muestras de suelo.

Riqueza de la comunidad

Se encontró que el bosque adyacente a la cantera presentó la mayor riqueza con 36 morfoespecies de Coleópteros; la zona de depósito de estériles presentó 21 morfoespecies, seguida del relicto de bosque altoandino con 20 y por último la zona descapotada con 10 morfoespecies (Tabla 4).

De acuerdo con los estimadores de riqueza, el esfuerzo de muestreo fue representativo para todas las zonas, ya que las curvas en todos los casos se estabilizaron (Anexo 4).

Tabla 4. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en las tres áreas evaluadas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.

DESCRIPTORES	ZM	ZB	ZA	ZD
Riqueza	36	20	21	10
No. Individuos	409	181	179	55
Diversidad (H')	2.3029	2.0330	2.2713	1.1385
Equidad (J')	0.6426	0.6786	0.7460	0.4944
Dominancia	0.1991	0.1825	0.1417	0.5319

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Sin embargo, la riqueza vario en algunas zonas durante los diferentes muestreos. En el relicto de bosque altoandino la riqueza se mantuvo entre ocho y diez morfoespecies para los cuatro muestreos; en la zona de depósito de estériles la riqueza fue mayor en

el mes de junio con 14 morfoespecies, en los tres muestreos restantes se mantuvo entre nueve y doce morfoespecies.

En la zona descapotada la riqueza disminuyó notablemente en los muestreos de septiembre y diciembre con tres y dos morfoespecies respectivamente. En el bosque adyacente se observó una disminución grande en el muestreo de Junio donde se colectaron solo diez morfoespecies, en los demás muestreos la riqueza fue entre 18 y 22 morfoespecies (Figura 13).

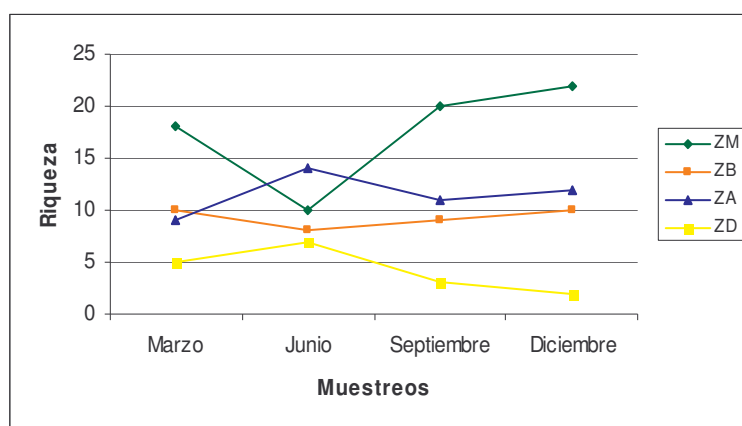


Figura 13. Variación de la riqueza de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Diversidad de la comunidad

El bosque adyacente presentó una diversidad de 2.302, seguido por la zona de depósito de estériles con una diversidad de 2.271; el relicto de bosque altoandino presento una diversidad con un valor de 2.033 y la zona descapotada presentó una diversidad de 1.138. (Tabla 4).

La diversidad varió dentro de cada área en cada muestreo (Figura 14). Además se encontraron diferencias significativas al 0.01 y 0.05 entre las áreas según el muestreo (Tabla 5).

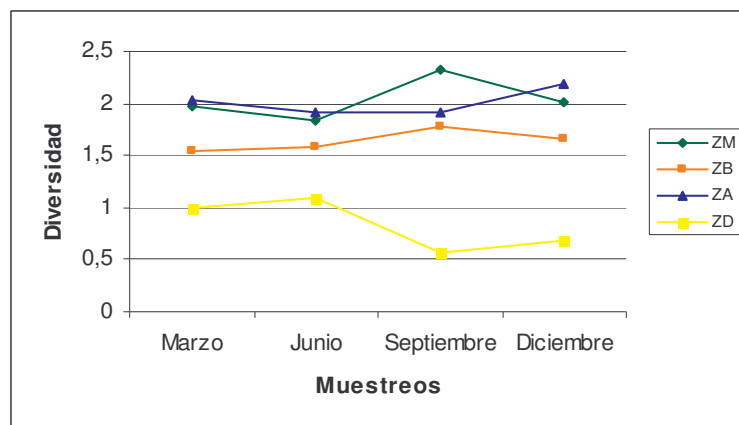


Figura 14. Variación de la diversidad de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Tabla 5. Comparación de la diversidad de los Coleópteros adultos mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREO	AREAS COMPARADAS	PRUEBA t	
Marzo	ZM – ZB	gl= 120	P= 0.045
Marzo	ZM – ZD	gl= 23	P= 0.004
Marzo	ZA – ZB	gl= 52	P= 0.032
Marzo	ZA – ZD	gl= 23	P= 0.003
Junio	ZM – ZD	gl= 56	P= 0.046
Junio	ZA – ZD	gl= 44	P= 0.002
Septiembre	ZM- ZA	gl= 112	P= 0.029
Septiembre	ZM – ZD	gl= 23	P= 0.000
Septiembre	ZA – ZD	gl= 19	P= 0.000
Septiembre	ZB – ZD	gl= 42	P= 0.016
Diciembre	ZM – ZB	gl= 185	P= 0.025
Diciembre	ZA – ZD	gl= 2	P= 0.029
Diciembre	ZM – ZD	gl= 2	P= 0.037
Diciembre	ZA – ZB	gl= 71	P= 0.001

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Equidad

Se encontró que la zona de depósito de estériles presentó la mayor equidad con 0.746, después el relicto de bosque altoandino con 0.678, seguido del bosque adyacente con 0.642 y por último la zona descapotada la cual presentó la menor equidad con 0.494 (Tabla 4).

Sin embargo, se encontraron algunas diferencias de equidad en las áreas en los cuatro muestreos realizados; en el relicto de bosque altoandino la menor equidad fue en el muestreo de marzo con 0.672, en los tres muestreos posteriores se mantuvo entre 0.717 a 0.805, estas diferencias se debieron a la abundancia de la familia Staphylinidae (Anexo 5).

La zona de depósito de estériles presentó la mayor uniformidad en marzo (0.923) con una disminución en el muestreo de Junio y Septiembre, debido a que la familia Carabidae fue muy abundante con respecto a las otras familias (Anexo 6 y Figura 15).

La zona descapotada presentó muy baja equidad debido a que las familias Carabidae y Staphylinidae son muy abundantes, sin embargo, en el muestreo de Diciembre el valor de equidad fue de 1, es decir, todas las familias presentaron la misma abundancia (Anexo 7).

El bosque adyacente presentó en el muestreo de marzo y diciembre una equidad media de 0.682 y 0.650 respectivamente, debido a la alta abundancia de la familia Staphylinidae; por otro lado los muestreos de junio y septiembre presentaron una mayor equidad por la disminución del número de individuos de la familia Staphylinidae (Anexo 8 y Figura 15).

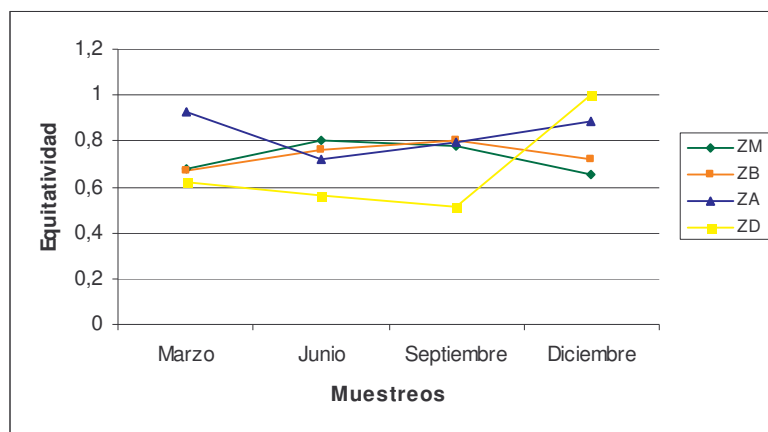


Figura 15. Variación de la equidad de los Coleópteros adultos para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Dominancia

Los valores de dominancia que se obtuvieron en las diferentes áreas son inversos a los obtenidos en el índice de equidad, por lo tanto la zona descapotada presentó el valor más alto de dominancia (0.531), seguido del bosque adyacente con un valor de 0.1999; el relicto de bosque altoandino presenta un valor de 0.1825 y por último la zona de depósito de estériles con 0.141 (Tabla 4).

Cuando se comparó la dominancia entre muestreos para una misma área se encontraron diferencias significativas (P : 0.01 y 0.05), así: a) en la zona de depósito de estériles entre los muestreos de marzo y junio ($t= 2.140$, $gl= 40$, $P= 0.019$) y entre los muestreos de junio y diciembre ($t= 2.475$, $gl= 56$, $P= 0.007$); b) en la zona descapotada también se encontraron diferencias significativas entre los muestreos de marzo y diciembre ($t= 3.185$, $gl= 5$, $P= 0.012$) y en los meses de junio y diciembre ($t= 4.404$, $gl= 4$, $P= 0.005$). Cuando se compararon las áreas entre si se encontraron diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de la dominancia de los Coleópteros adultos mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREO	AREAS COMPARADAS	PRUEBA t	
Marzo	ZM – ZA	gl= 59	P= 0.014
Marzo	ZM – ZD	gl= 23	P= 0.038
Marzo	ZA – ZB	gl= 52	P= 0.004
Marzo	ZA – ZD	gl= 23	P= 0.011
Junio	ZM – ZD	gl= 56	P= 0.016
Junio	ZA – ZD	gl= 44	P= 0.013
Junio	ZB – ZD	gl= 49	P= 0.036
Septiembre	ZM – ZD	gl= 23	P= 0.003
Septiembre	ZA – ZD	gl= 19	P= 0.005
Septiembre	ZB – ZD	gl= 42	P= 0.004
Diciembre	ZM – ZA	gl= 104	P= 0.000
Diciembre	ZM – ZD	gl= 2	P= 0.012
Diciembre	ZA – ZB	gl= 71	P= 0.000
Diciembre	ZA – ZD	gl= 2	P= 0.022
Diciembre	ZB – ZD	gl= 2	P= 0.006

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Gremios Tróficos

Los gremios tróficos presentes en la cantera Soratama y el bosque adyacente son: predadores, herbívoros, saprófagos, coprófagos y fungívoros (Anexo 9).

Existe una tendencia marcada en todas las áreas hacia la dominancia de los predadores, siendo la zona descapotada con el mayor porcentaje (91%), después el relicto de bosque altoandino (86.5%), el bosque adyacente (66.6%) y por último la zona de depósito de estériles (62.1%). Por otra parte, los herbívoros y saprófagos también se encuentran bien representados, ocupando el segundo lugar de importancia en el bosque adyacente y en la zona de depósito de estériles (Anexo 10). Los otros gremios tróficos son representados en menor cantidad (Figura 16).

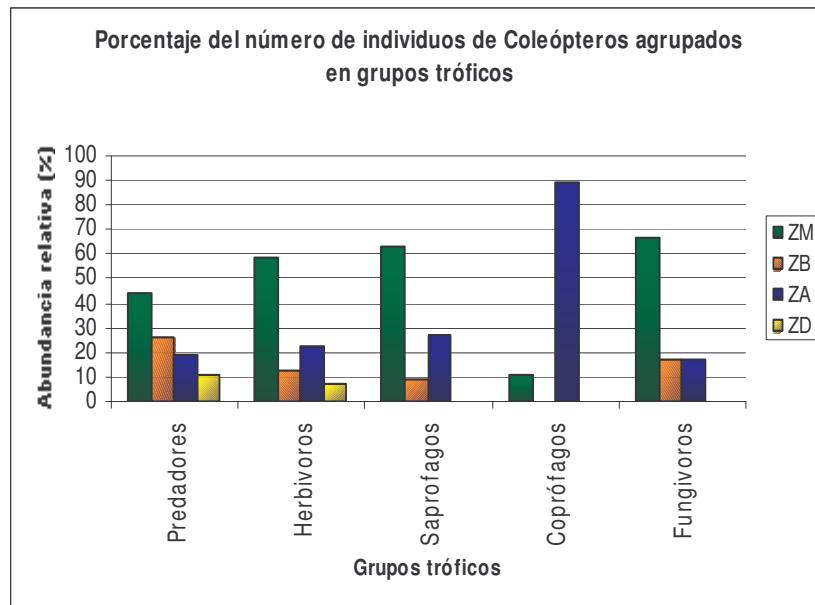


Figura 16. Abundancia relativa de Coleópteros adultos agrupados en gremios tróficos en las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.

Similitud de las áreas

Mediante la prueba de similitud de Bray- Curtis entre áreas se diferenciaron claramente dos grupos, así: el primer grupo fue el relicto de bosque altoandino y el bosque adyacente a la cantera donde se presentó una similitud del 25% y el segundo grupo es el de la zona de depósito de estériles y la zona descapotada con una similitud del 26%.

Las áreas que presentaron la menor similitud son el bosque adyacente y la zona descapotada con 12.5% (Figura 17).

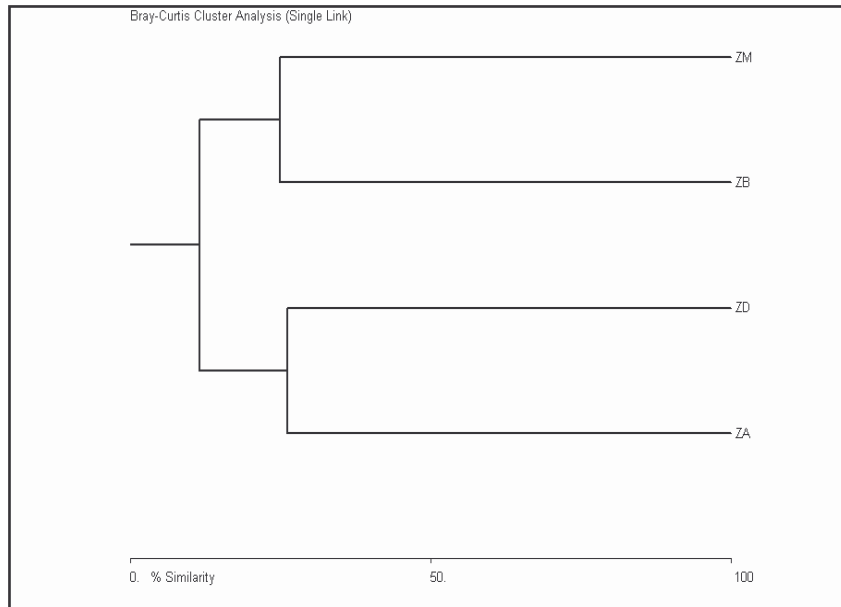


Figura 17. Diagrama de similaridad de Bray – Curtis de las tres áreas de muestreo de la cantera Soratama y el bosque adyacente.

Especies compartidas

El bosque adyacente a la cantera y el relictos de bosque altoandino compartieron la gran mayoría de morfoespecies. Sin embargo la familia Erotylidae solo se colectó en el bosque adyacente y lo mismo ocurrió con la familia Lagriidae que se colectó en el relictos de bosque altoandino.

La zona de depósito de estériles presentó morfoespecies únicas como son los Elateridos y algunas morfoespecies de Curculionidos; en la zona descapotada solo se colectó la familia Coccinelidae y algunas morfoespecies de Staphylinidos y Carabidos (Figura 18).

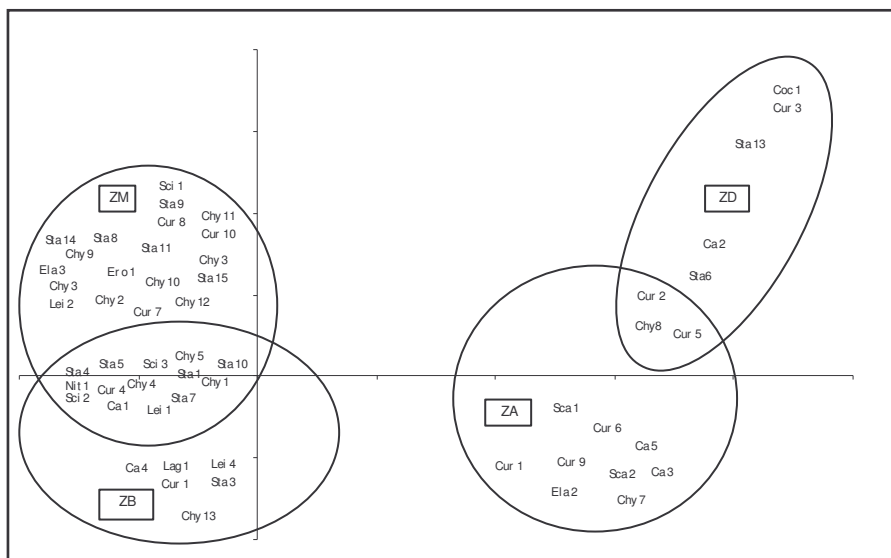


Figura 18. Diagrama del análisis de correspondencia canónica, donde se observan las especies compartidas entre las diferentes zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.

10.2. Composición de la comunidad de Coleópteros (larvas)

En total se colectaron 86 larvas de Coleópteros pertenecientes a seis familias, sin embargo 19 morfoespecies fueron imposibles de determinar hasta familia. Las familias más representativas fueron: Curculionidae con el 28% y Scarabaeidae con el 26.7%.

Las familias restantes de acuerdo a su porcentaje son: Indeterminadas (22%), Elateridae (17.4%), Tenebrionidae (3.5%), Chrysomelidae y Staphylinidae (1.1%) cada una (Tabla 7).

Tabla 7. Número de individuos de larvas de Coleópteros por familias, colectadas en las muestras de suelo tomadas en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

FAMILIA	ZM	ZB	ZA	ZD	TOTAL
Chrysomelidae	-	1	-	-	1
Curculionidae	4	3	16	1	24
Elateridae	-	-	15	-	15
Scarabaeidae	-	3	19	1	23
Staphylinidae	-	-	1	-	1
Tenebrionidae	2	1	-	-	3
Indeterminada	9	8	2	-	19
TOTAL	15	16	53	2	86

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

En el relicto de bosque altoandino se colectaron 16 larvas pertenecientes a cuatro familias, sin embargo ocho individuos no pudieron ser determinados, las familias presentes en esta área fueron: Curculionidae y Scarabaeidae (18.7%) cada una, Chrysomelidae y Tenebrionidae (6.2%) cada una y las larvas no determinadas (50%).

En la zona de depósito de estériles se capturaron 53 larvas pertenecientes a cinco familias donde las más representativas fueron: Scarabaeidae (36%), Curculionidae (30%) y Elateridae (28.3%). En la zona descapotada solamente se colectaron dos larvas pertenecientes a las familias Curculionidae y Scarabaeidae.

Por último en el bosque adyacente se colectaron 15 larvas, nueve de estas indeterminadas y las seis restantes pertenecieron a dos familias: Curculionidae y Tenebrionidae (Figura 19).

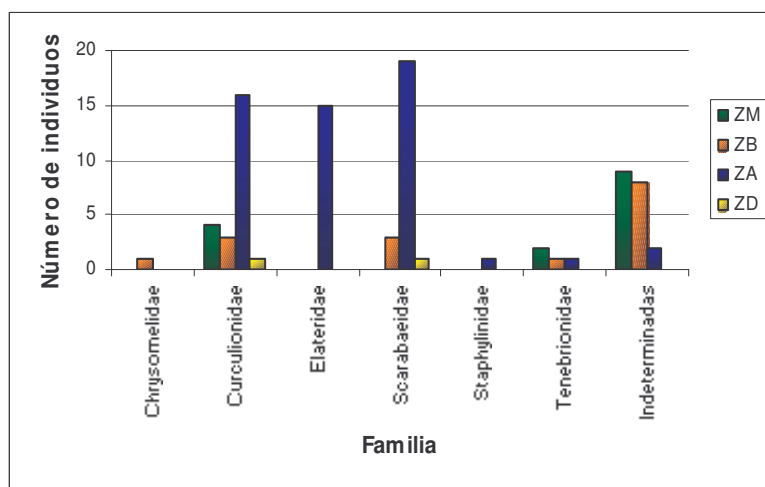


Figura 19. Número de larvas colectadas por muestras de suelo en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

Se observó bastante variación en la abundancia de larvas de Coleópteros colectados según la época de muestreo y la zona (Figura 20 y Anexo 11), sin embargo, no se encontró temporalidad de los Coleópteros según los datos de precipitación obtenidos de la Estación de Usaquén para el año de 2004 (Anexo 3) al realizar la prueba de correlación no paramétrica de Spearman (Spearman rank correlation coefficient= 0.0851, $P=0.8396$).

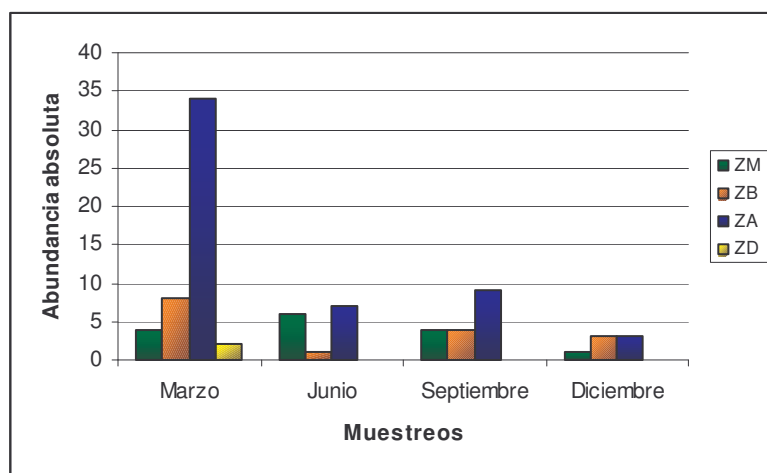


Figura 20. Número de larvas de Coleópteros colectados durante los cuatro muestreos realizados en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

Riqueza de la comunidad

Se encontró que el bosque adyacente a la cantera presentó la mayor riqueza con diez morfoespecies seguido del relicto de bosque altoandino y la zona de depósito de estériles con ocho morfoespecies cada una y por último la zona descapotada con dos morfoespecies (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en las tres áreas evaluadas de la cantera Soratama y el bosque adyacente.

DESCRIPTORES	ZM	ZB	ZA	ZD
Riqueza	10	8	8	2
No. Individuos	15	16	53	2
Diversidad (H')	2.1535	1.9813	1.5367	0.6931
Equidad (J')	0.9352	0.9528	0.7390	1
Dominancia	0.0761	0.0916	0.2474	0

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Sin embargo, la riqueza vario según los muestreos, así: en el relicto de bosque altoandino fue mayor en el muestreo de marzo con cinco morfoespecies pero disminuyó a una morfoespecie en junio y aumentó a tres morfoespecies en los muestreos restantes, en la zona de depósito de estériles en el muestreo de marzo se observo la mayor riqueza con siete morfoespecies, sin embargo en los muestreos restantes disminuyo; en la zona descapotada solamente en el muestreo de marzo se colectaron dos morfoespecies, en los muestreos siguientes no se colecto ningún individuo; y en el bosque adyacente la riqueza en los tres primeros muestreos se mantuvo entre tres a cuatro morfoespecies pero en el último muestreo solo se capturo una morfoespecie (Figura 21).

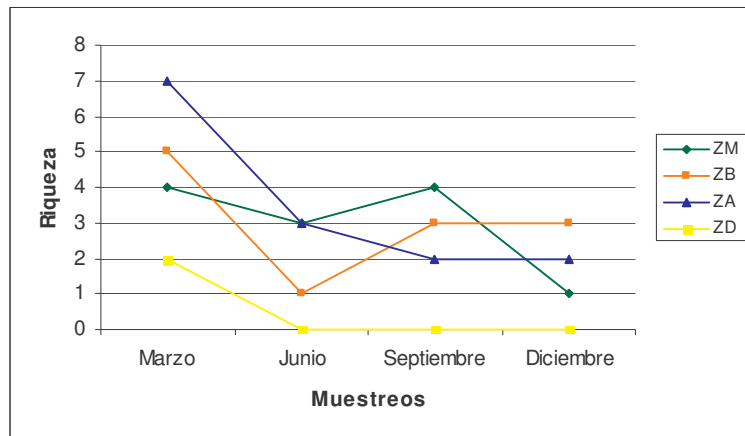


Figura 21. Variación de la riqueza de las larvas de Coleópteros en cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Diversidad

De acuerdo con los análisis de diversidad realizado se encontró que el bosque adyacente a la cantera presentó una diversidad de 2.153, seguido del relicto de bosque altoandino con un valor de 1.981; la zona de depósito de estériles con 1.536 y la zona descapotada con el valor más bajo 0.693 (Tabla 8). Sin embargo, en cada muestreo la diversidad varió notablemente en cada una de las áreas (Figura 22).

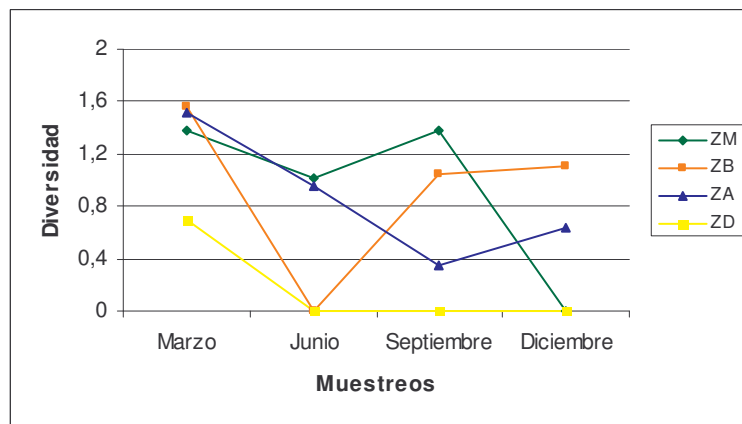


Figura 22. Variación de la diversidad de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Además se encontraron diferencias significativas dentro de la misma área según el mes del muestreo ($P= 0.01$ y 0.05) (Tabla 9), sin embargo, la zona descapotada solo se analizó en el muestreo de marzo en el cual se colectaron los dos únicos ejemplares. También se encontraron diferencias significativas entre las áreas según el mes de muestreo ($P= 0.01$ y 0.05) (Tabla 10).

Tabla 9. Comparación de la diversidad de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t para cada una de las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREOS	AREA	PRUEBA t	
Marzo - Diciembre	ZM	gl= 4	P= 0.005
Junio - Diciembre	ZM	gl= 6	P= 0.002
Septiembre - Diciembre	ZM	gl= 4	P= 0.005
Marzo - Junio	ZB	gl= 8	P= 0.000
Junio - Septiembre	ZB	gl= 4	P= 0.013
Junio - Diciembre	ZB	gl= 6	P= 0.022
Marzo - Junio	ZA	gl= 12	P= 0.033
Marzo - Septiembre	ZA	gl= 16	P= 0.000
Marzo - Diciembre	ZA	gl= 4	P= 0.028
Junio - Septiembre	ZA	gl= 15	P= 0.043

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Tabla 10. Comparación de la diversidad de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREO	AREAS COMPARTIDAS	PRUEBA t	
Junio	ZM - ZB	gl= 6	P= 0.002
Junio	ZA - ZB	gl= 5	P= 0.002
Septiembre	ZM - ZA	gl= 8	P= 0.013
Diciembre	ZM - ZA	gl= 3	P= 0.022

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Equidad

La zona descapotada presentó una equidad total de 1, debido a que solo se capturaron dos individuos pertenecientes a dos familias en los cuatro muestreos. El bosque adyacente a la cantera y el relicto de bosque altoandino presentó una equidad alta y similar de 0.935 y 0.952 respectivamente, seguida de la zona de depósito de estériles con una equidad de 0.739 (Tabla 8).

Sin embargo, se encontraron diferencias en las áreas según el muestreo; el relicto de bosque altoandino en el muestreo de Marzo y Septiembre presentaron igual equidad de 0.75, en el muestreo de Junio se colectó solo un individuo por lo tanto no se obtuvo ningún valor y en el muestreo de Diciembre la equidad fue de uno, es decir, las tres familias colectadas tuvieron la misma abundancia (Anexo 12).

En la zona de depósito de estériles la equidad en los muestreos de marzo, junio y diciembre presentó los valores más altos, sin embargo en el muestreo de septiembre bajo a 0.503 debido a la alta abundancia de larvas de la familia Scarabaeidae (Anexo 13).

En la zona descapotada solo en el muestreo de marzo se colectaron individuos, por lo tanto no se pudo realizar el índice por cada muestreo (Anexo 14). En el bosque adyacente a la cantera en los muestreos de marzo y septiembre la equidad fue de uno, porque las familias capturadas presentaron la misma abundancia, en el muestreo de Junio solo se colectó un individuo (Anexo 15 y Figura 23).

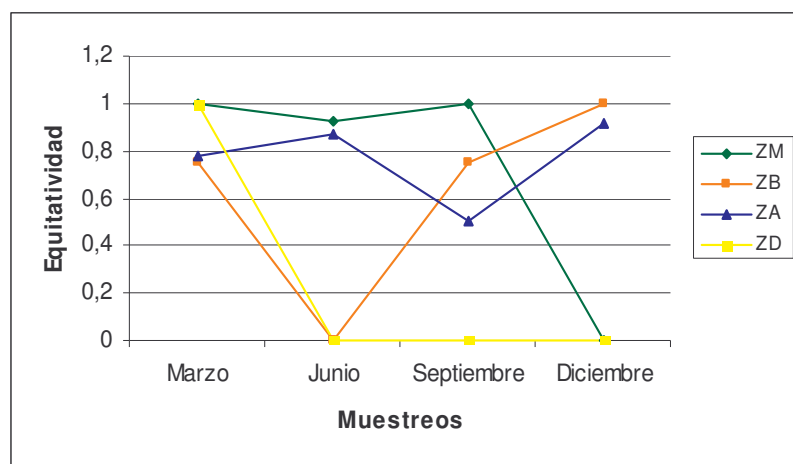


Figura 23. Variación de la equidad de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Dominancia

Los valores de dominancia que se obtuvieron en las diferentes áreas son inversos a los obtenidos en el índice de equidad, por lo tanto la zona de depósito de estériles presentó el valor más alto de dominancia de 0.247, seguido del relicto de bosque altoandino con un valor de 0.091; El bosque adyacente a la cantera con una dominancia de 0.076 y por último la zona descapotada con un valor de cero (Tabla 8). Sin embargo, la dominancia varió notablemente en cada una de las áreas en cada muestreo (Figura 24).

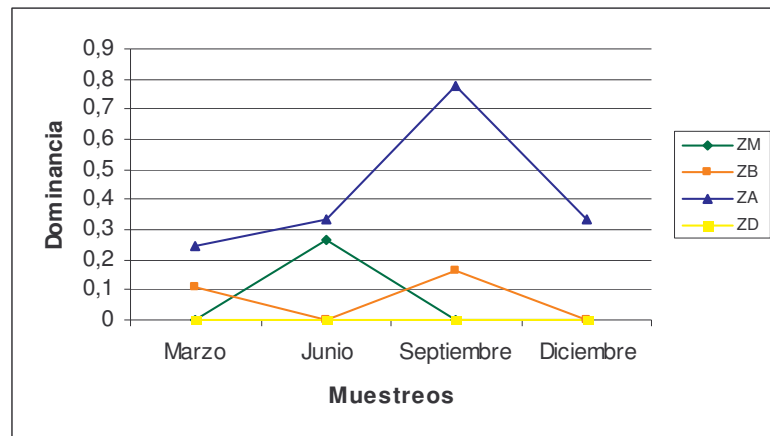


Figura 24. Variación de la dominancia de las larvas de Coleópteros para cada una de las zonas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

Además se encontraron diferencias significativas dentro de la misma área según el mes del muestreo ($P= 0.01$ y 0.05) (Tabla 11), sin embargo, la zona descapotada solo se analizó en el muestreo de marzo en el cual se colectaron los dos únicos ejemplares. También se encontraron diferencias significativas entre las áreas según el mes de muestreo ($P= 0.01$ y 0.05) (Tabla 12).

Tabla 11. Comparación de la dominancia de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t para cada una de las áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREOS	AREA	PRUEBA t	
Marzo - Junio	ZM	gl= 2	P= 0.015
Junio - Septiembre	ZM	gl= 8	P= 0.015
Junio - Diciembre	ZM	gl= 6	P= 0.019
Marzo - Junio	ZB	gl= 8	P= 0.011
Marzo - Diciembre	ZB	gl= 5	P= 0.019
Marzo - Septiembre	ZA	gl= 16	P= 0.002
Junio - Septiembre	ZA	gl= 15	P= 0.024

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Tabla 12. Comparación de la dominancia de las larvas de Coleópteros mediante la Prueba t entre las diferentes áreas de la cantera Soratama y el bosque adyacente durante los cuatro muestreos realizados.

MUESTREO	AREAS COMPARTIDAS	PRUEBA T	
Marzo	ZM - ZA	Gl= 5	P= 0.0007
Marzo	ZM - ZB	Gl= 7	P= 0.013
Marzo	ZA - ZB	Gl= 16	P= 0.013
Marzo	ZA - ZD	Gl= 2	P= 0.012
Marzo	ZB - ZD	Gl= 3	P= 0.033
Junio	ZM - ZB	Gl= 6	P= 0.019
Junio	ZA - ZB	Gl= 5	P= 0.012
Septiembre	ZM - ZB	Gl= 7	P= 0.013
Septiembre	ZA - ZB	Gl= 8	P= 0.008

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

11. Discusión

En este estudio se encontraron diferencias en cuanto a la abundancia y composición de las especies de la comunidad de coleópteros adultos que habitan las diferentes áreas de la cantera Soratama como son: a) el relicto de bosque altoandino, b) la zona de depósito de estériles, c) la zona descapotada y el área de referencia que es el bosque adyacente. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la complejidad estructural de la vegetación y por las condiciones microclimáticas que estos hábitats proporcionan a las especies (Hendrix *et al.*, 1988; Pearce *et al.*, 2003).

El bosque adyacente a la cantera presentó mayor diversidad y riqueza de morfoespecies que el relicto de bosque altoandino, no obstante, estas dos zonas comparten la mayoría de familias y morfoespecies (Figura 18). Las diferencias se deben al número de morfoespecies, el cual es mayor en el bosque adyacente con 19 y seis morfoespecies en el relicto de bosques altoandino, dicha diferencia puede ser debida a que este bosque proporciona unas condiciones microclimáticas más estables debido a la presencia de una cobertura arbórea más densa (González, 1989). De igual

manera, esta cobertura hace que halla una capa de hojarasca más gruesa y de mayor calidad, lo cual proporciona un incremento de recursos y un adecuado refugio para la fauna edáfica; asimismo ayuda a conservar la humedad condición importante para su reproducción (Chamorro, 1990; Pearce *et al.*, 2003).

Otro factor que puede influir en que la riqueza y el número de individuos sean mayores en el bosque adyacente, es el tamaño del relicto de bosque altoandino, dado que el relicto fue fragmentado durante la extracción de materiales y presenta un área muy pequeña; varios estudios como el de Klein (1989) y Didham *et al* (1998) encontraron que hay una disminución tanto en la abundancia como en la riqueza de especies proporcional al tamaño del fragmento. Esto se debe según Klein (1989) y Gibbs & Stanton (2001) y a las alteraciones en el microclima después de la fragmentación, debido a que el área es menor y los bordes son más grandes, por lo tanto reciben más luz del sol y son áreas más secas lo que proporciona condiciones adversas para el desarrollo de los Coleópteros.

En cuanto a los gremios tróficos presentes en estos bosques los coleópteros saprófagos como los nitidulidos y los herbívoros como los chrysomelidos y curculionidos son abundantes, debido a que estos grupos dependen directamente de la vegetación y de la hojarasca como recurso (Brown & Hyman, 1986). Además, estos bosques presentan gran diversidad de invertebrados que son presa para otras especies, por lo tanto la alta disponibilidad de presa aumenta los predadores en este caso los carabidos y staphylinidos (Barberena & Aide, 2003).

La familia más abundante de estos dos bosques fue Staphylinidae, esta familia es una de las más grandes, además se encuentra en todos los tipos de hábitat (Bohac, 1999), pero una de las principales razones para que estos individuos estén presentes en gran número se debe según Good (1999) a que para estos organismos es muy importante la humedad del suelo y el alto contenido de materia orgánica, presentes en estos dos bosques.

La zona de depósito de estériles presentó una diversidad similar a la del bosque adyacente, aunque no comparten ninguna mofoespecie, si algunas familias como Carabidae, Staphylinidae, entre otras (Figura 18). Sin embargo la zona de depósito de estériles presenta la mayor equidad de las áreas de estudio, por lo tanto hay menor dominancia de algunas familias y esto se ve reflejado en la diversidad, en cambio el bosque adyacente presenta una mayor dominancia de la familia Staphylinidae con 225 individuos.

Además la zona de depósito de estériles presentó mayor riqueza y una abundancia similar al relicto de bosque altoandino, esto puede ser debido a que esta área presenta menor tiempo de abandono, por lo tanto, posee mayor heterogeneidad vegetal, lo cual proporciona una amplia gama de nichos y microclimas favorables para los coleópteros, además una mayor oferta de recursos (Cody, 1985 en Lopera, 1996).

Los gremios tróficos que dominan esta área son los Coleópteros saprófagos de la familia Elateridae, los herbívoros de la familia Curculionidae y los coleópteros predadores de la familia Carabidae; aunque los gremios tróficos presentes en esta zona son similares a los gremios presentes en los bosques, el número de individuos es mucho menor en la zona de depósito de estériles (Anexo 6), esto puede ser por la menor cantidad de hojarasca de donde se alimentan y refugian estos organismos.

La familia más abundante en la zona de depósito de estériles fue Carabidae con 105 individuos, esto puede ser debido a que esta familia esta presente en una amplia variedad de tipos de hábitats, aunque algunas especies de este grupo pueden estar restringidas a ciertos tipos de hábitats. Un aspecto de la estructura física que puede impedir la actividad de los carabidos es la densidad de las plantas, y esto se ve reflejado en esta área la cual presenta una vegetación de tipo herbáceo y arbustivo, que permite que los carabidos puedan moverse con mayor libertad (Larsen *et al.*, 2003).

La zona descapotada presentó la menor diversidad (diez morfoespecies) y abundancia, esto se debe a que es un área que no presenta suelo, por lo tanto la vegetación no se puede desarrollar adecuadamente, solo algunas especies pioneras como pastos, por lo tanto esta zona presenta condiciones microclimáticas adversas como son las altas temperaturas y alta incidencia de la luz que limita la presencia de los Coleópteros (Brown *et al.*, 2001). Además la falta de recursos en comparación con las demás áreas produce estas diferencias en la comunidad de Coleópteros (Barbarena & Aide, 2002).

El gremio trófico que domina esta área son los Coleópteros de la familia Carabidae, los cuales son predadores; esto puede deberse a la gran presencia de colembolos en esta zona, debido a que estos organismos presentan preferencia por áreas abiertas y por que sus hábitos detritívoros permiten acoplarse a los recursos disponibles como pastos (Brand & Dunn, 1998).

En esta zona las morfoespecies que fueron más abundantes y que solo fueron colectadas en esta área corresponden a la familia Carabidae y Staphylinidae. En general, estas familias están ampliamente distribuidas por todo el mundo y son encontradas en una gran variedad de tipos de hábitats ya sea naturales, semi - naturales o influenciadas por el hombre (Lovei & Sunderland, 1996; Bohac, 1999).

Aunque el mayor número de capturas se registró por medio de las trampas pitfall en cada una de las áreas, en la zona descapotada las muestras de suelo, fueron importantes ya que se colectaron 21 individuos (Tabla 3), esto pudo deberse a que esta zona al no presentar suelo, los coleópteros solo se pueden refugiar bajo piedras o en las capas profundas del suelo, principalmente entre los diez primeros cm para evitar la desecación, debido a las altas temperaturas presentes en esta zona por la falta de vegetación la cual proporciona condiciones microclimáticas apropiadas (Kuhnelt *et al.*, 1976).

Además de estos factores, otra causa que puede influir para que los Coleópteros puedan desarrollarse a parte de la complejidad estructural de la vegetación, puede ser el tipo de suelo, debido a que algunas familias muestran algún grado de especialización (Escobar, 2000), sin embargo este es un factor más importante para las larvas de Coleópteros según Crowson (1981).

Aunque no se ha establecido si el pH del suelo es un factor que determine la presencia de algunas especies de Coleópteros (Crowson, 1981), Lavelle *et al* (1995) argumentan que los suelos ácidos en condiciones naturales frecuentemente hospedan diversas y abundantes comunidades de invertebrados.

Un estudio realizado en Butte Montceau en Francia presentó un suelo de pH ácido que limitó las poblaciones de lombrices y favoreció la dominancia de un sistema de hojarasca bien desarrollado con alta abundancia de artropodos pequeños como miriápodos, isopodos, coleópteros y larvas de díptera (Lavelle *et al.*, 1995). Con los resultados obtenidos en este estudio de la cantera se encontró, que, el bosque adyacente y el relicto de bosque altoandino presentan suelos fuertemente ácidos (4.4 – 4.5) con alta abundancia de individuos de isopodos, diplópodos, dípteros y coleópteros (Anexo 16) y no se colectó ninguna lombriz de tierra, en cambio, en la zona de depósito de estériles la cual presenta un pH menos ácido (5.4) se colectaron algunas lombrices y disminuyeron las abundancias de los isopodos y diplópodos, por lo tanto el pH puede ser un factor que determine la abundancia de las especies de Coleópteros en el área de estudio.

También se encontraron grandes diferencias en cuanto al número de individuos según la época del año, aunque no se encontró ninguna correlación entre la precipitación y la abundancia, muchos autores como Levings & Windsor (1982) y Frith & Frith (1990) en sus estudios han encontrado que en los trópicos las poblaciones de artrópodos varían estacionalmente. Escobar & Medina (1996) reportan cambios estacionales en la abundancia de las especies, con un pico durante la estación lluviosa

y un notable descenso en la estación seca; sin embargo, los resultados obtenidos indican que no existe estacionalidad en los patrones de abundancia, esto se puede deber a que los muestreos realizados no se hicieron en los meses más secos del año como fueron Enero y Julio, ni en los meses más lluviosos los cuales fueron Octubre y Febrero (Anexo 3).

Aunque no se observó en este estudio temporalidad en los Coleópteros, el número de individuos fluctuó bastante sobretodo en el bosque adyacente en donde en el muestreo de marzo se capturaron 203 individuos y en el muestreo de junio disminuyó a 35, esta disminución está dada principalmente por el alto número de individuos de la familia Staphylinidae capturados en el mes de marzo (109 individuos), esto se puede deber a que febrero fue uno de los meses más lluviosos del año, lo cual favoreció el desarrollo de estos individuos; además en los dos últimos muestreos (Septiembre y Diciembre) el número de individuos volvió a aumentar sobre todo en el mes de Diciembre donde también se presentó una alta precipitación, lo cual pudo ser importante, debido a que la humedad de la hojarasca favorece la presencia de los Coleópteros (Levings & Windsor, 1982); sin embargo estos cambios tan bruscos no se observaron en el relicto de bosque altoandino, ya que este presentó una abundancia mas o menos constante durante todos los muestreos.

La zona descapotada también mostró grandes fluctuaciones durante los muestreos realizados, sobre todo en el mes de diciembre donde solo se colectaron tres individuos, esto pudo ser debido a la cantidad de lluvia que cayó durante los días de muestreo en donde se inundaron algunas trampas pitfall y se pudieron perder algunos individuos.

Las larvas de Coleópteros presentaron una situación semejante a lo que se encontró en la comunidad de adultos, con relación a la diversidad y riqueza, presentando la mayor riqueza y diversidad el bosque adyacente seguido del relicto de bosque altoandino, esto se debe según González (1989) a que los suelos de los bosques

presentan mejores condiciones para estos individuos por tener una capa de hojarasca más gruesa lo que brinda una mejor protección al suelo y la presencia de un hábitat más diverso para las larvas.

En cuanto a la abundancia se colectaron muy pocos individuos a través de las muestras de suelo (Tabla 7), la zona de depósito de estériles presentó la mayor abundancia de larvas, en comparación con las demás zonas de estudio; sin embargo esta zona presentó menor equidad que los bosques, debido a que las familias Curculionidae, Scarabaeidae y Elateridae presentaron un alto número de individuos, esto se puede explicar por lo escrito anteriormente con relación a la gran diversidad de microclimas que presenta esta área debido a la estratificación vegetal, la cual genera una temperatura del suelo favorable para el desarrollo de las larvas y así evitar su desecación (Crist & Ahern, 1999).

En la zona descapotada solamente se colectaron dos larvas, esto se debe a las condiciones adversas que presenta esta área al no tener vegetación, ni suelo para el adecuado desarrollo de estos individuos. Sin embargo, se colectaron varios individuos adultos de la familia Carabidae y Staphylinidae, esto se debe a que estos organismos presentan grandes posibilidades de dispersarse, debido a que son buenos voladores y algunos staphylinidos por su pequeño tamaño son llevados por el viento a grandes distancias (Lovei & Sunderland, 1996; Bohac, 1999).

En cuanto a los gremios tróficos de las larvas de Coleópteros presentes en las zonas de muestreo dominan los saprófagos y herbívoros, debido a que estos grupos encuentran los recursos necesarios para alimentarse como se explicó para los adultos; además según Burges & Raw (1971) la mayoría de larvas de coleópteros tienen los mismos gremios tróficos que los coleópteros adultos.

12. Conclusiones

- Se evidenció que los sitios menos disturbados como el bosque adyacente a la cantera y el relicto de bosque altoandino presentaron mayor diversidad y riqueza en comparación con las áreas mas disturbadas.
- La composición de especies de coleópteros fue diferente en las áreas según la condición de abandono, en la zona descapotada la falta de vegetación y las condiciones microclimáticas adversas dan como resultado un ensamblaje de coleópteros diferentes a los bosques.
- No se observó una correlación entre el ensamblaje de coleópteros y la precipitación a través del tiempo para ninguna de las áreas.

13. Recomendaciones

- Realizar trabajos de temporalidad teniendo en cuenta los meses del año que presenten los mayores y menores picos de precipitación.
- Realizar diferentes métodos de captura en áreas donde se esperan coleccionar muy pocos individuos, debido a las condiciones de alteración de la zona de muestreo; estos métodos pueden ser: trampas pitfall, captura manual, muestras de suelo y jameo.
- Realizar estudios con la familia Staphylinidae ya que esta puede ser un buen indicador de áreas disturbadas.

14. Referencias

Amat, G. & L. Soto. 1988. Efectos del uso actual del suelo sobre la macrofauna edáfica en la región del Guejar (Reserva Natural integral la Macarena, Meta). *Perez – Arbelaezia*. 2: 43 - 62

Amézquita, S., A. Forsyth, A. Lopera & A. Camacho. 1999. Comparación de la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en remanentes de bosque de la Orinoquia Colombiana. *Acta Zoológica Mexicana*. 75: 113-126.

Amézquita, S. & O. Rodríguez. 2001. Comparación de la estructura de una comunidad de escarabajos en dos bosques altoandinos y su utilidad en la evaluación del estado de conservación para la gestión ambiental de estos ecosistemas. Trabajo de maestría en gestión ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Biología. Bogotá. Pp. 151.

Ayala, A., L. Vadillo, M. Aramburu, P. Escribano, M. Escribano, R. De Frutos, M. Manglano, S. Mataix & J. Toledo. 1989. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Tercera Edición. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. Pp. 332.

Barberena, M. & T. Aide. 2003. Species diversity and trophic composition of litter insects during plant secondary succession. *Caribbean Journal of Science*. 39: 161-169.

Barberena, M. & T. Aide. 2002. Variation in species and trophic composition of insect communities in Puerto Rico. *Biotropica*. 34: 357-367.

Barrera, I. & F. Ríos. 2002. Acercamiento a la ecología de la restauración. Pérez Arbelaezia. 13: 33 – 46.

Bohac, J. 1999. Staphylinidae beetles as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74: 357-372.

Borror, D. J., C. A. Triplehorn & N. F. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. Sixth Edition. Saunders College Publishing. New York. Pp. 875.

Brand, R. & C. Dunn. 1998. Diversity and abundance of springtails (Insect: Collembola) in native and restored tallgrass prairies. Am. Midl. Nat. 139: 235-242.

Brown, G., C. Fragoso, I. Barros, P. Rojas, J. Patron, J. Bueno, A. Moreno, P. Lavelle, V. Ordaz & C Rodríguez. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana (n.s) 1: 79-110.

Brown, V. & P. Hyman. 1986. Successional communities of plants and phytophagous coleoptera. The Journal of Ecology. 74: 963-975.

Brown Jr., K. S. 1991. conservation of neotropical environments: insects as indicators. Pp. 349 – 404. En: N. M. Collins & J. A. Thomas (Eds). The conservation of insects and their habitats. R.E.S. Symposium XV. Academic Press. London.

Burges, A. & F. Raw. 1971. Biología del suelo. Edición Omega. Barcelona. Pp. 87.

Correa, A. 2000. La explotación racional de canteras y su incidencia en el medio ambiente. CER- Restauración de ecosistemas alterados por la explotación minera. Bogotá. Pp. 1-13.

Correa, A. & J. Correa. 2003. Recuperación morfológica y ambiental de la antigua cantera de Soratama. IX Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá. Pp. 1–41.

Colwell, R. 2000. EstimateS: statical estimation of species richness d shared species from samples. Versión 6.0 b1. Programa de libre distribución.

<http://purl.oclc.org/estimates>, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Chamorro, C. 1990. Los páramos que circundan la ciudad de Bogotá. Investigaciones. 2: 1- 19.

Crist, T. & R. Ahern. 1999. Efeccts of habitat patch size and temperature on the distribution and abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in anold field. Environmental Entomology. 28: 681-689.

Crowson, R. A. 1981. The biology of the coleoptera. Academic Press. London. Pp. 802.

De la Fuente, J. 1994. Zoología de artrópodos. Primera edición. Interamericana Mc Graw Hill. Madrid. Pp. 765

Delgado, A. & M. Mejía. 2000. Diagnóstico de la actividad extractiva en la Localidad de Usaqué. Documento interno del DAMA. Bogotá. Pp. 1-21.

Delgado, A. & M. Mejía. 2002. Actividades extractivas en el nuevo perímetro urbano de Bogotá. Documento interno del DAMA. Bogotá. Pp. 1-42.

Didham, R., P. Hammond, J. Lawton, P. Eggleton & N. Stork. 1998. Beetles species responses to tropical forest fragmentation. Ecological Monographs. 68: 295 – 323.

Escobar, F. 2000. Diversidad de Coleopteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*. 79: 103-121.

Escobar, F. & C. Medina. 1996. Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de Colombia: Estado actual de su conocimiento. Pp: 95-112 En: G. Amat, G. Andrade & F. Fernández (Eds). *Insectos de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, física y naturales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Escobar, F. 1997. Estudio de la comunidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*. 19: 419 – 430.

Forman, R. T. & M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley y Sons. New York. Pp. 619.

Fragoso, C., P. Reyes-Castillo & P. Rojas. 2001. La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s). 1: 1-10.

Frith, D. & C. Frith. 1990. Seasonality of litter invertebrate populations in an Australian upland tropical rain forest. *Biotropica*. 22: 181-190.

Gibbs, J. & E. Stanton. 2001. Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites and flies. *Ecological Applications*. 11: 79-85.

Gibson, D. 2002. *Methods in comparative plant population ecology*. Oxford University Press. USA. Pp. 344.

Grime, J. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, New York. Pp. 419.

González, R. 1989. Estructura de las comunidades de Coleoptera de la hojarasca y del suelo de dos ecosistemas forestales de la Sierra del Rosario. Reporte de investigación del Instituto de Ecología y Sistemática. 3: 1-25.

Good, J. 1999. Recolonisation by Staphylinidae (Coleoptera) of old metalliferous tailings and mine soils in Ireland. *Biology and Environment*. 99B: 27-35.

Halffter, G. & L. Arellano. 2002. Response of dung beetles diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica*. 34: 144-154.

Hendrix, S., V. Brown & H. Dingle. 1988. Arthropod guild structure during early old field succession in a new and old world site. *Journal of Animal Ecology*. 57: 1053-1065.

Hernández, E. 1996. Programa de restauración y usos futuros de terrenos alterados por labores mineras. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Pp. 1-12.

Hill, C. J. 1995. Linear strips of rain forest vegetation as potential dispersal corridors for rain forest insects. *Conservation Biology*. 9: 1559-1560.

Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal Theory Biology*. 29: 151-154.

Jaillier, G. 1999. Joyas reales: Coleópteros de Colombia. Primera Edición. Medellín. Pp. 215.

Jansen, A. 1997. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project. *Restoration Ecology*. 5: 115-124.

Klein, B. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetles communities in Central Amazonia. *Ecology*. 70: 1715-1725.

Kremen, C, R. Colwell, T. Erwin, D. Murphy, R. Noss & M. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology*. 4: 796-807.

Kuhnelt, W., N. Walker, J. Butcher & C. Laughlin. 1976. Soil biology with special reference to the animal kingdom. Faber and Faber. London. Pp. 215.

Larsen, K., T. Work & F. Purrington. 2003. Habitat use patterns by ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of northeastern Iowa. *Pedobiologia*. 47: 288-299.

Lavelle, P., C. Gilot, C. Fragozo & B. Pashanasi. 1994. Soil fauna and sustainable land use in the humid tropics. Pp. 291-308 In: I. Szabolos & D. Greenland (Eds). *Soil resilience and sustainable land use*. CAB International. Wallingford, UK.

Lavelle, P., A. Chauvel & C. Fragozo. 1995. Faunal activity in acid soil. Pp: 201 - 211. In: R.A: Date *et al* (Eds). *Plant soil interactions at low pH*. Kluwer Academic Publishers. Netherland.

Lawrence, J., A. Hastings, M. Dallwitz, T. Paine & E. Zurcher. 1999. Beetle larvae of the world. A program interactive identification and information retrieval. Division of entomology. Inkley. Version 5.8. edition 1.06. Camberra. Australia.

Levings, S. & D. Windsor. 1982. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. Pp: 355-387. En: E. Leigh, R. Stanley & D. Windsor (Eds). *The ecology of a tropical forest. Seasonal rhythms and long-term changes*. Smithsonian Institution Press. Washington.

Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*. 11: 397-409.

Lopera, A. 1996. Distribución y diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Coleoptera) en tres relictos de bosque altoandino (Cordillera Oriental, vertiente Occidental), Colombia. Trabajo de Pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Biología. Bogotá. Pp. 127.

Lovei, G. L. & K. Sunderland. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review Entomology*. 41: 231-256.

Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Primera edición. Princeton University Press. New York. Pp. 200.

Malagon, D., C. Pulido, R. Llinas & C. Chamorro. 1995. Suelos de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección Agrológica. Bogotá. Pp. 456.

Medina, C. & G. Kattan. 1996. Diversidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva forestal de Escalerete. *Cespedesia*. 21: 89-102.

Medina, C. F. Escobar & G. Kattan. 2002. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. *Biotropica*. 34: 181- 187.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Ciencia y tecnología para el desarrollo, Sociedad entomológica Aragonesa & UNESCO. México. Pp. 83.

Pearce, J., A. Venier, J. Mckee, J. Pediar & D. McKenney. 2003. Influence of habitat and microhabitat on carabid (Coleoptera: Carabidae) Assemblages in four stand types. *Canadian Entomologist*. 135: 337-357.

Oliver, I. & A. Beattie. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*. 10: 99- 109.

Ortiz, A. 1992. *Derecho de Minas*. Editorial Temis. Bogotá, Pp. 433.

Ramírez, A. 1999. *Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santafe de Bogotá. Colombia. Pp. 325.

Rieske, L. & J. Buss. 2001. Influence of site on diversity and abundance of ground and litter dwelling Coleoptera in Appalachian Oak- Hicrory forest. *Environmental Entomology*. 30: 484-494.

Salamanca, B & G. Camargo 2002. *Protocolo distrital de restauración ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá*. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Fundación Bachaqueros. Bogotá. Pp. 288.

Sánchez, J. P., O. Moreno & J. Gamba. 2003. *Caracterización de la vegetación y suelos en la cantera Soratama – Usaquen*. Documento interno del DAMA. Bogotá. Pp. 202.

Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Rewiev Ecological Systematics*. 15: 353 – 391.

Schowalter, T. 1985. Adaptations of insects to disturbance. Pp: 235- 252 In: White, P. & S. Pickett (Eds). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press.

Taylor, L. 1978. Bates, Williams, Hutchinson- a variety of diversities. Pp: 1-18. In: L. A. Mound & N. Warloff (Eds). Diversity of insect faunas: 9th Symposium of the Royal Entomological Society, Oxford.

Turner, M., W. Baker, C. Peterson & R. Peet. 1998. Factor influencing succession: Lessons from large, infrequent natural disturbance. *Ecosystems*. 1: 511-523.

Vadillo, F. 1991. Problemas específicos de industrias sometidas a E.I.A.: Minería a cielo abierto. Evaluación y corrección de impactos ambientales. España. Pp. 197-213.

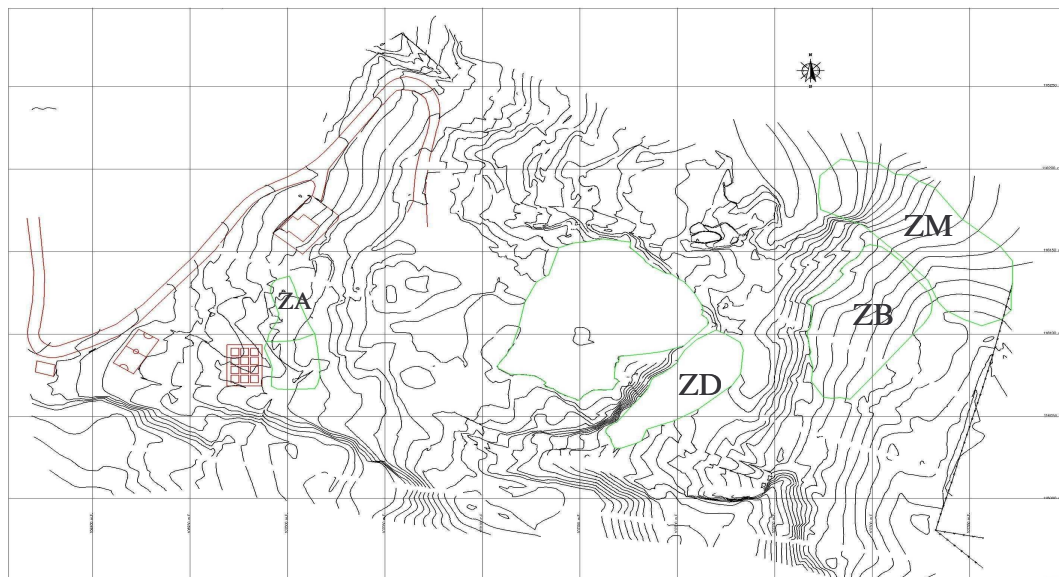
Vargas, E. 1998. Minería y Medio ambiente. *Gestión y Ambiente*. 1: 20-25.

Vulinec, K. 2002. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. *Biotropica*. 34: 297-309.

White, P. & S. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: And introduction. Pp. 3-13 In: White, P. & S. Pickett (Eds). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press.

ANEXOS

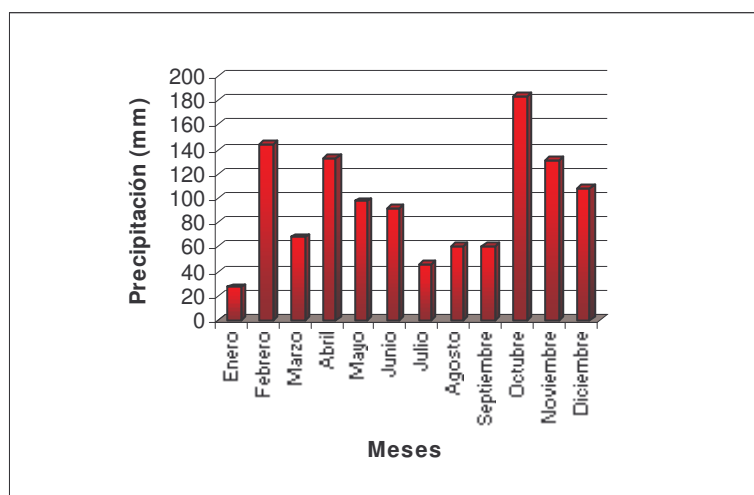
Anexo 1. Ubicación de las áreas de muestreo de la cantera Soratama. ZD: Zona descapotada, ZA: Zona de depósito de estériles, ZB: Relicto de bosque altoandino y ZM: Bosque adyacente a la cantera.



Anexo 2. Número de individuos de Coleóptero adultos colectados en cada uno de los muestreos realizados en la Cantera Soratama y el Bosque Adyacente.

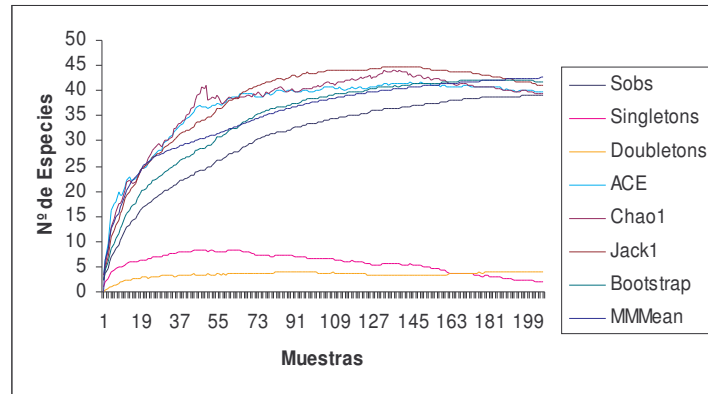
Familia	M1				M2				M3				M4			
	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD
Ca	18	9	9	10	4	16	48	20	2	3	33	11	3	12	15	1
Chy	5	3	-	-	4	3	1	2	6	3	-	-	11	-	1	-
Coc	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cur	28	2	3	2	-	1	5	3	2	-	7	-	4	1	6	-
Ela	1	-	4	-	-	-	13	-	2	-	8	-	-	-	4	-
Ero	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Lag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Lei	-	2	-	-	1	-	-	-	5	-	1	-	1	-	1	-
Nit	35	1	-	-	15	5	-	-	3	-	-	-	11	3	-	-
Sca	1	-	1	-	-	-	7	-	-	-	2	-	1	-	6	-
Ant	6	-	-	-	2	-	-	-	6	1	-	-	8	2	-	1
Sta	109	28	4	1	9	6	4	14	35	23	2		72	60	-	2
												9				
TOTAL	203	45	21	14	35	31	78	39	62	31	53	20	111	78	33	4

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada. **(M1):** Muestreo Marzo; **(M2):** Muestreo Junio; **(M3):** Muestreo Septiembre; **(M4):** Muestreo Diciembre.

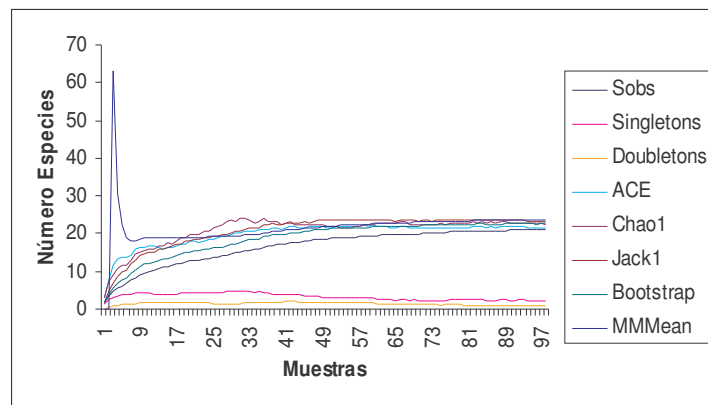


Anexo 3. Datos de precipitación de la Estación de Usaqué (Carrera Séptima con 116) del año 2004.

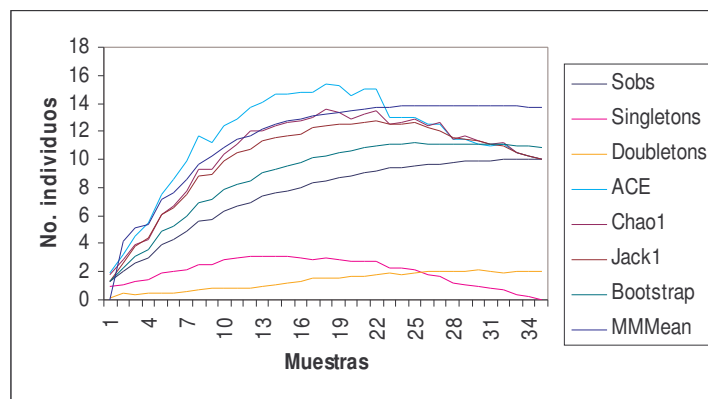
Anexo 4. Estimadores de riqueza realizados para cada zona de muestreo.



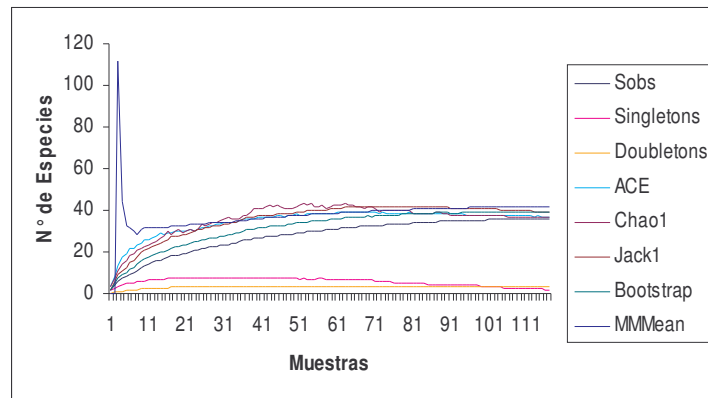
A. Relicto de bosque altoandino.



B. Zona de depósito de estériles.



C. Zona descapotada.



D. Bosque adyacente a la cantera.

Anexo 5. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en el relicto de bosque altoandino en la cantera Soratama.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	10	8	9	10
Abundancia	42	30	31	78
Diversidad (H')	1.5487	1.5869	1.7689	1.6528
Equidad (J')	0.6725	0.7631	0.8050	0.7177
Dominancia	0.3135	0.2574	0.2107	0.2404

Anexo 6. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en la zona de depósito de estériles en la cantera Soratama.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	9	14	11	12
Abundancia	18	77	51	33
Diversidad (H')	2.0292	1.9108	1.9080	2.1904
Equidad (J')	0.9235	0.7240	0.7956	0.8814
Dominancia	0.1045	0.2241	0.2039	0.1098

Anexo 7. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en la zona descapotada en la cantera Soratama.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	5	7	3	2
Abundancia	14	27	12	2
Diversidad (H')	0.9944	1.1018	0.5661	0.6931
Equidad (J')	0.6178	0.5661	0.5152	1
Dominancia	0.4945	0.4957	0.6818	0

Anexo 8. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros adultos capturados a través de trampas pitfall en el bosque adyacente a la cantera Soratama.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	18	10	20	22
Abundancia	202	34	62	111
Diversidad (H')	1.9714	1.8424	2.3330	2.0122
Equidad (J')	0.6820	0.8001	0.7787	0.6509
Dominancia	0.2045	0.2156	0.1840	0.2858

Anexo 9. Abundancia de las familias de Coleópteros agrupadas en gremios tróficos colectadas en la Cantera Soratama y el Bosque Adyacente.

FAMILIA	GREMIO TROFICO	ZM	ZB	ZA	ZD
Carabidae	Predadores	27	40	105	42
Chrysomelidae	Herbívoros	26	9	2	2
Coccinelidae	Predadores	-	-	-	1
Curculionidae	Herbívoros	34	4	21	5
Elateridae	Saprófagos	3	-	29	-
Erotylidae	Fungívoro	1	-	-	-
Lagriidae	Saprófago	-	1	-	-
Leiodidae	Fungívoros	7	2	2	-
Nitidulidae	Saprófago	64	9	-	-
Scarabaeidae	Coprófago	2	-	16	-
Anthricidae	Saprófagos	22	3	-	-
Staphylinidae	Predadores	225	117	10	26
TOTAL		411	185	185	76

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Anexo 10. Porcentaje de representación de los diferentes gremios tróficos encontrados en la cantera Soratama y en el bosque adyacente.

GREMIO TROFICO	ZM	ZB	ZA	ZD
Predadores	66.6%	86.5%	62.1%	91%
Herbívoros	14.6%	7%	12.4%	9.2%
Saprófagos	16.3%	5.4%	15.6%	-
Coprófagos	0.5%	-	8.6%	-
Fungívoros	2%	1.1%	1.1%	

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.

Anexo 11. Número de larvas de Coleóptero colectados en cada una de las épocas de muestreo en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

	M1				M2				M3				M4			
Familia	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD	ZM	ZB	ZA	ZD
Chy	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cur	-	2	11	1	3	-	4	-	-	1	1	-	1	-	-	-
Ela	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sca	-	2	7	1	-	-	2	-	-	-	8	-	-	1	2	-
Sta	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ten	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indet	3	2	-	-	2	1	1	-	4	3	-	-	-	2	1	-
TOTAL	4	8	34	2	6	1	7	0	4	4	9	0	1	3	3	0

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada. **(M1):** Muestreo Marzo; **(M2):** Muestreo Junio; **(M3):** Muestreo Septiembre; **(M4):** Muestreo Diciembre.

Anexo 12. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en el relicto de bosque altoandino.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	5	1	3	3
Abundancia	8	1	4	3
Diversidad (H')	1.5595	-	1.0397	1.0986
Equidad (J')	0.75	-	0.75	1
Dominancia	0.1071	-	0.1666	0

Anexo 13. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en la zona de depósito de estériles.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	7	3	2	2
Abundancia	34	7	9	3
Diversidad (H')	1.5165	0.9556	0.3488	0.6365
Equidad (J')	0.7793	0.8699	0.5032	0.9182
Dominancia	0.2442	0.3333	0.7777	0.3333

Anexo 14. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en la zona descapotada.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	2	0	0	0
Abundancia	2	0	0	0
Diversidad (H')	0.6931	-	-	-
Equidad (J')	1	-	-	-
Dominancia	0	-	-	-

Anexo 15. Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para las larvas de coleópteros capturados a través de muestras de suelo en el bosque adyacente a la cantera.

DESCRIPTORES	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Riqueza	4	3	4	1
Abundancia	4	6	4	1
Diversidad (H')	1.3862	1.0114	1.3862	-
Equidad (J')	1	0.9206	1	-
Dominancia	0	0.2666	0	-

Anexo 16. Porcentaje del número de individuos de la fauna asociada colectada en la cantera Soratama y el bosque adyacente.

ORDEN	ZM	ZB	ZA	ZD
Aranea	1.2%	3.4%	13%	13.4%
Collembola	0	0	0	58.4%
Blattaria	7.4%	0.4%	0	0
Diptera	22.5%	30.3%	16.4%	11%
Dermaptera	0	0.6%	4%	0
Hemiptera	4.4%	3.8%	8.5%	6.3%
Homoptera	3.2%	2.7%	6.2%	4.4%
Hymenoptera	3.2%	23.5%	17.3%	3.7%
Isopoda	42.8%	21.1%	12.3%	0
Orthoptera	0	1%	9.8%	2.8%
Spirostreptida	16.5%	14.2%	12.4%	0

ZM: Bosque Adyacente a la Cantera Soratama; **ZB:** relicto de Bosque Altoandino; **ZA:** Zona de depósito de estériles; **ZD:** Zona Descapotada.