

UNA APROXIMACIÓN A LA PRESENCIA Y DINÁMICA DEL COMPONENTE  
BIORGÁNICO EN SUELOS DE ALTA MONTAÑA, DEL SANTUARIO DE FLORA  
Y FAUNA GALERAS, NARIÑO, COLOMBIA.

BETTY MAGALY MORA REVELO  
LUCIA OBANDO ENRÍQUEZ  
DARY NEYDA ROSERO BASTIDAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2005

UNA APROXIMACIÓN A LA PRESENCIA Y DINÁMICA DEL COMPONENTE  
BIORGÁNICO EN SUELOS DE ALTA MONTAÑA, DEL SANTUARIO DE FLORA  
Y FAUNA GALERAS, NARIÑO, COLOMBIA.

BETTY MAGALY MORA REVELO  
LUCIA OBANDO ENRÍQUEZ  
DARY NEYDA ROSERO BASTIDAS

Trabajo de grado para optar el título de Biólogo con énfasis en Ecología

Director:  
Hernán Burbano Orjuela  
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2005

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Director

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2005

## DEDICATORIA

Dedicamos los frutos de nuestra investigación al Dios Todopoderoso que nos da el don de conocer y descubrir su sabiduría en la naturaleza infinita; a nuestros padres que nos abrieron el horizonte y las puertas del bien y del conocimiento; a nuestros esposos e hijos y demás amigos del corazón que alentaron continuamente nuestro ánimo para no decaer y a nuestros maestros que sin egoísmo nos aportaron sus saberes.

## AGRADECIMIENTOS

Hernán Burbano Orjuela.- Director y colaborador invaluable en nuestro trabajo.

Alberto Unigarro.- Orientador y asesor permanente de nuestra investigación.

Hernando Criollo.- Asesoría Estadística.

Miguel Ángel Revelo.- orientador en programación matemática y estadística

Nancy Carrejo.- Entomóloga Especialista en Dípteros.- Universidad del Valle

José María Guerrero.- Especialista en Acarología.- CIAT Palmira

Fernando Fernández.- Identificación de Hymenópteros- Instituto de Ciencias Naturales.- Universidad Nacional de Colombia.

Claudia Martínez.- Identificación de Carábidos.- Instituto de Ciencias Naturales.- Universidad Nacional de Colombia.

Edgar Camero.- Profesor asistente Departamento de Biología.- Universidad Nacional de Colombia.

Martha Romo.- Bióloga Universidad de Nariño.

Francisco Zerna.- Entomólogo Universidad Nacional de Colombia.

Guido Villota.- Biólogo Universidad de Nariño. Laboratorio de Microbiología

Jhoul Brainer.-Biólogo Universidad de Nariño. Ingeniería en Producción Acuícola

Vicerrectoria de Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI)

Universidad Nacional de Medellín

Universidad del Valle

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. OBJETIVOS	26
1.1. OBJETIVO GENERAL	26
1.2 . OBJETIVOS ESPECIFICOS	26
2. MARCO REFERENCIAL	27
2.1. MARCO HISTÓRICO	27
2.1.1. Antecedentes	30
2.2. MARCO TEÓRICO	33
2.2.1. El recurso suelo, su formación, composición y función general	33
2.2.2. Los páramos: suelos de alta montaña	36
2.2.3. Propiedades biológicas del suelo	37
2.2.4. Bioindicadores de calidad de suelo	39
2.2.5. Agentes de la dinámica biorgánica del suelo	40
2.2.5.1. Necromasa, un componente esencial en la dinámica biorgánica del suelo	43
2.2.5.2. Materia orgánica, un componente esencial en la dinámica biorgánica del suelo	45
2.2.5.3. Fósforo, un componente esencial en la dinámica biorgánica del suelo	47
2.2.5.4. Microorganismos, un componente esencial en la dinámica biorgánica del suelo	48
2.2.5.5. Hongos microscópicos, un componente esencial en la	

dinámica biorgánica del suelo	50
2.2.5.6. Fauna, un componente esencial en la dinámica biorgánica del Suelo	52
2.2.5.6.1. Estructura de comunidades	63
2.2.6. Aplicación estadística	65
3. DISEÑO METODOLÓGICO	68
3.1. LOCALIZACION	68
3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE MUESTREO	74
3.3. PRUEBAS DE LABORATORIO	74
3.3.1. Biomasa microbial	74
3.3.2. Respiración microbial	74
3.3.3. Edafofauna	74
3.3.3.1. Técnica TSBF para evaluar distribución vertical	74
3.3.3.2. Técnica Barber para evaluar actividad superficial	75
3.3.4. Necromasa	76
3.3.5. Hongos microscópicos de suelo	76
3.3.6. Análisis fisicoquímico	77
3.4. Análisis de la información	77
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1. MACRO INQUILINOS DEL SUELO: PRESENCIA Y DINAMICA DE LA FAUNA DEL SUELO	78
4.1.1. ¿Quiénes son?, ¿Cuántos son?: abundancia de la fauna edáfica como un indicador de importancia ecológica	78
4.1.1.1. ¿Dónde habitan?: abundancia de la fauna edáfica a 3200 m.s.n.m.	86

4.1.1.1.1. Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial	86
4.1.1.1.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical	87
4.1.1.2. ¿Dónde habitan?: abundancia de la fauna edáfica a 3500 m.s.n.m.	91
4.1.1.2.1. Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial	91
4.1.1.2.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical	93
4.1.1.3. ¿Dónde habitan?: abundancia de la fauna edáfica a 3800 m.s.n.m.	96
4.1.1.3.1. Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial	96
4.1.1.3.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical	97
4.1.1.4. ¿Cómo se relacionan?: dinámica ecológica de la abundancia de la fauna edáfica en las tres alturas	100
4.1.1.4.1. Dinámica ecológica de la abundancia en la actividad superficial	100
4.1.1.4.2. Dinámica ecológica de la abundancia en la distribución vertical	110
4.1.2. ¿Cuánto material biológico aportan?: biomasa de la fauna edáfica como indicador de importancia ecológica	116
4.1.2.1. ¿Dónde hacen su aporte?: biomasa de la fauna edáfica a 3200 m.s.n.m.	124
4.1.2.1.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial	124
4.1.2.1.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical	126
4.1.2.2. ¿Dónde hacen su aporte?: biomasa de la fauna edáfica a 3500 m.s.n.m.	128
4.1.2.2.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial	128
4.1.2.2.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical	130
4.1.2.3. ¿Dónde hacen su aporte?: biomasa de la fauna edáfica a	



3800 m.s.n.m	132
4.1.2.3.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial	132
4.1.2.3.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical	134
4.1.2.4. ¿Cómo se relaciona su aporte?: dinámica ecológica de la biomasa de la fauna edáfica en las tres alturas	136
4.1.2.4.1. Dinámica ecológica de la biomasa en la actividad superficial	136
4.1.2.4.2 Dinámica ecológica de la biomasa en la distribución vertical	138
4.1.3. ¿Cómo caracterizan su hábitat?: diversidad de la fauna edáfica como indicador de importancia ecológica	141
4.1.3.1. Diversidad de la fauna edáfica en su actividad superficial	141
4.1.3.2. Diversidad de la fauna edáfica en su distribución vertical	144
4.1.4. ¿Cómo definen cuan similares son sus hábitats?: similitud y disimilitud de la fauna edáfica como un indicador de importancia ecológica	148
4.1.4.1. Similitud de la fauna edáfica en la actividad superficial	148
4.1.4.2. Similitud de la fauna edáfica en la distribución vertical	149
4.2. MICRO-INQUILINOS DEL SUELO Y SU AMBIENTE: DINÁMICA DEL COMPONENTE BIOORGÁNICO DEL SUELO	153
4.2.1. ¿Cuánto material biológico aportan?: biomasa microbial del suelo	153
4.2.2. ¿Qué tan eficiente es su trabajo?: respiración microbial del suelo	156
4.2.3. Una comunidad particular de micro-inquilinos: hongos microscópicos del suelo	163
4.2.4. Una despensa energética sobre el suelo: necromasa (biomasa vegetal necrosada)	166
4.3. EL SUELO COMO SISTEMA VIVIENTE: APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	170
4.3.1. Clasificación Jerárquica	177

CONCLUSIONES	181
RECOMENDACIONES	185
BIBLIOGRAFÍA	187
ANEXOS	194

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Abundancia absoluta y relativa a nivel de clase para la actividad superficial de la edafofauna.	79
Tabla 2. Abundancia absoluta y relativa a nivel de orden para la actividad superficial de la edafofauna.	80
Tabla 3. Abundancia absoluta y relativa a nivel de familia para la actividad superficial de la edafofauna.	81
Tabla 4. Abundancia absoluta y relativa a nivel de clase para la distribución vertical de la edafofauna.	82
Tabla 5. Abundancia absoluta y relativa a nivel de orden para la distribución vertical de la edafofauna.	83
Tabla 6. Abundancia absoluta y relativa a nivel de familia para la distribución vertical de la edafofauna.	84
Tabla 7. Familias exclusivas para cada altura en la actividad superficial de la edafofauna.	85
Tabla 8. Familias exclusivas para cada altura en la distribución vertical de la edafofauna.	116
Tabla 9. Biomasa absoluta y relativa a nivel de clase para la actividad superficial de la edafofauna.	117
Tabla 10. Biomasa absoluta y relativa a nivel de orden para la actividad superficial I de la edafofauna.	118
Tabla 11. Biomasa absoluta y relativa a nivel de familia para la actividad superficial de la edafofauna.	119
Tabla 12. Biomasa absoluta y relativa a nivel de clase para la distribución vertical de La edafofauna.	120
Tabla 13. Biomasa absoluta y relativa a nivel de orden para la distribución vertical de La edafofauna.	121
Tabla 14. Biomasa absoluta y relativa a nivel de familia para la distribución vertical de La edafofauna.	122
Tabla 15. Índice de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras	123
Tabla 16. Índices de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras, según la época climatologica del año.	144
Tabla 17. Índices de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras, según la profundidad de muestreo	146
Tabla 18. Índice de similitud para la actividad superficial de la edafofauna.	148
Tabla 19. Índice de similitud para la actividad superficial de la edafofauna según la época climatologica del año.	149
Tabla 20. Índice de similitud para la distribución vertical de la edafofauna.	150
Tabla 21. Índice de similitud para la distribución vertical de la edafofauna según la época climatologica del año.	151

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sendero el “Frailejona” en el santuario de Flora y Fauna Galeras.	69
Figura 2. Mapa de ubicación del Santuario de Flora y Fauna Galeras.	69
Figura 3. Precipitación de los últimos 19 años reportados en la estación de Obonuco.	70
Figura 4. Temperatura de los últimos 19 años reportados en la estación de Obonuco.	70
Figura 5. Suelos intervenidos de alta montaña a 3200 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras	71
Figura 6. Suelos de alta montaña a 3500 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	72
Figura 7. Suelos de alta montaña a 3800 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	72
Figura 8. Zona de Páramo a 3800 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	73
Figura 9. Zona de Subparamo a 3500 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	73
Figura 10. Zona de intervención antrópica a 3200 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	74
Figura 11. Técnica de T.S.B.F (Tropical Soil Biology and Fertility Programme).	75
Figura 12. Técnica de Barber.	76
Figura 13. Abundancia actividad superficial por clase a 3200 m.s.n.m.	86
Figura 14. Abundancia actividad superficial por orden a 3200 m.s.n.m.	87
Figura 15. Taxones más abundantes para la actividad superficial (Técnica de Barber) a 3200 m.s.n.m.	87
Figura 16. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3200 m.s.n.m.	88
Figura 17. Abundancia actividad superficial por clase a 3200 m.s.n.m.	89
Figura 18. Abundancia distribución vertical por orden a 3200 m.s.n.m.	90
Figura 19. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica T.S.B.F.) a 3200 m.s.n.m.	90
Figura 20. Abundancia actividad superficial por clase a 3500 m.s.n.m.	91
Figura 21. Abundancia actividad superficial por orden a 3500 m.s.n.m.	92
Figura 22. Familias más abundantes para actividad superficial (técnica de Barber) a 3500 m.s.n.m.	92
Figura 23. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3500 m.s.n.m.	93
Figura 24. Abundancia distribución vertical por clase a 3500 m.s.n.m.	94
Figura 25. Abundancia distribución vertical por orden y profundidad a 3500 m.s.n.m.	95
Figura 26. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica de TSBF) a 3500 m.s.n.m.	95
Figura 27. Abundancia actividad superficial por clase a 3800 m.s.n.m.	96

Figura 28. Abundancia actividad superficial por orden a 3800 m.s.n.m.	97
Figura 29. Familias más abundantes para distribución superficial (técnica de Barber) a 3800 m.s.n.m.	97
Figura 30. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3800 m.sn.m.	98
Figura 31. Abundancia distribución vertical por clase a 3800 m.s.n.m.	99
Figura 32. Abundancia distribución vertical por orden a 3800 m.s.n.m.	99
Figura 33. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica TSBF) a 3800 m.s.n.m.	100
Figura 34. Abundancia relativa por clase y por altura para la actividad superficial	100
Figura 35. Abundancia relativa por orden y por altura para la actividad superficial	102
Figura 36. Familia Carabidae en los tres gradientes altitudinales.	103
Figura 37. Abundancia relativa por familia en las tres alturas.	104
Figura 38. Familia Staphylinidae en tres gradientes altitudinales	105
Figura 39. Adaptación morfológica de Entomobridae en las alturas de 3200 y 3800 m.s.n.m.	107
Figura 40. Abundancia absoluta para la distribución vertical por profundidad y altura.	111
Figura 41. Abundancia absoluta para la distribución vertical por clase, profundidad y altura.	112
Figura 42. Biomasa relativa para actividad superficial por clase a 3200 m.s.n.m.	124
Figura 43. Biomasa relativa para actividad superficial por orden a 3200 m.s.n.m.	125
Figura 44. Taxones más aportantes en biomasa para la actividad superficial (técnica Barber) a 3200 m.s.n.m.	125
Figura 45. Biomasa relativa para la distribución vertical por profundidad a 3200 m.s.n.m.	126
Figura 46. Biomasa relativa para la distribución vertical por clase y profundidad a 3200 m.s.n.m.	127
Figura 47. Melolonthidae, familia más aportante en biomasa de la distribución vertical a 3200 m.s.n.m.	127
Figura 48. Biomasa relativa para la distribución vertical de los dos taxa más aportantes por profundidad a 3200 m.s.n.m.	128
Figura 49. Biomasa relativa para actividad superficial superficial por clase a 3500 m.s.n.m.	128
Figura 50. Biomasa relativa para actividad superficial de los ordenes más aportantes a 3500 m.sn.m.	129
Figura 51. Taxones más aportantes de biomasa en la actividad superficial a 3500 m.s.n.m.	130
Figura 52. Biomasa relativa para distribución vertical por clase y profundidad a 3500 m.s.n.m.	131
Figura 53. Biomasa relativa para la distribución vertical de los órdenes más importantes por profundidad a 3500 m.s.n.m.	132
Figura 54. Biomasa relativa para la actividad superficial por clase a 3800	

m.s.n.m.	133
Figura 55. Biomasa relativa para actividad superficial por orden a 3800 m.s.n.m.	133
Figura 56. Taxones más aportantes de biomasa en la actividad superficial a 3800 m.s.n.m.	134
Figura 57. Biomasa relativa para distribución vertical por clase y profundidad a 3800 m.sn.m.	135
Figura 58. Biomasa relativa para distribución vertical por orden y profundidad a 3800 m.sn.m.	136
Figura 59. Biomasa relativa para actividad superficial por altura.	138
Figura 60. Biomasa relativa para distribución vertical por altura	139
Figura 61. Carbono de la biomasa microbial (C.B.M) por alturas	154
Figura62. Carbono de la biomasa microbial (C.B.M) por profundidades.	155
Figura 63. Actividad microbial por alturas.	157
Figura 64. Actividad microbial por profundidades	158
Figura 65. Colonias fungosas en suelos del SFF Galeras	163
Figura 66. Hongos microscopicos por alturas	164
Figura 67. Necromasa por alturas	167
Figura 68. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes principales	177
Figura 69. Correlación de las muestras con los dos primeros componentes principales.	179
Figura 70. Agrupación cluster de las muestras según la conformación de las clases	180

## ANEXOS

	Pág
Anexo A: Metodología para biomasa microbial	194
Anexo B: Metodología para respiración microbial	194
Anexo C: Técnica para el TSBF	195
Anexo D: Técnica de Barber	195
Anexo E: Metodología para hongos microscópicos	196
Anexo F: Andeva de variables biológicas para la actividad superficial	197
Anexo G: Andeva de variables biológicas para la distribución vertical a nivel de alturas. Prueba D.M.S.	197
Anexo H: Andeva de variables biológicas para la distribución vertical	198
Anexo I: comparación de la biomasa de la edafofauna en la actividad superficial a nivel de alturas. Prueba D.M.S.	198
Anexo J: comparación de variables biológicas a nivel de profundidades en la distribución vertical. La prueba D.M.S.	199
Anexo K: promedios de variables físico-químicas por altura contempladas en el estudio	199
Anexo L: promedios para variables físico-químicas por profundidad contempladas en el estudio.	200
Anexo M: Análisis de componentes principales. Valores propios y proporción de la variación explicada por cada componente e histograma de los 15 valores propios.	200
Anexo N: Vectores propios y correlación entre las variables originales y los cinco primeros componentes principales	201
Anexo O: Conformación de las cuatro clases en las que se agrupa la totalidad de las observaciones	201
Anexo P: Agrupación de las muestras de acuerdo a su comportamiento frente a las variables analizadas. Descripción de las particiones, descripción del grupo de cuatro clases y caracterización de las clases.	202
Anexo Q: Coordenadas de las clases respecto a los cinco componentes Principales	203
Anexo R: Correlación múltiple entre las variables estudiadas.	204
Anexo S: Taxones colectados en la evaluación de la intensidad de la actividad superficial, mediante la técnica de Barber	205
Anexo T: Taxones colectados en la evaluación de la distribución vertical, mediante la técnica TSBF	210

## GLOSARIO

**ABUNDANCIA:** número de individuos.

**ADAPTACION:** cambio ecológico o evolutivo en estructuras o funciones que mejora la capacidad de los organismos para sobrevivir y reproducirse.

**ANTROPOGENICO:** contaminantes y otros efectos en el ambiente como consecuencia de las actividades humanas.

**BIOMASA MICROBIAL:** es la masa total de microorganismos vivos en un volumen dado o masa de tierra.

**BIOMASA:** masa de materia biológica. Por lo regular, la masa total de cierto grupo o categoría; por ejemplo la biomasa de los productores.

**DIVERSIDAD:** es la variabilidad de los organismos vivos en cualquier fuente, comprende la diversidad dentro de cada especie y de los ecosistemas.

**EUEDAFICO:** hace referencia al espacio en el cual los animales desarrollan su vida en horizontes más profundos del suelo.

**HUMIFICACIÓN:** es el proceso de transformación de los residuos orgánicos a sustancias húmicas a través de procesos bioquímicos.

**HUMUS:** producto más o menos estable de la descomposición de la materia orgánica, especialmente de la fracción leñosa, enriquecida con nitrógeno, fósforo y calcio, solo solubles en álcalis, formándose en pH por encima de 5.6.

**INDICE DE SHANNON:** es una medida de la composición de una comunidad en términos de diversidad. Enfatiza en la riqueza de especies.

**INDICE DE SIMILITUD:** es una característica de las comunidades que trata de explicar la  $\beta$  diversidad o también llamada diversidad intercomunitaria.

**INDICE DE SIMPSON:** es una medida de la composición de una comunidad en términos de diversidad. Enfatiza en la uniformidad.

**INMOVILIZACION:** es la conversión de un elemento inorgánico a forma orgánica en los microbios o en la biomasa de las plantas.

**LIGNINA:** polisacárido asociado a la celulosa de sustentación de los vegetales. Posee gran resistencia a la tracción.

**MACROFAUNA:** animales del suelo, con tamaño superior a un centímetro, como las lombrices, los moluscos, los grandes insectos y los arácnidos.

**MANTILLO:** capa superficial del suelo rica en humus y otra materia orgánica, viva o no. Como resultado de la actividad de los organismos, suele tener una estructura suelta y terrosa. En muchos casos desaparece a causa de la erosión, la urbanización o la minería.

**MATERIA ORGANICA:** fracción orgánica del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo.



**MESOFAUNA:** animales del suelos de una longitud de 200 micras y 1cm que incluyen nematodos, oligoquetos, pequeñas larvas de insectos y pequeños artrópodos.

**MICROFAUNA:** incluye protozoos, nematodos y algunos artrópodos generalmente menores a 20 y 200 micras de longitud.

**MICROFLORA:** microorganismos de talla pequeña imperceptibles al ojo humano (menores de 0.1 mm.); que incluyen bacterias, hongos, algas microscópicas y algunos virus.

**MINERALIZACION:** Proceso de transformación donde los residuos sufren un proceso de degradación o descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y otros. Los productos resultantes pueden ser objetos de nuevos procesos de resíntesis y mineralización dando lugar a nuevos agregados que reciben el nombre de ácidos húmicos.

**NECROMASA:** es la conversión de la biomasa cuando muere, constituyendo la primera forma de la materia orgánica.

**pH:** escala de la acidez o la basicidad (alcalinidad) de las soluciones o los suelos; expresadas como el logaritmo de las concentraciones de los iones de hidrogeno ( $H^+$ ). El pH de siete es neutral; las cifras menores indican aumento en la acidez y los mayores incrementos en la basicidad.

**SEMIEDAFICO:** hace referencia al espacio en el cual los animales se encuentran sobre la superficie del suelo o en la capa de residuos.

**RESPIRACIÓN DEL SUELO:** Es una prueba metodológica que se realiza para medir la actividad microbial de los organismos presentes en el suelo, a través del  $CO_2$  producido.

**ORGANISMO INDICADOR:** organismo cuya presencia o ausencia revela cierta condición en un medio determinado.

**PERFIL DEL SUELO:** descripción de las capas naturales del suelo.

**SUELO:** sistema dinámico de tres componentes: partículas minerales, detritos y organismos que se alimentan de estos.

**TAXÓN:** grupos de organismos que se ubican en categorías especiales en cualquier orden de jerarquía que comparten características.

**TAXONOMIA:** ciencia de la identificación y la clasificación de los organismos de acuerdo con sus relaciones evolutivas.

## RESUMEN

El suelo es un cuerpo dinámico, viviente y natural, cuya calidad está representada por las propiedades físicas, químicas, biológicas en interacción. Así, el presente estudio realizado en el Santuario de Flora y Fauna Galeras a tres alturas (3200, 3500 y 3800 m.s.n.m.), tuvo como objetivo observar la dinámica y presencia de diferentes organismos que pueden llegar a ser considerados bioindicadores de calidad.

Las variables biológicas analizadas corresponden a edafofauna, biomasa microbial, respiración microbial, hongos microscópicos y necromasa, cuya dinámica fue posible comprender efectuando un análisis relacional entre ellas, apoyado en mediciones de algunas variables fisicoquímicas como pH, humedad gravimétrica, materia orgánica y fósforo.

La edafofauna estudiada, evaluó la actividad superficial y la distribución vertical de los organismos. En ellas se capturó un total de 10820 individuos aportando una biomasa de 127.388 g.p.f., ubicándose en 9 clases, 25 órdenes y 114 familias, de las cuales se destacan Entomobryidae, Carabidae, Phoridae, Staphylinidae, Cyrtodesmidae, Oniscidae, Curculionidae, Díptera 3, Chrysomelidae y Chelodesmidae. En la distribución superficial la mayor abundancia y biomasa se encontró a 3200 m.s.n.m., y la menor a 3800 m.s.n.m. Para la distribución vertical la mayor abundancia se registró en 3800 m.s.n.m. y la menor en 3200 m.s.n.m., aunque la biomasa fue mayor en esta altura. Los organismos prefieren ubicarse en el mantillo y en los primeros 10 cm. del suelo. La diversidad en los dos casos fue mayor a 3800 m.s.n.m. y menor a 3200 m.s.n.m. Por la estructura de las comunidades que albergan, las zonas de 3500 y 3800 m.s.n.m., son las más similares entre sí.

La presencia y actividad de microorganismos medida en la biomasa microbial y respiración microbial presentó sus máximos valores en la altura de 3500 m.s.n.m.; por su parte el mayor número de colonias fungosas se reportó para la altura 3800 m.s.n.m. y el menor en 3200 m.s.n.m.; igual comportamiento presentó la necromasa. En términos generales, las mejores condiciones bioorgánicas de un suelo de alta montaña se presentan en ausencia de intervención antrópica.

Para concluir el trabajo se aplicó el Análisis de componentes Principales donde las variables estudiadas se organizan en cinco componentes, que explican el 59.62% de la variabilidad total de la información. El primer componente por la naturaleza y dinámica de las variables que contiene muestra las características de un suelo intervenido de alta montaña, el segundo representa las condiciones de un suelo no intervenido y los tres componentes restantes constituyen en conjunto un indicador de suelos de alta montaña con un escenario propicio para la recirculación de nutrientes. Por otro lado la clasificación jerárquica permite agrupar las muestras en

cuatro clases, logrando así describir unas condiciones específicas para el componente bioorgánico de un suelo de alta montaña; la primera clase describe a la región superficial del suelo, la segunda clase está conformada por las muestras que representan una altitud elevada y regiones profundas del suelo, la tercera se refiere a las zonas de elevada altitud y regiones superficiales del suelo y la última clase agrupa a las muestras que describen un suelo en altitudes bajas y regiones profundas.

## ABSTRACT

The soil is a natural, living, and a dynamic body, whose quality is represented by the biological, chemical, physical properties in interaction. Thus, this current research carried out in the Sanctuary of Flora and Fauna Galeras to three heights (3.200, 3.500 and 3.800 m. s. n. m) had as an objective to observe the dynamics and presence of different organisms that can be considered bioindicators of quality.

The analyzed biological variables were edafofauna, microbial biomass, microbial breathing, microscopic mushrooms and necromass, whose dynamics was possible to understand by performing a relational analysis among them, supported in measurements of some physiochemical variables as pH, gravimetric humidity, organic matter and phosphorus.

The studied edafofauna evaluated the superficial activity and the vertical distribution of the organisms. A total of 10.820 individuals were captured contributing a biomass of 127.388 g.p.f., they were located in 9 classes, 25 orders and 114 families, the most important of them are: Entomobryidae, Carabidae, Phoridae, Staphylinidae, Cyrtodesmidae, Oniscidae, Curculionidae, Dipterous 3, Chrysomelidae and Chelodesmidae. In the superficial distribution the most part of the abundance and biomass was found at 3.200 m.s.n.m., and the smaller one at 3.800 m. s. n. m. For the vertical distribution the most part of the abundance was registered at 3.800 m.s.n.m., and the smaller one at 3.200 m.s.n.m., although the biomass was the biggest in this height. The organisms prefer to be located in the mold and in the first 10 cm off the ground. The diversity in the two cases was bigger at 3.800 m. s. n. m. and smaller at 3.200 m. s. s. m. Due to the structure of the living communities, the zones of 3.500 and 3800 m.s.n.m., are the most similar among themselves.

The presence and activity of microorganisms measured in the microbial biomass and microbial breathing showed its maximum values at 3.500 m.s.n.m.; in the other hand the biggest number of fungous colonies was reported at 3.800 m. s. n. m., and the smaller one at 3.200 m.s.n.m.; the necromass presented equal behavior. In general terms, the best bioorganic conditions of a high mountain soil is presented in antropic absence.

In order to finish this project, the analysis of main components was applied, where the variables were organized in five components, that helped to explain the 59.62% of the total variability of the information. The first component according with its nature and dynamics of the variables shows the characteristics of a intervened soil of high mountain, the second represents the conditions of a non-intervened soil, and the three remaining components are as a group an indicator of high mountain soils with a favorable setting for the recycling of nutrients. On the other hand, the hierarchical classification permits to gather the samples in four classes, it allows to

discover some specific conditions for the bio-organic components of a high mountain soil: the first class describes to the superficial region of the soil, the second class is conformed by the samples that represent a high altitude and deep regions of the soil, the third refers to the zones of high altitude and superficial regions , and the last class gathers the samples that describe a soil in altitudes and deep regions.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de alta montaña paramuna tienen funciones culturales y económicas directamente ligadas a las funciones ecológicas y, a su vez, la conservación de las funciones ecológicas depende de las lógicas propias de las culturas de los grupos humanos que los habitan. El programa para el manejo sostenible y restauración de los ecosistemas de alta montaña en Colombia, ha detectado que estos suelos están siendo drásticamente intervenidos provocando una reducción en la superficie de los páramos, y desconociendo que la regeneración y recuperación de estos ecosistemas deteriorados podría tardar miles de años. Esta situación no es ajena a la realidad que vive el Santuario de Flora y Fauna Galeras donde se hace evidente un avance ascendente de la colonización de tierras con fines productivos. Por esta razón, es necesario enriquecer el conocimiento de los diferentes factores que se encuentran involucrados en el mantenimiento del equilibrio ecológico de este tipo de ecosistemas, con el fin de preservarlos y restaurarlos para beneficio, no solamente del hombre, sino de las diferentes formas de vida que sostiene.

Actualmente los estudios del suelo solo se enfocan a evaluar el componente fisicoquímico, ignorando la importancia de adentrarse en el estudio de este recurso y considerar al componente biótico como parte esencial de su dinámica; siendo ésta la única forma de configurar un conocimiento sistémico, que permita conocer las potencialidades y limitaciones de este recurso, ofreciendo una base científica sólida que permita dar un manejo adecuado a este importante cuerpo natural.

Es así como el presente documento se constituye en una fuente de información actualizada acerca de la comunidad biológica del suelo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, cuantificada y analizada teniendo en cuenta su distribución en las diferentes capas y en altitudes de 3200, 3500 y 3800 m.s.n.m.

La investigación fue planteada y dirigida de tal manera que hizo posible medir el comportamiento de los organismos a medida que se enfrentaban a una variación en su ambiente; de las tres categorías de cambio ambiental que existen, el presente estudio analiza dos de ellas y sienta las bases para proponer el análisis de la tercera; en cada categoría de cambio ambiental se pudo registrar una respuesta específica para cada variable: para la categoría de cambios cíclicos, representada en este caso por las condiciones climáticas que determinan la época seca y lluviosa del año; la edafofauna (en términos de abundancia, biomasa, diversidad, y similitud) presentó una dinámica especial diferenciable de una época a otra.

De igual manera, las modificaciones en la dinámica de las variables analizadas pueden provenir de los cambios direccionales del medio, esta vez representados

en la degradación progresiva del páramo como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola, situación que afecta el comportamiento de las variables biológicas analizadas, a medida que se asciende en altitud sobre el nivel del mar.

Finalmente, ante los cambios erráticos, que para el caso corresponde a la activación y consecuente explosión del Volcán Galeras, la información que arroja esta investigación sienta una línea de referencia para estudios futuros que por efectos de comparación (antes y después de la explosión) podrá desarrollar un conocimiento complementario.

La estructura del documento se ha organizado teniendo en cuenta al lector de este trabajo, por ello se considera fundamental en primera instancia facilitar la apropiación de lo más sobresaliente de las teorías y estudios afines y pertinentes al trabajo investigativo desarrollado en Galeras, ello constituye el marco referencial que ha guiado y retroalimentado de forma permanente este trabajo.

Se usa con bastante frecuencia las gráficas y tablas para confrontar o demostrar las apreciaciones que a lo largo del trabajo se formulan y que constituyen el aporte más significativo al conocimiento del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

De igual manera se debe destacar el esmero y cuidado en el tratamiento estadístico de la información, con el fin de no sacrificar dato alguno, para plasmar también en el documento un banco de mediciones de las diversas variables con un número adecuado de cifras significativas para que reflejen la verdadera realidad del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

Fue de mucho provecho científico haber sectorizado la medición de las variables biológicas, no solo a nivel de las tres altitudes, si no por su ubicación a nivel de superficie del suelo y en profundidades de 5, 10 y 15 cm. Ello permitió descubrir características y regularidades bióticas muy importantes para la comprensión científica de la investigación.

Es por ello que la estructura del documento conserva este patrón, tanto para describir cada una de las variables abordadas como para desarrollar el análisis que generan las cifras. Para no ignorar la relación que podría existir entre las variables, los niveles de profundidad y altitud, estas categorías se abordan en conjunto a nivel comparativo para demostrar que la altitud y perfil del suelo son también determinantes en la explicación de su dinámica.

El capítulo destinado a los resultados y discusión de la investigación comienza con un primer apartado donde se presenta la descripción y análisis de la comunidad bioedáfica, desarrollando por separado la abundancia, la biomasa, la diversidad y la similitud detectada entre sus comunidades. Se complementa el capítulo identificando y desarrollando aportes sobre las regularidades identificadas mediante análisis comparativo.

En este capítulo se recalca siempre las dos técnicas empleadas en el trabajo de captura: la técnica Barber y la TSBF. La primera de ellas describe la actividad de la fauna edáfica en la superficie del suelo y la segunda representa la distribución vertical de la fauna a diferentes profundidades del suelo.

Un segundo aparte habla de la dinámica del componente bioorgánico del suelo, y describe el comportamiento de variables como: biomasa microbiana, respiración microbiana, hongos microscópicos de suelo y necromasa; variables que describen en conjunto muchos de los procesos esenciales que se llevan a cabo al interior del suelo, y cuya causalidad relacional permite armar un diagnóstico integral del estado en el que se encuentra este recurso.

Por último, en el tercer episodio se realiza un análisis estadístico más específico que permite relacionar la totalidad de las variables en forma simultánea e integradora, siendo consecuente con la naturaleza ecológica de la investigación. Es así como el Análisis de Componentes Principales (ACP), configuró nuevas variables capaces de expresar la información contenida en el conjunto original de datos, diseñando unos resultados de fácil comprensión y aplicación, describiendo de este modo parte del gran espectro de relaciones que se pueden llevar a cabo en el sistema edáfico y que a la vez dicen mucho de su calidad. Es así como finalmente se logra desarrollar y sintetizar el objetivo de la investigación.

El componente biológico del suelo evaluado, resulta ser el factor encargado de controlar la intensidad de los procesos biogeoquímicos y su variación en el tiempo y en el espacio, conclusión a la que no hubiese sido posible llegar si no se lograba integrar al componente fisicoquímico el componente biológico; por tal motivo este documento se constituye en una base para el desarrollo de nuevas investigaciones que permitan orientar el estudio del suelo desde un enfoque holista y no reduccionista, aporte que favorecido por nuevos conocimientos permitirá establecer mejores políticas de conservación, protección y uso de este invaluable recurso natural.



## 1. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de un suelo destinado a la protección y conservación, haciendo uso de algunos parámetros biológicos que puedan llegar a ser reconocidos como bioindicadores de calidad.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el contenido de carbono en la biomasa microbial y la evolución del dióxido de carbono en el suelo.
- Estimar la diversidad de la fauna edáfica y su biomasa, evaluando la distribución vertical a tres profundidades y la intensidad de su actividad a nivel del horizonte superficial.
- Determinar el aporte de biomasa vegetal necrosada al sitio de muestreo.
- Estimar el promedio de colonias fungosas por gramo de suelo.
- Establecer, en una primera aproximación, el grado de sensibilidad de los componentes biológicos utilizados, así como la relación que pueda existir con otras variables edafológicas (físico químicas)

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO HISTÓRICO

Desde los inicios de la cultura occidental, los griegos identificaron al suelo como uno de los cuatro pilares de nuestro sistema natural, junto con el fuego, aire y agua, dicha consideración, teóricamente, se ha mantenido a lo largo del tiempo.

Según Burges<sup>1</sup>, durante los últimos 100 años en Inglaterra los primeros estudios científicos del suelo se centraron particularmente sobre los problemas químicos, quedando establecido con esto que la importancia no estaba en conocer la presencia de elementos químicos en el suelo sino en determinar su disponibilidad para ser absorbidos por las plantas; de esta manera, se iniciaron una serie de análisis químicos en conjunto con los primeros estudios biológicos para determinar los niveles de disponibilidad de los nutrientes esenciales. Fue después cuando los físicos aparecen en escena para luego volver la atención hacia la microbiología con el descubrimiento de los nódulos de leguminosas como asociados a la fijación de nitrógeno, sugiriendo el papel que los microorganismos pueden ocupar en el ciclo general de los nutrientes.

El mismo autor afirma que después del trabajo realizado por los biólogos, el suelo fue analizado cuidadosamente y quedó claro que no solo contenía bacterias sino gran cantidad de hongos y actinomicetes. Igualmente desde el punto de vista zoológico, quedó claro que la actividad animal no estaba confinada únicamente a las lombrices de tierra sino que había grandes poblaciones de otros tipos de animales que al estudiar sus especies se llegó a la conclusión de que su papel en la dinámica del suelo es de suma importancia. Así se fueron identificando los pilares básicos sobre los cuales se ha desarrollado una ciencia propia del suelo, que considera este recurso como un sistema natural y dinámico.

Así se dio inicio al conocimiento de los organismos que constituyen la flora y fauna del suelo, desde la segunda mitad del siglo pasado. Por el interés económico inmediato de las bacterias del suelo fueron estas las primeras que se estudiaron. Luego con el descubrimiento de los antibióticos, surgió además el interés por los hongos, las algas y todos los animales que se han estudiado más seriamente en las últimas décadas.

Al comienzo, la humanidad no necesitó trabajar la tierra para su sustento a causa de la baja densidad poblacional y la gran fertilidad de los suelos. A medida que transcurrió el tiempo aumentó la población y se rompió el equilibrio natural entre productores y consumidores, obligando al hombre a cultivar sus alimentos en mayor cantidad y variedad. Este cambio generó una sociedad agrícola que, con la

---

<sup>1</sup> BURGES, A Y RAW, F. Biología del suelo. Barcelona España: Omega S.A., 1971. p 15.

necesidad de una mayor productividad se vio obligada a implementar técnicas de laboreo del suelo, pasando a la agricultura productiva lo que trajo como consecuencia procesos de degradación como la erosión acelerada, la desertificación, la compactación, endurecimiento, acidificación, disminución en el contenido de materia orgánica y por tanto una baja en la fertilidad del suelo.

En nuestro medio, por ejemplo, esto originó la utilización de los páramos y los bosques con cultivos de subsistencia y pequeñas ganaderías, desconociendo casi siempre las características de dichos ecosistemas, hecho que ha ocasionado en muchas áreas, la destrucción de la vegetación, la fauna y los suelos. La degradación llega a un punto en que el equilibrio natural se ve tan afectado que ni el mismo hombre es capaz de frenar toda la destrucción que ha ocasionado.

De ahí nace el interés por evaluar la calidad del suelo, interés que ha ido aumentando a medida que se amplía el conocimiento de este recurso, y es entonces cuando se lo reconoce como un componente muy importante de la biosfera, no solo desde el punto de vista productivo sino también del mantenimiento medioambiental, local regional y mundial.

La calidad del suelo ha sido difícil de definir y cuantificar, por tal razón Doran<sup>2</sup> manifiesta que para determinarla es necesario enfocarse en el estudio de indicadores físicos y químicos; respaldados por un enfoque interdisciplinario con la biología del suelo para entender los procesos de los ecosistemas.

Dentro de este proceso interdisciplinario se refleja el pobre desarrollo o la inexistencia de programas que permitan optimizar la biodiversidad del suelo lo que se ha convertido en un gran reto, que algunos asumieron al comprobar la importancia de los macroinvertebrados en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo. La macrofauna adquiere la importancia necesaria en el momento de establecer las diferentes prácticas edafológicas, siendo afectada por su sensibilidad a los cambios ambientales, por la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo que disminuyen su diversidad como consecuencia de la eliminación o disminución de especies en la macrofauna. Por tales razones la edafofauna tendría que ser considerada como indicador de calidad de suelo.

Según Feijoo y Quintero<sup>3</sup>, en la reunión organizada por la Internacional Biodiversity Observation Year 2001-2002, (IBOY) en junio de 2000 en Paris; se demostró la importancia del examen del suelo como morada de innumerables habitantes y de la necesidad de estandarizar las herramientas que permitan

---

<sup>2</sup> DORAN, Jhon y PARKIN, Timothy. Defining soil Quality for a Sustainable Enviroment. Madison, Wisconsin USA,,: J.W: Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart, SSSA Special Publication Number 35 ( ed), 1994. p 3.

<sup>3</sup> FEIJOO, Alexander Y QUINTERO, Heimar. Relación de uso de la tierra en agro ecosistemas del neotrópico con la biodiversidad del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Memorias del X congreso de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

cualificar y cuantificar las poblaciones de macrofauna del suelo. De allí surgió la necesidad de promover e integrar la disciplina de la biodiversidad con los avances holísticos y educar a la sociedad para explicar las implicaciones de las investigaciones y las oportunidades de futuros descubrimientos. El tema se aborda con el objetivo de discutir las posibilidades de líneas de investigación que se están abriendo para construir un entorno de protección y uso de la biodiversidad del suelo con énfasis en la edafofauna.

Otro aporte en el desarrollo de la ciencia es la determinación de la importancia de la biomasa que ha permitido establecer la eficacia de nutrientes aportados por los elementos vivos en forma de detritos de animales y especialmente de vegetales, por la vía de la hojarasca. En los últimos años por la disminución de ésta, se ha creído que es un buen indicador de la degradación a la que son sometidos los suelos, cuyo equilibrio ha tardado millones de años en recuperarse.

Según Arguello<sup>4</sup>, los estudios hasta ahora realizados se basan en evaluar el aporte de materia orgánica y nutrimento a través de la descomposición de follaje y detritos animales, en la búsqueda de sistemas de producción sostenida, especialmente en sitios donde los problemas socioeconómicos y la baja fertilidad del suelo producen una reducción en la producción o un desequilibrio en sitios destinados a la protección y conservación.

Ante el afán por describir la relación existente entre la dinámica de la materia orgánica y la biomasa microbiana; en la década de los noventa, Hernández lleva a cabo unos estudios que explican su importancia, afirmando “los microorganismos se encargan de inmovilizar el nutrimento que se conserva en el suelo y según las condiciones en un momento dado puede ser mineralizado y hacerse disponible para las plantas”<sup>5</sup>

Estudios recientes permiten aclarar esta relación estableciendo además significativos aportes. Por su parte Álvarez considera que “la materia orgánica está constituida por sustancias que presentan diferente estabilidad y accesibilidad al ataque microbiano cuya actividad se puede evaluar teniendo en cuenta la medición del dióxido de carbono”<sup>6</sup>. La evolución del dióxido de carbono es un buen indicador de la actividad biológica, la cual puede ser afectada por diferentes factores que actúan sobre el suelo.

Los hongos en un principio no adquirían la importancia según sus funciones dentro del suelo. Los primeros estudios permitieron determinar la eficacia de éstos en su ayuda a la planta para adquirir nutrientes minerales y agua; un ejemplo importante

---

<sup>4</sup> ARGUELLO, Heliodoro. Descomposición y liberación de nutrimentos del follaje de ocho especies de interés forestal en la franja premontana de Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales Vol. 21, no. 2. 1991. p 57-63.

<sup>5</sup> HERNENDEZ, Mary y HERNENDEZ, Danilo. Efecto de las prácticas agrícolas sobre algunas fracciones dinámicas de la materia orgánica, CEDAT U.S.R. Apdo 47925 coorinv t conicit. Ve IZT U.C.V.

<sup>6</sup> ALVAREZ G, et al. Mineralización del carbono de las fracciones densimétricas del suelo. Universidad de Buenos Aires. Departamento de suelos. Facultad de Agronomía.

es la simbiosis de las micorrizas. Después se pudo comprobar el trabajo realizado en conjunto con la microflora y la fauna del suelo en la descomposición de los restos vegetales en bosques, matorrales praderas etc., en donde la fauna desintegra los tejidos en forma física (triturando y fragmentando), con lo cual aumentan la superficie sobre la cual pueden actuar hongos y bacterias.

Con estas bases afortunadamente se ha podido comprender la gran importancia de incrementar los conocimientos sobre la flora, fauna, los microorganismos y la relación de estos con el medio en que se desarrollan.

Lo significativo sería lograr entender la importancia de la fauna edáfica y la interacción de ésta con los demás factores bióticos y abióticos; a todo esto sumando también la variabilidad espacial y temporal a la que pueden estar sometidos. Solo así se puede aspirar a considerarlos como indicadores de calidad de suelo. Una vez establecidos, tener como base estos principios para desarrollar programas que permitan optimizar la biodiversidad en los suelos destinados a la recuperación y conservación, y de igual forma los que se utilizan con fines productivos.

Por ahora el papel principal del componente biológico del suelo está basado únicamente en la degradación y reciclaje de la materia orgánica, debido a que comúnmente no se concibe la extinción de comunidades de fauna edáfica y microbiológicas; sin embargo el impacto de esta posibilidad será evidente cuando decaigan funciones reguladas por estos organismos, que aun no se contemplan por la falta de investigación. Es por eso que resulta urgente establecer la importancia de los bioindicadores que se puedan comparar o tomar como base en ecosistemas semejantes.

2.1.1. Antecedentes. Cuando se habla de los suelos de alta montaña se conoce muy poco. En el caso de los suelos de páramos en general en el departamento de Nariño no se cuenta con estudios cuyo enfoque esté dirigido al conocimiento integral del componente bioorgánico del suelo.

Específicamente en el Santuario de Flora y Fauna Galeras los estudios realizados se han enfocado básicamente a la descripción de su vegetación y para el caso de los suelos, se cuenta con algunos reportes de sus características físico-químicas, dejando de lado su composición biológica, y por tanto la riqueza científica de su interrelación.

Para nuestro departamento en general, los estudios edafológicos existentes se han encaminado a establecer la influencia que ejercen las diferentes prácticas agrícolas sobre el suelo.

Coral y Bonilla<sup>7</sup> estudia el impacto de las prácticas agrícolas y la aplicación de abonos orgánicos sobre suelos ubicados en la Cuenca Alta del Lago Guamuéz, trabajó una zona ubicada en selva secundaria, en una zona con regeneración de especies nativas de kikuyo y en un cultivo de cebolla. Usando como indicador a la edafofauna observó que ésta presentó una alta abundancia (19120 ind. m<sup>-2</sup>) y biomasa (216.3 g.p.f.m<sup>-2</sup>), siendo mayor en la hojarasca (52.62%) con tendencia a disminuir conforme aumenta la profundidad del suelo (0-10 y 10-20cm con 27.66 y 12.63% respectivamente). Los taxa más representativos de acuerdo a la zona evaluada son los miriápodos para la selva secundaria donde además se reportó la mayor abundancia y biomasa (8624 ind. m<sup>-2</sup> y 112.6 g.p.f.m<sup>-2</sup>), los coleópteros y lombrices, cuya diversidad estuvo representada por *Glossodrilus sp* y algunas especies desconocidas. En el cultivo de cebolla se encontró una abundancia total de 11040 ind. m<sup>-2</sup> y una biomasa de 87 g.p.f.m<sup>-2</sup>, representada en su orden por lombrices, miriápodos y por el orden Coleóptera (*Carabidae*, *Staphylinidae*, *Elateridae* y *Chrysomelidae*).

Coral et al.<sup>8</sup>, al evaluar la calidad de suelo en la zona de reconversión de cultivo de trigo en los municipios de Tangua y Yacuanquer encontraron que las propiedades físicas cambian entre localidades y agroecosistemas (excepto densidad real, contenido de limos y CIC). Para las variables biológicas evaluadas la biomasa de los macroinvertebrados y la respiración microbial fue diferente entre localidades y agroecosistemas, existiendo una relación significativa entre estos. De manera similar estas características cambiaron con la profundidad de evaluación.

En Colombia existen algunos estudios realizados en suelos de páramo, donde se contrasta el componente edafofaunístico de suelos intervenidos con el de suelos que conservan sus condiciones naturales.

Al respecto, Chamorro<sup>9</sup> en un estudio de suelo para el páramo Guerrero (sector Neusa), encontró que el horizonte orgánico está habitado especialmente por organismos de las clases Arácnida (54%) e Insecta (46%), distribuidos en el suelo del bosque nativo (19%) y en el litter de las praderas (68%). La menor densidad de insectos (0.5%) se reportó en el horizonte orgánico de las plantaciones exóticas de (pinos, eucaliptos, ciprés) debido a que allí no hay alimento suficiente para los animales. El 91% de la abundancia mesofaunística lo constituyen formas adultas y el 9% restante, son formas inmaduras de desarrollo.

---

<sup>7</sup> CORAL, Dilia y BONILLA, C. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del Lago Guamuéz, Pasto, Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 32; 2002. p 157-160.

<sup>8</sup> CORAL, Dilia et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño. Vicerrectoría de de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI). 2003. p 1-121.

<sup>9</sup> CHAMORRO, B. Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogotá. En: Revista de Suelos Ecuatoriales, Vol. XIX, No 1. 1989. p 50.

Infante y Chamorro<sup>10</sup> en el Páramo de Chingaza, al estudiar el horizonte orgánico de los suelos no utilizados, encontraron que está habitado por individuos de la clase Insecta (75%), Arácnida (20%) y oligochaeta. En las zonas intervenidas o afectadas por la acción de quemadas, la abundancia relativa de estos organismos varía ya que la clase Insecta asciende al 90% y Arácnida disminuye al 9%. Todos los órdenes tanto de la clase Insecta como Arácnida reducen la abundancia relativa en las zonas intervenidas respecto a las naturales, excepto Collembola que incrementa su valor, debido posiblemente a variaciones microclimáticas en este nivel del suelo.

Por su parte García<sup>11</sup>, estudió la composición edafofaunística del páramo de Monserrate en el bosque alto andino en el sector del páramo de Chisacá y encontró que la comunidad edafofaunística registra una densidad promedio de 4426 individuos/m<sup>2</sup>, una biomasa de 228 gramos de peso húmedo/ m<sup>2</sup>, un índice de diversidad 0.745 y aproximadamente 42 grupos taxonómicos, de los cuales los organismos del orden Ácari son los de mayor densidad (63%), le siguen en importancia la clase Insecta (20%) y otros artrópodos representan la más baja densidad (5%).

Salamanca y Chamorro<sup>12</sup> estudiaron la composición edafofaunística del páramo de Monserrate en el sector de la hacienda Santa Bárbara y encontraron que la fracción orgánica se compone en un 48% por la clase Insecta (Collembola 36%, Díptera 22%, Homoptera 17%, Coleóptera 13%, Hymenoptera 6%, Thysanura 2%, formas inmaduras 4%); un 32% corresponde pertenece a la clase Arachnida (Acarina 60%, Araneida 20%, Phalangida 10% y Chelonetidaas 10%); el 15% restante corresponde a la clase Oligochaeta y el otro 5% a la clase Diplópoda. En la fracción mineral distribuida en dos profundidades (0-20 y 20-40 cm.) se encontraron 7 clases y 14 órdenes; el mayor número de individuos pertenecen a Oligochaeta (Plesiópoda y Opistópoda), le siguen en importancia Arachnida (Acarina) Coleóptera y Díptera. En la profundidad 20-40 cm., al igual que la primera el mayor número de organismos está representado por Oligoquetos, en segundo lugar se encontraron los Coleópteros y, finalmente los Arácnidos.

---

<sup>10</sup> INFANTE, Jairo Y CHAMORRO, Clara. Edafofauna de Paramos. Influencia del uso del suelo sobre la mesofauna edáfica en el Páramo de Chingaza Colombia. Bogota: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol. 2, No.1. 1990. p 115 - 149.

<sup>11</sup> GARCÍA, C. M. citado por CHAMORRO, Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogota. En: Revista de Suelos Ecuatoriales, Vol. XIX, no 1. 1989. p 57-58.

<sup>12</sup> SALAMANCA, Néstor y CHAMORRO, Clara. La edafofauna del Páramo Monserrate-Sector Hacienda "Santa Barbarabara"- (Cundinamarca - Colombia). Bogota: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol. 2, no. 1. 1990. p 80-99.

Chamorro<sup>13</sup> estudió la población de lombrices de tierra y su relación con las principales características químicas de los suelos del páramo de Sumapáz (Sector de Chizacá) en un transecto altitudinal entre 2.900 y 3.700 m.). El 80% de la población total de las lombrices habita los primeros 20 cm. de profundidad de todos los suelos estudiados, la mayor población se encuentra a los 3.200 m y la menor a los 3.600 m. Las especies encontradas corresponden a: *Diplocardia singulares*, *Octalasion lacteum*, *Bimastus tenuis*, *Dendrobaena octaedra* y *Andiodrilus bogotensis*.

Zuluaga et al<sup>14</sup> en el sector del área de Caño Limón (Arauca) donde evaluó la comunidad bioedáfica en relación con los factores climáticos, florísticos, físico-químicos y antrópicos en siete estaciones. Capturó organismos de los órdenes Collembola (Insecta), y Acari (Arácnida) que fueron ocasionales y de actividad reducida. En la distribución vertical de la edafofauna los taxa dominantes en el área fueron Acari con 43.11%, de abundancia relativa, Himenóptera con 25.24% y Diplopoda con 13%. El análisis de correlación permitió establecer que el horizonte orgánico regula las condiciones medioambientales. En la vegetación herbácea se encontró como dominantes a los diplópodos y en áreas con alta diversidad florística a Coleóptera y Díptera, además se concluyó para este estudio que los parámetros físicos son más determinantes que los químicos.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El recurso suelo, su formación, composición, y función general. Para muchos autores, el suelo es considerado un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Doran<sup>15</sup>, maneja un concepto de suelo, afirmando que este es un cuerpo dinámico, viviente, natural que juega un papel importante en los ecosistemas terrestres. Los componentes del suelo incluyen materiales minerales inorgánicos (arena, limos, y las partículas de arcilla), materia orgánica, agua, gases, y organismos vivientes como oligoquetos, insectos, bacterias, hongos, algas, y nematodos. En el suelo hay intercambio incesante de moléculas e iones entre las fases sólida, líquida, y gaseosa que son medidos en los procesos físicos, químicos, y biológicos. La importancia del componente microbiano del suelo se pasa por alto a menudo, porque es mayormente invisible. Sin embargo, parte esencial de los ciclos del C,

---

<sup>13</sup> CHAMORRO, B. Clara. Las lombrices de Tierra (macrofauna) en correlación con las características químicas del Páramo Sumapáz. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Bogotá: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol. 2, no. 1. 1990. p 21-44.

<sup>14</sup> ZULUAGA, Diego A et al, Componente Bioedáfico de los suelos del área de Caño Limón (Arauca-Colombia). En: Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 25. 1995. p 109-111.

<sup>15</sup> DORAN, Jhon y PARKIN, Timothy. Defining soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, Wisconsin USA.; J.W: Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart, SSSA Special Publication Number 35 (ed), 1994. p 4.



N, P, y S, y los ciclos del agua se llevan a cabo por un gran número de microbios que interactúan con la fauna del suelo, y las propiedades físicas y químicas.

Los componentes primarios del suelo son: 1. Compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales; 2. Los nutrientes solubles utilizados por las plantas; 3. Distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta y 4. Gases y agua requeridos por las plantas y los organismos subterráneos<sup>16</sup>.

Una institución educativa en Venezuela hace referencia a la naturaleza del suelo<sup>17</sup> de la siguiente forma:

Las propiedades físicas del suelo está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños. Las partículas inorgánicas tienen tamaños que varían entre el de los trozos distinguibles de piedra y grava hasta los de menos de 1/40.000 centímetros. Las grandes partículas del suelo, como la arena y la grava, son en su mayor parte químicamente inactivas; pero las pequeñas partículas inorgánicas, componentes principales de las arcillas finas, sirven también como depósitos de los que las raíces de las plantas extraen nutrientes. El tamaño y la naturaleza de estas partículas inorgánicas diminutas determinan en gran medida la capacidad de un suelo para almacenar agua, vital para todos los procesos de crecimiento de las plantas.

El componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril.

Los principales gases contenidos en el suelo son el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono. El primero de estos gases es importante para el metabolismo de las plantas porque su presencia es necesaria para el crecimiento de varias bacterias y de otros organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. La presencia de oxígeno también es vital para el crecimiento de las plantas ya que su absorción por las raíces es necesaria para sus procesos metabólicos.

Es claro que las propiedades de los suelos pueden ser muy distintas no sólo de un lugar a otro, sino a diversas profundidades y su evolución estará también íntimamente relacionada con el tipo de material geológico del que se origina, por la

---

<sup>16</sup> Suelo: "Naturaleza del suelo". Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000-1993-1999 Microsof Corporation

<sup>17</sup> Geografía: Ciencias de la Tierra. Ciencias del Suelo. [online]. Venezuela ,Aldeas Educativa, 2001 [cited 30 de enero 2003] <http://w.w.w.aldeaeducativa.com/terra/temas/tareas.cuatro>

cubierta vegetal que lo cubre, por la cantidad de tiempo que ha actuado la meteorización, la topografía y los cambios resultantes de las actividades humanas.

A excepción de las derivadas de desastres naturales, las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales. Sin embargo, el cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de mucha de su protección contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos. Es así como se ha dedicado especial interés en desarrollar métodos para prevenir o mitigar el impacto negativo que el cultivo excesivo ocasiona al suelo.

Para Burbano<sup>18</sup>, es bien conocido que hay una gran presión para que la agricultura contemporánea produzca cada vez mayores volúmenes de alimentos y materias primas, para sostener una población mundial que alcanzaría la impresionante cifra de siete millones de habitantes, cuando apenas se esté sobrepasando la primera década de este milenio. Situación que se evidencia en las zonas de clima frío donde el bosque primario fue eliminado en su mayor parte y sustituido por pastos y cultivos, llegándose a utilizar con fines agropecuarios, una parte considerable de áreas ubicadas por encima de los 3000 m.s.n.m., poniendo en peligro las reservas de bosque nativo y el suministro de agua. Solamente permanece el bosque nativo de áreas muy pendientes y en zonas de elevada altitud donde de dificulta su intervención.

Por otro lado, el mismo autor afirma que frente a estas circunstancias no cabe la menor duda que es imperativo para el hombre contemporáneo propender por la conservación de la base de los recursos naturales, uno de los cuales es el suelo, que sirve de soporte tanto para los ecosistemas naturales como para los agroecosistemas.

Gallardo<sup>19</sup> afirma que hoy en día el mundo occidental ha desarrollado estrategias que le han permitido cubrir sus necesidades alimenticias, considerando el suelo como elemento a conservar (o ser utilizado como depurador ambiental), al ser un elemento productivo básico (La agricultura en el PIB de los países desarrollados es raro que supere el 5%) el suelo se considera como un recurso no renovable.

Contrariamente a lo que se decía hasta hace pocos años, que la edafósfera ha pasado a ser denominada antropósfera y el edafólogo se ha convertido en un experto ambientalista. El agricultor, de ser considerado un buen productor, ahora es un convicto enemigo ambiental (erosiona, contamina, produce CO<sub>2</sub>, simplifica la diversidad, etc.)

---

<sup>18</sup> BURBANO, Hernán. Fertilidad de los suelos Diagnostico y Control. Nueva edición. ed. Francisco Silva Mojica. Publicación de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Editora Guadalupe Ltda. Santa Fe de Bogota: 187 p.

<sup>19</sup> GALLARDO, Juan F. Uso de los microorganismos en la agricultura. Materia Orgánica: mito o realidad. Medellín: ed. Juan C Pérez, Claudia L Álvarez y Nelson Walter Osorio. Conferencias magistrales y simposios. X congreso de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. octubre 11 al 13 del 2000. p 147.

2.2.2 Los Páramos: suelos de Alta Montaña. En 1982, el geógrafo Ernesto Guhl definió los páramos como “regiones montañosas ubicados en los Andes Ecuatoriales húmedos por encima del límite superior del bosque”. Según Guhl y Lauer “los páramos son la expresión de un clima tropical de las altas montañas, que no existen en otros lugares de la tierra, con alternancias térmicas diarias, que pueden conducir a descensos bajo 0°C durante muchos días del año y se subdividen de acuerdo a las diferentes características higrotérmicas de sus vertientes”<sup>20</sup>.

Investigaciones desarrolladas por el IGAC<sup>21</sup>, revelan que Colombia tiene un trazado horizontal de 4.200 m. sin diferencias notables entre las vertientes. El superpáramo según Guhl (1968) y Van der Hammen (1973), al igual que en el Ecuador, registra diferencias de su límite superior entre las dos vertientes. El subpáramo o páramo bajo se ubica en la cordillera occidental entre los 3100 y 3600m.s.n.m, mientras que en la oriental se extiende desde los 3500 hasta los 3900 m.s.n.m. Cleef (1980), subdivide cada sector páramo en subzonas altas y bajas, basado en condiciones de humedad y consideraciones fisionómicas y florísticas de cada vertiente de la cordillera Oriental de Colombia. Cuatrecasas (1954,1958,1968), señala una divergencia Oeste-Este del límite superior que asciende hasta los 3800-3900 m.s.n.m.

Chamorro<sup>22</sup> establece que el páramo se caracteriza por su baja temperatura y la fisonomía de la vegetación que en las partes más bajas, es de tipo arbustivo, y en los sitios más altos está conformada por diferentes especies entre las que predominan diversas espeletias (Frailejones). Tanto la belleza de su paisaje como su situación estratégica para la conservación de suelos y aguas, hacen de los páramos, así como de los bosques nativos áreas de especial importancia ecológica que deben, en la mayoría de los casos permanecer en su estado natural. Uno de los problemas fundamentales de nuestra época es que desafortunadamente el hombre se ha visto obligado a utilizar el páramo y los bosques con cultivos de subsistencia y pequeñas ganaderías, desconociendo, casi siempre las características de dichos ecosistemas. Este hecho ha ocasionado en muchas áreas la destrucción de la vegetación, la fauna y los suelos.

Dentro de las montañas altas, la zona paramuna se puede caracterizar por la falta de estaciones térmicas, por la constancia en la duración durante el año y la existencia de por lo menos ocho meses húmedos.

---

<sup>20</sup> GUHL, 1979 Y LAUER 1979, citados por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Edafofauna de Paramos. Subdirección Agrológica. Bogota: Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol. 2, no 1., 1990. 1 p.

<sup>21</sup> Ibit., p.2

<sup>22</sup> CHAMORRO, B. Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogota. En: Revista de Suelos Ecuatoriales, Vol XIX, no 1. 1989. 48-59 p.

Sturm<sup>23</sup>, afirma que la alta humedad del ambiente, ocasionada por la precipitación y la humedad relativa, que durante la noche alcanza el 100%, es seguramente un factor muy importante para la evolución de la estructura y función específica del sistema de páramo. La falta de una estacionalidad térmica, permite la actividad constante de plantas y animales. Otros factores climáticos muestran cambios periódicos (1 ó 2 periodos de lluvia durante el año), oscilaciones extremas de la temperatura y de la intensidad de la radiación cerca del suelo durante el día y los periodos secos, cambios estacionales periódicos de la velocidad y dirección de los vientos. Aparentemente, fuera de los periodos de humedad, son las diferencias estacionales de la temperatura las que influyen en el ritmo de la floración de muchas plantas (por ejemplo frailejones y puyas) y de esta manera, sobre el ritmo de desarrollo de la fauna que frecuenta las flores y especialmente, de la fauna estacionaria de los capítulos de los frailejones.

En estudios realizados sobre microhábitats de macroinvertebrados en el páramo de Chingaza, por Amat y Vargas<sup>24</sup>, revelan que la heterogeneidad macroespacial del páramo tiene su origen en una geomorfología periglacial con un modelo glaciar heredado y la microespacial en cuatro elementos: las formas de expresión adaptativa observadas en los biotipos de las plantas, la conformación arquitectural de las vegetación, los procesos globales y aquellos factores de origen antrópico que generan alteraciones o disturbios en la conformación primaria de la vegetación.

Respecto a la disponibilidad de alimento, Sturm<sup>25</sup> establece que las montañas altas ofrecen, en general y bajo condiciones de humedad comparables, menos recursos que las zonas más bajas y con diferencias apreciables según el cinturón altitudinal, como consecuencia la menor biomasa de las plantas fuente de alimento. Se debe tener en cuenta que el viento puede transportar materia orgánica (polen, detritus, partes de las plantas, animales pequeños vivos etc.) hasta grandes altitudes, por ejemplo la superficie de glaciares, donde pueden formar la base de la alimentación para biocenosis adaptada.

2.2.3 Propiedades biológicas del suelo. Según Burbano<sup>26</sup>, para hablar de propiedades biológicas del suelo hay que referirse a la materia orgánica, microorganismos y a la presencia de macroinvertebrados, lo que hace que este recurso natural sea “viviente” y que así se derive buena parte de su potencialidad y fertilidad.

---

<sup>23</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramos y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Bogotá: ed Luís Eduardo Mora Osejo, Helmut Sturm 1994. 79 p.

<sup>24</sup> AMAT, German y VARGAS, Orlando. Caracterización de microhábitats de la artropofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural. En: Caldasia. Vol 16, no 79, Diciembre 1991. 539 p.

<sup>25</sup> Op cit., p 71.

<sup>26</sup> BURBANO, Hernán. Curso “sobre el recurso suelo”. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Programa de Educación ambiental. Pasto: 8 p.

La materia orgánica del suelo según Burges y Raw<sup>27</sup> es compleja, y casi todas las sustancias orgánicas naturales tarde o temprano van a parar al suelo. Su permanencia en este medio puede ser breve si son fácilmente descompuestas por los microorganismos, pero si son resistentes pueden permanecer por muchos años. Convencionalmente se tiende a diferenciar la materia orgánica amorfa, aquella en la cual no se distingue ya ninguna estructura definida y se le conoce con el nombre de humus, llamado así porque está compuesto fundamentalmente por las sustancias orgánicas más importantes del suelo que son los ácidos húmicos.

Para Burbano<sup>28</sup>, el significado particular que tiene la materia orgánica en el suelo con respecto a la fertilidad de este, radica en que ella influye sobre diversas propiedades del suelo; en forma simultánea es fuente y “consumidora” de elementos nutritivos los cuales pueden formar moléculas orgánicas es el caso del nitrógeno, fósforo y azufre; por otro lado tiene propiedades de carga que la constituyen en un sitio de intercambio a menudo el más importante en los suelos de los trópicos con arcillas de baja actividad; posee propiedades físicas y químicas que facilitan la agregación con partículas minerales, especialmente con las arcillas, y a su vez modifica la estructura física del suelo e influye en varios de los procesos del suelo que son movidos biológicamente. En consecuencia la materia orgánica del suelo representa un atributo más que una entidad.

Burges<sup>29</sup>, afirma que la composición de los fragmentos vegetales cambia constantemente, durante las primeras fases de destrucción el agua solubiliza los materiales, los almidones y las proteínas desaparecen pronto. La descomposición de la celulosa y de la hemicelulosa sigue después, dejando residuos que constan en gran parte de lignina y cutícula. Se han realizado pocos estudios comparables acerca de la descomposición de animales; en relación con muchos animales pequeños, las sustancias proteicas blandas se destruyen rápidamente dejando exoesqueletos quitinosos, siendo su presencia en el mantillo y en el suelo mineral una característica de suelos ácidos.

Hoffmann<sup>30</sup>, afirma que además de todos los restos vegetales y animales muertos, también forman parte del suelo una infinidad de organismos vivos, muchos de ellos microscópicos, que pululan entre los intersticios, poros y cavidades del mismo.

---

<sup>27</sup> BURGES, A Y RAW, F. Biología del suelo. Barcelona España: Omega S.A., 1971. p. 17

<sup>28</sup> BURBANO, Hernán. Pasto: Curso “sobre el recurso suelo”. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Programa de Educación ambiental. 8 p.

<sup>29</sup> BURGES, A Y RAW, F. Biología del suelo. Barcelona España: Omega S.A., 1971. p. 17

<sup>30</sup> HOFFMANN, Anita. . Animales desconocidos Relatos acarológicos. Capítulo VIII. Un mundo oculto. <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

A grandes rasgos Hoffmann<sup>31</sup> declara que la biomasa del suelo está constituida por un sin número de especies vegetales, bacterias, algas y hongos, y de especies animales como protozoarios, turbelarios, nemertinos, nemátodos, gastrótricos, rotíferos, anélidos, tardígrados, artrópodos y moluscos.

Todos estos organismos forman parte del fluido de energía de los ecosistemas edáficos. Gran cantidad de la materia orgánica es procesada por ellos, es decir, transformada física o químicamente como resultado de su ingestión. Parte de este material sale como materia fecal no digerida y el resto es asimilado y metabolizado. La energía asociada a esto está representada en la producción, o sea crecimiento y reproducción, y en la respiración, lo que en conjunto constituye el metabolismo de mantenimiento (Harding y Stuttard, 1974.) En muchos casos, la desintegración completa de los detritos dependerá de la utilización subsecuente de la materia fecal, ya que se ha comprobado plenamente que el material en descomposición es más susceptible a la actividad microbiana tras haber pasado por el intestino de algunos artrópodos (Ghilarov, 1963; Kuhnelt, 1963).

2.2.4. Bioindicadores de calidad de suelo. Los bioindicadores son medidas múltiples de la salud de un organismo o de diversos niveles de organización biológica en múltiples escalas de tiempo de respuesta. Los bioindicadores pueden tener un rango de respuesta desde el nivel biomolecular al poblacional y de comunidad. Generalmente se usan para evaluar los efectos de estresores ambientales sobre la salud de los organismos dentro del proceso de Evaluación de Riesgo Ecológico.

Según Ridge<sup>32</sup>, los organismos están sujetos a una variedad de agentes estresantes en su ambiente, se necesitan múltiples medidas de salud que ayuden a identificar y separar los efectos de los estresores inducidos por el hombre (tales como los contaminantes) de los efectos de los estresores naturales (tales como la disponibilidad de alimento) de tal manera que, midiendo las respuestas de salud en términos de tiempo de respuesta y niveles de organización biológica, los investigadores pueden establecer relaciones causales entre estresores y efectos biológicos. Los estresores a escala individual utilizados como bioindicadores son: variaciones de los factores fisicoquímicos, competencia, regímenes de temperatura, disponibilidad de alimento, y contaminantes en el medio. Los estresores a escala individual provocan respuestas integradas sobre: el crecimiento y el éxito reproductivo; que en conjunto constituyen una respuesta poblacional.

Según el mismo autor, los bioindicadores pueden ser utilizados en programas de biomonitoreo para advertir señales tempranas de algún problema ambiental, identificar causa y efecto entre estresores y respuestas biológicas, evaluar las

---

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> RIDGE, Oak. Bioindicadores capítulo III. Nat Lab, 1995; Jain et al., 1993

respuestas integradas de los organismos al estrés ambiental, y evaluar la efectividad de las acciones remediabiles sobre la salud del ecosistema.

Para Michelena<sup>33</sup>, los indicadores de calidad y salud del suelo son parámetros que deben ser observados o determinados fácilmente. Estos indicadores se seleccionan según el uso de la tierra (agrícola, ganadera, forestal), y entre ellos se pueden mencionar los siguientes: acidez (pH), alcalinidad, salinidad, estabilidad de agregados, densidad aparente, nitratos, respiración microbiana, espesor del horizonte superficial, erosión, infiltración, conductividad hidráulica, entre otros.

En sus palabras Sadeghian, et al<sup>34</sup>, testifican que los organismos vivos deben tenerse en cuenta a la hora de hablar de indicadores de calidad de suelo, cualquiera que sea su uso. sus estudios respaldan lo anterior afirmando que la presencia de organismos, su diversidad y actividad reflejaran la influencia que ejercen las condiciones medioambientales y de manejo sobre los sistemas estudiados. Allí tienen gran importancia la gran disponibilidad de alimentos (MO), la variabilidad en la composición de estos en términos de la riqueza florística y los demás factores edáficos y culturales. Así mismo en los ambientes con mayor complejidad biológica y menor intervención antrópica se crean condiciones que favorecen el mejoramiento de las características del suelo como resultado de la acción de los organismos presentes.

2.2.5 Agentes de la dinámica biorgánica del suelo. No todos los organismos del suelo tienen el mismo valor bioedafológico; son sumamente variables en cuanto a tamaño, abundancia, régimen alimentario, permanencia y exclusividad. La mayor densidad se encuentra por lo general en los suelos de bosques. Según McCormick<sup>35</sup>, el número de organismos que vive hasta una profundidad de 7 cm en 30 cm<sup>2</sup> de suelo puede llegar a ser mayor de 1000 millones; los actinomicetos conforman aproximadamente el 50% de esta masa; las bacterias el 40%; los protozoarios y las algas, 5%, y los hongos verdaderos, 1%; el otro 4% está representado por los animales invertebrados, entre los cuales los más abundantes son los artrópodos. A pesar de este bajo porcentaje del total, los artrópodos se pueden encontrar en densidades tan altas como de 300 millones de individuos por un área de 4047 m<sup>2</sup>, de acuerdo con las características del suelo y de la vegetación. Los artrópodos más frecuentes y abundantes en la mayor parte de los suelos son los ácaros y en segundo lugar los Colémbolos.

Los animales edáficos según Edwards, pueden ayudar a la desintegración de la materia orgánica vegetal de varias maneras:

---

<sup>33</sup>MICHELENA, Roberto. Como controlar la erosión hídrica para que no destruya los suelos. <http://w.w.winsuelos.org.ar/informes/index.htm>.

<sup>34</sup> SADEGHIAN, S. et al. Características de los suelos en sistemas agropecuarios y forestales para el ordenamiento territorial en el departamento del Quindío (Colombia). [crg@armenia.multi.net.co](mailto:crg@armenia.multi.net.co)

<sup>35</sup> MC.CORMICK, citado por HOFFMANN, Anita. Animales desconocidos Relatos acarológicos. Capítulo VIII. Un mundo oculto. 1960. <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

Al desintegrar los tejidos de forma física (triturando y fragmentando) con lo cual aumentan la superficie sobre la cual pueden actuar bacterias y hongos. Descomponiendo de forma selectiva materiales como azúcar, celulosa y hasta lignina. Cuando transforman restos vegetales en materiales húmicos. Al mezclar la materia orgánica descompuesta con la capa superior del suelo. Formando agregados más o menos complejos entre la materia orgánica y la fracción mineral<sup>36</sup>.

En el mismo contexto, el I.G.A.C.<sup>37</sup> establece que los microorganismos son responsables de la mayoría de las transformaciones químicas, correspondientes a los procesos de humificación y mineralización, la fauna y la microflora se integran para formar subunidades funcionales de gran importancia para el sistema suelo; usualmente los animales ayudan a diseminar y transportar nuevos recursos orgánicos que sirven de activación de los microorganismos. Como ya se mencionó los microorganismos digieren sustancias orgánicas complejas (celulosa, los animales y las plantas.

Los animales habitantes del suelo son tan numerosos y variados que, aparte del ordenamiento taxonómico, ha sido necesario hacer agrupaciones ecológicas de ellos, tomando en consideración otros aspectos, como su situación en el suelo, por un lado, y el tiempo de su permanencia en él. Respecto a su situación, se establece tres tipos diferentes de organismos, tomando como base las tres zonas ecológicas del suelo:

Los epiedafones son los que habitan en la superficie del suelo y que corresponden a la zona epigea. Los hemiedafones son los que se encuentran en la primera capa del suelo, abundante en materia orgánica, llamada zona hemiedáfica. Los enedafones, por último, son los que existen en una capa más profunda en la que predomina el suelo mineral, conocido también como zona euedáfica.

En cuanto al segundo aspecto, el mismo autor distingue dos categorías principales:

Los geobiontes, que pasan todo su ciclo de vida en el suelo, como las lombrices, muchos ácaros, colémbolos, etc. Los geofilos que, por el contrario, tan sólo pasan una parte de su vida en el suelo, como algunos insectos y otras especies de ácaros<sup>38</sup>.

---

<sup>36</sup> EDWARDS. 1974., citado por HOFFMANN, Anita. Animales desconocidos Relatos acarológicos. Capítulo VIII. Un mundo oculto. <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

<sup>37</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 244.

<sup>38</sup> Ibid., p 242-244.



La mayoría de los animales del suelo inician, viven o finalizan parte de su ciclo biológico en él, razón por la que no todos muestran igual relación con el medio edáfico; debido a ello se consideran miembros temporales o marginales, según Wallwork<sup>39</sup>, esta situación hace difícil determinar cuales son los verdaderos organismos edáficos. Pero a pesar de ello todos de alguna manera contribuyen para mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas de este recurso.

Schaller<sup>40</sup> afirma que los componentes bióticos del suelo constituyen una comunidad organizada entre productores, consumidores y descomponedores. El tamaño de sus poblaciones depende del espacio disponible (volumen de poros en el suelo), del alimento primario existente (mantillo) y de las condiciones climáticas que gobiernan la tasa de crecimiento, la duración del ciclo de vida y la actividad que desarrollan.

Tanto la fauna como la microflora del suelo tienen un papel muy importante en la descomposición de los restos vegetales en bosques, matorrales, praderas, etc. Así las reacciones del suelo influyen en el contenido de la materia orgánica. Por lo general se ha encontrado que en suelos ácidos, con un pH menor que cinco, se produce la acumulación de la materia orgánica. Esto se debe a diferentes razones; por un lado el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos del suelo, estas condiciones ácidas limitan la acción bacteriana y de la microflora y se favorece la reproducción de hongos, lo que da por resultado una consecuente acumulación de la materia orgánica.

Como ya se menciona anteriormente se ha demostrado que los organismos desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo, al regular la disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas y estructura del suelo, influir en las condiciones de vida y determinar la abundancia y estructura de otras comunidades del suelo. Marin y otros<sup>41</sup> afirma que las diferentes prácticas de manejo que se le están dando al suelo, causan alteraciones en la macrofauna, eliminación o reducción de especies, disminución de la abundancia y biomasa de las poblaciones; por tales razones se ha considerado a la edafofauna como un indicador de cambios en la calidad de los suelos por su susceptibilidad a la transformación del paisaje.

Los organismos presentes en el suelo son importantes para ser considerados

---

<sup>39</sup> WALWOK, citado por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 241.

<sup>40</sup> SCHALLER, citado por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito publico IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 241.

<sup>41</sup> MARIN P. Elida, FEIJOO, A y PEÑA, J. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. En: revista de suelos ecuatoriales. Vol. 31, no, diciembre 2003. p 234.

como indicadores de calidad de los suelos porque como afirma Camero y otros<sup>42</sup>, a pesar que el conocimiento de muchos organismos en Colombia apenas se inicia, como es el caso de los coleópteros, su clasificación taxonómica, su ubicación sistemática y su comportamiento poblacional en zonas de baja intervención, constituyen las herramientas básicas para la determinación de indicadores que definan la productividad y susceptibilidad de los suelos de Colombia, de manera rápida y conciente.

2.2.5.1. Necromasa, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. Según Gallardo<sup>43</sup>, la fuente originaria de la materia orgánica y del humus está formada por los residuos animales y, especialmente, vegetales que cubren al suelo. La vegetación consta de tallos, flores, hojas y frutos, que al depositarse en la superficie del suelo constituyen la hojarasca o mantillo; cada uno de estos componentes tiene una composición química específica. En la mineralización, los residuos sufren un proceso de degradación o descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y otros. Los productos resultantes pueden ser objeto de nuevas síntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregados químicos que reciben el nombre de ácidos húmicos que poseen características y propiedades específicas; este proceso recibe el nombre de humificación.

La biomasa es considerada como la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico. El término es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos. En la actualidad, la biomasa mundial está formada en una proporción abrumadora por plantas, que no sólo constituyen la base de todas las cadenas tróficas, sino que también modifican los climas, y crean y sujetan los suelos, transformando así en habitables lo que de otro modo serían masas de piedra y arena. De esta forma la interacción de las plantas con el ciclo global del carbono considera el funcionamiento de las comunidades en el contexto del flujo de energía y contacta la habilidad de las diferentes comunidades para convertir la radiación solar en biomasa; es así como ésta representa la energía almacenada en el interior de la comunidad heterotrófica<sup>44</sup>.

Lugo<sup>45</sup> habla acerca de la biomasa y afirma que la cantidad total de energía fijada por la fotosíntesis por unidad de área, y por unidad de tiempo se denomina

---

<sup>42</sup> CAMERO, R Edgar, et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. En revista de suelos ecuatoriales. Vol. 27. 1997. p 228-230.

<sup>43</sup> GALLARDO, Juan F. Uso de los microorganismos en la agricultura. Materia Orgánica: mito o realidad. Medellín: ed. Juan C Pérez, Claudia L Álvarez y Nelson Walter Osorio. Conferencias magistrales y simposios. X congreso de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. octubre 11 al 13 del 2000. p 143.

<sup>44</sup> "Biomasa". Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000-1993-1999 Microsoft Corporation.

<sup>45</sup> LUGO, A Los sistemas ecológicos y la humanidad. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. 1982. p 19.

productividad primaria bruta. Pero no toda la energía fijada por fotosíntesis es convertida a biomasa; una parte significativa es liberada por respiración para suplir la energía necesaria en las actividades metabólicas denominándose así a la productividad primaria neta como la diferencia de la productividad primaria bruta menos la respiración. Los valores de productividad siempre representan la proporción del carbono o el flujo de energía expresada como gramos de biomasa (o calorías) por unidad de tiempo y de área foliar. El peso del material vegetal presente en un punto, en el tiempo se denomina biomasa (o cosecha en pie o fitomasa); es por eso que la biomasa existente en un tiempo dado no es una medida de la productividad de la comunidad. Se puede medir la productividad primaria neta como el cambio en biomasa a través del tiempo.

El I.G.A.C.<sup>46</sup>, establecen que al tumbar un bosque con la expectativa de lograr cosechas abundantes, es una posibilidad que nunca se realiza porque la cantidad de nutrientes del suelo no es suficiente para sostener actividades agrícolas continuas. Esto se debe a que la mayor parte de los nutrientes en muchos bosques tropicales, está almacenada en la biomasa vegetal y al destruirla se pierden los nutrientes. Al cesar la labor agrícola el bosque retorna, pero tardara muchos años en restablecer su majestuosidad original. Esta generalización no es aplicable a todos los bosques tropicales, pero es necesario subrayar el hecho de que la biomasa “en sí” no es una medida que indique la magnitud de la productividad en el sistema.

Después de estudiar los páramos que circundan la ciudad de Bogota, Chamorro<sup>47</sup> afirma que tanto en los bosques como en los páramos es evidente el hecho de que la biomasa (vegetal o animal) que cae sobre la superficie del suelo, no solamente incrementa su fase orgánica, sino que además funciona como hábitat para numerosos invertebrados encargados de redistribuir la materia orgánica que llega al suelo, iniciar el proceso descomponedor de las estructuras celulósicas e incorporar el producto de éstos al suelo, en forma de nutrientes. Es por eso que Ghilarov (1971) afirma que los organismos que viven en el horizonte orgánico del suelo, son participantes directos y dinámicos en el proceso de fragmentación e incorporación de la materia orgánica.

Por otro lado Amat y Vargas<sup>48</sup> afirma que en el ecosistema de páramo, la lenta descomposición de la materia orgánica es un proceso de importancia global, que origina la acumulación de necromasa en el suelo. Este factor se encuentra relacionado en gran medida, con el alto número de especies de artrópodos. Por

---

<sup>46</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito publico IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995.

<sup>47</sup> CHAMORRO, Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogota. En revista de suelos ecuatoriales. Vol. XIX, no 1. 1989. p 52.

<sup>48</sup> AMAT, German y VARGAS, Orlando. Caracterización de microhábitats de la artropofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural. En: Caldasia. Vol. 16, no 79, Diciembre 1991. p 539.

otro lado puede estar relacionado directamente con los diferentes ritmos fenológicos de los biotipos dominantes, que sería otro factor responsable de la presencia de especies; el periodo de floración observado, por ejemplo determina, que ciertas especies ajusten su ciclo de vida a esta condición, todo ello indica el carácter temporal de la oferta y la demanda de alimento con destino a ciertos organismos.

Los mismos autores aseguran que la riqueza de especies de la artropofauna del páramo se debe en gran medida a la diversidad de nichos presentes en los diferentes biotipos de vegetación, especialmente en los ofrecidos por la necromasa acumulada en los suelos.

2.2.5.2 Materia orgánica, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. La importancia de la materia orgánica para Burbano<sup>49</sup>, se ha reconocido por el hombre desde hace varios milenios, de ahí que la preocupación por su mantenimiento y conservación han sido una constante, dentro de las labores agrícolas de muchas civilizaciones. Sin embargo dada su complejidad, hasta el presente no se conocen en forma cabal las características y propiedades de este conjunto de propiedades, que genéricamente, se conocen como materia orgánica.

El mismo autor afirma que la acción de la materia orgánica o del humus puede ser directa o indirecta. El efecto benéfico de la materia orgánica tanto para el suelo como para la planta, se considera que ocurre a través del suministro de nutrientes inorgánicos a la planta, la conformación del sustrato para los microorganismos, el aporte de una fuente parte el intercambio iónico, el factor para la agregación del suelo que tiene que ver con el desarrollo de raíces de la planta y consecuentemente, el elemento para la conservación del suelo y del agua. Así, la materia orgánica del suelo, juega un importante papel, ya que regula los procesos químicos e influye sobre las características físicas y, además configura el núcleo de casi todas las actividades biológicas que se desarrollan en el suelo por parte de la microflora, la fauna y también el sistema de raíces de plantas superiores.

Se ha establecido que en un ambiente dado hay un equilibrio entre la descomposición de la materia orgánica y su formación, cuando este equilibrio es roto puede suceder que la velocidad de la descomposición de la materia orgánica sea superior o inferior de la velocidad de formación. De manera que un nuevo equilibrio regulará una mayor o menor acumulación de la materia orgánica en el suelo.

Nave en su estudio sobre la dinámica de la materia orgánica con énfasis en suelos de Ando, recopiló varias teorías que en general tratan de explicar la acumulación de la materia orgánica y su bajo grado de mineralización:

---

<sup>49</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal. de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS, Pasto: Marzo de 1989. p 241-242.

Una baja cantidad de microorganismos debido a la toxicidad del aluminio y/o escasez de nutrimentos como fósforo ya que la transformación y degradación de los residuos orgánicos es esencialmente microbiana. Una baja cantidad de material carbonáceo fácilmente disponible. Para la actividad microbiana y como consecuencia una baja mineralización. Una baja actividad enzimática, al determinar que disminuía la actividad de una proteasa y una beta-amilasa en presencia de arcillas alofánicas. Aumenta la polimerización oxidativa de los fenoles por las arcillas alofánicas. Debido a la adsorción de sustancias húmicas por la alofana, disminuyen la posibilidad de ataque microbiano y la consecuente mineralización. Por la formación de complejos insolubles, entre los óxidos de hierro y aluminio y los compuestos orgánicos en procesos de transformación. El material proveniente de pinos es relativamente difícil de descomponer<sup>50</sup>.

Burbano<sup>51</sup> establece que la mineralización del carbono parece seguir un comportamiento diferente en suelos derivados de cenizas volcánicas, situación que obedece en parte a la génesis de estos suelos, a su ubicación en altura en ciertas ocasiones y a las condiciones de humedad unas veces sin problemas y en otras considerando situaciones de hidromorfismo.

De otra parte el contenido de materia orgánica varía según la ubicación en el perfil del suelo, al respecto Bornemisza y otros<sup>52</sup> afirma que el contenido porcentual de la materia orgánica en los primeros centímetros del suelo es alto y va decreciendo a medida que aumenta la profundidad, lo cual se define como una disminución irregular; este último fenómeno tiene bastante importancia en la taxonomía de los suelos, ya que se debe a la presencia de horizontes enterrados y cubiertos por capas aluviales y de otro tipo.

Burbano<sup>53</sup> afirma que en el proceso de descomposición de la materia orgánica, parte de los nutrientes es asimilada por los microorganismos e incorporada en sus tejidos-biomasa del suelo. La conservación del C, N, P y S a formas minerales se denomina mineralización y va en apoyo de la disponibilidad de nutrientes para las plantas; el proceso contrario se llama inmovilización. La energía necesaria para conservar el ciclo en movimiento es la que se libera en la oxidación de los compuestos orgánicos adicionados al suelo como residuos de plantas y animales o almacenados en el suelo. El ciclo opera continuamente en forma más o menos intensa según el suministro de fácil descomposición.

---

<sup>50</sup>NAVE, Rodrigo y GARCÍA, Pérez R.E. Dinámica de la materia orgánica con énfasis en suelos de Ando. En: Revista de Chapingo. Vol 15, no 69-70, año 1990. p 68.

<sup>51</sup>BURBANO, Op. Cit., p. 245.

<sup>52</sup>BORNEMISZA, Elmer. et al. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José de Costa Rica: servicio editorial IICA, 1987.

<sup>53</sup>BURBANO, Hernán. Fertilidad de los suelos diagnóstico y control. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. Nueva edición Santa Fe de Bogotá. Publicación de la sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Editora Guadalupe Ltda. 1994. p 192.

Dando por hecho que las reacciones del suelo influyen en el contenido de la materia orgánica, Bornemisza y otros<sup>54</sup> ha encontrado que por lo general en suelos ácidos, con un pH menor que cinco, se produce la acumulación de la materia orgánica. Esto se debe a diferentes razones; por un lado el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos del suelo, estas condiciones ácidas limitan la acción bacteriana y de la microflora y se favorece la reproducción de hongos, con la consecuente acumulación de la materia orgánica.

Los suelos bajo condiciones naturales tienen un rango característico tanto cualitativo como cuantitativo de la materia orgánica y su mineralización. Según Burbano<sup>55</sup>, este equilibrio va a depender del clima, organismos y material parental, pero, el equilibrio se altera por la interferencia del hombre que, consecuentemente, da lugar a otras modificaciones en la calidad y el contenido de la materia orgánica que se encuentra en el suelo.

Según el mismo autor, la información acerca de los efectos benéficos de la materia orgánica del suelo sobre la producción de los de cultivos, se puede resumir así: fuente de nutrientes inorgánicos para las plantas, sustrato para los microorganismos, material para el intercambio iónico, factor en la agregación del suelo y en el desarrollo de las raíces y, factor de conservación del suelo y el agua.

2.2.5.3. Fósforo, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. En atención a que el fósforo presente en el suelo está constituido por compuestos orgánicos e inorgánicos, los mismos pueden ser afectados por diferentes transformaciones en las que participan los microorganismos. Según Burbano<sup>56</sup>, estas incluyen las modificaciones de la solubilidad de compuestos orgánicos con resultados de interés directo para las plantas; la incorporación de las formas inorgánicas solubles al plasma microbial, limitando las posibilidades para la nutrición de los vegetales; la oxidación-reducción de la fracción inorgánica. De la interacción de estos procesos resultará la mayor o menor disponibilidad para la planta, dentro de lo que se conoce como ciclo del fósforo. Hay que destacar el hecho que las transformaciones del fósforo a través de la mineralización-inmovilización siguen aproximadamente el mismo patrón que el nitrógeno, en el sentido que ambos procesos ocurren simultáneamente. De acuerdo con esto, el mantenimiento del fósforo soluble en la solución del suelo dependerá en algún grado de la magnitud de los procesos opuestos.

El mismo autor hace referencia acerca de la necesidad de mencionar en este punto que no hay especialización de los microorganismos que intervienen en la transformación del fósforo, lo que constituye una diferencia con el caso del

---

<sup>54</sup> BORNEMISZA, Op. Cit.

<sup>55</sup> BURBANO, Op. Cit., p 261.

<sup>56</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal. de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS, Pasto: Marzo de 1989. p 336.

nitrógeno que si requiere una microflora especializada para que se lleven a cabo algunas de sus transformaciones. Además recalca que a pesar de que el fósforo en el suelo es en cierta medida estable biológicamente, las continuas transformaciones ocurren a través de la mineralización-inmovilización y el nivel de equilibrio depende en un grado considerable de la naturaleza del suelo y de las condiciones del medio.

2.2.5.4. Microorganismos, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. La vida en la tierra no sería posible sin la actividad continua de los microorganismos. Según Cappello y otros<sup>57</sup>, los mecanismos que mantienen la diversidad microbiana de la biosfera son la base de la dinámica de los sistemas terrestres, acuáticos y aéreos. Por ejemplo, la diversidad microbiana del suelo es la causa de la fertilidad del mismo. Esto va más allá del papel que se les adjudicaba tradicionalmente, el cual se restringía a la degradación y reciclaje de la materia orgánica y al mantenimiento de los principales ciclos de fijación, captación y liberación de algunos elementos químicos y sus principales compuestos. Pero aun se desconoce parte de ese potencial que se tiene y especialmente en los ecosistemas tropicales. Cuando se alude a diversidad biológica, viene a la mente sólo la multiplicidad de plantas y animales, cuando paradójicamente la mayor diversidad corresponde a los microorganismos (bacterias, hongos, algas, protistas y virus). Se estima que tan solo se ha aislado entre 1 y 3% de los microorganismos que existen, de los cuales muy pocos han sido estudiados.

Para Burges y Raw<sup>58</sup>, las bacterias son los más pequeños y más numerosos microorganismos que viven libremente en el suelo. Tomados colectivamente, su serie de capacidades autotróficas y heterotróficas no es igualada por ningún otro de los grupos principales de seres vivientes en el suelo.

Engaña su pequeño tamaño y morfología comparativamente simple. A pesar de la abundancia de bacterias en el suelo y la extensa información acerca de los procesos de especies concretas en ambientes constantes, todavía no se conoce bien el papel de las bacterias en muchos de los procesos del suelo. También queda por conocer gran parte de lo concerniente a las formas de las bacterias en el suelo y a sus relaciones ecológicas dentro de su micro ambiente. Corrientemente estas son estudiadas teniendo en cuenta su participación en los ciclos del nitrógeno y del carbono o en otras transformaciones cíclicas del suelo; también pueden realizarse estudios de tolerancia ambiental y distribución espacial.

---

<sup>57</sup> CAPPELLO, Roberto, DONOVARROS, Carmen y GIONO Silvia. Diversidad Microbiana en México. Universidad de Puerto Rico. Recinto de Humacao. Departamento de Biología. BIOL 4316. Número 32. [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/microbios.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/microbios.html)

<sup>58</sup> BURGESS, A Y RAW, F. Biología del suelo. Barcelona España. Omega S.A. 1971. 25 p.

El funcionamiento de un ecosistema terrestre depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo. Barea<sup>59</sup> confirma lo anterior al expresar que no sólo los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes son propulsados por microorganismos, sino que, además, los componentes de la microbiota del suelo protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas con las que se asocian. Entre otras acciones, los microorganismos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta contra patógenos, incrementan la resistencia/tolerancia de la planta a la sequía o salinidad, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo.

Burbano<sup>60</sup> afirma que la población de los microorganismos del suelo vive en aquello que a menudo se describe como un “equilibrio inestable” un estado en el cual al mismo tiempo cada individuo se equilibra con su vecino pero en el cual los cambios de las condiciones del medio conducen a cambios en el equilibrio. Cuando el suelo se mantiene sin disturbar y bajo condiciones constantes, la variabilidad diaria en el equilibrio es pequeña, principalmente por la escasez de fuentes de energía. Cuando se establecen plantas en este medio, la situación para los microbios cambia drásticamente, porque las plantas están entre los principales aportadores de nutrientes al suelo.

El I.G.A.C.<sup>61</sup> aporta lo referente a que las numerosas bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoarios, actúan como descomponedores primarios de la materia orgánica y contribuyen a la formación de humus. Aunque la acción de los microorganismos sobre la estructura física del suelo parece tener menos importancia que la realizada por los meso y macroorganismos, hay evidencias de que durante su desarrollo muchos de ellos producen sustancias de alto peso molecular, resistentes a la descomposición y algunos polímeros, especialmente polisacáridos, que tienen la capacidad de ligar partículas edáficas y formar agregados hidroestables.

En el proceso de descomposición de la materia orgánica, la microflora actúa en equipo con la fauna del suelo, ya que según Urbano “El material que ha atravesado en el intestino de los animales es atacado mas fácilmente por la microflora edáfica y con ella aumenta su velocidad de mineralización”<sup>62</sup>

---

<sup>59</sup>BAREA, J. Las Micorrizas arbusculares componente clave en la productividad y estabilidad de agro ecosistemas. Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos. Estación Experimental del Zaidín. Granada España. <http://www.csic.es/asociaciones/api/divulgacion/micorrizas.htm>

<sup>60</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal. de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS, Pasto: Marzo de 1989. p 131.

<sup>61</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito publico IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 243.

<sup>62</sup> URBANO, Terron. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. 1992. p 528-553.



Burges y Raw<sup>63</sup> afirman que la acción de los organismos vivos en el suelo es la que convierte el oxígeno en CO<sub>2</sub> y a medida que se utiliza el oxígeno, el oxígeno fresco se difundirá hacia abajo hacia la superficie del suelo y el CO<sub>2</sub> formado se difundirá del suelo hacia la atmósfera.

Por todo lo anterior se hacía necesario estandarizar métodos que permitieran medir la actividad de los microorganismos, al respecto Blasco<sup>64</sup>, afirma que la evolución del dióxido de carbono (respiración del suelo) es una prueba metodológica que se realiza para medir la actividad microbiana de los organismos presentes en el suelo. Se conoce que una actividad microbiana metabólica alta se caracteriza por una alta producción de CO<sub>2</sub> como consecuencia de bajos niveles de oxígeno, por el contrario, una actividad microbiana metabólica baja se presenta cuando los niveles de oxígeno aumentan debido a que el coeficiente respiratorio de los organismos disminuye.

Por otro lado, Parton habla de otra metodología empleada para medir algunas características de la actividad de los microorganismos, es la del carbono en la biomasa microbiana. Esta se encuentra muy relacionada con la materia orgánica del suelo, en razón de que todo material orgánico que entra al suelo debe pasar necesariamente por la biomasa microbiana, que forma parte de la fracción activa. Constituyéndose por tanto un buen indicador para calificar la calidad del suelo.

2.2.5.5. Hongos microscópicos, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. Según Chester<sup>65</sup>, la información sobre la presencia de hongos “en el suelo” es muy imprecisa, y se ha subrayado que la presencia de hongos debería considerarse en relación con sustrato específico o microhábitat más que con el mismo complejo edáfico. Todos los hongos dependen de sustancias orgánicas para el crecimiento, y debido a que gran parte de la sustancia orgánica en el suelo se encuentra como unidades discretas, variando como pequeñas partículas de humus a raíces de árboles.

El I.G.A.C.<sup>66</sup> establece que en el suelo los hongos desempeñan funciones muy variadas pero especialmente importantes en la fase de descomposición de la materia orgánica fresca que procede de la humificación; además tiene la tendencia de resistir la acidez, las deficiencias de agua y se caracterizan por no proliferar en medios mal aireados. Los residuos orgánicos no consumidos van a ser degradados por la microflora.

---

<sup>63</sup> BURGÉS, A y RAW, F. Biología del suelo. Ediciones Omega S.A. Barcelona: .1971. p 24.

<sup>64</sup> BLASCO citado por CORAL, Dilia et al .Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño. Vicerrectoría de de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales VIPRI. 2003, p16-26

<sup>65</sup> CHESTER, 1949, 1960; GARRETT, 1951; HARLEY Y WAID, 1955

<sup>66</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 247.

Es así como Kilbertus y García<sup>67</sup> definen que los hongos son, en primer lugar, los que van a atacar a la materia orgánica fresca, siendo específicos para cada caso así por ejemplo se tendrían: Hongos: glucófilos (SH): utilización de las sustancias hidrosolubles; celulolíticos (C): metabolismo de la celulosa y lignolíticos (L): degradación de la lignina.

Burbano<sup>68</sup> agrega que esta clasificación ecológica de los hongos se ha basado en la principal fuente de alimento que utilizan en las fuertes condiciones de competencia propias del suelo; así los saprófitos verdaderos que oscilan desde los hongos sacarolíticos que solo pueden usar sustancias orgánicas relativamente simples y fácilmente descomponibles pero no la celulosa o las ligninas, hasta los que descomponen la lignina pasando por los celulolíticos.

Según Burbano<sup>69</sup>, la mayor parte de los hongos son mesofílicos, existen unos pocos termofílicos. En este punto se puede hacer la consideración en el sentido de que en los suelos por encima de 20°C, como ocurre en clima tropical y subtropical, predominan las bacterias, con menores poblaciones de hongos y actinomicetos. Las bacterias son por tanto extremadamente activas en la descomposición de materia orgánica, no permitiendo así la acumulación del humus. Por eso no se acumula materia orgánica en las tierras tropicales, como ocurre en las regiones de zona templada. Solamente en altitudes por encima de los 1000 metros, donde las temperaturas son mas bajas y predominan hongos, que son descomponedores muy lentos, hay formación de humus en mayor cantidad. El humus se forma casi exclusivamente por la acción de los hongos y de los actinomicetos y nunca de las bacterias.

Para Urbano<sup>70</sup>, la mayor parte de la fauna edáfica no parece que pueda digerir celulosa, hemicelulosa o lignina y es probable que en muchos suelos de praderas y bosques sean los micelios de los hongos los intermediarios entre los tejidos vegetales y la fauna del suelo. Estos micelios, como se ha podido demostrar por el contenido de sus intestinos, constituyen la alimentación principal de gran parte de ácaros y colémbolos. Significa esto que la fauna edáfica que vive sobre los residuos vegetales degrada solamente una pequeña fracción del material que ingiere y es probable que solo excepcionalmente utilice una proporción superior al 10% de la energía almacenada en el alimento que consume. Además a diferencia de los microorganismos, emplean la mayor parte de esta energía en su actividad vital, transformando una fracción muy pequeña en sus propios tejidos. En la medida en que la mayoría de estos animales constituyan la fuente de alimento

---

<sup>67</sup> KILBERTUS, Gerart y GARCIA, María Eva. El suelo, un medio biológico a proteger. Acta científica y tecnológica. En: Revista de la asociación Española de Científicos. Vol. 3. 2001. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM). Avenida de Gregorio del Amo 8, Madrid 28040 <http://W.W.W.aecientificos.esRevista3.html>

<sup>68</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS, Pasto: Marzo de 1989. p 99.

<sup>69</sup> Ibid., p.119

<sup>70</sup> URBANO, P y HERNANDEZ, C. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 1992. p 531-532.

para la población depredadora del suelo, poco o nada del carbono que asimilan contribuirá al humus del suelo.

2.2.5.6. Fauna, un componente esencial en la dinámica bioorgánica del suelo. Cuando se habla de los organismos como elementos formadores de los suelos, no se puede dejar de mencionar a la edafofauna, en sus niveles micro, meso, y macro de la cual según Reyes y otros<sup>71</sup> se conoce muy poco en el caso de los suelos de páramos.

Chamorro y García manifiestan la gran importancia de la fauna edáfica al decir “La edafofauna juega un papel fundamental en la formación del suelo y en el incremento de su fertilidad, de ahí que el estudio de la edafofauna, su abundancia, su biomasa y el carácter de su actividad estén muy relacionados con los problemas de la producción primaria de cualquier ecosistema terrestre”<sup>72</sup>. La importancia de la fauna edáfica en un ecosistema radica en su diversidad estructural y funcional, al contribuir en interacción con la microflora a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes.

Trueba<sup>73</sup> confirma que la fauna edáfica ha demostrado ser, además, indicador excelente de calidad del suelo. Bonilla<sup>74</sup> respalda lo anterior al anotar que esta sirve perfectamente como indicador sensitivo de los estados del suelo y de los pequeños impactos de los cambios medioambientales. Por su parte, los procesos de transformación, incremento y transporte de nutrientes, desde la fase vegetal hasta los horizontes minerales del suelo, son complementados por la acción macrofaunística propia del ecosistema. Debido a que cada suelo es producto de la interacción de factores y procesos de formación, específicos a cada uno de ellos, la dinámica de las poblaciones animales también difiere de un suelo a otro.

Es así como los organismos del suelo no solo son parte esencial de él, sino que juegan un papel fundamental en su formación, participando en la descomposición de la hojarasca, el intercambio de nutrientes y la formación de complejos orgánicominales, haciendo parte del segundo proceso de gran importancia durante la edafogénesis, ya que el primer proceso se refiere a la captura de energía y sustancias a través de la fotosíntesis. Así Chamorro<sup>75</sup> concluye que el reordenamiento de los materiales del suelo por las plantas y animales, la absorción de nutrientes por la biota, la respiración, la fijación de nitrógeno, la

---

<sup>71</sup> REYES, Z Pedro. et al. El páramo ecosistema de alta montaña. Factores de formación de los suelos de páramo. Edafofauna <http://www.Banrep.gov.co/letra-p/paramo/indice.htm#indice>

<sup>72</sup> CHAMORRO Clara H y GARCÍA Mary R. Estudios agroecológicos del páramo y del Bosque Altoandino Cordillera oriental de Colombia Tomo II. Contribución al conocimiento de la dinámica temporal de la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate. P. editores Luís Eduardo Mora Osejo, Helmut Sturn. Bogotá. 1994. p 620

<sup>73</sup> TRUEBA, Dania Prieto, *Et al* 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México. *Biología Tropical* 43(3); p 489-492.

<sup>74</sup> BONILLA, Carmen. Efecto de los animales sobre el suelo. *Boletín técnico*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. V 8 diciembre 2000. 45 p.

<sup>75</sup> CHAMORRO, B. Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogota. En revista de suelos ecuatoriales. Vol. XIX, No 1. 1989. p 48-61.

acción de las micorrizas en la captura de nutrientes, etc. Son otras de las acciones ejecutadas por los organismos del suelo que repercuten en su morfología, en las propiedades físicas y en las concentraciones de sustancias orgánicas y nutrientes.

Una comparación sencilla acerca de la vida animal y la vegetal, la resume Sturm<sup>76</sup> expresa que la vida animal depende de las condiciones de alimento, las condiciones climáticas (especialmente temperatura y humedad) y de los sustratos en los cuales o sobre los cuales viven los animales (vegetación, suelo, agua y en las montañas altas, también rocas y nieve). Al contrario de las plantas que generalmente están ligadas a ciertas localidades, la mayor parte de los animales tienen la capacidad de desplazarse y buscar condiciones favorables (alimento, temperatura, humedad, compañeros, refugios.) y evitar condiciones desfavorables. Esta característica natural hace que se dedique especial atención a las respuestas concretas que pueda ofrecer la edafofauna ante un determinado cambio ambiental.

Como se había expuesto anteriormente, la principal acción de la fauna está relacionada con la transformación de la materia orgánica al mismo tiempo que actúan como minadores, beneficiando la formación de estructuras estables en los horizontes superficiales. Muchos investigadores<sup>77</sup> concluyen que entre los invertebrados del suelo podemos encontrar individuos como, nemátodos, anélidos, artrópodos y moluscos, como los más frecuentes. Dentro de los moluscos solo son destacables los gasterópodos y entre ellos los caracoles y las babosas. Su efecto es muy pobre pues en el interior del suelo solo depositan sus huevos. La única influencia que ejercen está relacionada con su deambular sobre la superficie pues los muco polisacáridos que segregan, para facilitar su deslizamiento, tienen un efecto aglomerante sobre las partículas del suelo que puede resultar beneficioso en el desarrollo de estructura, sobre todo en suelo pobre en coloides. Además es un poderoso medio de cultivo para los microorganismos favoreciendo su proliferación.

Chamorro<sup>78</sup> indica que la comunidad de los macro y meso-organismos, que habitan tanto en los horizontes orgánicos como minerales del suelo, en estado no intervenido o natural, presentan una mejor estructura espacial, caracterizada por una buena dispersión y continuidad, tanto vertical como horizontal, mayor número de individuos, densidad y diversidad alta en correlación con los factores ambientales de cada ecosistema; además, de una adecuada cobertura vegetal, como garantía de la permanencia de estas comunidades.

---

<sup>76</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Bogotá. Ed, Luís Eduardo Mora Osejo. 1994. p 71-85.

<sup>77</sup> Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

<sup>78</sup> CHAMORRO, B. Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogotá. En revista de suelos ecuatoriales. Vol. XIX, no 1. 1989. p 61.

Marin<sup>79</sup>, destaca el papel de la fauna edáfica como indicadora de calidad, estableciendo que los organismos presentes en el suelo son afectados por las diferentes prácticas de manejo que causan alteraciones en la macrofauna, ocasionando una eliminación o reducción de especies, disminución de la abundancia y biomasa de las poblaciones; por tales razones se ha considerado como un indicador de cambios en la calidad de los suelos por su susceptibilidad a la transformación del paisaje.

Bonilla<sup>80</sup>, expone algunas distinciones realizadas por algunos investigadores a la hora de caracterizar a la fauna del suelo manifestando en primera instancia que un verdadero animal de suelo es aquel que participa en la dinámica del sistema edáfico. Algunos investigadores reservan la expresión “verdaderos animales de suelo” para aquellos endopedónicos permanentes que viven en la oscuridad y tienen características especiales (diferenciándolos de animales que viven en la superficie de la tierra), tales como limitada movilidad (reducción de alas), reducción visual, respiración a través de la piel y branquias, incremento del desarrollo de órganos táctiles, baja resistencia a la desecación, poca pigmentación o marcas, tamaño relativamente pequeño, y reproducción no limitada a estaciones cortas.

Para tener una idea concreta acerca de la función que desempeñan algunos animales que viven en el suelo, se presenta a continuación una descripción de cada uno de los principales grupos edafofaunísticos.

*Los anélidos:* La enciclopedia virtual de Ciencias Ambientales<sup>81</sup> describe a este grupo como gusanos cilíndricos, delgados y sin partes externas distinguibles. Su cuerpo está metamerizado, es decir, formado por una serie de anillos semejantes, los metámeros, atravesados por una cadena nerviosa y un tubo digestivo, comunes a todos ellos habitan en diferentes medios, si bien los que aparecen en el suelo pertenecen todos a la clase Oligochaeta, que parecen ser los más primitivos del grupo. Los Oligoquetos poseen un pequeño número de quetas dispuestas en cuatro haces por metámero, dos dorsales y dos ventrales. La boca es ventral. Su respiración es cutánea por lo que necesitan mantener la cutícula húmeda, razón por la que no soportan los medios muy secos.

*Los oligoquetos* constituyen el grupo más importante de la fauna del suelo. Desde tiempos inmemorables la lombriz es conocida como el animal ecológico por definición. Era conocida ya en la antigüedad como "arado" o "intestino de la tierra" denominación dada por Aristóteles porque excava en el terreno galerías, volviéndolo poroso y facilitando la oxigenación y permeabilidad al agua. En el

---

<sup>79</sup> MARIN, Helida, FEIJOO, A y PEÑA, J. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. En revista de suelos Ecuatoriales. Vol. 32. 2002. p 147.

<sup>80</sup> BONILLA, Carmen. Efecto de los animales sobre el suelo. Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Vol. 8 diciembre 2000. p 26.

<sup>81</sup> Anélidos. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

antiguo Egipto, la reina Cleopatra le confirió la categoría de animal sagrado, y se castigaba con pena máxima el tratar de sacarlas del Reino a otros territorios<sup>82</sup>. Su hábitat primitivo fue el Paleártico, en los pastizales y bosques caducifolios de Europa y las regiones templadas de Asia. El desarrollo de la agricultura ha facilitado su dispersión y hoy se encuentran en todas las regiones del mundo, allí donde las condiciones sean favorables, llegando a desplazar a otros minadores autóctonos<sup>83</sup>.

Hoy se conocen aproximadamente 8000 especies de lombrices, pero solo 3500 de ellas han sido estudiadas y clasificadas. De estas 3500 especies unas pocas han sido domesticadas y adaptadas para cultivarlas en criaderos y en lo referente a su ecología y en cuanto a las condiciones del suelo hay especies que prefieren los de texturas francas con buena aireación, abundante contenido orgánico y un alto nivel de humedad. Su cutícula permeable hace que pierda agua fácilmente, lo que le resta turgencia, movilidad y actividad; su cuerpo contiene un 90 % de agua, si bien puede perder hasta un 70 % de la misma sin que ello le produzca la muerte, solo una absoluta inactividad; el tiempo que puede resistir en estas condiciones varía de unas especies a otras, pero nunca es demasiado largo. También la compactación de los suelos de pradera, por una excesiva carga ganadera, puede reducir la población de lombrices e incluso restringirla a las de vida profunda. Otro factor limitante es el pH, no soportan valores inferiores a 4.5 si bien prefieren los suelos poco ácidos o neutros donde el contenido en calcio sea elevado, dadas las altas necesidades que tienen de este elemento, que excretan en forma de carbonato cálcico. En términos generales, las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo son una temperatura de 19 a 20 °C, con una humedad del 80%, un pH de desarrollo entre 6.5 y 7.5 y con baja luminosidad, ya que teme a la luz, pues los rayos ultravioleta las matan<sup>84</sup>.

Las lombrices prefieren los restos vegetales algo descompuestos con una relación C/N relativamente baja, esto hace que presenten una fuerte selectividad con respecto a la vegetación que existe sobre el suelo. Los restos de especies con contenidos en nitrógeno superiores al 1.4 %, como el aliso, el fresno o el saúco, son ingeridos con facilidad, mientras que aquellos cuyo contenido es inferior al 1 %, como el haya, el abedul, el roble o la encina, les resultan menos atractivos. La hojarasca con alto contenido en poli fenoles, como las agujas de los pinos o las hojas frescas de roble y encina, prácticamente no son ingeridos. Las lombrices de tierra son también una fuente de alimento para muchos animales y constituyen su principal opción<sup>85</sup>.

---

<sup>82</sup> FAUNA DEL SUELO. Lombrices. La fuerza de un hombre. <http://www.emison.com/5102.htm>.

<sup>83</sup> Lombrices. Op.cit.

<sup>84</sup> FAUNA DEL SUELO La fuerza del hombre. Lombrices.<http://www.emison.com/5102>

<sup>85</sup> Edafología. Fauna del suelo. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Anélidos. Lección 6. <http://www.unex.es/edafo/CAEdProgTeor>, [http/](http://)

Entre las características que hacen de las lombrices unos organismos altamente productivos e importantes ecológicamente están:

Ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% un poco transformado. Es extraordinariamente prolífera; madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida. Deposita cada 7 a 10 días una cápsula o huevo con un contenido que fluctúa de 2 a 20 embriones que a su vez después de 14 a 21 días de incubación eclosiona, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato. Come con mucha voracidad todo tipo de desechos agropecuarios (estiércoles, Rastrojos de cultivo, residuos de hortalizas, frutas, malezas, etc.). También Puede utilizar desechos orgánicos de la industria, la ciudad, mataderos y otros. Entre sus características fisiológicas las glándulas calcíferas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH del suelo<sup>86</sup>.

Según Burges y Raw<sup>87</sup>, los oligoquetos en estado natural son considerados un grupo dominante que posee gran cantidad de adaptaciones a nuevos ambientes. En los suelos donde aparecen dominan la masa de invertebrados y a causa de su gran tamaño, su efecto sobre la estructura física de su hábitat es el único contra el de la mesofauna. También dominan un sinnúmero de microorganismos, pues se conoce que cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables, una gama completa y balanceada de colonias microbianas nativas se agregan a estos materiales, las cuales mantienen su viabilidad y se convierten en los responsables de la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Por todo lo anterior es evidente que la presencia de lombrices en el suelo es un claro indicio de que en él, si aún las condiciones no son óptimas por lo menos tienden a mejorar notoriamente. Es por esta razón que dichos organismos se han tenido en cuenta dentro de este estudio que los postula como posibles candidatos a bioindicadores de calidad de suelo.

*Artrópodos.* Según Hoffmann<sup>88</sup>, el suelo contiene una población de artrópodos considerablemente diversificada, que alcanza su mayor complejidad y abundancia en hábitats tranquilos tales como bosques, selvas, praderas permanentes, y en situaciones en las cuales el clima, la vegetación y el tipo de suelo permiten que la humedad, la temperatura y el suministro de alimentos sean adecuados. Un conteo de esta fauna constituye un buen punto de partida para proceder a la discusión de sus relaciones ecológicas y de su efecto en los diferentes procesos edáficos. Numéricamente los grupos más representativos corresponden en su orden de

---

<sup>86</sup> Edafología. Ciencias Ambientales Lombrices. La fuerza de un hombre. Área de edafología. <http://www.emision.com/5102.htm>. [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec\\_18.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec_18.htm)

<sup>87</sup> BURGES, A Y RAW, F. Biología del suelo. Barcelona España. Omega S.A. 1971. p 272-288.

<sup>88</sup> HOFFMANN, Anita Los pequeños ignorados: El maravilloso mundo de los arácnidos.

importancia a los ácaros y en segundo lugar a los colémbolos; los que participan directamente en la formación del suelo, ciclos biológicos y condiciones de calidad del suelo.

Para Amat y otros<sup>89</sup>, las posibles explicaciones a la diversidad de las especies de artrópodos en los trópicos de alta montaña radican en la heterogeneidad espacial, de la cual se pueden considerar dos tipos: una heterogeneidad macroespacial definida por diferencias en el relieve y otra microespacial definida por diferencias en la arquitectura de la vegetación en pequeños espacios, como en la arquitectura del conjunto de las formas de vida de las especies que integran un tipo de vegetación.

Los organismos del suelo se han clasificado teniendo en cuenta su tamaño, el I.G.A.C.<sup>90</sup> expone una categoría: como microfauna, organismos de tamaño entre 20 y 200 micras; mesofauna, individuos entre 200 micras y 1cm (Colémbolos y ácaros) y macrofauna, animales de tamaños superiores a 1cm (lombrices, moluscos, insectos, arácnidos).

Respecto a la estratificación vertical, y de las relaciones existentes entre la edafofauna y su entorno Schaller, estableció las siguientes clasificaciones ecológicas:

Animales largos o grandes (excavadores muy activos a lo largo y ancho del perfil del suelo). Animales medianos que habitan el nivel superficial del suelo (el horizonte Orgánico cuando existe y los intersticios de las superficies rocosas); Animales pequeños que se localizan, tanto en los horizontes; Superficiales, como en los sub superficiales del suelo (hemiedafón); formas pequeñas y muy pequeñas que habitan, con preferencia los horizontes sub. superficiales del suelo (euedafon); Por ultimo los organismos microscópicos o invisibles que habitan las películas húmedas al interior del suelo<sup>91</sup>.

Teniendo en cuenta las condiciones ambientales de las que son víctimas los organismos de grandes altitudes, estos se han visto en la obligación de presentar varias tendencias adaptativas, Sturm<sup>92</sup> hace un compendio de las más importantes:

---

<sup>89</sup> AMAT, German et al. Caracterización de microhabitats de la artropofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. Caldasia. Vol 16, no 79, Diciembre 1991. p 539-550.

<sup>90</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 243.

<sup>91</sup> SCHALLER, citado por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 242.

<sup>92</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Bogota. Ed, Luis Eduardo Mora Osejo. 1994. p 71-85.



*Cambios en el tamaño del cuerpo y tamaño relativo de ciertos órganos:* la dirección del cambio del tamaño del cuerpo, según conclusiones teóricas:

El tamaño del cuerpo decrece con la disminución de la temperatura promedio (regla Bergmann, disminución de la superficie relativa significativa disminución de las pérdidas de calor por unidad de volumen). La longitud de los apéndices del cuerpo disminuye con la disminución de la temperatura media (regla de Allen, reducción de las superficies responsables de las pérdidas de calor).

Puesto que la temperatura anual promedio disminuye tanto con la latitud geográfica como con la altitud, estas reglas tendrían que valer también para la comparación entre las zonas altas y bajas de la misma latitud geográfica. Pero hasta ahora no se ha probado de manera sistemática.

*Tendencia a coloración oscura (melanismo de las montañas altas):* esta tendencia se puede observar en muchos invertebrados, especialmente en insectos que se exponen a la radiación solar durante un tiempo, por ejemplo en los lepidópteros. El color negro podría constituirse en un mecanismo de mejor protección contra la radiación solar y de calentamiento rápido por radiación solar.

*Tendencia a viviparí, partenogénesis y poloploidía:* la viviparia ocurre en algunos vertebrados poiquilotérmicos, en los insectos no se ha comprobado un aumento de la viviparí con la altitud. Posiblemente a mayores altitudes la fisiogastría (ensanchamiento del abdomen de la hembra por la producción de muchos huevos ricos en yema) es más frecuente, como en el caso de muchos Chrysomelidae (Coleoptera y Phoridae (Díptera). La viviparí y la fisiogastría podrían ser adaptaciones a las condiciones extremas de del clima de las montañas altas y en altitudes mayores a los periodos de tiempo sin nieve, que disminuyen con la altitud

*Tendencias a una ampliación de las fuentes de alimentación y adaptación a los alimentos disponible:* muchos fitófagos cambian de la monofagía a la polifagia. Aumentan tanto el porcentaje de los animales que se alimentan de los musgos, líquenes y hongos, así como el porcentaje de detritófagos. Grupos con representantes preferentemente carnívoros tienden a la omnívoria, por ejemplo: Carabidae, Staphylinidae.

*Tendencia a la reducción de alas de los insectos:* como estado intermedio, se presenta, muchas veces la incapacidad de volar, a pesar de la presencia de alas bien desarrolladas. La reducción de alas es frecuente en las familias de Coleóptero que dominan en las montañas altas: Carabidae, Staphylinidae y Curculionidae. Esta tendencia también se pudo comprobar en insectos que viven en las islas oceánicas menores y está relacionada, aparentemente, con la fuerza y frecuencia de los vientos.

En general todas estas adaptaciones no han originado un tipo uniforme de animal

de grandes altitudes. Los representantes típicos han combinado diferentes posibilidades de adaptación, pero aun así, todos muestran que están muy cerca de los grupos taxonómicos que les dieron origen.

Con respecto a los artrópodos que concretamente forman parte de la fauna del suelo, existen crustáceos como las cochinillas, diversas clases de ciempiés y milpiés y representantes de todos los apterigotos, o sea, insectos que no tienen alas; dentro de los insectos alados, se conocen como 38 familias de larvas o adultos de escarabajos o coleópteros o de ambos, 38 familias de dípteros o moscas y mosquitos, y en mucho menor proporción chinches o hemípteros, psocópteros, tisanópteros y a veces larvas de tricópteros. Existen también arácnidos de todos los órdenes y el grupo más abundante y variado, el de los ácaros<sup>93</sup>.

El papel de los artrópodos lo resume Primavesi al decir, "Si no fuese por estos grupos de animales, la tierra moriría sepultada en sus propios desechos"<sup>94</sup>.

*Los Arácnidos:* Hoffmann<sup>95</sup> describe que este grupo apareció en el Silúrico hace aproximadamente 360 millones de años, y han llegado hasta nuestros días no solo con una gran representatividad sino con una fuerza evolutiva verdaderamente sorprendente; fueron además los primeros animales que salieron del agua e incursionaron tierra adentro, llegando a adaptarse a todos los biotipos posibles del medio terrestre. Establece además que los arácnidos forman un eslabón muy importante en las cadenas de alimentación, ya que al mismo tiempo que sirven como alimento para muchos otros animales, son de los participantes más activos en el control natural de muchas poblaciones, sobretodo de insectos, lo cual es sumamente benéfico para regular el equilibrio biológico de diversas biocenosis y ecosistemas.

En el suelo solo aparecen bien representados dos órdenes, los araneidos y los ácaros. Los primeros tienen escasa o nula influencia en la formación del suelo, viven en la hojarasca y su única influencia podría ser la del control del resto de la fauna presente por su carácter carnívoro. Los ácaros constituyen casi la mitad del total de artrópodos del suelo, compartiendo con los Colémbolos, y los insectos, la supremacía dentro del grupo. Se incluyen dentro de la mesofauna y su tamaño no supera algunos milímetros. Su mayor importancia la adquieren en los suelos de bosque aunque también abundan en los de pradera e incluso en los cultivos, siempre en humus poco evolucionados, que en ocasiones solo están compuestos por sus deyecciones y las de los Colémbolos, constituyendo lo que se conoce como "humus de insectos". Su vagar por el suelo buscando zonas húmedas o

---

<sup>93</sup> Artrópodos. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

<sup>94</sup> PRIMAVESI, Ana. 1982. Manejo ecológico del suelo. Quinta edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires Argentina. P 146

<sup>95</sup> HOFFMANN, Anita. El maravilloso mundo de los arácnidos. Los pequeños ignorados. <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

cálidas, les hace ser unos efectivos transportistas de los restos vegetales, favoreciendo la dispersión de la materia orgánica en el suelo. Sus trayectorias pueden seguirse por la presencia de sus deyecciones de forma esférica. Su ingestión de diversos microorganismos también facilita la dispersión de los mismos asegurando su acción sobre los restos vegetales incluso en profundidad<sup>96</sup>.

Hoffmann<sup>97</sup> hace una descripción detallada de este importante grupo:

Uno de los sitios donde más abundan los ácaros es entre la hojarasca y la tierra suelta de los bosques, donde constituyen 85% y en las praderas donde llegan a constituir entre el 70% y 90% o más del total de la población del suelo.

Muchos de ellos se han adaptado a vivir en los líquenes, los musgos, las bromelias, etc., y suelen invadir fácilmente los troncos podridos. Asimismo, pueden ser muy numerosos en los lugares pantanosos con un alto contenido de humus.

Pueden constituir hasta 95% de las especies de artrópodos que se encuentran en suelos cubiertos por matorrales.

Son principalmente hemiedáficos, pero la distribución vertical de algunas especies puede extenderse a las zonas epigeas y euedáfica. Numerosas especies tienen también la capacidad de poderse enterrar, a veces hasta profundidades de 4 o 5 metros; esto lo hacen de manera normal en zonas templadas y calientes.

En el suelo existen representantes de todos los órdenes de ácaros, pero sin duda alguna los oribátidos son los más abundantes y también los más sedentarios, aunque ciertas especies pueden llegar a ser muy activas. Los prostigmados y los mesostigmados son más numerosos en suelos como los de las zonas desérticas; la mayoría son activos depredadores; en bosques y matorrales se mueven libremente entre la hojarasca. Los astigmados no son elementos importantes en la fauna de muchos suelos.

Por lo que se refiere a los aspectos benéficos, el más importante probablemente es su activa participación en los procesos de humificación y otras actividades que en alguna forma favorecen el equilibrio ecológico de las comunidades edáficas. Algunos de ellos, por ejemplo, junto con otros animales del suelo, eliminan las raíces muertas, y proporcionan en esta forma conductos de aeración, drenaje y transferencia de restos orgánicos.

---

<sup>96</sup> Artrópodos. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>.

<sup>97</sup> HOFFMANN, Anita. Animales desconocidos relatos acarológicos. Capítulo VIII. Un mundo oculto. [.http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec\\_18.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec_18.htm)

*Los isópodos:* solo tienen interés en ciertos suelos donde la presencia de otros tipos de fauna se hace difícil por las condiciones hídricas. En suelos áridos ejercen un papel de minadores semejante al de las lombrices. Suelen habitar en la parte alta del suelo e incluso en la superficie. Son saprófagos y, como las lombrices, ingieren junto a los restos de plantas a bacterias y hongos, favoreciendo la acción de los mismos en la transformación de aquella. En la formación del humus su acción es mucho menos efectiva que la de las lombrices, sobre todo porque habitan en zonas en que los restos vegetales son poco abundantes por la aridez. También son importantes en suelos de zonas más húmedas cuando presentan veranos muy secos, ejerciendo el papel de las lombrices que en esas condiciones apenas presentan actividad<sup>98</sup>.

*Los miriápodos* en el suelo están representados por solo dos clases: diplópodos o milpiés y quilópodos o ciempiés.

*Diplópodos o milpiés:* Son vegetarianos, alimentándose de materia orgánica fresca o en descomposición, prefieren la hojarasca medio descompuesta porque no son capaces de digerir la celulosa. Para conseguir los azúcares necesarios necesitan ingerir gran cantidad de material con una buena parte de tierra. Sus excretas constituyen un humus mediocre, pero en ciertas situaciones es el único posible. Son hidrófilos, viven en la hojarasca, bajo las piedras o bajo troncos en descomposición. Son frecuentes en los hayedos por la humedad elevada del ambiente. Prefieren los suelos de bosque, con buenos humus, arenosos y algo ácidos. La acidez evita la competencia con las lombrices. *Quilópodos o ciempiés:* son depredadores. Los más conocidos son los ciempiés. Principalmente son carnívoros, viven en la hojarasca y su única misión reconocida en el suelo es el control de las poblaciones de otros miembros de la micro y mesofauna. Son hidrófilos y lucífugos. Cuando la parte superficial del suelo se seca se desplazan hacia los horizontes más profundos<sup>99</sup>.

*Los insectos* junto a otros invertebrados habitantes del suelo, desempeñan una importante función en la fragmentación e incorporación de material orgánico, estimulando a la actividad microbiológica para efectuar el proceso de mineralización, participan en la fragmentación de los rastros, en la incorporación de los residuos, en la abertura de las galerías, y en la predación de otros insectos. La aireación y volumen de poros, la humedad, y la temperatura de suelo son los factores abióticos (no vivos) que más influyen sobre la ocurrencia y la selección de artrópodos de suelo. La exposición de la tierra desnuda a la radiación solar, trae como consecuencia un aumento de la temperatura, llegando a niveles letales para la fauna en las horas más calientes del día.

---

<sup>98</sup> Artrópodos. Isópodos. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

<sup>99</sup> Artrópodos. Miriápodos. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 6. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

Los coleópteros representan alrededor del 10% de la entomofauna estudiada en los suelos colombianos, que corresponden al 45% del total de familias del mundo. Cerca de 600 mil especies de coleópteros han sido descritas hasta el momento, siendo el mayor número dentro de la entomofauna mundial.

Según Camero<sup>100</sup> los coleópteros del ecosistema edáfico cumplen funciones de vital importancia debido a la diversidad de nichos que estos organismos ocupan, y a la distribución de sus poblaciones a lo largo y ancho del perfil del suelo, donde desempeñan funciones diversas como la regulación de poblaciones, contribución al flujo energético a través de las cadenas tróficas y participación en la constitución física y química de los suelos por la transformación y transporte de las unidades estructurales del material edáfico.

Pierre<sup>101</sup> determinó que la familia Carabidae es una de las más diversas y numerosas entre los Coleópteros. Son insectos mayoritariamente depredadores que juegan un papel importante en las comunidades de invertebrados del suelo en todas las montañas del mundo. En los páramos de los Andes septentrionales están representados por varios centenares de especies de color oscuro y de hábitos nocturnos, cuyo tamaño varía entre 2 y 16 mm. Los Carabidos son un grupo taxonómico especialmente adecuado para servir de base a estudios ecológicos o biogeográficos en el ecosistema de páramo, por su gran diversidad a nivel de especies, un alto grado de endemismo y por la presencia en todos los pisos altitudinales del páramo y variedad en todas las adaptaciones ecológicas.

Otra familia de Coleóptera a tener en cuenta por constituirse, muchas de sus especies como plagas que generan perjuicios a la economía agrícola es la familia Curculionidae, con una especie tan representativa como es *Premnotrypes vorax*, que ataca principalmente cultivos de papa, se cree llegó procedente del Ecuador iniciando sus infestaciones en el departamento de Nariño. Son gorgojos de color café rojizo o pardo oscuro casi negro, no pueden volar, se mimetizan con facilidad, permanecen congregados, prefieren los tallos de las plantas pero se sabe que existen dos especies de Carabidae y una de Tenebrionidae que son predadoras de esta plaga.<sup>102</sup>

Según el I.G.A.C.<sup>103</sup> El orden Díptera, al igual que Coleóptera, es uno de los más grandes de la clase Insecta, y desarrolla también hábitos alimenticios variables.

---

<sup>100</sup> CAMERO. R Edgar. et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. En: Revista de suelos ecuatoriales, Vol. 27. 1997. p 228-230.

<sup>101</sup> PIERRE, Moret. Claves de identificación para los géneros de Carabidae (Coleoptera) presentes en los paramos del Ecuador y del Sur de Colombia. En revista Colombiana de Entomología. Vol. 29, no 2: julio-Dic 2003 publicación oficial de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 185.

<sup>102</sup> VELEZ Raúl. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Segunda edición. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 1997. p 142-147

<sup>103</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. República de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 259.

Dentro de los dípteros se encuentran familias de hábitos fitófago y saprófago, la humedad y la disponibilidad de alimento constituyen los principales factores limitantes en cuanto a su establecimiento en el suelo.

De acuerdo con Krivolutzky y Pokarzhevsky<sup>104</sup>, las larvas de Díptera y los estados inmaduros de Lumbricidae no concentran calcio, magnesio ni potasio en sus tejidos; Isópoda y Diplopoda almacenan estos elementos por lo cual su concentración en el horizonte orgánico es evidente. Las larvas coprófagas juegan un papel importante en la descomposición y el reciclaje de la materia orgánica, debido a que los excrementos son colonizados en forma rápida, principalmente por los ordenes Díptera, Coleóptera, Colémbola, Ophistopora, Plesiophora y Acari. Las larvas y las pupas de muchos lepidópteros se registran generalmente como miembros pasivos de la comunidad edáfica; muchos de ellos transitorios; son fitófagos, la saprofagia no es común en este orden.

#### 2.2.5.6.1 Estructura ecológica de comunidades

**Abundancia.** Existen dos niveles de caracterización en la composición de una comunidad: el primero, es el recuento de los grupos taxonómicos presentes en ella, lo que constituye en sí una medida de la abundancia.

**Biomasa.** Todas las entidades biológicas necesitan materia para su constitución y energía para sus actividades. Esto es válido para los organismos individuales pero también para las comunidades que forman la naturaleza; Los cuerpos de los organismos vivos de una unidad de superficie constituyen una *cosecha en pie* de biomasa. Por *biomasa*, se entiende que es la masa de organismos por unidad de superficie y se suele expresar en unidades de energía o de materia orgánica muerta; la biomasa es una fracción viva activa, es decir que representa un capital activo capaz de generar intereses en forma de nuevo crecimiento. La mayor parte de la biomasa de las comunidades está formada por las plantas, que son las productoras primarias de la biomasa (constituyen el primer nivel trófico de la comunidad) debido a su capacidad casi exclusiva de fijar el carbono en la fotosíntesis. En su orden le sigue la *Productividad secundaria* que se define como la tasa de producción de nueva biomasa por parte de los organismos heterótrofos quienes obtienen la energía directamente consumiendo materia vegetal, o bien indirectamente consumiendo otros heterótrofos; los consumidores primarios (herbívoros) se encuentran en segundo nivel trófico, los consumidores secundarios (carnívoros) se encuentran en el tercer nivel.

Chamorro y García<sup>105</sup> hacen referencia a que la UNESCO ya ha establecido que la mayor parte de la biomasa heterotrófica se encuentra en el suelo y en la hojarasca.

<sup>104</sup> KRIVOLUTZKY Y POKARZHEVSKY, citados por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. 1995. Ibid., p 260.

<sup>105</sup> CHAMORRO B Clara H y GARCIA Mary Ruth. La edafofauna del páramo de Monserrate Sector Hacienda "Santa Bárbara" (Cundinamarca –Colombia). Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

Según Edwards et al.<sup>106</sup>, los animales del suelo pueden hacer poca diferencia cuantitativa en el flujo de energía a través del ecosistema, pero tienen un efecto definitivo en el flujo de nutrientes que aceleran los animales cambian los patrones de distribución de los materiales orgánicos y tienen un efecto multiplicador por la concentración de ciertos elementos en sus cuerpos, cuerpos que al morir devuelven en su biomasa los nutrientes consumidos al sistema permitiendo la continuidad en el ciclo de sus reacciones biogeoquímicas.

*Diversidad.* Es el segundo nivel en la caracterización de la composición de una comunidad. Luego de aplicar el primer nivel de análisis (abundancia), es fácil llegar a la conclusión de que en la comunidad conjunta, un porcentaje relativamente pequeño de taxones suele ser abundante (esto es estar representado por un gran número de individuos o por una biomasa considerable) y que un gran porcentaje de taxones es raro (posee pequeños valores de importancia (abundancia), siendo así los taxa dominantes quienes explican en gran parte la corriente de energía en cada grupo trófico o en cada comunidad.

Por ello, el análisis de la diversidad es parte fundamental de la estructura numérica de las comunidades; cuando el análisis se hace únicamente en un primer nivel, se pasa por alto la información de que existen taxones raros y otros comunes, siendo este análisis el que incluye al gran porcentaje de los grupos taxonómicos que no sobresalen como dominantes pero que gracias a su rareza condicionan en gran parte la diversidad de las especies al interior de la comunidad.

Odum<sup>107</sup> enfatiza que la medida más simple de la composición de una comunidad en términos de diversidad se logra a través de algunos índices que son consecuencia de la interacción entre el número de taxa y la uniformidad en la distribución de la abundancia relativa de los individuos en cada grupo.

Los dos índices más utilizados para expresar la diversidad de una comunidad por poseer características tales como: su baja sensibilidad al tamaño de la muestra, su gran amplitud de uso y el peso particular que cada uno de ellos ejerce sobre la riqueza y uniformidad complementándose mutuamente son: el índice de Shannon y el índice Simpson

El índice de Shannon, mide la heterogeneidad de la comunidad y un valor máximo será un indicador de una situación en la cual todas o la mayoría de las especies

---

<sup>106</sup> EDWARDS et, al., citado por BONILLA C. Carmen Rosa. Efecto de los animales sobre el suelo. Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. V 8 diciembre 2000. p 42.

<sup>107</sup> ODUM, 1982, citado por CHAMORRO Clara H y GARCÍA Mary R. Estudios agroecológicos del páramo y del Bosque Altoandino Cordillera oriental de Colombia Tomo II. Contribución al conocimiento de la dinámica temporal de la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate. P. editores Luís Eduardo Mora Osejo, Helmut Sturn. Bogotá: 1994. p 622

son igualmente abundantes; mientras que el índice de Simpson, es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande tomados al azar, pertenezcan a la misma especie. La diversidad tomada en términos de variedad y algunas veces de abundancia, no es otra cosa más que la medida de la similitud y disimilitud de las especies que se encuentran en un hábitat determinado.

*Similitud.* Es una característica de la estructura de las comunidades, que trata de explicar la Beta diversidad o también llamada diversidad Intercomunitaria.

La diversidad beta es básicamente una medida que informa sobre la similitud y disimilitud en un rango de hábitats o parcelas en términos de la variedad y algunas veces de la abundancia de las especies que se encuentran en ellos, así mientras menos especies compartan las comunidades mayor es la beta diversidad y por lo tanto, mientras mayor sea el número de especies compartidas entre las diferentes comunidades comparadas, menor será la beta diversidad

Se ha determinado que el sistema más fácil de medir cuan similares son una serie de biotopos o comunidades en términos de composición de especies o en términos de abundancia es mediante el uso de los llamados coeficientes o índices de similaridad.

Teniendo en cuenta las limitaciones presentes en algunos indicadores meramente cualitativos (índices de Jaccard y Sorenson), se opta por considerar índices que manejan datos cuantitativos como el de Sorenson cuantitativo, que además de contemplar datos cualitativos de presencia/ausencia, incluyen en su análisis la abundancia de las especies; por otro lado no son sensibles al tamaño de la muestra<sup>108</sup>.

2.2.6. Aplicación estadística. *Análisis de Varianza.* Es una prueba paramétrica que trata exclusivamente datos numéricos (en escalas de intervalo o razones) y por lo general está basada en un tipo específico de distribución normal o Gaussiano. Las pruebas estadísticas como el análisis de varianza tratan con estadísticos como el promedio, la desviación estándar, la varianza etc.

El análisis de varianza determina diferencias estadísticas significativas entre las medias de la variable dependiente entre los grupos establecidos por las combinaciones de valores de las variables independientes. La prueba DMS determina si la diferencia entre las medias de una variable en dos grupos distintos de individuos es estadísticamente significativa.

---

<sup>108</sup> BIO-DAP, Soluciones Informáticas. 1993.. [www.Entomologiagranada.es.fm](http://www.Entomologiagranada.es.fm)



*Método de componentes principales:* Según Pla<sup>109</sup>, el método de componentes principales es una aplicación del análisis multivariado, se aplica en varios campos de la ciencia como son la psicología, medicina, meteorología, geografía, ecología, agronomía entre otros. Se aplica cuando se dispone de un conjunto de datos multivariados y no se puede postular, sobre la base de conocimientos previos del universo en estudio, una estructura particular de las variables. El análisis de componentes principales debe ser aplicado cuando se desee conocer la relación ente los elementos de una población y se sospeche que dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o propiedades de los elementos

Los objetivos que se busca alcanzar con el análisis de componentes principales son: generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto general de datos originales; reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando como paso previo para futuros análisis; y eliminar cuanto sea posible algunas variables originales por la poca información que aportan.

Las nuevas variables generadas se denominan *componentes principales* y poseen características estadísticas tales como independencia (cuando se asume multinormalidad) y en todos los casos no correlación.

El primer componente principal sintetiza la máxima variabilidad posible en un conjunto de datos originales; la segunda transformación lineal o componente sintetiza la máxima variabilidad residual, sujeta a la condición de no-correlación con el primer componente principal y así hasta el p-ésimo componente. Se obtiene una nueva expresión de datos en una nueva matriz la cual presentará las siguientes características:

Para cada observación o individuo tendrá p-valores que corresponden a cada uno de los componentes principales o nuevas variables.

La matriz de covarianza de este conjunto de datos será diagonal (ya que las nuevas variables no están correlacionadas) y los valores de las varianzas de cada variable serán los valores propios, encontrados al resolver el polinomio característico de la matriz de covarianza de los datos originales.

La varianza del primer componente principal será la mayor; y cada uno de los siguientes tendrá una menor varianza, hasta el último componente será el que posea la menor varianza.

En la interpretación de las componentes principales es necesario calcular e interpretar tanto los valores propios generados como los vectores propios. Debe decirse cuantos valores serán considerados si se desea reducir la dimensión

---

<sup>109</sup> PLA, Laura. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales, Washinton, D.C. Secretaria General de la organización de los estados Americanos, Programa General de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1986. p 15-37.

original de  $p$ - variables a  $m$  (siendo  $m < p$ ). Se debe tener cuidado al interpretar los valores propios, ya que el método no es independiente de la escala de medición de las variables orinales.

Según lo manifestado por García<sup>110</sup>, el análisis de componentes principales permite una nueva configuración de la información a través de la asignación de una tipología propia que describe a cada componente.

---

<sup>110</sup> GARCÍA, Hernán. Análisis multivariado de datos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Matemáticas y Estadística. San Juan de Pasto. p 17.

### 3. DISEÑO METODOLOGICO

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en el Santuario de Flora y Fauna Galeras a lado y lado del sendero el “Frailejonal” (Figura 1) .El volcán Galeras está clasificado como estratovolcán con el código internacional 1501-08<sup>111</sup>. El Santuario de Flora y Fauna Galeras hace parte del ramal centro-oriental de la cordillera de los Andes en el nudo de los Pastos, en el extremo sur occidental de Colombia. Los límites del Santuario son: al norte el Municipio de La Florida, al sur con los Municipios de Tangua y Yacuanquer, al oriente con el Municipio de Pasto y occidente con los Municipios de Consacá y Sandoná<sup>112</sup>. De igual forma se encuentra conformado por las partes altas de estos Municipios (Figura 2). Cuenta con un área de 8.886 hectáreas, con una distribución altitudinal entre los 1950 y 4276 m.s.n.m. (medidos en la cima del Volcán Galeras).

#### Coordenadas geográficas:

Latitud	Longitud
01°15'41, 16" Norte	077° 26'28, 73" Oeste
01°09'09, 21" Norte	077°19'37, 10" Oeste

#### Coordenadas planas:

X = 631.325	Y = 960.550
-------------	-------------

La precipitación media anual es de 741.2 mm disminuyendo en los meses de agosto y septiembre, con aumento en los meses de mayo y abril y registrándose los puntos más altos de precipitación en los meses de noviembre, diciembre y febrero. La temperatura promedio anual es de 13°C la cual no presenta fluctuaciones grandes durante todo el año, pero se puede presentar diferencias térmicas en las partes altas del volcán (Figura 3 y 4). Los reportes fueron suministrados por el IDEAM de la estación meteorológica más cercana ubicada en el corregimiento de Obonuco a 2871 msnm.

<sup>111</sup> BIANCHINI, Estéve y CEBALLOS, Liévanno, Citados por BURBANO H. Evaluación integral de la calidad del recurso suelo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, Sur de Colombia. 2002.

<sup>112</sup> CORPONARIÑO. Plan de Manejo Institucional del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Pasto: 1998

Figura 1. Fotografía aérea del Sendero “El Frailejonal” en el Santuario de Flora y Fauna Galeras

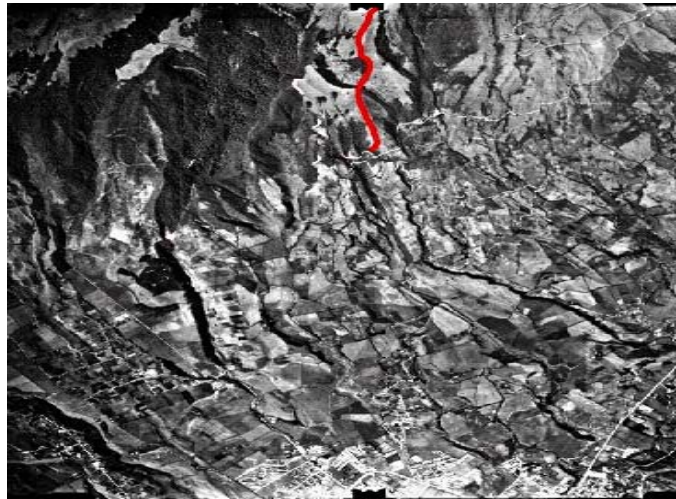


Figura 2. Mapa de ubicación del Santuario de Flora y Fauna Galeras.



(Tomado de <http://www.webcolombia.com>).

Figura 3. Precipitación de los últimos 19 años reportados en la estación de Obonuco

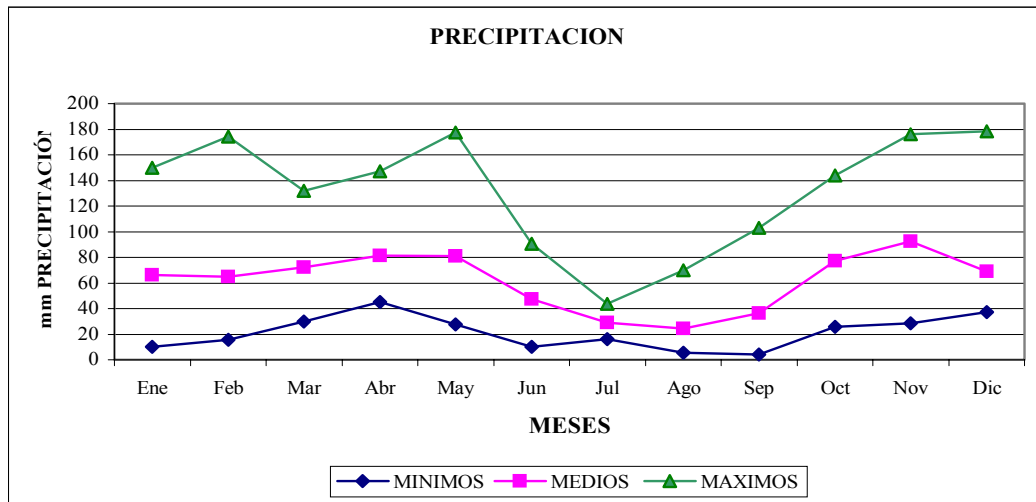
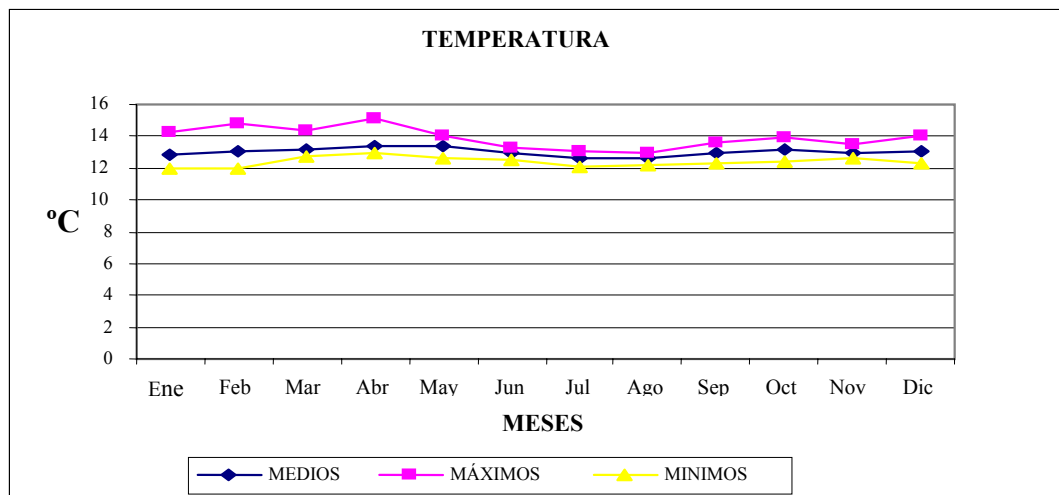


Figura 4. Temperatura de los últimos 19 años reportados en la estación de Obonuco



El trabajo se llevó a cabo en el sector oriental, cubriendo una parte de la zona altoandina del volcán Galeras comprendida entre los 3200 y 3800 m.s.n.m.

Se escogieron tres áreas de estudio: la primera zona ubicada a los 3200 msnm, aledaña a la cabaña de Parques Nacionales, caracterizada por evidenciar intervención antrópica por el desplazamiento de la vegetación natural y el establecimiento de cultivos de papa, cebolla y pastos (Figura 5 y 10); a lado y lado del sendero el Frailejonal se ubicaron dos áreas de estudio situadas en las

alturas de 3500 y 3800 m.s.n.m. comprendiendo zonas del subpáramo y páramo respectivamente catalogadas según Holdridge y Salazar<sup>113</sup> como Bosque Húmedo Montano(bh.M) para la altura 3500 m.s.n.m. y Páramo Subandino (P-SA) para la altura 3800m.s.n.m.

Figura 5. Suelos intervenidos de Alta Montaña a 3200 m.s.n.m. en el santuario de Flora y Fauna Galeras.



En la altura 3500m.s.n.m. se ubica el Subparamo, según CORPONARIÑO entra en la zona de transición entre el bosque y el páramo propiamente dicho (3400-3600msnm) de ahí que se caracterice por presentar pajonales (*Calamagrostis sp*) en buena proporción sobre todo en el área de estudio; también presenta arbustos y árboles enanos que no sobrepasan los 3 m de altura, en general la vegetación es de tipo leñoso y herbáceo. (Figura 6 y 9)

---

<sup>113</sup> HOLDRIDGE Y SALAZAR, citados por CORPONARIÑO. Plan de Manejo Institucional del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Pasto: 1998.

Figura 6. Suelos de Alta Montaña a 3500 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



La altura de 3800m.s.n.m., zona de páramo, se caracteriza según Lara y Muñoz<sup>114</sup> por presentar vegetación de tipo herbáceo y leñoso con altura de 1.20 m. aproximadamente, área dominada especialmente por pajonales (*Calamagrostis sp*), frailejones (*Espeletia sp*), plantas en cojín (*Werneria humilis*) y algunos parches de arbustos del género *Hypericum*. (Figura 7 Y 8)

Figura7. Suelos de Alta Montaña a 3800 m.s.n.m en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



---

<sup>114</sup> LARA, Carola y MUÑOZ, Claudia. Atlas palinológico de las especies pertenecientes a la familia *Ericaceae* presentes en los ecosistemas de alta montaña en el Santuario de Flora y Fauna Galeras. Universidad de Nariño, 2004. p 55.

Figura 8. Zona de Páramo a 3800 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



Figura 9. Zona de Subpáramo a 3500 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras





Figura 10. Zona de Intervención Antrópica a 3200 m.s.n.m. en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



## 3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE MUESTREO

En cada una de las alturas (3200,3500 y 3800 m.s.n.m), se muestrearon 13 monolitos a cuatro profundidades (mantillo, 0-5, 5-10 y 10-15 cm.) para cada altura durante el tiempo de estudio. La recolección de las muestras se realizó cada 21 días durante 9 meses, para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas evaluadas en esta investigación.

## 3.3. PRUEBAS DE LABORATORIO

3.3.1. Biomasa microbial. El carbono de la biomasa microbial se evaluó por el método de fumigación descrito por el Laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT<sup>115</sup>. (Anexo A)

3.3.2. Respiración microbial. para determinar la actividad microbial (producción de CO<sub>2</sub>), se utilizó el método de “sistema atmosférico cerrado” descrito por Blasco<sup>116</sup>. (Anexo B)

### 3.3.3. Edafofauna

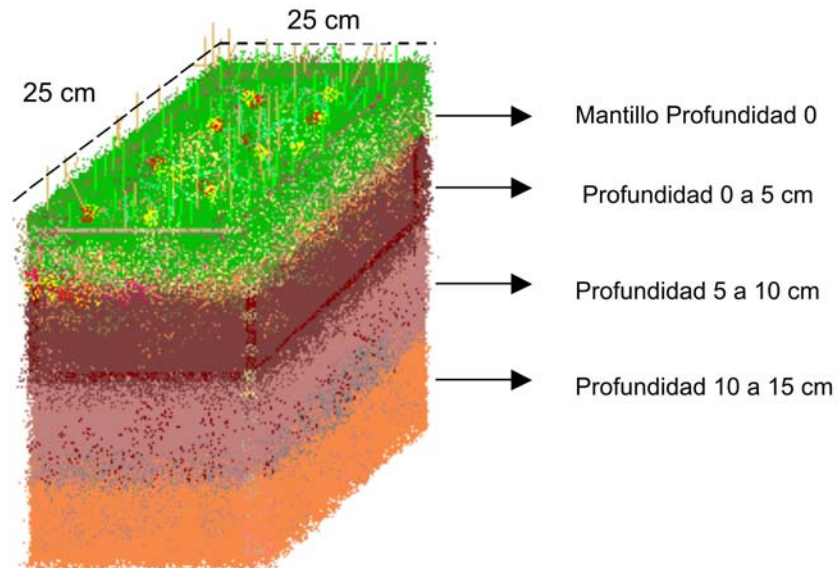
3.3.3.1 Técnica del TSBF para evaluar distribución vertical. La edafofauna asociada al suelo se evaluó por la metodología propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility Programme (Anderson e Ingranm 1993). La extracción de la macrofauna se realizó en forma manual y a simple vista (Técnica

<sup>115</sup> CIAT, citado por CORAL, D. et al. Uso de indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión del cultivo de trigo, de los municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de investigaciones, postgrados y relaciones Internacionales Pasto 2003

<sup>116</sup> BLASCO, citado por CORAL, D et al. Ibid

de Nelson) para tres profundidades 0-5, 5-10 y 10-15 y la edafofauna presente en el mantillo (0-0cm); medidas en un monolito de área 0.25m x 0.25m. (Figura 11) (Anexo C)

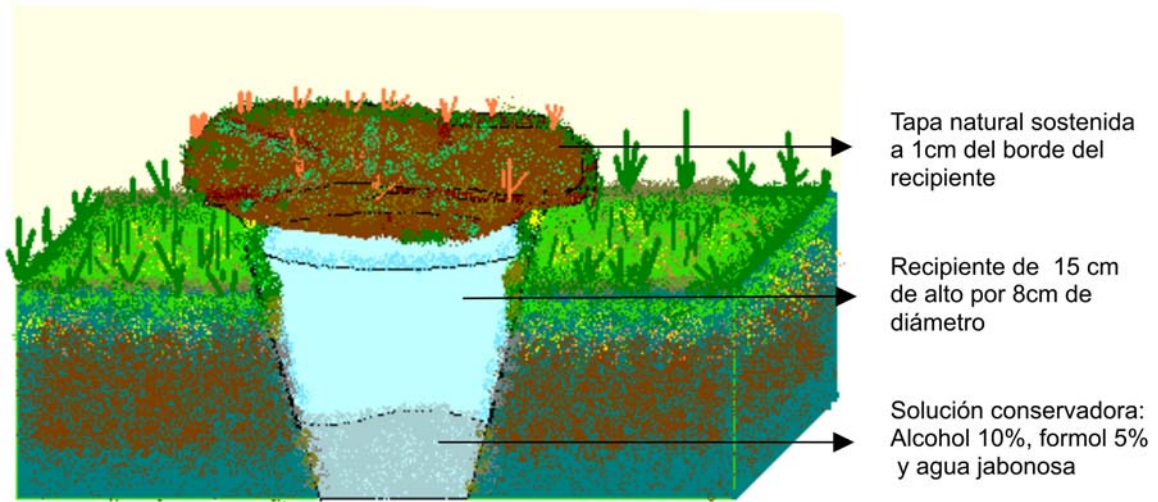
Figura 11. Técnica del T.S.B.F. (Tropical Soil Biology and Fertility Programme).



3.3.3.2 Técnica de Barber para evaluar actividad superficial. Se adoptó la técnica empleada por Roberto y Capocasale<sup>117</sup>. Con el fin de evaluar la intensidad de la actividad a nivel del horizonte superficial se distribuyeron, en cada altura, 10 recipientes plásticos de 15cm de altura por 8 de diámetro, con una solución de alcohol al 10%, formol al 5% y agua jabonosa en proporciones iguales. Los recipientes fueron retirados cada 21 días después de la instalación. Ésta técnica se aplicó en el sitio de muestreo. (Figura 12) (Anexo D)

<sup>117</sup> ROBERTO M. CAPOCASALE. Los arácnidos criptozoicos. En: Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Volumen 7- N°39 – 1997 <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy39/arachnid.htm>

Figura 12. Técnica de Barber.



El material biológico colectado fue preservado en alcohol al 70%; las lombrices se conservaron en formol al 5%. La clasificación taxonómica se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño utilizando claves taxonómicas de Borrór<sup>118</sup>, Schoeman<sup>119</sup> entre otros. Parte de la colección capturada por trampas Barber y TSBF fue enviada a otras instituciones para su reconocimiento: los Dípteros se clasificaron en el laboratorio de entomología de la Universidad del Valle; los himenópteros y carábidos (Coleópteros) fueron clasificados en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; algunos colémbolos y arácnidos (Ácaros) se clasificaron en los laboratorios del CIAT sede Palmira y finalmente la clase Oligochaeta colectada por la técnica del TSBF fue reconocida en la Universidad Tecnológica Pereira. Algunos de los ejemplares fueron incorporados a la colección entomológica de los laboratorios.

3.3.4. Necromasa. Se aprovechó la muestra de mantillo una vez capturada su fauna, extrayéndose el material vegetal muerto; (en estructuras diferenciables y poco descompuestas sobre el suelo, así como también el material no diferenciable repartido y atrapado en la maraña radicular) sobre el cual se calculó el peso en estado fresco y se llevó a secar a 80°C hasta obtener un peso constante, metodología citada por Rodríguez<sup>120</sup>.

3.3.5 Hongos microscópicos del suelo. Para determinar el número de colonias fungosas por gramo de suelo seco se aplicó la técnica de los Platos de Dilución,

<sup>118</sup> BORROR J et al. An Introduction To The Study Of Insects. Sixth Edition. Printed in the United States of America. 1989.

<sup>119</sup> SCHOEMAN D et al. African Spiders, An Identification Manual. Biosystematics Division- ARC- Plan Protection Research Institute. 1997.

<sup>120</sup> RODRIGUEZ, J., L. V. A. Cuantificación de biomasa (Fitomasa) e inventario de bioelementos del bosque pluvial tropical climático de colinas bajas. Bajo calima, Buenaventura, Costa Pacífica, Colombia. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad de Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia: 1987. p 300.

utilizando medio de cultivo Potato Dextrose Agar (PDA), ajustando el pH del medio a 4.8 (Anexo E)

3.3.6 Análisis fisicoquímico. El análisis de los parámetros físico-químicos del suelo se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño de acuerdo con la metodología del IGAC (1990) y CENICAFE. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron humedad gravimétrica, pH, fósforo y materia orgánica.

#### 3.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La diversidad de la edafofauna en cada una de las alturas, fue calculada mediante la aplicación de los índices de Shannon y Simpson; la similitud en la composición de las especies fue estimada mediante el índice de Sorenson; mediante el programa BIO-DAP 1993.

Los resultados de variables fueron procesados mediante un análisis de varianza considerando como tratamiento a las altitudes, con un modelo irrestrictamente al azar, aplicando la prueba de significancia estadística DMS (Diferencia Mínima Significativa); de igual manera se utilizó la estadística multivariada con el Análisis de Componentes Principales para conocer la relación entre los elementos de la población y la influencia de esta relación sobre el conjunto de variables, mediante el programa S.P.A versión 3.5.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. MACRO-INQUILINOS DEL SUELO: PRESENCIA Y DINÁMICA DE LA FAUNA DEL SUELO

El suelo brinda hospedaje a un grupo de inquilinos quienes a cambio de su estadía ofrecen a este escenario su trabajo y su propia vida. Por más insignificantes que puedan parecer, estos animales tienen una función especial en el ciclo vital; en el caso particular del suelo, la edafofauna juega un papel trascendental, es la encargada de agilizar los procesos de descomposición de los residuos que llegan al suelo y su posterior incorporación al ciclo de nutrientes, al mismo tiempo que influye significativamente sobre las propiedades fisicoquímicas; con todo esto, la edafofauna garantiza la estabilidad y éxito evolutivo del sistema edáfico.

Estos residentes del suelo facilitan el trabajo a unos inquilinos mucho más pequeños garantizando en conjunto la continuidad de la vida, Primavera respalda lo anterior al expresar que “entre más se acerca la destrucción total de una sustancia, tanto más se aproxima también el inicio de una nueva vida”<sup>121</sup>. Estos exclusivos personajes dedican toda su existencia a *destruir* y por ende a aproximar el *nacimiento* de nuevas formas de vida.

La naturaleza es un todo donde la sabiduría y la perfección van ligados, por eso en ella hay muy poca cabida para aquellos organismos que no han modificado su dotación genética y por lo tanto su morfología, para crear hábitos de comportamiento que les permitan vivir en ambientes extremos, como son los suelos del Páramo del Santuario de Flora y Fauna Galeras, donde se alberga un sinnúmero de individuos de variados tamaños en permanente relación intra e ínter específica. Solo aquellos organismos mejor equipados son los que han logrado su existencia y permanencia en este agreste escenario. La dinámica particular de este interesante grupo de organismos se describe detalladamente en el presente capítulo.

4.1.1. ¿Quiénes son?, ¿Cuántos son?: Abundancia de la fauna edáfica como indicador de importancia ecológica. En el Santuario de Flora y Fauna Galeras, sector sendero ecológico “El Frailejona” se utilizaron dos técnicas de muestreo: Barber y TSBF (Ver Capítulo de la Metodología) colectando un total de 10.820 individuos.

Mediante la técnica Barber, que evaluó la actividad superficial de la edafofauna, se capturaron 8.824 individuos que corresponden al 81.6% del total de la colección,

---

<sup>121</sup>PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo. Quinta edición. . Buenos Aires Argentina. Editorial El Ateneo, 1982. p 124.

cuya distribución por clase, orden y familia en cada altura se presenta en la tablas 1, 2 y 3 respectivamente. (Anexo S)

Según el ANDEVA (Anexo F) la actividad superficial evaluada mediante la técnica de Barber, no presenta diferencias estadísticas en la abundancia respecto a las tres alturas, sin embargo es necesario realizar un análisis de los resultados para poder observar los cambios sucedidos entre ellas, determinados por el grado de intervención antrópica y por las condiciones ecológicas propias de cada zona.

La tabla 1, contiene el número de individuos de cada clase expresados en abundancia absoluta (A) y de igual manera se presenta, para posteriores análisis gráficos, la participación porcentual de cada clase como abundancia relativa (R).

Tabla 1. Abundancia absoluta y relativa a nivel de clase para la actividad superficial de la edafofauna.

CLASE	ALTURAS m.s.n.m						TOTALES	
	3200		3500		3800			
	A.	R.	A.	R.	A.	R.	A.	R.
Arácnida	1439	16.31	339	3.84	342	3.88	2120	24.03
Chilopoda	6	0.07	4	0.05	3	0.03	13	0.15
Crustácea	105	1.19	110	1.25	155	1.76	370	4.19
Diplopoda	26	0.29	323	3.66	97	1.1	446	5.05
Gastropoda	37	0.42	2	0.02	2	0.02	41	0.46
Insecta	1888	21.4	1991	22.56	1921	21.77	5800	65.73
Nematodo					1	0.01	1	0.01
Oligochaeta	27	0.31	3	0.03	3	0.03	33	0.37
TOTAL	3528	39.98	2772	31.41	2524	28.6	8824	100

La tabla 2, desagrega la colección capturada por la técnica Barber por Orden, tanto en unidades absolutas (A), como relativas (R).

Tabla 2. Abundancia absoluta y relativa a nivel de orden para la actividad superficial de la edafofauna.

ORDEN	ALTURAS m.s.n.m						TOTALES	
	3200		3500		3800		A.	R.
	A.	R.	A.	R.	A.	R.		
Acariforme	1060	12.01	113	1.28	122	1.38	1295	14.68
Araneae	290	3.29	187	2.12	167	1.89	644	7.3
Blattodea	5	0.06	13	0.15	1	0.01	19	0.22
Coleóptera	815	9.24	363	4.11	770	8.73	1948	22.08
Collembola	641	7.26	535	6.06	519	5.88	1695	19.21
Dermaptera	1	0.01	9	0.1	10	0.11	20	0.23
Diplura	4	0.05	6	0.07	1	0.01	11	0.12
Díptera	261	2.96	917	10.39	593	6.72	1771	20.07
Hemiptera	68	0.77	18	0.2	6	0.07	92	1.04
Hymenoptera	19	0.22	39	0.44	11	0.12	69	0.78
Isopoda	105	1.19	110	1.25	155	1.76	370	4.19
Lepidoptera	49	0.56	33	0.37	13	0.15	95	1.08
Lithobiomorpha	2	0.02					2	0.02
Neuroptera	1	0.01					1	0.01
Opilionida	26	0.29	34	0.39	41	0.46	101	1.14
Orthoptera	10	0.11	34	0.39	1	0.01	45	0.51
Parasitiforme	63	0.71	6	0.07	12	0.14	81	0.92
Phasmida	1	0.01	1	0.01		0	2	0.02
Polydesmida	25	0.28	320	3.63	96	1.09	441	5
Scolopendromorpha	4	0.05	2	0.02	3	0.03	9	0.1
Stemmlulida		0	1	0.01			1	0.01
Thysanoptera	5	0.06					5	0.06
Trichoptera	8	0.09	22	0.25			30	0.34
Otros	65	0.74	9	0.1	3	0.03	77	0.87
TOTAL	3528	39.98	2772	31.41	2524	28.6	8824	100

Tabla 3. Abundancia absoluta y relativa a nivel de familia para la actividad superficial de la edafofauna

FAMILIA	ALTURAS m.s.n.m						TOTALES		FAMILIA	ALTURAS m.s.n.m						TOTALES	
	3200		3500		3800		A	R		3200		3500		3800		A	R
	A	R	A	R	A	R				A	R	A	R	A	R		
Acrididae	2	0.02	2	0.02			4	0.05	Gryllidae	1	0.01	24	0.27	1	0.01	26	0.29
Anisopodidae	20	0.23	14	0.16	11	0.12	45	0.51	Henicopidae	2	0.02					2	0.02
Anyphaenidae	1	0.01	41	0.46			42	0.48	Heteropodidae	2	0.02			2	0.02	4	0.05
Pos/Anyphaenidae			14	0.16			14	0.16	Hipogastruridae	29	0.33	5	0.06	24	0.27	58	0.66
Aphididae	32	0.36	5	0.06	1	0.01	38	0.43	Ichneumonidae	5	0.06	10	0.11	4	0.05	19	0.22
Apidae		0.00			1	0.01	1	0.01	Labiidae		0.00			1	0.01	1	0.01
Blattellidae	5	0.06	13	0.15	1	0.01	19	0.22	Lathridiidae	6	0.07					6	0.07
Bruchidae			2	0.02	6	0.07	8	0.09	Leiódidae					1	0.01	1	0.01
Campodeidae	2	0.02	6	0.07			8	0.09	Pos/ Leiódidae	10	0.11	2	0.02	35	0.40	47	0.53
Cantharidae	27	0.31	8	0.09	5	0.06	40	0.45	Lycosidae	72	0.82	1	0.01	22	0.25	95	1.08
Caponiidae	2	0.02	2	0.02	3	0.03	7	0.08	Pos/Linyphiidae		0.00			1	0.01	1	0.01
Pos/ Caponiidae					5	0.06	5	0.06	Melolonthidae	1	0.01					1	0.01
Carabidae	501	5.68	86	0.97	340	3.85	927	10.51	Miturgidae			1	0.01			1	0.01
Chironomidae		0.00	7	0.08			7	0.08	Pos/Miturgidae			4	0.05			4	0.05
Chrysomelidae	5	0.06	16	0.18	74	0.84	95	1.08	Mycetophilidae			3	0.03	1	0.01	4	0.05
Pos/ Chrysomelidae			1	0.01			1	0.01	Nitidulidae					1	0.01	1	0.01
Cicadellidae	25	0.28	9	0.10	1	0.01	35	0.40	Oniscidae	105	1.19	110	1.25	155	1.76	370	4.19
Clubionidae		0.00			1	0.01	1	0.01	Oonopidae	2	0.02					2	0.02
Pos/ Clubionidae	7	0.08			2	0.02	9	0.10	Phalacridae	1	0.01					1	0.01
Pos/ Corinnidae					1	0.01	1	0.01	Phlaeothripidae	4	0.05					4	0.05
Cryptopidae	4	0.05	2	0.02	3	0.03	9	0.10	Pholcidae			6	0.07	1	0.01	7	0.08
Curculionidae	63	0.71	29	0.33	32	0.36	124	1.41	Pos/ Pholcidae				0.00	21	0.24	21	0.24
Cybaenidae	10	0.11	36	0.41	41	0.46	87	0.99	Phoridae	89	1.01	632	7.16	279	3.16	1000	11.33
Pos/Cybaenidae				0.00	6	0.07	6	0.07	Pos/Platygastridae			1	0.01	1	0.01	2	0.02
Cyrtodesmidae	23	0.26	318	3.60	96	1.09	437	4.95	Proctotrupidae	10	0.11	1	0.01	1	0.01	12	0.14
Dascillidae					6	0.07	6	0.07	Pselaphidae			10	0.11	2	0.02	12	0.14
Delphacidae	8	0.09	3	0.03	1	0.01	12	0.14	Pseudococcidae	1	0.01					1	0.01
Diapriidae	3	0.03	6	0.07	5	0.06	14	0.16	Pyrgodesmidae			2	0.02			2	0.02
Dipluridae	2	0.02	30	0.34	4	0.05	36	0.41	Scaphidiidae					1	0.01	1	0.01
Diptera10		0.00			4	0.05	4	0.05	Scarabaeidae	3	0.03					3	0.03
Diptera 11	10	0.11	3	0.03	2	0.02	15	0.17	Scelionidae			17	0.19			17	0.19
Diptera 12			2	0.02	7	0.08	9	0.10	Sciaridae	21	0.24	32	0.36	27	0.31	80	0.91
Diptera 19			1	0.01			1	0.01	Scolytidae	4	0.05	6	0.07	2	0.02	12	0.14
Diptera 23	1	0.01					1	0.01	Silphyidae	1	0.01	1	0.01			2	0.02
Diptera 3	14	0.16	132	1.50	151	1.71	297	3.37	Staphylinidae	166	1.88	152	1.72	252	2.86	570	6.46
Diptera 5	1	0.01	2	0.02	10	0.11	13	0.15	Tachinidae	1	0.01				0.00	1	0.01
Diptera 7	2	0.02					2	0.02	Tenebrionidae	6	0.07	9	0.10	5	0.06	20	0.23
Elateridae	9	0.10	12	0.14	1	0.01	22	0.25	Pos/ Theraphosidae	1	0.01					1	0.01
Enicocephalidae			1	0.01			1	0.01	Theridiidae	51	0.58	10	0.11	27	0.31	88	1.00
Entomobryidae	611	6.92	530	6.01	486	5.51	1627	18.44	Pos/ Theridiidae	111	1.26	18	0.20	28	0.32	157	1.78
Eucnémidae	1	0.01					1	0.01	Thripidae	1	0.01					1	0.01
Pos/Eulophidae			2	0.02			2	0.02	Tipulidae	20	0.23	3	0.03	23	0.26	46	0.52
Epididae			5	0.06			5	0.06	Zodariidae	29	0.33	12	0.14			41	0.46
Eumastacidae	5	0.06	1	0.01			6	0.07	OTROS	1.374	15.57	348	3.94	290	3.29	2012	22.80
Forficulidae	1	0.01	11	0.12	9	0.10	21	0.24	TOTAL	3.528	39.98	2772	31.41	2524	28.60	8824	100.00
Fuhrmannodesmidae	2	0.02	0				2	0.02									



Con el uso de la técnica TSBF, que evaluó la distribución vertical de la edafofauna, se capturaron 1.996 individuos equivalentes al 18.4% del total de individuos colectados y la distribución por clase, orden y familia con su respectivas alturas y profundidades se observan en las tablas 4, 5 y 6. (Anexo T)

Tabla 4. Abundancia absoluta y relativa a nivel de clase para la distribución vertical de la edafofauna

			CLASE	Arachnida	Chilopoda	Crustácea	Diplopoda	Gastropoda	Hirudinea	Insecta	Oligochaeta	TOTAL	
3800m DSI	P R	0-0	A	25		4	3	4		35	2	73	
			R	1.25		0.2	0.15	0.2		1.75	0.1	3.66	
	O F	0-5	A	5			1	1		88	25	120	
			R	0.25			0.05	0.05		4.41	1.25	6.01	
	U N	5-10	A	7			1			77	47	132	
			R	0.35			0.05			3.86	2.35	6.61	
	D I	10-15	A							58	59	117	
			R							2.91	2.96	5.86	
	T O T A L	A L	A	37		4	5	5		258	133	442	
			R	1.85		0.2	0.25	0.25		12.9	6.66	22.1	
	3500m DSI	P R	0-0	A	14	11	3	86	1		41	21	177
				R	0.7	0.55	0.15	4.31	0.05		2.05	1.05	8.87
O F		0-5	A	6	22		116	2		70	71	287	
			R	0.3	1.1		5.81	0.1		3.51	3.56	14.38	
U N		5-10	A	3	4		16			38	20	81	
			R	0.15	0.2		0.8			1.9	1	4.06	
D I		10-15	A		3		8			23	5	39	
			R		0.15		0.4			1.15	0.25	1.95	
T O T A L		A L	A	23	40	3	226	3		172	117	584	
			R	1.15	2	0.15	11.3	0.15		8.62	5.86	29.3	
3800m DSI		P R	0-0	A	15	10	15	68	1	12	111	30	262
				R	0.75	0.5	0.75	3.41	0.05	0.6	5.56	1.5	13.13
	O F	0-5	A	13	40	2	157	1	10	155	83	461	
			R	0.65	2	0.1	7.87	0.05	0.5	7.77	4.16	23.1	
	U N	5-10	A	4	5		52	1	1	71	53	187	
			R	0.2	0.25		2.61	0.05	0.05	3.56	2.66	9.37	
	D I	10-15	A		1	3	2			33	21	60	
			R			0.15	0.1			1.65	1.05	3	
	T O T A L	A L	A	32	56	20	279	3	23	370	187	970	
			R	1.6	2.81	1	14	0.15	1.15	18.5	9.37	48.6	
	TOTALES			A	92	969	27	510	11	23	800	437	1996
				R	4.6	4.8	1.35	23.6	0.55	1.15	40.1	21.9	100

Tabla 5. Abundancia absoluta y relativa a nivel de orden para la distribución vertical de la edafofauna.

		ORDEN	Araneae	Blattodea	Coleóptera	Dermaptera	Díptera	Geophilomorpha	Glomeridesmida	Haplotaixida	Hemiptera	Hymenoptera	Isopoda	Lepidoptera	Opilionida	Orthoptera	Polydesmida	Scolopendromorpha	OTROS	TOTAL		
3200m	P	0-0	A	24		28		3		2	3	1	4		1		3		4	73		
			R	1.20		1.40		0.15		0.10	0.15	0.05	0.20		0.05		0.15		0.20	3.66		
	O	0-5	A	5	1	60		4		25	19			1		1	1		3	120		
			R	0.25	0.05	3.01		0.20		1.25	0.95			0.05		0.05	0.05		0.15	6.01		
	U	5-10	A	7	1	53		2		47	17						1		4	132		
			R	0.35	0.05	2.66		0.10		2.35	0.85						0.05		0.20	6.61		
	D	10-15	A			49		3		59	5	1									117	
			R			2.45		0.15		2.96	0.25	0.05									5.86	
	TOTAL	TOTAL	A	36	2	190		12		133	44	2	4	1	1	1	1	5		11	442	
			R	1.80	0.10	9.52	0.25	0.60		6.66	2.20	0.10	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.25		0.55	22.14	
	3500m	P	0-0	A	5	1	21	2	10	8	2	21	5		3	1	9		83	3	3	177
				R	0.25	0.05	1.05	0.10	0.50	0.40	0.10	1.05	0.25		0.15	0.05	0.45		4.16	0.15	0.15	8.87
O		0-5	A	5	1	27		38	15		71	2				1		94	7	26	287	
			R	0.25	0.05	1.35		1.90	0.75		3.56	0.10				0.05		4.71	0.35	1.30	14.38	
U		5-10	A	1		10		27	3		20	1				2		16	1		81	
			R	0.05		0.50		1.35	0.15		1.00	0.05				0.10		0.80	0.05		4.06	
D		10-15	A			8		14			5	1						8	3		39	
			R			0.40		0.70			0.25	0.05						0.40	0.15		1.95	
TOTAL		TOTAL	A	11	2	66	2	89	26	2	117	9		3	1	12		201	14	29	584	
			R	0.55	0.10	3.31	0.10	4.46	1.30	0.10	5.86	0.45		0.15	0.05	0.60		10.07	0.70	1.45	29.26	
3800m		P	0-0	A	12		79	8	8	2	8	30	7		15	7	3		50	8	25	262
				R	0.60		3.96	0.40	0.40	0.10	0.40	1.50	0.35		0.75	0.35	0.15		2.51	0.40	1.25	13.13
	O	0-5	A	12		90	1	30	2	5	83	17		2		1		163	38	17	461	
			R	0.60		4.51	0.05	1.50	0.10	0.25	4.16	0.85		0.10		0.05		8.17	1.90	0.85	23.10	
	U	5-10	A	4	1	34	1	21	2	1	53	13						48	3	6	187	
			R	0.20	0.05	1.70	0.05	1.05	0.10	0.05	2.66	0.65						2.40	0.15	0.30	9.37	
	D	10-15	A			12		20			21			3				2	1	1	60	
			R			0.60		1.00			1.05			0.15				0.10	0.05	0.05	3.00	
	TOTAL	TOTAL	A	28	1	215	10	79	6	14	187	37		20	7	4		263	50	49	970	
			R	1.40	0.05	10.77	0.50	3.96	0.30	0.70	9.37	1.85		1.00	0.35	0.20		13.18	2.51	2.45	48.60	
	TOTAL GENERAL		A	75	5	471	12	180	32	16	437	90	2	27	9	17	1	469	64	89	1996	
			R	3.8	0.3	30	0.6	9	1.6	0.8	22	4.5	0.1	1.4	0.5	0.9	0.1	24	3.2	4.5	100	





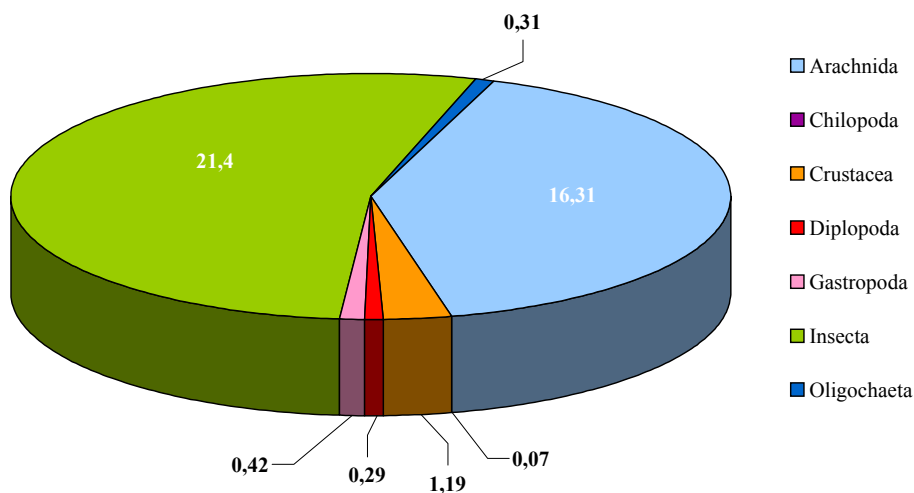
Los organismos colectados mediante las dos técnicas se ubican en 4 phylla (Artrópoda, Anélida, Mollusca y Asquelminte), 9 clases, 25 ordenes y 114 familias, que corresponden en su mayoría a la clase Insecta, Arachnida y Diplopoda; dentro de los ordenes los que sobresalen por su abundancia son Coleóptera, Díptera, Collembola, Acariforme, Polydesmida y Araneae; y a nivel de familia se destacan Entomobryidae, Carabidae, Phoridae, Staphylinidae, Cyrtodesmidae, Oniscidae, Curculionidae, Diptera3, Chrysomelidae y Chelodesmidae.

#### 4.1.1.1 ¿Dónde habitan?: Abundancia de la fauna edáfica a 3200 m.s.n.m.

4.1.1.1.1 Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial. El número de individuos reportados para esta altura a lo largo de todos los muestreos fue de 3.528 individuos, distribuidos en 7 clases, 22 ordenes y 59 familias, aportando el 39.98% de la colección total.

Las clases que se destacan por aportar el mayor porcentaje de individuos son: Insecta con un 21.4 % del total de la población capturada a esta altitud, seguida de la clase Arachnida con un 16.31 % y la clase Crustácea con el 1.19%. (Figura 13)

Figura 13. Abundancia actividad superficial por clase a 3200 m.s.n.m.



En cuanto a orden, los más representativos son Acariforme con 12% destacándose para este caso el suborden Oribatida; Coleóptera con 9.24%, representado principalmente por con las familias Carabidae (501 individuos) y Staphylinidae (166 individuos), seguido por el orden Collembola con el 7.26% destacándose la familia Entomobryidae (611 individuos). En menor proporción aunque con un aporte significativo con relación a los demás órdenes, se encuentra Araneae con 3.29%, dentro del cual se hallan principalmente las familias pos/Theridiidae (111 individuos), Theridiidae (51 individuos) y Lycosidae (72

individuos) y el orden Isopoda con el 1.19% representado por la familia Oniscidae (105 individuos). (Figura 14)

Figura 14. Abundancia actividad superficial por orden a 3200 m.s.n.m

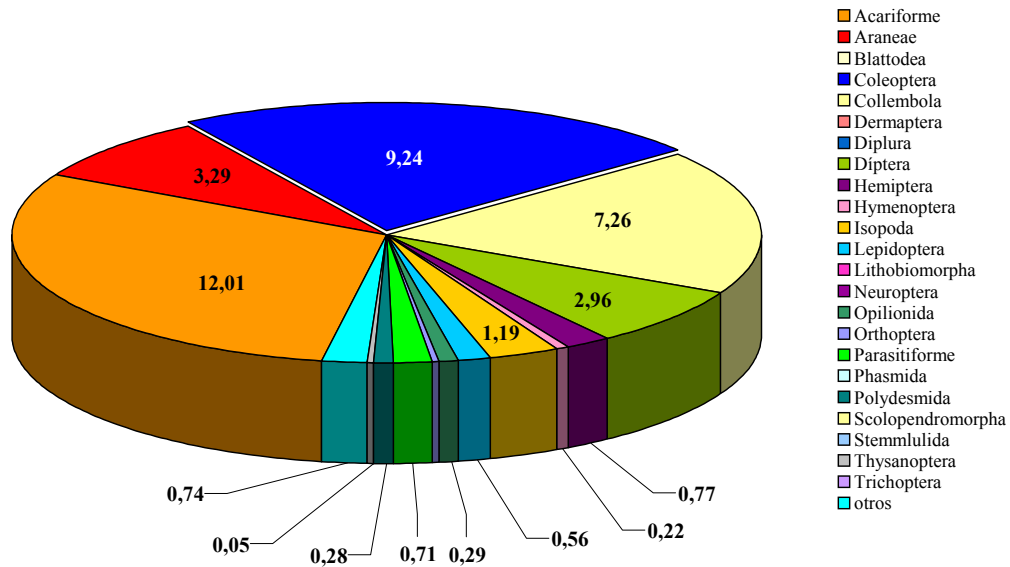
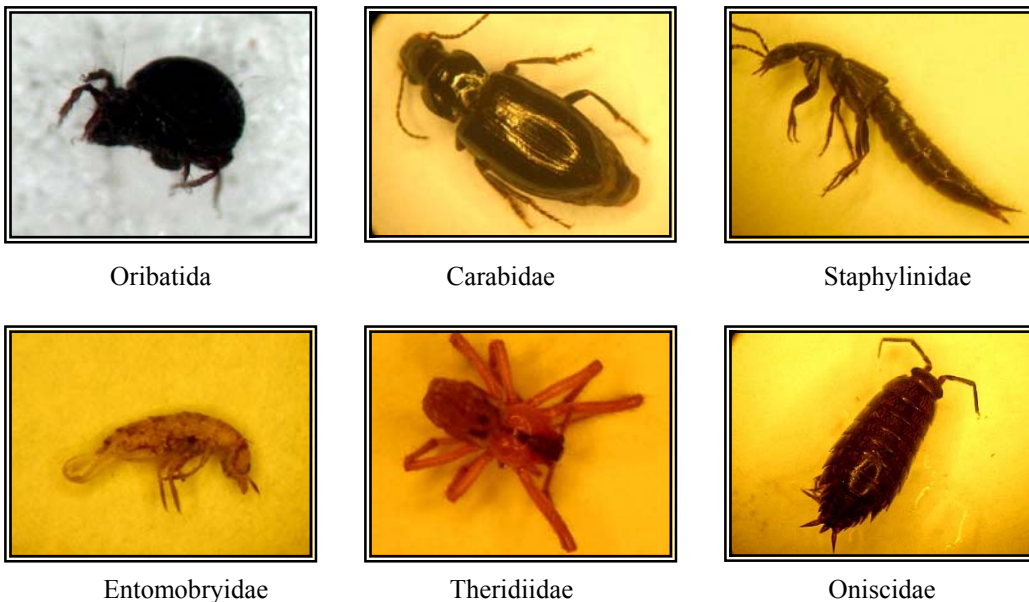


Figura 15. Taxones más abundantes para actividad superficial (técnica de Barber) a 3200 m.s.n.m

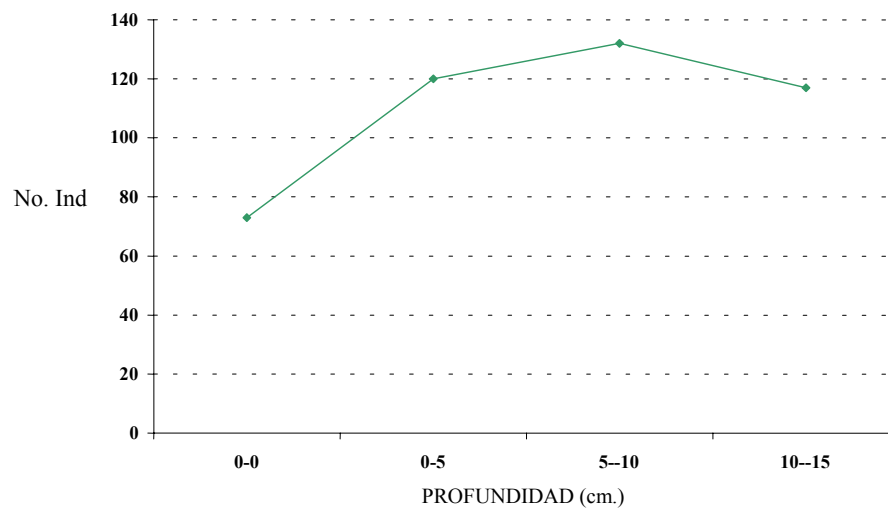


4.1.1.1.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical. Para la distribución vertical evaluada por la técnica TSBF, se colectó un total de 442

individuos los cuales aportan un 22.14% a la colección total, distribuidos en 6 clases, 12 órdenes y 32 familias. (Tablas 4, 5 y 6)

Los individuos encontrados a esta altura se caracterizan por ubicarse principalmente en las profundidades 5-10 cm., presentando la mayor abundancia con 132 individuos, seguido por la profundidad 0-5cm. con 120 individuos; el tercer lugar corresponde a la profundidad 10-15 cm. con 117 individuos y por último 0-0 cm. que presenta el valor más bajo con 73 individuos. (Figura 16)

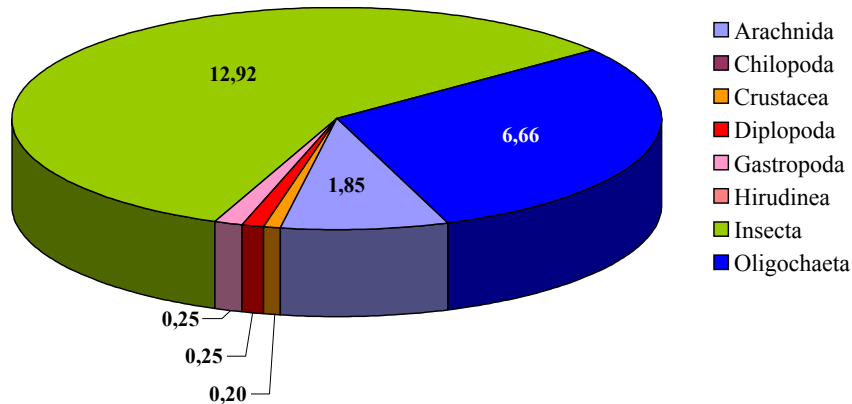
Figura 16. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3200 m.s.n.m.



Las clases más representativas a nivel de todas las profundidades son Insecta con 258 individuos (12.93%); Oligochaeta 133 individuos (6.66%) y Arácnida con 37 individuos. (1.85%) (Figura 17)

A nivel de orden, los más abundantes son Coleóptera con 190 individuos, que equivalen al 9.52% del total de los individuos capturados por la técnica TSBF, representados principalmente por las familias Curculionidae (105 individuos presentes uniformemente en todas las profundidades a excepción de 0-0 donde presenta un valor relativamente bajo); Carabidae (26 individuos ubicados preferentemente en la profundidad 0-0 y en menor proporción en 10-15) y Staphylinidae (17 individuos, ubicados especialmente en la profundidad 0-0, no encontrándose en 10-15).

Figura 17. Abundancia actividad superficial por clase a 3200 m.sn.m.



El orden Haplotaenidia es el segundo en importancia por su número de individuos que llegan a 133 con un aporte del 6.66% al total muestreado por la técnica mencionada y que se clasifican en las familias Glossoscolecidae (con 95 individuos ubicados principalmente en la profundidad 10-15, seguido por 5-10 y finalmente en 0-0 donde se encuentra en un número muy reducido) y Ocnodrilidae (con 38 individuos que se ubican en todas las profundidades a excepción de 0-0 donde presenta un valor bajo en comparación con las demás profundidades).

Del orden Hemiptera se encontraron un total de 44 individuos, distribuidos principalmente en las familias Cicadellidae (32 individuos mayormente ubicados en la profundidad 0-5 y 5-10 cm.) y Delphacidae (5 individuos encontrados en su totalidad en la profundidad 0-5 cm.); el orden Araneae con 36 individuos clasificados dentro de las familias Araneidae (13 individuos presentan la mayor abundancia en la profundidad 0-0 cm.), Mimetidae (8 individuos con preferencia por la profundidad 0-0 cm.) y Mysmenidae (8 individuos ubicados únicamente en las profundidades 0-0 y 5-10 cm.) (Figura 18)



Figura 18. Abundancia distribución vertical por orden para 3200 m.s.n.m.

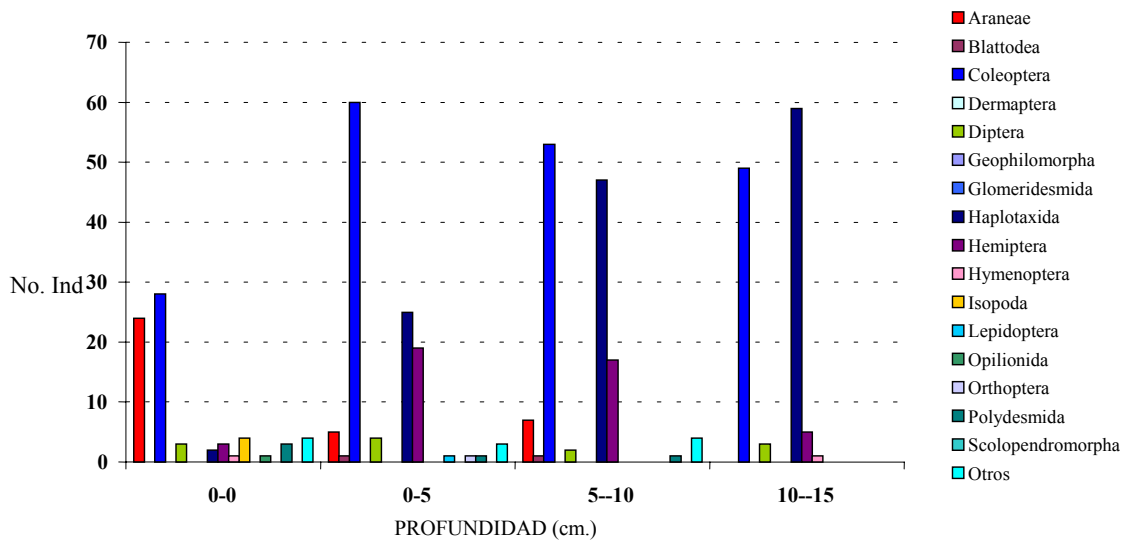
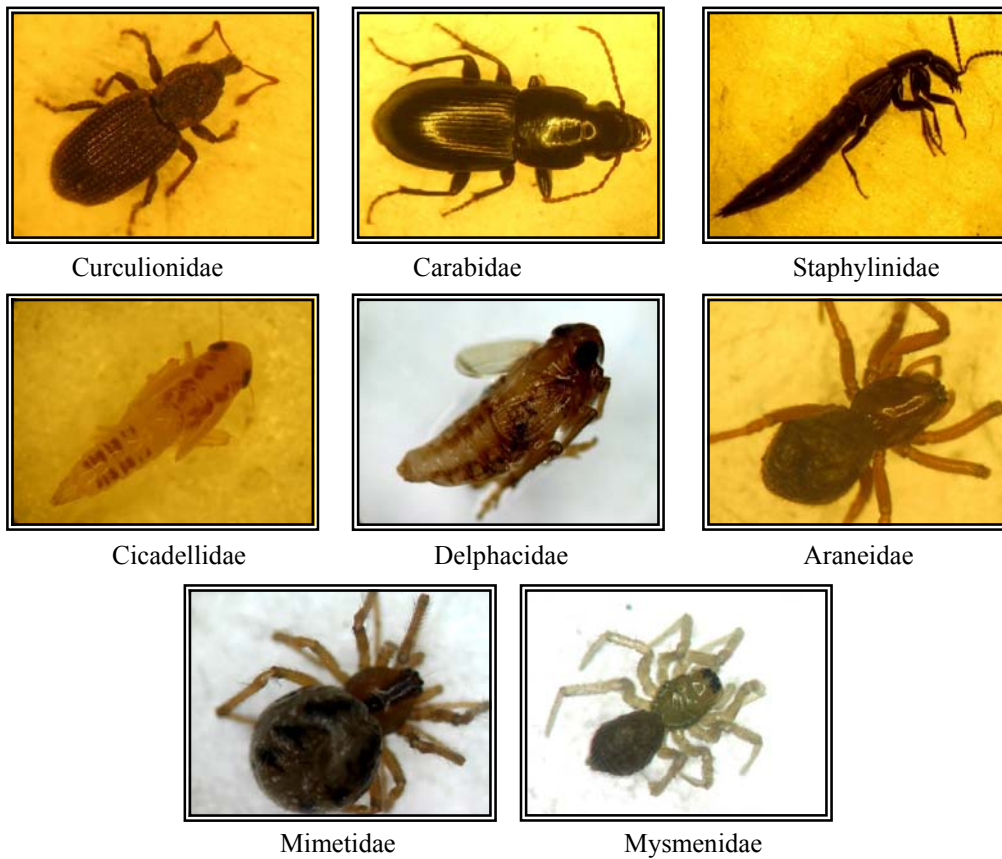


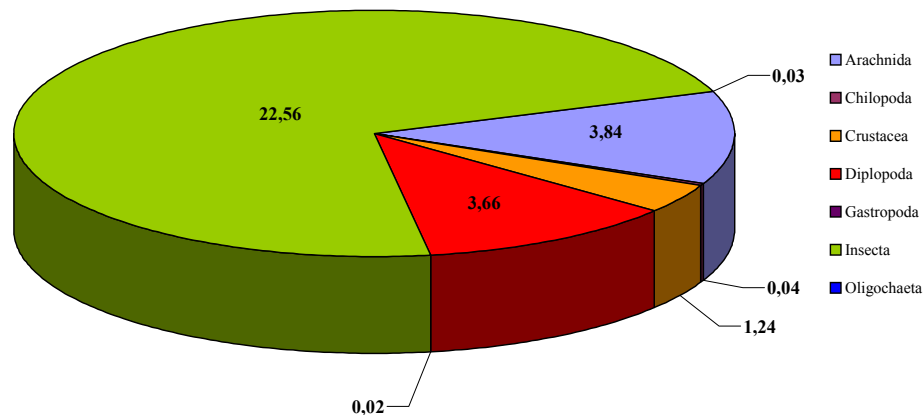
Figura 19. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica T.S.B.F.) a 3200 m.s.n.m.



#### 4.1.1.2. ¿Dónde habitan?: Abundancia de la fauna edáfica a 3500 m.s.n.m.

4.1.1.2.1 Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial. En la actividad superficial registrada para esta altura se capturó un total de 2772 Individuos que representan un porcentaje de 31.41% del total colectado por este método, distribuidos en 7 clases, 21 Ordenes y 59 familias. La mayor cantidad de organismos correspondió a las clases Insecta con 1991 individuos que constituyen el 22.56% de la colección; Arachnida con 339 individuos equivalentes al 3.84% representado en una buena proporción por el suborden Oribatida; Diplopoda cuenta con 323 individuos y Crustácea con 110 individuos; con porcentajes de 3.66% y 1.25% respectivamente. (Figura 20)

Figura 20. Abundancia actividad superficial por clase a 3500 m.s.n.m.



A nivel de orden, los mayores porcentajes de abundancia los presentó Díptera con 917 individuos equivalente al 10.39%, donde sobresalen las familias Phoridae (632 individuos) y Diptera3 (132 individuos). El orden Collembola registra 535 individuos (6.06%) y dentro de éste, la familia Entomobrydae reporta la mayor abundancia (530 individuos). El orden Coleóptera presenta una mayor abundancia con 363 individuos que constituyen el 4.11% de la colección; las familias que mejor lo representan son Staphylinidae (152 individuos), y Carabidae (86 individuos); el orden Polydesmida con 320 individuos (3.63%) está representado en su mayor porcentaje por la familia Cyrtodesmidae (318 individuos) y el orden Araneae con 187 individuos (2.12%) se distribuye en varias familias sobresaliendo por el número más abundante de individuos Anyphaenidae (con 41 organismos) y Dipluridae (30 individuos); y el orden Isopoda 1.25% representado por la familia Oniscidae (110 individuos) (Figura 21).

Figura 21. Abundancia actividad superficial por orden a 3500 m.s.n.m.

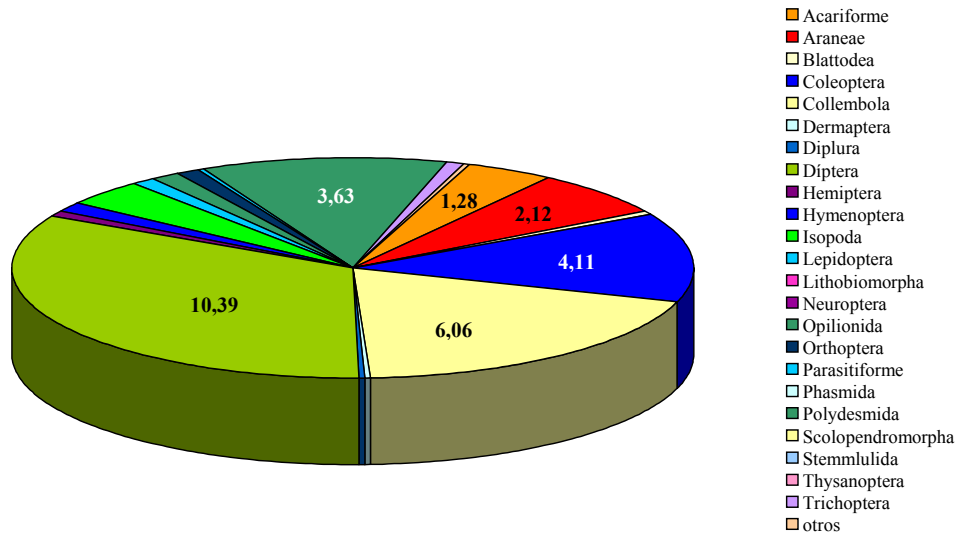
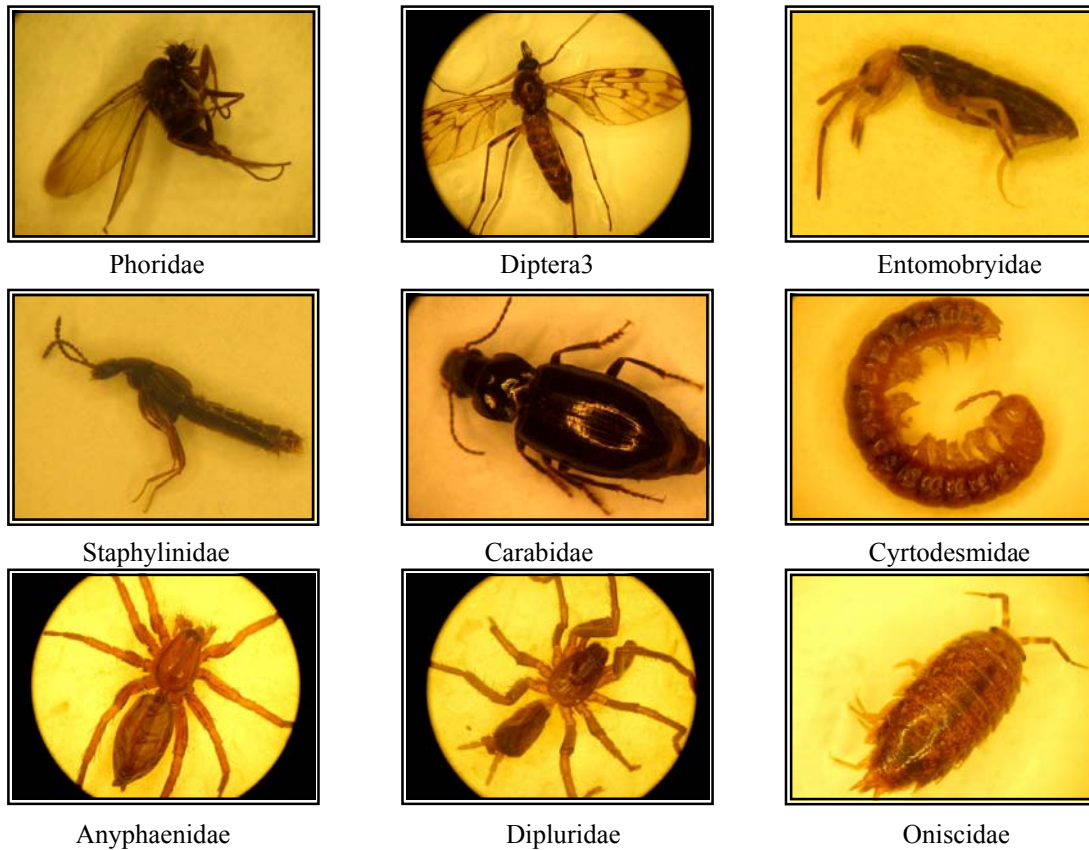
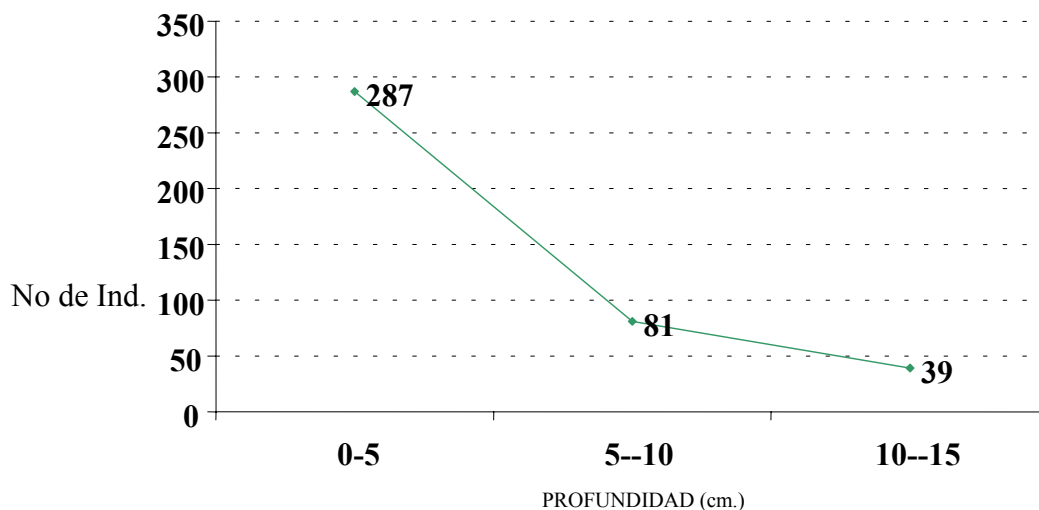


Figura 22. Familias más abundantes para actividad superficial (técnica Barber) a 3500 m.s.n.m



4.1.1.2.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical. En esta altura para la distribución vertical se colectaron un total de 584 individuos que corresponden a un 29.26% del total colectado por esta técnica, están distribuidos en 7 clases, 14 ordenes y 37. Cabe destacar que la mayoría de los organismos prefieren ubicarse en las profundidades 0-0 y 0-5 disminuyendo su abundancia (excluyendo la profundidad 0-0) conforme se incrementa la profundidad del suelo, de igual manera que la riqueza de los grupos taxonómicos estudiados. (Figura 23)

Figura 23. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3500 m.s.n.m.

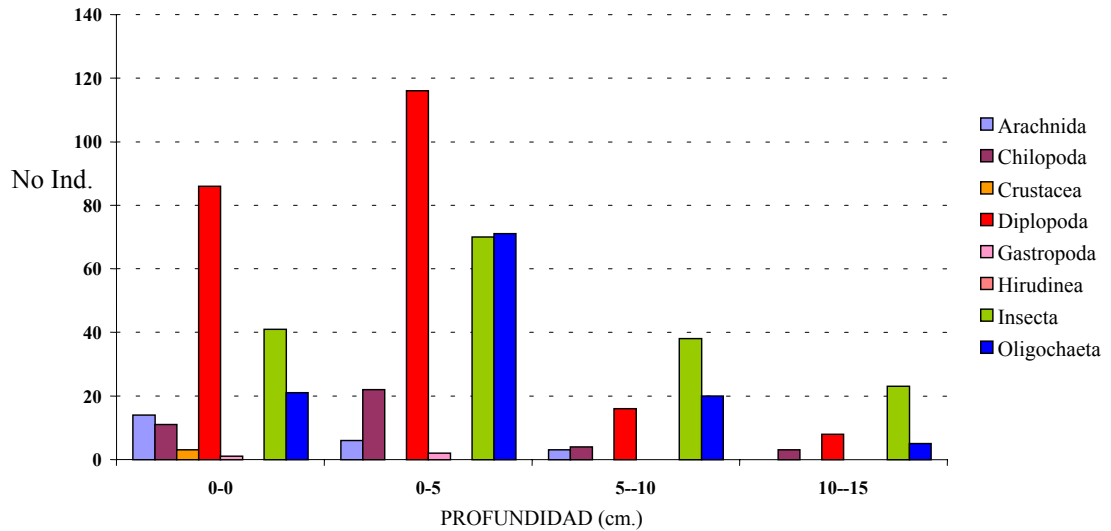


Las siguientes clases son las que más porcentaje de abundancia presentan en el perfil del suelo. En primer lugar Diplopoda con 226 individuos distribuidos preferentemente en las profundidades 0-0 y 0-5 cm.; Insecta con 172 individuos distribuidos en su mayoría sobre las profundidades 0-5 y 5-10 cm. y Oligochaeta ubicándose en las 4 profundidades pero con preferencia en la profundidad 0-5. (Figura 24)

En cuanto a los ordenes (figura 25), la abundancia se distribuye en Polydesmida que cuenta con 201 individuos, los que representan el 10.07% del total de la muestra colectada por la segunda técnica, están representados por las familias Chelodesmidae y posiblemente Chelodesmidae (39 y 44 individuos respectivamente ubicados preferentemente en las profundidades 0-0 y 0-5 cm.) y Paradoxomatidae (26 individuos distribuidos en las profundidades 0-0 y 0-5cm.) El orden Haplotaxida cuenta con un total de 117 individuos (5.86%) distribuidos en las familias Ocneroдрilidae (80 individuos prefiriendo las profundidades 0-0 y 0-5 cm.) y Glossoscolecidae (37 individuos con predilección por las profundidades 0-0 y 0-5 cm.) El orden Díptera cuenta con 89 individuos que representa el 4.46% se

ubican principalmente en las profundidades 0-5 y 5-10 cm., en este caso la clasificación solo fue posible hasta este nivel taxonómico.

Figura 24. Abundancia distribución vertical por clase a 3500 m.s.n.m.



El orden Coleóptera cuenta con 66 individuos (3.31%) representados por las familias Staphylinidae (18 individuos ubicados en 0-0 y 5-10cm.), Melolonthidae (11 individuos registrados en 0-5 y 5-10 cm.); Curculionidae (10 individuos distribuidos en las tres primeras profundidades) y Carabidae (10 individuos ubicados en las dos primeras profundidades) y otro orden que se destaca pero en menor medida es el Geophilomorpha con 26 individuos (1.30%), representado por las familias Geophilidae y posiblemente Geophilidae.

Figura 25. Abundancia distribución vertical por orden y profundidad a 3500 m.s.n.m.

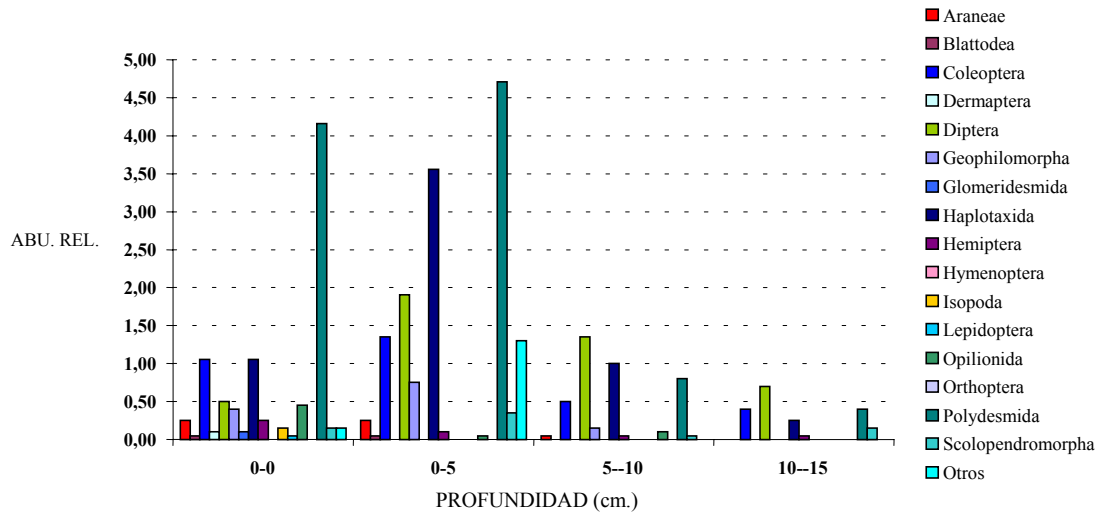


Figura 26. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica del TSBF) a 3500 m.s.n.m.



#### 4.1.1.3. ¿Dónde habitan?: Abundancia de la fauna edáfica a 3800 m.s.n.m.

4.1.1.3.1. Abundancia de la fauna edáfica en la actividad superficial. La abundancia total para esta altura fue de 2524 individuos que representan el 28.6% de la colección total colectada por la técnica Barber; se distribuyen en 8 clases, 17 órdenes y 57 familias.

Las clases más abundantes son Insecta con 1921 individuos, aportando el mayor porcentaje de abundancia a la colección con un 21.77%. Arachnida con 342 individuos representando el segundo porcentaje más alto para esta altura correspondiente al 3.88% y Crustácea el tercero con 155 ejemplares y un 1.76%. (Figura 27)

Los Coleópteros conforman el orden con mayor porcentaje de abundancia (8.73%), equivalente a 770 individuos que en su mayoría pertenecen a las familias Carabidae (340 individuos) y Staphylinidae (252 individuos); seguidos del orden Díptera con 593 individuos (6.72%) representados principalmente por la familia Phoridae (279 individuos). El tercer porcentaje más representativo de 5.88% lo aportan los colémbolos con 519 individuos de los cuales un gran porcentaje pertenece a la familia Entomobryidae (487 individuos). (Figura 28)

Figura 27. Abundancia actividad superficial por clase a 3800 m.s.n.m.

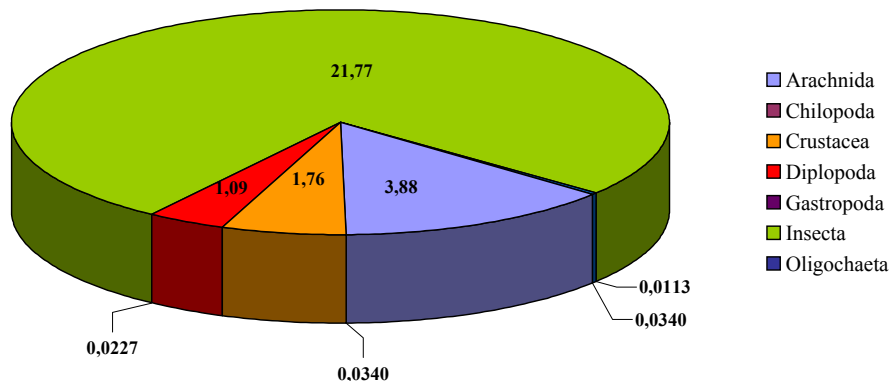


Figura 28. Abundancia actividad superficial por orden a 3800 m.s.n.m.

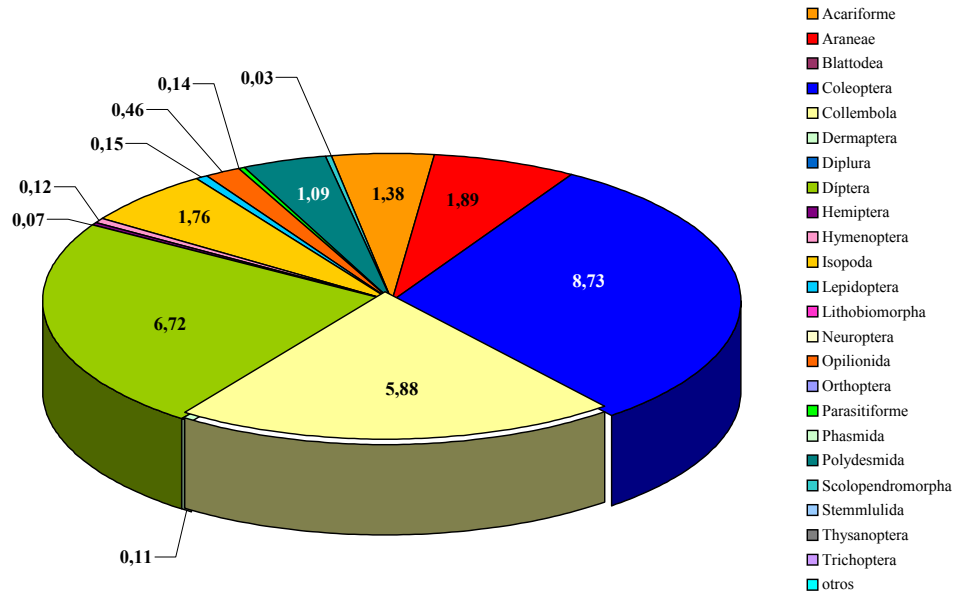


Figura 29. Familias más abundantes para distribución superficial (técnica de Barber) a 3800 m.s.n.m.



Entomobryidae

4.1.1.3.2. Abundancia de la fauna edáfica en la distribución vertical. La abundancia total registrada en esta altura para la edafofauna que se distribuye verticalmente en el suelo fue de 970 individuos contribuyendo con el 48.6% de la colección total capturada por la técnica TSBF; se ubican en 8 clases, 14 ordenes y 33 familias; el mayor número de organismos se localiza en el segundo estrato evaluado correspondiente a la profundidad 0-5 cm. con 461 individuos (23%),



seguido del estrato 1 o de vegetación superficial en la profundidad cero con 262 individuos (13.13%). (Figura 30).

Independientemente de esta primera profundidad, la abundancia de los individuos muestra una tendencia a disminuir notoriamente a medida que se profundiza en el perfil del suelo. (Figura 30).

Las clases más abundantes son en su orden: Insecta con 370 individuos (18.54%) representado el mayor porcentaje de abundancia, seguida de Diplopoda con 279 individuos, lo que equivale a un 13.98% del total de la colección. La clase Oligochaeta con 187 individuos representa el 9.37%. (Figura 31)

Los individuos del orden Polydesmida aportan el mayor porcentaje de abundancia a la distribución vertical con 263 individuos, que representan el 13.18% pertenecientes principalmente a la familia Chelodesmidae y posiblemente Chelodesmidae (que en conjunto suman 108 individuos que en su mayoría se localizan en la profundidad 0-5 cm.) y a la familia Paradoxomatidae (27 individuos característicos de la profundidad 0-5 cm.); siguiéndole en abundancia el orden Coleóptera con 215 individuos (10.77%) representados significativamente por las familias Staphylinidae (64 individuos abundantes en la profundidad 0-5 cm.), Carabidae (40 individuos con preferencia por la profundidad 0-0 cm.), Melolonthidae (28 individuos ubicados en su mayoría en la profundidad 5-10 cm.) y Tenebrionidae (25 individuos observados principalmente en la profundidad 5-10 cm.).

Figura 30. Abundancia distribución vertical por profundidad a 3800 m.s.n.m.

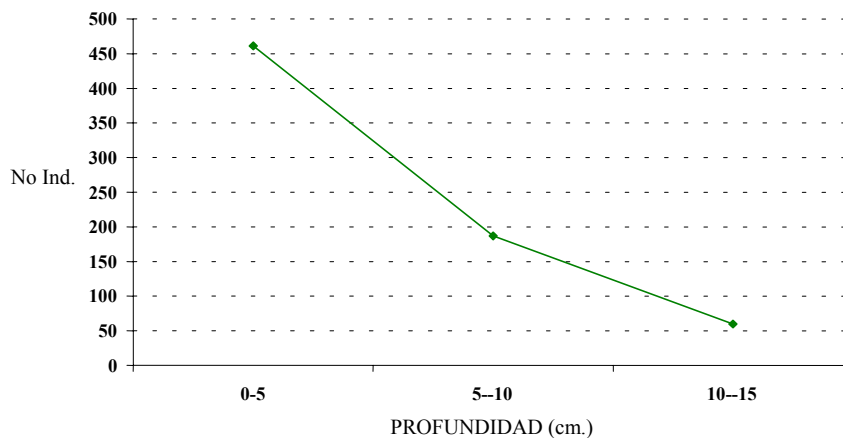
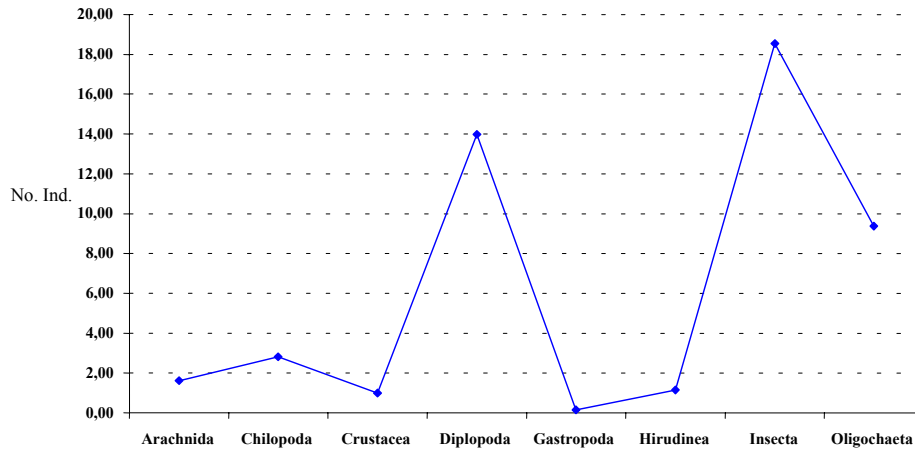


Figura 31. Abundancia distribución vertical por clase a 3800 m.s.n.m.



Los Oligoquetos del orden Haplotaaxida aportan el tercer porcentaje más representativo con 187 individuos (9.37%) caracterizados por las familias Ocnerozilidae (112 individuos ubicados en su mayoría en la profundidad 0-5 cm.) y Glossoscolecidae (75 individuos reportados principalmente para la profundidad 5-10 cm.). La familia Pseudococcididae perteneciente al orden Hemiptera hace un importante y exclusivo aporte a esta altura (34 individuos encontrados principalmente en la profundidad 0-5 cm.) (Figura 32)

Figura 32. Abundancia distribución vertical por orden a 3800 m.s.n.m.

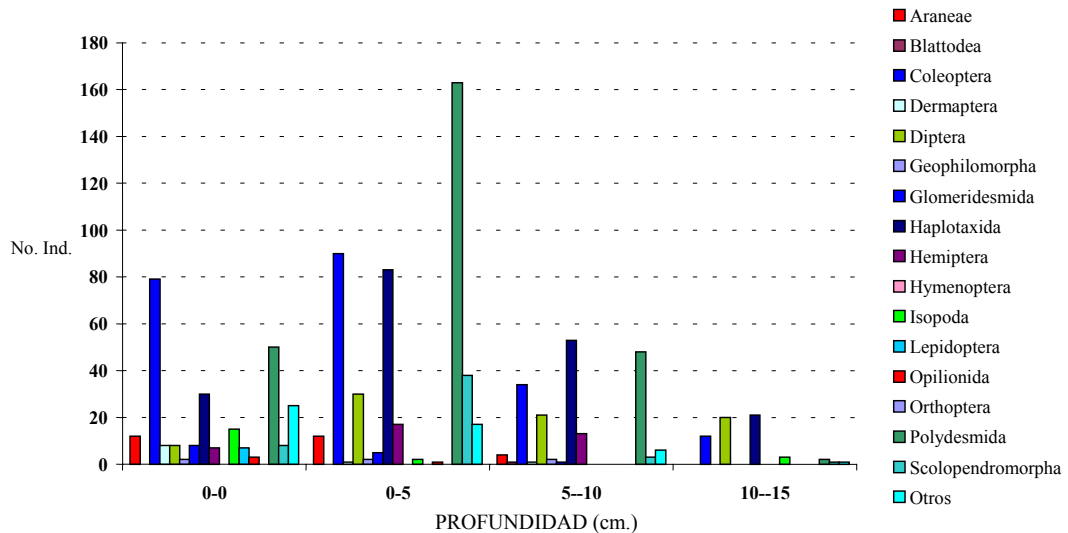
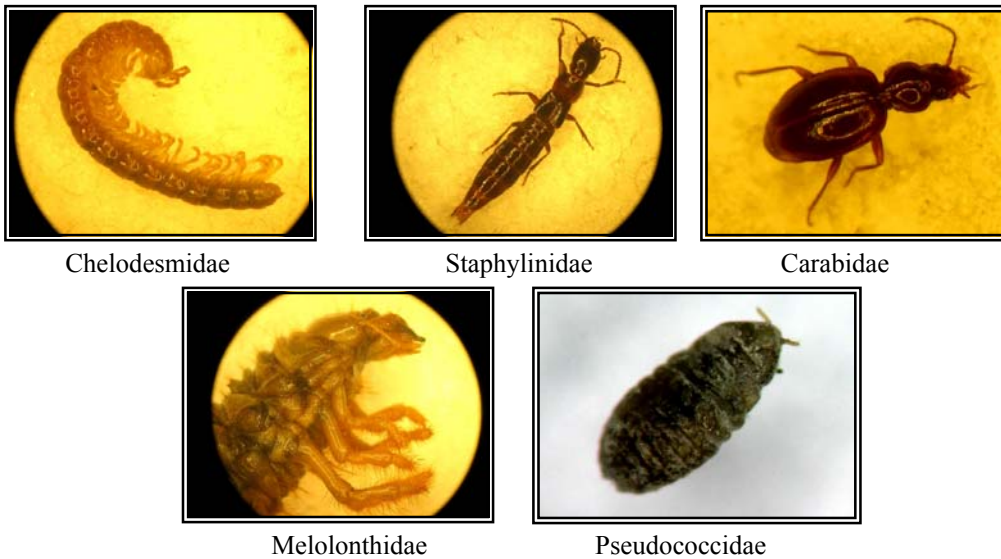


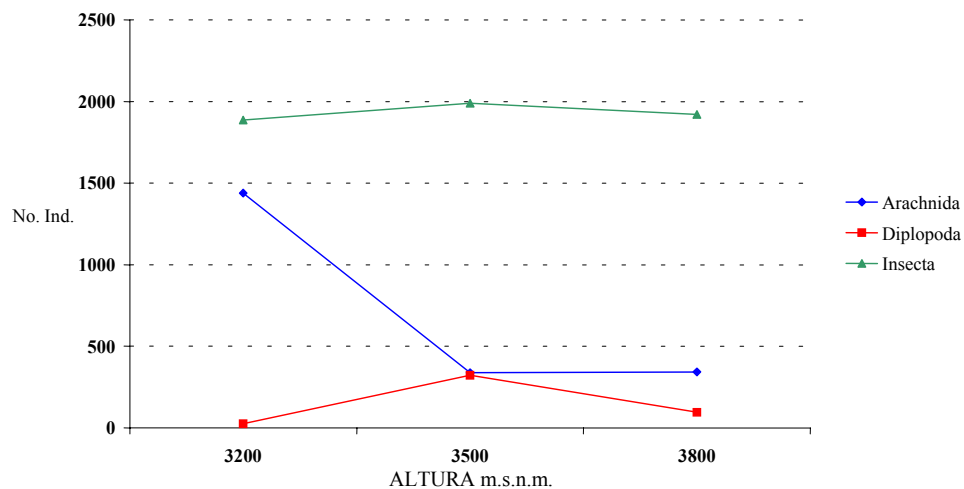
Figura 33. Familias más abundantes para distribución vertical (técnica T.S.B.F.) a 3800 m.s.n.m



4.1.1.4. ¿Cómo se relacionan?: Dinámica ecológica de la abundancia de la fauna edáfica en las tres alturas.

4.1.1.4.1. Dinámica ecológica de la abundancia en la actividad superficial. En todas las alturas el mayor número de individuos lo presentan en su orden las clases Insecta y Arachnida; mostrándose como los grupos mejor adaptados, como consecuencia de la especificidad de sus funciones, que obligan al ecosistema a crear sobre ellos un estrecho lazo de dependencia con el fin de garantizar su condición homeostática (equilibrio sistémico).

Figura 34. Abundancia relativa por clase y por altura para la actividad superficial.



Los insectos, según Barnes<sup>122</sup>, son un grupo dominante que presenta múltiples formas como una respuesta adaptativa a las presiones del medio, muchos son voladores, caminadores excavadores, de vida libre, endo o ectoparásitos, lo que garantiza así la cantidad de especies e individuos y su enorme radiación adaptativa. El éxito de esta clase puede atribuirse a varios factores, pero sin duda su capacidad de vuelo les concedió una notable ventaja sobre otros invertebrados terrestres, lo que les facilitó la dispersión, el escape y acceso a fuentes alimenticias o condiciones ambientales óptimas. Estas características especiales se ven reflejadas en los resultados del presente estudio para las tres alturas ya que el suelo es otro de sus tantos nichos eficazmente colonizados. Sus condiciones permiten la dispersión hacia los sitios menos intervenidos y cambiantes como es el caso de las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m., que es donde más riqueza de especies presenta la clase Insecta y donde más acumulación de mantillo existe, lo que significa mayor cantidad de alimento y refugio.

Los arácnidos en este estudio también sobresalen por su abundancia y riqueza siendo como lo manifiesta Hoffmann<sup>123</sup> uno de los grupos con mayor fuerza evolutiva, ya que han logrado adaptarse a todos los biotopos posibles del medio terrestre. Por su parte Romo<sup>124</sup>, confirma lo anterior afirmando que es su actividad tanto diurna como nocturna la que les permite ocupar diferentes hábitats terrestres. Una de las estrategias adaptativas es el hecho de poseer un hábito depredador muy marcado con preferencia por los insectos de ahí que su presencia esté relacionada con este grupo. Así se pudo observar en el presente estudio para el caso de la altura 3200 m.s.n.m., donde se registra la mayor abundancia de arácnidos lo que, posiblemente, se deba a que también ahí existe gran cantidad de insectos que constituyen la base de dieta alimenticia.

Aunque la clase Diplopoda no cuenta con un buen número de individuos como las anteriores clases, es necesario destacarla por su presencia en las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m. Es aquí donde tienen las mejores condiciones para sobrevivir por la inmensa cantidad de material vegetal depositado en el suelo producto de la muerte y renovación de las plantas, situación que no se presenta en la altura 3200 m.s.n.m.

Los Coleópteros, Colémbolos, Dípteros, Ácaros, Araneidos y Polidesmidos son los ordenes que más se movilizaron sobre la superficie del suelo confirmando de esta manera que son los organismos más típicos del suelo y de su superficie; estudios realizados por Salamanca y Chamorro<sup>125</sup>, en el Páramo de Monserrate y

---

<sup>122</sup> BARNES Robert. Zoología de los Invertebrados. Quinta Edición. México. Interamericana .McGRAW-HILL, 1989. p 739.

<sup>123</sup> HOFFMANN, Anita. El maravilloso mundo de los arácnidos. Los pequeños ignorados. <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

<sup>124</sup> ROMO, Martha Isabel, Guía introductoria a la morfología de arañas. Programa de biología. Universidad de Nariño, Pasto: 2003.

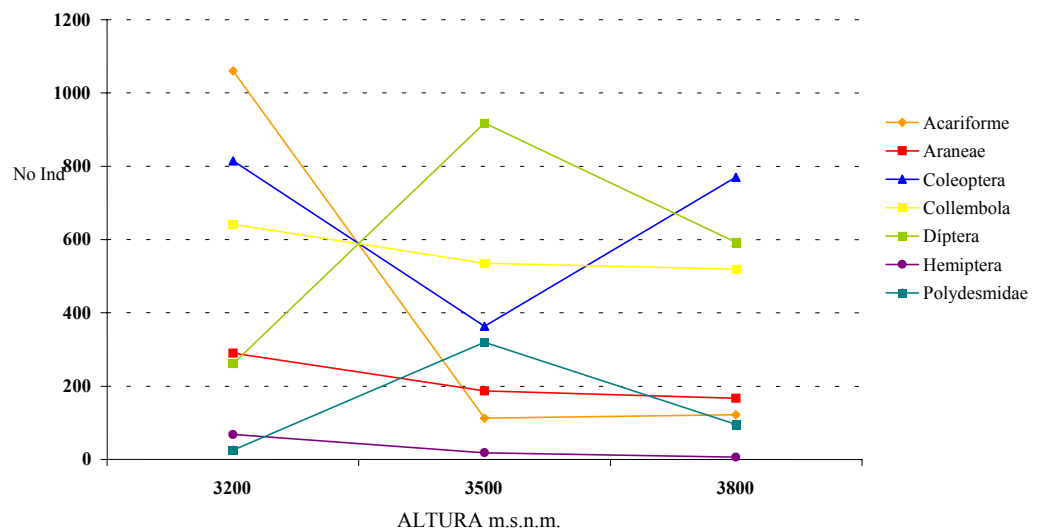
<sup>125</sup> SALAMANCA, Néstor y CHAMORRO, Clara. La edafofauna del Páramo Monserrate-Sector Hacienda "Santa Barbarbara"- (Cundinamarca - Colombia). Bogota: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol. 2, no. 1. 1990. p 80-99.

Zuluaga en los suelos de Caño Limón Arauca, confirman estos reportes al encontrar en sus análisis gran abundancia de Colémbolos, Dípteros, y Ácaros. Estudios realizados por el I.G.A.C<sup>126</sup>. También reconoce que son estos órdenes los que más abundan en los suelos (coleópteros, ácaros colémbolos). (Figura 35).

Los Coleópteros en este estudio presentan valores altos de abundancia y riqueza de especies, posiblemente se debe a que es uno de los órdenes más ampliamente distribuido, por tener la capacidad de colonizar diversidad de nichos entre ellos el suelo, donde cumplen parte de sus funciones vitales o simplemente son habitantes exclusivos de éste.

El orden Coleóptera se distribuye preferentemente en las estaciones 3200 y 3800 m.s.n.m., presentando las poblaciones más reducidas para la estación de 3500 m.s.n.m.; lo anterior posiblemente se debe a los hábitos alimenticios de tipo herbívoro y carnívoro característicos de este grupo como lo afirma Zuluaga<sup>127</sup>, ya que en 3200 m.s.n.m., se presentan las poblaciones más abundantes de macroinvertebrados lo que facilita la obtención de su alimento y por otro lado, la estación de 3800 m.s.n.m., sobresale por presentar buena cantidad de hojarasca, lo que también favorece su actividad trófica.

Figura 35. Abundancia relativa por orden y por altura para la actividad superficial



Al ser Carabidae una familia numerosa dentro del orden Coleóptera para este. En este estudio; cabe mencionar que en la actualidad constituyen un grupo importante para estudios ecológicos o biogeográficos en el ecosistema de páramo

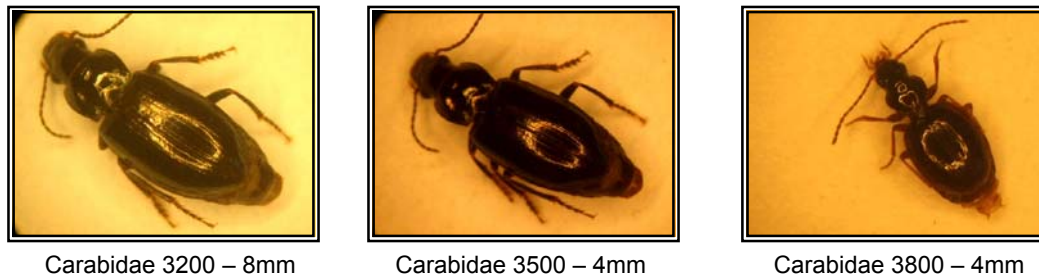
<sup>126</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 252-253.

<sup>127</sup> ZULUAGA, Diego A, et al, Componente Bioedáfico de los suelos del área de Caño Limón (Arauca-Colombia). En: Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 25. 1995. p 109.

como lo afirma Pierre<sup>128</sup>, por los siguientes motivos: \*Gran diversidad a nivel de especies (en el Ecuador, se conocen más de 200 especies de carabidae en altitudes superiores a 3500 msnm., en Colombia, la cifra podría ser aun mayor). \*Alto grado de endemismo, debido a su incapacidad para volar, la gran mayoría de especies de carabidae del páramo tienen una distribución geográfica muy restringida, lo que es un elemento clave para definir áreas de endemismo; \*Presencia en todos los pisos altitudinales del páramo y variedad de adaptaciones ecológicas. Por otro lado, Sturm<sup>129</sup> confirma que la posición dominante de este grupo se debe a que son capaces de ampliar sus tendencias alimenticias, transcurriendo de una condición preferentemente carnívora a una omnívora logrando ampliar las fuentes de alimentación y adaptación al alimento disponible garantizando en cierta forma su exitosa abundancia y distribución.

Durante el presente estudio se pudo determinar que Carabidae se concentra en las alturas 3200 y 3800 m.s.n.m.; la justificación para éste particular comportamiento se debe a que la tipología edáfica está relacionada directamente con el tipo de especies que es posible encontrar, en ambientes perturbados y en ambientes no cambiantes. (Figura 36)

Figura 36. Familia Carabidae en los tres gradientes altitudinales



Las poblaciones de Carabidae presentaron diferencias morfológicas importantes de una altura a otra como es la variación en su masa corporal, reportando un mayor aporte de biomasa (talla) y abundancia en la estación de 3200 m.s.n.m., su coloración es más oscura en comparación con las encontradas el resto de las estaciones; coincidiendo así con lo reportado por Camero<sup>130</sup> en estudios similares donde afirma que la distribución espacial, la abundancia ecológica y la morfología externa de este grupo, están directamente relacionadas con el tipo de suelo del ecosistema, de su capacidad de retención de agua y de su textura; asegura también que las especies de carábidos pueden presentar variaciones en cuanto a su talla, coloración, iridiscencia y reducción o pérdida de sus alas posteriores por

<sup>128</sup> PIERRE, Moret. Claves de identificación para los géneros de Carabidae (Coleoptera) presentes en los paramos del Ecuador y del Sur de Colombia. En Revista Colombiana de Entomología. Vol. 29, No 2; julio- Dic 2003 publicación oficial de la Sociedad Colombiana de Entomología paginas. p 185.

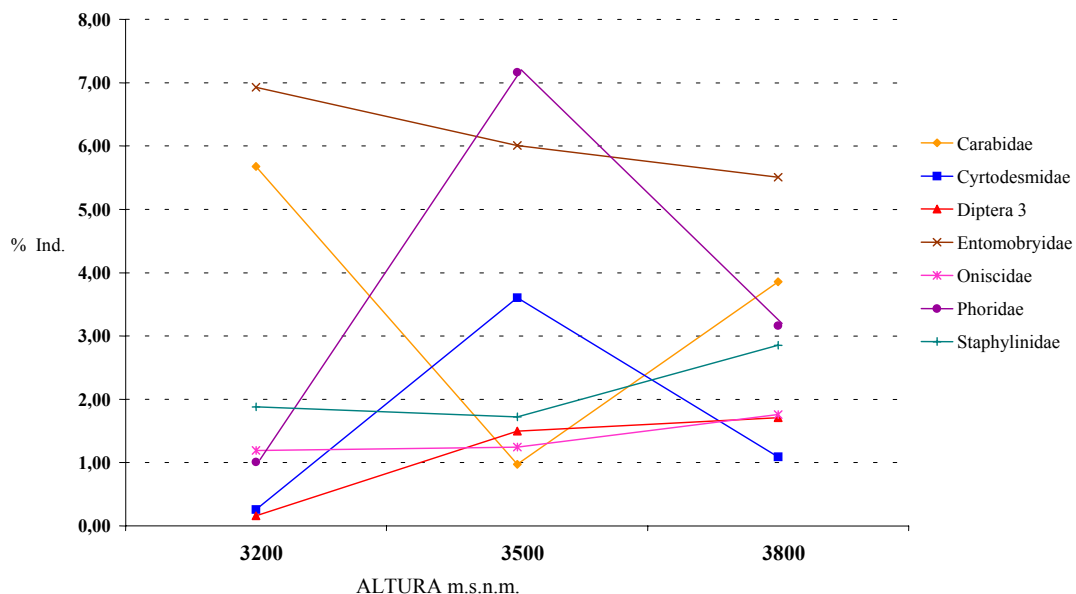
<sup>129</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramos y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Bogota. Editorial Luís Eduardo Mora Osejo. 1994. p 71-85.

<sup>130</sup> CAMERO, E. Fauna del Suelo. Capitulo 2

cambios medioambientales o de intervención en sus ecosistemas. Demostrando de esta forma que pueden ser tomados como bioindicadores de calidad de suelo ya que cumplen con los postulados biológicos para caracterizarlos como tales.

Otra familia de Coleópteros presente en las tres alturas es Staphylinidae encontrándose el mayor número de individuos en la estación 3800 m.s.n.m., mientras que las estaciones de 3200 y 3500 m.s.n.m. comparten una proporción similar de abundancia. La condición privilegiada de abundancia para este grupo según Sturm<sup>131</sup>, está relacionada (al igual que en Carabidae) con la amplitud de sus fuentes alimentarias pasando de un comportamiento carnívoro a un omnívoro, facilitando de este modo su exitosa adaptación. Es una familia encontrada comúnmente en los horizontes superficiales, en la materia orgánica o en los hongos epígeos. La tendencia de este grupo por preferir las zonas menos intervenidas de los páramos coincide con lo reportado por Camero y Chamorro<sup>132</sup> para el orden Coleóptera en suelos de tres regiones naturales de Colombia; Janetschek; Mani y Sturm<sup>133</sup>, afirman que la familia Staphylinidae, al igual que otras pertenecientes al mismo orden como Carabidae y Curculionidae, han mostrado una adaptación especial al ambiente paramuno o de alta montaña, manifestando una transformación morfológica dirigida a la reducción de sus alas, mutación aparentemente relacionada con la fuerza y frecuencia de los vientos., característica que igualmente se pudo observar en el presente estudio. (Figura37)

Figura 37. Abundancia relativa por familia en las tres alturas



<sup>131</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Bogota. Editorial Luís Eduardo Mora Osejo. 1994. p 72.

<sup>132</sup> Op cit., Capítulo 2

Figura 38. Familia Staphylinidae en los tres gradientes altitudinales



Staphylinidae 3200 -11mm



Staphylinidae 3500 -5mm



Staphylinidae 3800 - 5mm

Los colémbolos (familia Entomobrydae) y los ácaros (suborden oribatida) presentan sus mayores valores de abundancia en las estaciones 3200 m.s.n.m. (más intervenida) y 3800 m.s.n.m (la menos intervenida) para este caso confirmando lo manifestado Arbea y Blasco<sup>134</sup>, el I.G.A.C<sup>135</sup> por su parte reporta que los colémbolos son junto con los ácaros Oribátidos, los microartrópodos dominantes en el suelo, encontrándose tanto en las zonas profundas como superficiales, y tienen una gran importancia en las capas del suelo con abundante materia orgánica, tanto por su densidad como por la función que desempeñan en ellas. (Figura 35)

Es interesante observar que los colémbolos tienen una estrecha relación con los ácaros; su actividad en la superficie del suelo deja ver que puede ser atribuida a que los colémbolos edáficos son coprófagos, se alimentan de las deyecciones de otros animales del suelo, fundamentalmente ácaros oribátidos como lo sugiere Arbea y Blasco<sup>136</sup>; de ahí que su presencia esté relacionada con la presencia simultánea de ácaros y tengan una distribución uniforme en su población para las tres alturas, lo que puede explicarse si se tiene en cuenta que dichos organismos prefieren suelos ácidos, siendo ésta una característica general de los suelos muestreados.

La tendencia a disminuir la abundancia de colémbolos conforme aumenta la altitud, puede explicarse por lo expuesto por Arbea y Blasco<sup>137</sup>, en el hecho de que este grupo es reconocido como indicador de las condiciones ambientales de los ecosistemas que colonizan dada su gran sensibilidad al alterar su equilibrio biocenótico como consecuencia de la deforestación y de la incorporación de especies foráneas. La explicación a su distribución está relacionada según

<sup>134</sup> ARBEA, Javier y BLASCO, Javier. Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). Zaragoza. Conferencia presentada en el IX congreso Ibérico de Entomología. Departamento de Ciencias Naturales. Julio 2000.

<sup>135</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 253.

<sup>136</sup> ARBEA, Javier y BLASCO, Javier. Op cit

<sup>137</sup> Ibid.



Hoffmann<sup>138</sup> con su tendencia a huir de las temperaturas extremas, a medida que aumenta la altitud sobre el nivel del mar, donde las condiciones climáticas incluida la temperatura suelen tornarse más hostiles; es por ello que la densidad más representativa se registró en las estación de 3200 m.s.n.m., que presenta unas condiciones más tolerables para éste grupo.

Dichas sensibilidad a la alteración antrópica también ha sido reportada en estudios realizados por Werner y Dindall<sup>139</sup>, estableciendo que las condiciones de humedad son el factor determinante en su distribución a razón de su alta sensibilidad a la desecación, por lo que son considerados indicadores de condiciones hídricas. Sin embargo existen especies tolerantes a condiciones secas, hecho que se atribuye a un incremento en su talla corporal. Por otro lado la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH también tienen ingerencia en la distribución vertical de estos organismos, la cual según Werner y Dindall no responde a efectos acumulativos de las variaciones de diversos factores sino al efecto dominante de uno solo de los factores de alteración. Estudios realizados por Infante y Chamorro<sup>140</sup>, muestran el mismo comportamiento de los colémbolos reportados para este estudio, con relación al aumento de la abundancia en zonas intervenidas y reducción de sus poblaciones en las áreas que mantienen sus condiciones naturales.

Un dato importante de la familia Entomobryidae observado en este estudio, está relacionado con las variaciones morfológicas que experimentan estos organismos conforme cambian las condiciones ambientales; en las zonas más húmedas y menos intervenidas (3800 y 3500 m.s.n.m.) los Entomobriomorfos son apreciados en coloración azulada y oscura debido a la escasez de escamas sobre su cuerpo; mientras que en la zona más intervenida y por tanto con menor humedad en relación a las otras estaciones (3200 m.s.n.m.), estos organismos presentan una coloración clara como reflejo de la cantidad de escamas que cubren su cuerpo (Figura 39). Lo observado anteriormente coincide con lo reportado por Arbea y Blasco<sup>141</sup>, en otros estudios que revelan la gran capacidad de estos organismos para presentar adaptaciones morfológicas como la presencia de escamas con el fin de reducir la transpiración. Así se ha comprobado que ante condiciones un tanto limitantes como las ofrecidas en la estación de 3200 m.s.n.m., los organismos están obligados a modificar su morfología para evitar que las presiones ambientales alteren su distribución y abundancia, y cuando lo hacen

---

<sup>138</sup> HOFFMANN, Anita: Animales Desconocidos Relatos Acarológicos. Un mundo oculto capítulo VIII Cuarta reimpresión, 1996, México. [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec\\_18.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/sec_18.htm)

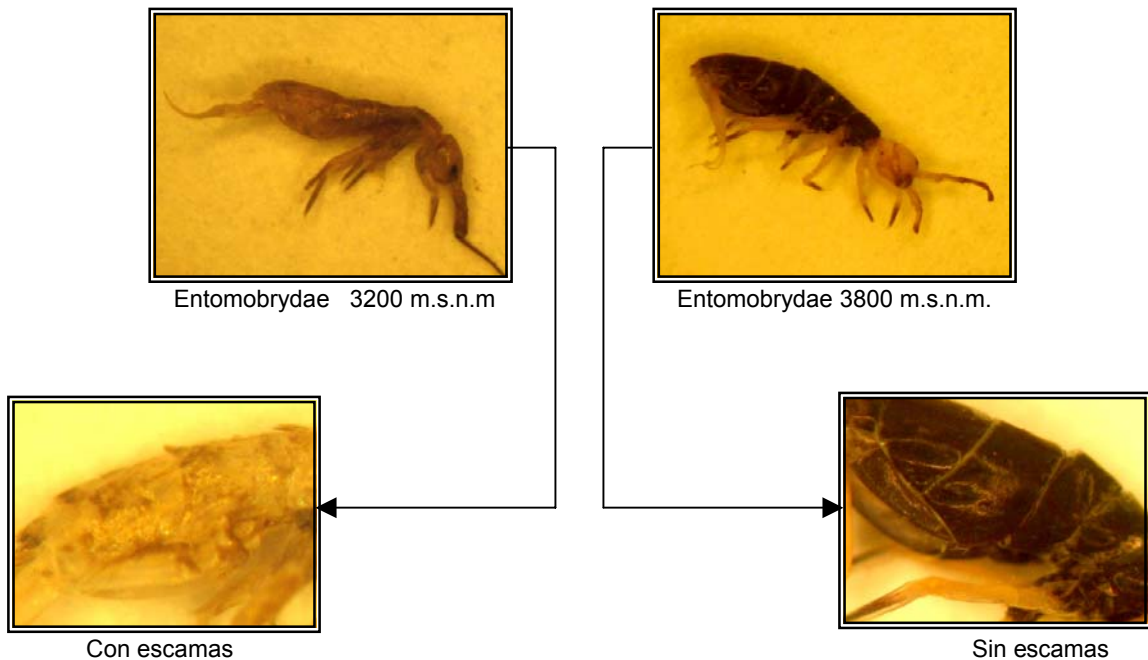
<sup>139</sup> WERNER Y DINDALL, citados por INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá Capítulo 6. Republica de Colombia Ministerio de hacienda y crédito público IGAC subdirección de agrología. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares Ltda. Santa fe de Bogota: 1995. p 255-256.

<sup>140</sup> INFANTE, J Y CHAMORRO, C. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Edafofauna de Paramos. Influencia del uso del suelo sobre la mesofauna edáfica en el Páramo de Chingaza Colombia. Bogota. Investigaciones, subdirección Agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias- Departamento de Biología. Vol 2, No. 1; 1990. p 115-148.

<sup>141</sup> ARBEA, Javier Y BLASCO, Javierl. Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). Zaragoza. Conferencia presentada en el IX congreso Ibérico de Entomología. julio 2000.)

exitosamente llegan a ser incluso los más dominantes de su comunidad, como se reportó en el presente estudio. (Figura 37)

Figura 39. Adaptación morfológica de Entomobryidae en las aturas de 3200 y 3800 m.s.n.m.



El orden Díptera es uno de los más numerosos y ampliamente distribuido<sup>142</sup>, siendo el suelo otro de sus tantos nichos colonizados el cual es utilizado en la mayoría de los casos como sitio transitorio para completar su ciclo biológico o como hábitat permanente. En el presente estudio, este orden concentra su población en 3500 y 3800 m.s.n.m., siendo la estación de 3200 m.s.n.m. la menos representativa, posiblemente se deba a que en estas estaciones la acumulación de material vegetal es alta en comparación con 3500 m.s.n.m., por esta característica, la familia Phoridae es la más abundante sobre todo en la estación 3500 m.s.n.m.; los adultos de esta familia según Camero<sup>143</sup>, se caracterizan por ser muy abundantes en muchos hábitats, especialmente en vegetación caída, y las larvas de amplio hábito alimenticio, se alimentan de animales, plantas u hongos en descomposición o pueden ser parásitas de insectos o comensales de hormigas y termitas. No se detectaron diferencias entre los organismos que habitan en cada una de las alturas, comprobando que las adaptaciones no siempre tienen que manifestarse morfológicamente, ya que según Sturm<sup>144</sup>, es

<sup>142</sup> Biblioteca de consulta Microsof Encarta. 1993-2003. Insectos© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<sup>143</sup> CAMERO, E. Fauna del Suelo. Capítulo 2

<sup>144</sup> STURN, Helmut, et al. Ecología de los páramos andinos. Una visión preliminar integrada. Bogota. Universidad Nacional de Colombia. Museo de Historia Natural. Editorial Guadalupe Ltda. 1985. p 141-161.

posible que la misma morfoespecie viva desde el bosque húmedo tropical hasta el páramo. (Figuras 35 y 37)

La familia Díptera 3 (pendiente por clasificar) se distribuye en las tres alturas, obteniéndose la mayor abundancia en 3500 m.s.n.m., seguida de 3800 m.s.n.m. Prefieren de igual manera sitios con mayor acumulación de hojarasca. (Figura 37).

Los ácaros, otro grupo de los microartrópodos más numerosos en los suelos, también reportan para el presente estudio un gran número de organismos, especialmente del suborden Oribatida, que prefiere sitios más intervenidos como es el caso de la altura 3200 m.s.n.m., donde se registró la mayor abundancia de la zona, debido posiblemente a que en ella dominan los pastos, considerados según Hoffmann<sup>145</sup>, el alimento predilecto de oribatidos juveniles. Además de presentar suelos sueltos y poco compactos sitios preferidos por este tipo de organismos.

Algunos ácaros son carnívoros aunque la mayoría de los habitantes del suelo son herbívoros y fundamentalmente saprófagos. Suelen vivir en los horizontes húmidos pero no en la hojarasca que cubre el suelo por lo tanto se movilizan menos en las estaciones 3500 y 3800 m.s.n.m., ya que estas zonas presentan, como ya se dijo anteriormente una buena acumulación de hojarasca. Su mayor importancia la adquieren en los suelos de bosque aunque como se observa también abundan en los de prados.<sup>146</sup> (Figura 35)

El orden Aranae además de ser numeroso, juega un papel importante en el sistema edáfico ya que según Borrór y otros<sup>147</sup>, por su hábito rapaz se constituye en un buen controlador de poblaciones de insectos. De esta forma contribuye a mantener el equilibrio ecológico sistémico. Este orden presenta un patrón de abundancia decreciente con respecto a la altitud, es decir que la mayor abundancia y riqueza se registra en 3200 m.s.n.m., también es en esta altura donde se registra la mayor cantidad de insectos por lo tanto mayor cantidad de alimento para sus poblaciones; de hecho según Marshall y Williams<sup>148</sup>, la mayoría de las adaptaciones de este grupo están encaminadas a prevenir cualquier pérdida de agua; y es la altura de 3200 m.s.n.m. la que presenta mayores limitaciones al respecto. Aunque para este grupo su riqueza es bastante alta, por las variadas familias que lo representan, la familia Cybaenidae, muestra en las tres alturas un buen número de ejemplares con una tendencia no tan marcada para aumentar su población conforme aumenta la altitud, posiblemente se deba, a que en estas alturas los dípteros son también los más abundantes y puede existir entre ellos una relación de depredador-presa. (Figura 35).

---

<sup>145</sup> HOFFMANN, Anita. Animales desconocidos Relatos acarológicos.  
<http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>

<sup>146</sup> Edafología. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. Artrópodos. Arácnidos. Actualizada -1/10/01  
El <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

<sup>147</sup> BORROR, Donald; TRIPLEHORN, Charles y JOHNSON, Norman. An Introduction to the Study of Insects. Sixth edition. Printed in the United States of America. Library of Congress card Number 88- 043541. 1992. p 106-112.

<sup>148</sup> MARSHALL, A y WILLIAMS, W. Zoología de Invertebrados. España. Vol.1. Editorial Revetré, S.A. 1985. p 8-481- 483.

Los Polidésmidos (Cyrtodesmidae) también sobresalen por su abundancia en las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m. Su presencia puede ser atribuida a la acumulación de hojarasca, si se tiene en cuenta sus hábitos alimenticios (vegetarianos) y su preferencia por sitios no intervenidos con suelos bien humificados, y algo ácidos como lo son en estas dos alturas; viven especialmente en la hojarasca, bajo troncos en descomposición por lo que se encontraron abundantes en estas zonas, siendo aquí donde tienen las mejores condiciones para sobrevivir por la inmensa cantidad de material vegetal depositado en el suelo producto de la muerte y renovación de las plantas, situación que no se presenta en la altura 3200 m.s.n.m., siendo en esta última donde se presenta el menor número. ( Figura 35 y 37)

En las tres alturas también se capturaron en menor proporción otros grupos taxonómicos que no sobresalen por su número de organismos y otros grupos que únicamente se capturaron en cada una de las alturas estudiadas (Tabla 7); lo que no significa que alguno de estos no exista en dicho hábitat, sino simplemente que en el momento o durante el periodo de muestreo no fue posible colectarlos debido a muchos factores, como su particular distribución en el espacio, posiblemente agregada lo que hace más difícil la probabilidad de su colección; su particular ciclo de vida que los puede mostrar ausentes durante un periodo de tiempo, su exigencia hacia condiciones y recursos específicos que pudieron obligarlos a migrar hacia sitios alejados de la zona de muestreo; la disponibilidad de alimentos y recursos se pudo ver limitada por la alteración producida durante el tiempo y espacio de muestreo obligándolos a dispersarse; o simplemente su relativa ausencia fue producto de la gran agilidad que poseen para escapar a la colección.

Cualquiera que haya sido la causa, lo cierto es que siempre la investigación estará sujeta a este tipo de acontecimientos inmanejables y en cierta forma impredecibles por el investigador; pese a ello, la investigación continúa siendo valedera y por conveniencia se aspira a que la escasez o ausencia de ciertos grupos taxonómicos estén influidas por las condiciones y recursos micro y macroambientales específicos de los sitios escogidos para el muestreo, convirtiéndose así en un limitante o condicionante decisivo para la distribución y supervivencia de las especies, para de ésta forma lograr darle un sentido y un sustento a la comprobación de la hipótesis planteada en un comienzo. Sea cual fuere la razón para que no se hayan capturado algunos grupos es muy útil conocer la diversidad de las especies en cualquier ecosistema y las posibles relaciones que pueda existir entre los miembros de sus comunidades y el ambiente.

Tabla 7. Familias exclusivas para cada altura en la actividad superficial de la edafofauna

ALTURAS		
3200 m.s.n.m	3500 m.s.n.m	3800 m.s.n.m
Pos/Clubionidae	Pos/Anyphaenidae	Apidae
Díptera 23	Chironomidae	Pos/Caponiidae
Díptera 7	Díptera 12	Clubionidae
Eucnémidae	Díptera 19	Pos/Corinnidae
Fuhrmannodesmidae	Pos/Eulophidae	Pos/Cybaenidae
Henicopidae	Epididae	Dascillidae
Heteropodidae	Pos/Miturgidae	Díptera 10
Lathridiidae	Mycetophylidae	Enicocephalidae
Oonopidae	Pyrgodesmidae	Labiidae
Phalacridae	Scelionidae	Leiódidae
Phlaeonthripidae		Pos/Linyphiidae
Pseudococcidae		Pos/Pholcidae
Scarabaeidae		Scaphidiidae
Tachinidae		
Pos/Theraphosidae		
Thripidae		

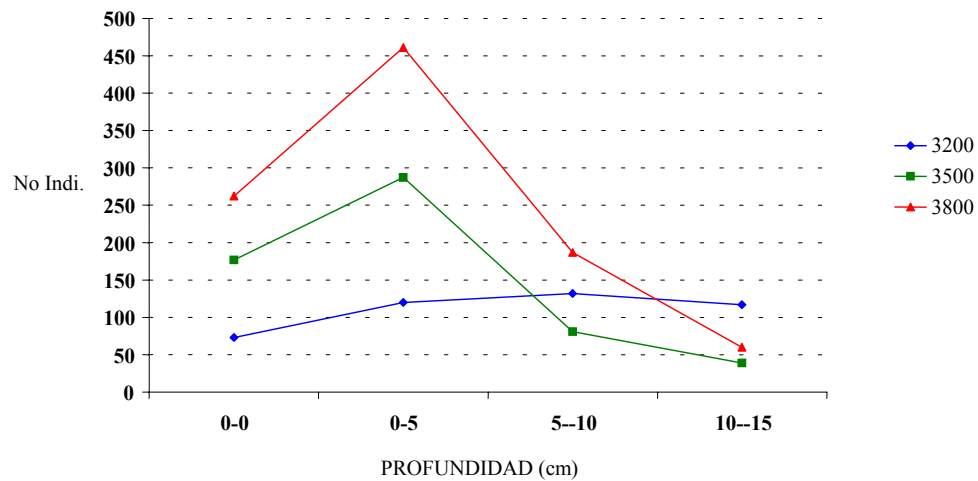
En las zonas estudiadas, la disponibilidad de alimento es el factor más condicionante para que unos grupos sean más abundantes que otros, y la variación en términos de riqueza que se presenta como consecuencia de ello, demuestra que las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m., presentan mayor complejidad biológica y menor intervención antrópica, logrando favorecer el mejoramiento de las características del suelo como resultado de la acción de los organismos presentes en él.

4.1.1.4.2. Dinámica ecológica de la abundancia en distribución vertical. La abundancia vertical evaluada mediante la técnica del TSBF, se caracteriza por presentar diferencias estadísticas (Anexo H) con relación a la altura y a la profundidad. A partir de la prueba DMS se pudo establecer diferencias estadísticamente significativas en 3800 m.s.n.m. donde se encontró la mayor abundancia con 18 individuos/0.0625 m<sup>2</sup> con relación a las altitudes 3500 y 3200 m.s.n.m., que no presentan diferencias estadísticas significativas por tener promedios relativamente homogéneos con 11 y 8 individuos/0.0625 m<sup>2</sup>, respectivamente. (Anexo G)

Teniendo en cuenta las profundidades también se presentan diferencias estadísticas (Anexo G), y es la profundidad 0-5 cm., donde se alberga el mayor número de individuos con un promedio de 22 individuos/0.0625 m<sup>2</sup>; mientras que los valores de abundancia son semejantes entre 0-0 y 5-10 cm., caracterizando a

estas profundidades como homogéneas reportando un promedio de 13 y 10 individuos/0.0625 m<sup>2</sup> respectivamente; la profundidad 10-15 cm., contiene la menor abundancia de individuos con un promedio 5 individuos/0.0625m<sup>2</sup> (Figura 40)

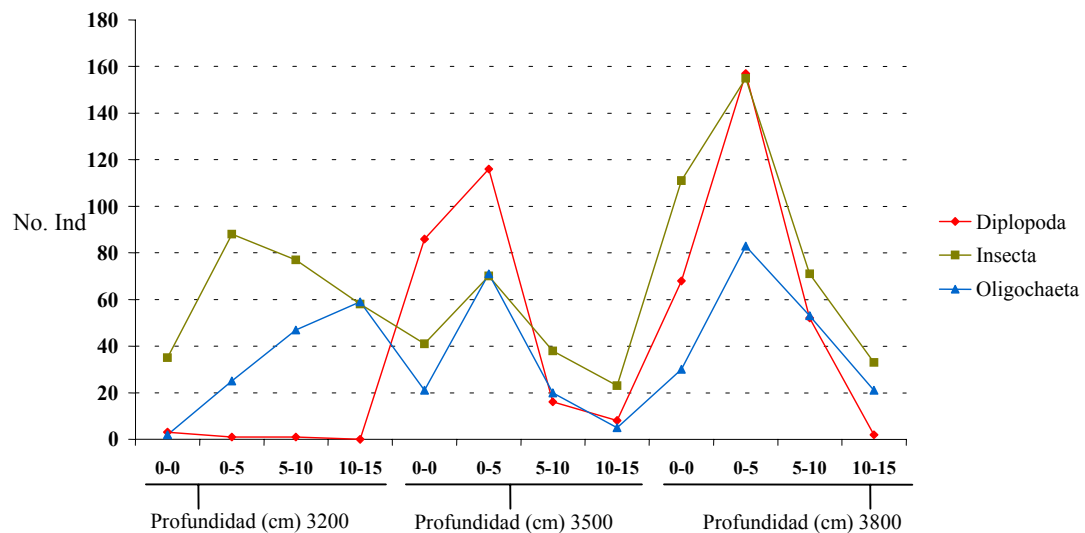
Figura 40. Abundancia absoluta para la distribución vertical por profundidad y altura.



La actividad biológica de la entomofauna al interior del suelo, es muy reducida en comparación con la que se registra sobre su superficie (81.6% del total de la colección para el estudio), más no por eso deja de ser importante; por el contrario, esta fauna aunque escasa es la que se encuentra más estrechamente relacionada con el medio edáfico y por tanto es de esperarse que sea ésta la que ejerza mayor influenciada sobre la composición fisicoquímica y biológica del suelo, interviniendo directamente en sus ciclos biogeoquímicos y constituyéndose de esta forma en uno de los eslabones claves que unan y dirijan la complicada trama de reacciones energéticas que se llevan a cabo en el interior del escenario sistémico del suelo.

Existen tres clases que sobresalen notoriamente en las tres altitudes, dada su gran representatividad en el número de individuos, en su orden de importancia son, Insecta (con el orden Coleóptera, familia Curculionidae y Staphylinidae), Diplopoda (orden Polydesmidae, familia Chelodesmidae) y Oligochaeta (familias Glossoscolecidae y Ocnodrilidae pertenecientes del orden Haplotaenida) (Figura 41).

Grafico 41. Abundancia absoluta para la distribución vertical por clase, profundidad y altura.



Dillon<sup>149</sup>, ha descrito más de 600 mil especies de coleópteros en el mundo, lo cual constituye el grupo más grande de organismos dentro de la diversidad de insectos; Camero et al.<sup>150</sup>, afirman que este orden cumplen funciones de importancia debido a la diversidad de nichos y a su distribución a lo largo y ancho del perfil del suelo, contribuyen a la regulación poblacional, al flujo energético a través de las cadenas tróficas y a la constitución física y química de los suelos por la transformación y transporte de las unidades estructurales. Todas estas características justifican la dominancia y la importancia de éste grupo en nuestro estudio.

La familia Curculionidae es la más representativa del orden coleóptera, y su distribución es muy selectiva; los resultados muestran que el 77% de su población prefiere concentrarse a una altura de 3200 m.s.n.m. correspondiente a la zona más intervenida, con una distribución uniforme en las tres profundidades del suelo (Tabla 6). Este comportamiento obedece a que la mayoría de las especies que conforman ésta familia son reconocidas según Lyal<sup>151</sup> como insectos plaga y por tanto es de esperarse que sean abundantes en esta zona donde se observan cultivos cercanos de papa, con la posibilidad de que pertenezcan al género *Premnotypes*, conocido comúnmente como el gusano blanco de la papa.

Según Velez<sup>152</sup>, *Premnotypes vorax* ataca principalmente los cultivos de papa, se

<sup>149</sup> DILLON citado por CAMERO. R Edgar. et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 27. revista de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 1997. p 228-230.

<sup>150</sup> CAMERO. R Edgar. et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 27. revista de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 1997. p 228-230.

<sup>151</sup> LYAL, C. H. C. Entomología/UNIDAD IV Taxonomía/ insectos de costa rica/ Coleóptera/Curculionidae Texto 183. htm

<sup>152</sup> VELEZ Raúl. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Segunda edición. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 1997. p 142-147

creo llegó procedente del Ecuador iniciando sus infestaciones en el departamento de Nariño. Son gorgojos de color café rojizo o pardo oscuro casi negro, no pueden volar, se mimetizan con facilidad, permanecen congregados, prefieren los tallos de las plantas pero se sabe que existen dos especies de Carabidae y una de Tenebrionidae que son predatoras de esta plaga.

Dentro del orden Coleóptera la familia Staphylinidae prefiere habitar las zonas correspondientes a 3800 m.s.n.m., especialmente en los primeros centímetros del suelo. Esta distribución especial, puede estar relacionada con los hábitos tróficos propios de éste grupo, que en términos generales se caracterizan por un amplio consumo de materia orgánica presente en la hojarasca, recurso que se encuentra muy abundante en la zona menos intervenida correspondiente a 3800 m.s.n.m., la preferencia por los primeros centímetros del suelo se ve justificada en la necesidad que tiene de permanecer cerca de su fuente energética y alimenticia. Resultados similares reportaron Camero, et al.<sup>153</sup> para los páramos de Colombia donde la mayor abundancia de Staphylinidae se encuentra en las zonas con baja intervención.

La clase Diplopoda se registra entre las más importantes para el muestreo, su posición dominante obedece a muchos factores; uno de ellos como lo plantea Marshall y Williams<sup>154</sup>, puede deberse al hecho de que son individuos bien equipados para la defensa, la cutícula esta impregnada con sales cálcicas, glándulas malolientes que se abren en la base de los segmentos pedíos, pueden aislarse del peligro arrollándose o curvándose en una esfera o en espiral presentando expansiones de los duros escudos que aseguran la protección de las membranas articulares. Estas estrategias de defensa que los hacen menos accesibles a sus depredadores representan una ventaja competitiva eficiente que garantiza en cierta medida su preservación y por consiguiente su relativa dominancia como lo muestran los resultados arrojados en el presente estudio.

La clase Diplopoda para nuestro estudio es prácticamente propia de las estaciones 3500 y 3800 m.s.n.m., con tendencia a congregarse en la última estación a través de los primeros cinco centímetros del suelo. La predisposición de este grupo a ubicarse en las zonas menos intervenidas se debe a que es aquí donde se acumula mayor cantidad de material vegetal y hojarasca, condición muy importante si se tiene en cuenta lo planteado, al decir que este grupo tiene características hidrófilas y sus hábitos alimenticios son de tipo vegetariano, se alimentan de materia orgánica en descomposición y prefieren la hojarasca medio descompuesta porque no son capaces de digerir la celulosa<sup>155</sup>; es por eso que se encuentran ausentes en la estación 3200 m.s.n.m., caracterizada por ser

---

<sup>153</sup> CAMERO, R Edgar. et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 27. revista de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 1997.

<sup>154</sup> MARSHALL, A y WILLIAMS, W. Zoología de Invertebrados. España. Vol.1. Editorial Revetré, S.A. 1985. p 604-606.

<sup>155</sup> Edafología. Ciencias ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. Artrópodos. Miriápodos. Actualizada 2/7/02 <http://w.w.unex.es/edafoECAL6Programa.Htm>.



intervenida y por que esta clase no encuentra las condiciones ideales de alimento y refugio que asegure su permanencia. La preferencia por los cinco primeros centímetros del suelo según los mismos autores se debe a que para conseguir los azúcares necesarios, requieren ingerir gran cantidad de material con una buena parte de tierra, por lo tanto deben estar en el suelo y en permanente contacto con la hojarasca.

La clase Oligochaeta al igual que la clase Insecta se reportó en las tres estaciones de muestreo con predilección por la estación de 3800 m.s.n.m., a los cinco primeros centímetros de profundidad. Por esta ubicación específica, según Marshall y Williams<sup>156</sup>, pertenecen a las lombrices propias de la región superficial del suelo que en términos de tamaño, coloración y actividad presentan niveles intermedios, es decir, son más grandes, menos coloridas y menos activas que las del mantillo y a su vez son más pequeñas, más coloridas y más activas que las residentes de las capas más profundas del suelo; descripción que corresponde a la de las familias encontradas el presente estudio.

La particular distribución de los oligoquetos se ve justificada en el comportamiento trófico de este grupo, prefiriendo las zonas menos intervenidas por presentar los recursos y las condiciones que satisfacen las exigencias nutricionales de sus poblaciones. Dentro de este orden la familia Ocnerodrilidae presenta su mayor abundancia en 3800 m.s.n.m. (con relación a 3500 m.s.n.m., y en mayor proporción con 3200 m.s.n.m.), esto obedece a que su principal alimento esta constituido por residuos de plantas decrépitas y muertas, incluyendo tanto raíces como hojas en descomposición y es a esta altura en donde encuentran las condiciones apropiadas, por no estar intervenida. La familia Glossoscolecidae presenta una abundancia relativamente similar en 3200 y 3800 m.s.n.m., (esta familia presenta un número muy reducido en 3500 m.s.n.m.), además se caracteriza por ubicarse en todas las profundidades del suelo (especialmente se encuentran en 5-10 cm.), en comparación con Ocnerodrilidae que tiene predilección por la zona superficial, ubicándose en los primeros centímetros, por lo que se asume que lo prefieren como hábitat.

Los oligoquetos reportados como un grupo dominante en términos de abundancia y biomasa desempeñan un importante papel ecológico dentro de las comunidades evaluadas, Urbano y Hernandez<sup>157</sup>, corrobora que independiente de la importancia de las lombrices como mezcladoras del suelo, su papel como degradadoras tiene que ver con que originan un medio bien desmenuzado que favorece la acción

---

<sup>156</sup> Op cit., p 398-400

<sup>157</sup> URBANO, P y HERNANDEZ, C. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 1992. p 538.

posterior de las poblaciones microbianas, ejerciendo a través de su actividad minadora (drenado y aireado del suelo) una mayor influencia sobre el metabolismo global del suelo; es por esta razón que la abundancia de la clase Oligochaeta en las zonas no intervenidas es un indicativo de la calidad de su suelo.

Los órdenes Acariforme y Collembola no fueron reportados dentro de la fauna Emiedáfica, lo que no significa que no existan en el suelo, por el contrario, son considerados como los microartrópodos más dominantes, el inconveniente básico radica principalmente en que la técnica de muestreo utilizada no favorece la colección de los mismos (al ser de tipo manual y a simple vista); superada esta limitación metodológica no se puede dejar de considerar las funciones extremadamente importantes que desempeñan a través de su recorrido por el suelo buscando zonas húmedas o cálidas, haciéndolos unos efectivos transportistas de los restos vegetales y favoreciendo la dispersión de la materia orgánica en el suelo. La ingestión de diversos microorganismos también facilita la dispersión de los mismos asegurando su acción sobre los restos vegetales incluso en profundidad. Es por eso que se recomienda aplicar alguna modificación a la técnica empleada de tal forma que permita la colección de estos importantes grupos.

Para este estudio se encontraron algunas familias que se pueden considerar como relativamente exclusivas de cada altura. La estación 3200 m.s.n.m. se caracteriza por presentar 13 familias exclusivas, seguido por 3800 m.s.n.m. con 9 familias y por último 8 en 3500 m.s.n.m., aunque todas ellas con muy baja representatividad en cuanto al número de individuos como consecuencia una baja abundancia. (Tabla 8)

Tabla 8. Familias exclusivas para cada altura en la distribución vertical de la edafofauna

ALTURAS		
3200 m.s.n.m	3500 m.s.n.m	3800 m.s.n.m
Acrididae	Arctidae	Chelisochidae
Aphididae	Braconidae	Chironomidae
Blaberidae	Carcinophoridae	Forficulidae
Delphacidae	Enicocephalidae	Pholcidae
Heteropodidae	Fuhrmannodesmidae	Porcellionidae
Ichneumonidae	Geophilidae	Pseudococcidae
Lycosidae	Oonopidae	Pyralidae
Mycetophylidae	Pos/Fuhrmannodesmidae	Salticidae
Mysmenidae		Sphaeritidae
Nitidulidae		
Tabanidae		
Theridiidae		
Theridiosomathidae		

4.1.2. ¿Cuánto material biológico aportan?: Biomasa de la fauna edáfica como indicador de importancia ecológica. Al igual que con la abundancia de Edafofauna, el análisis de la biomasa se desarrolla en dos grandes segmentos de la población global de individuos capturados y que corresponden cada uno a las técnicas de colección utilizadas en esta investigación, Barber y TSBF.

La actividad superficial de la edafofauna presenta diferencias estadísticas en la biomasa respecto a las tres alturas según el análisis de varianza (Anexo F); dichos resultados se respaldan con una descripción más detallada al respecto.

La biomasa de toda la colección capturada por la técnica Barber y expresada en unidades de gramos por peso fresco (g.p.f), se distribuye a nivel de clase con un 50.32% en la altitud de 3200 m.s.n.m.; 26.0% a 3500 m.s.n.m. y 23.64% a 3800 m.s.n.m. (Tabla 9).

Tabla 9. Biomasa absoluta y relativa (g.p.f.) a nivel de clase para la actividad superficial de la edafofauna.

CLASE	3200		3500		3800		TOTAL	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Arachnida	4.360	6.41	3.327	4.89	2.970	4.36	10.657	15.66
Chilopoda	0.123	0.18	0.046	0.07	0.089	0.13	0.258	0.38
Crustacea	0.632	0.93	0.906	1.33	1.192	1.75	2.730	4.01
Diplopoda	0.244	0.36	1.954	2.87	1.871	2.75	4.068	5.98
Gastropoda	1.310	1.92	0.009	0.01	0.022	0.03	1.341	1.97
Insecta	23.706	34.83	10.967	16.11	6.771	9.95	41.445	60.89
Nematoda	0.000	0.00	0.000	0.00	0.003	0.00	0.003	0.00
Oligochaeta	3.878	5.70	0.516	0.76	3.173	4.66	7.567	11.12
TOTAL	34.254	50.32	17.724	26.04	16.090	23.64	68.068	100.00

A nivel de orden la biomasa de los organismos de la actividad superficial es presentada en la tabla 10.

Tabla 10. Biomasa absoluta y relativa (g.p.f.) a nivel de orden para la actividad superficial de la edafofauna.

ORDEN	3200		3500		3800		TOTAL	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Acariforme	0.232	0.34	0.010	0.01	0.019	0.03	0.261	0.38
Araneae	2.708	3.98	1.651	2.43	1.037	1.52	5.397	7.93
Blattodea	0.058	0.09	0.171	0.25	0.024	0.03	0.253	0.37
Coleóptera	19.509	28.66	4.408	6.48	1.933	2.84	25.851	37.98
Collembola	0.183	0.27	0.078	0.11	0.142	0.21	0.403	0.59
Dermaptera	0.007	0.01	0.653	0.96	0.655	0.96	1.315	1.93
Diplura	0.004	0.01	0.007	0.01	0.000	0.00	0.011	0.02
Díptera	1.477	2.17	1.109	1.63	2.128	3.13	4.715	6.93
Hemiptera	0.063	0.09	0.054	0.08	0.022	0.03	0.140	0.20
Hymenoptera	0.075	0.11	0.060	0.09	0.996	1.46	1.131	1.66
Isopoda	0.632	0.93	0.906	1.33	1.192	1.75	2.730	4.01
Lepidoptera	1.408	2.07	2.816	4.14	0.869	1.28	5.092	7.48
Lithobiomorpha	0.052	0.08	0.000	0.00	0.000	0.00	0.052	0.08
Neuroptera	0.001	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.001	0.00
Opilionida	1.410	2.07	1.666	2.45	1.910	2.81	4.986	7.33
Orthoptera	0.873	1.28	1.541	2.26	0.003	0.00	2.417	3.55
Parasitiforme	0.010	0.01	0.001	0.00	0.003	0.00	0.013	0.02
Phasmida	0.041	0.06	0.004	0.01	1.870	2.75	1.915	2.81
Polydesmida	0.243	0.36	1.947	2.86	0.000	0.00	2.189	3.22
Scolopendromorpha	0.072	0.11	0.039	0.06	0.089	0.13	0.200	0.29
Stemmlulida	0.000	0.00	0.005	0.01	0.000	0.00	0.005	0.01
Thysanoptera	0.005	0.01	0.000	0.00	0.000	0.00	0.005	0.01
Trichoptera	0.000	0.00	0.063	0.09	0.000	0.00	0.063	0.09
Otros	5.190	7.62	0.537	0.79	3.198	4.70	8.925	13.11
TOTAL	34.254	50.32	17.724	26.04	16.090	23.64	68.068	100.00

A nivel de familia, la tabla 11 indica la biomasa de la actividad superficial por altura.

El aporte de biomasa correspondiente a la distribución vertical de la edafofauna, se presenta en forma general en las tablas 12, 13 y 14, distribuidas respectivamente por clase, orden y familia.

Estas tablas constituyen el referente estadístico para el análisis que se desarrolla a continuación y constituye la fuente para el diseño de los gráficos que siguen en esta parte del trabajo.

Tabla 11: Biomasa absoluta y relativa (g.p.f.) a nivel de familia para la actividad superficial de la edafofauna.

ILIA	3200		3500		3800		TOTAL		FAMILIA	3200		3500		3800		TOTAL	
	A	R	A	R	A	R	A	R		A	R	A	R	A	R	A	R
Acrididae	0.65	0.96	0.02	0.03		0.00	0.67	0.99	Lathridiidae	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00
Anisopodidae	0.28	0.41	0.36	0.53	0.22	0.32	0.86	1.27	Leiodidae		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Anyphaenidae	0.00	0.00	0.44	0.65		0.00	0.44	0.65	Lycosidae	1.59	2.34	0.00	0.00	0.13	0.20	1.73	2.54
Aphididae	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	Melolonthidae	0.23	0.34		0.00		0.00	0.23	0.34
Apidae		0.00		0.00	0.98	1.44	0.98	1.44	Miturgidae		0.00	0.01	0.02		0.00	0.01	0.02
Blattellidae	0.06	0.09	0.17	0.25	0.02	0.03	0.25	0.37	Mycetophilidae		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Bruchidae		0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	Nitidulidae		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Campodeidae	0.00	0.00	0.01	0.01		0.00	0.01	0.01	Oniscidae	0.63	0.93	0.91	1.33	1.19	1.75	2.73	4.01
Cantharidae	0.34	0.49	0.12	0.17	0.11	0.16	0.56	0.83	Oonopidae	0.02	0.02		0.00		0.00	0.02	0.02
Caponidae	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	Phalacridae	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00
Carabidae	14.31	21.02	2.00	2.94	0.95	1.40	17.26	25.36	Phlaeothripidae	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00
Chironomidae		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	Pholcidae		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae	0.02	0.04	0.05	0.08	0.04	0.06	0.12	0.17	Phoridae	0.04	0.05	0.26	0.38	0.26	0.38	0.55	0.81
Cicadellidae	0.03	0.05	0.02	0.03	0.01	0.01	0.06	0.09	Pos/Anyphaenidae		0.00	0.18	0.26		0.00	0.18	0.26
Clubionidae		0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	Pos/Caponiidae		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cryptopidae	0.07	0.11	0.04	0.06	0.09	0.13	0.20	0.29	Pos/Clubionidae	0.13	0.19		0.00	0.01	0.01	0.14	0.21
Curculionidae	0.52	0.77	0.20	0.30	0.21	0.31	0.94	1.38	Pos/Corinnidae		0.00		0.00	0.02	0.04	0.02	0.04
Cybaenidae	0.03	0.04	0.40	0.59	0.11	0.16	0.54	0.79	Pos/Crysomelidae		0.00	0.01	0.01		0.00	0.01	0.01
Cyrtodesmidae	0.24	0.35	1.94	2.85	1.87	2.75	4.05	5.95	Pos/Cybaenidae		0.00		0.00	0.02	0.04	0.02	0.04
Dascillidae		0.00		0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	Pos/Eulophidae		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
Delphacidae	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	Pos/Leiodidae	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.05	0.08
Diapriidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	Pos/Linyphiidae		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dipluridae	0.08	0.12	0.41	0.61	0.49	0.73	0.99	1.45	Pos/Miturgidae		0.00	0.04	0.06		0.00	0.04	0.06
Diptera10		0.00		0.00	0.05	0.07	0.05	0.07	Pos/Pholcidae		0.00		0.00	0.06	0.08	0.06	0.08
Diptera11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	Pos/Platygastridae		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diptera12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Pos/Theraphosidae	0.06	0.09		0.00		0.00	0.06	0.09
Diptera19		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	Pos/Theridiidae	0.21	0.30	0.02	0.03	0.03	0.04	0.25	0.37
Diptera23	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	Proctotrupidae	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
Diptera3	0.04	0.06	0.24	0.35	0.58	0.85	0.85	1.25	Pselaphidae		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diptera5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.06	0.05	0.08	Pseudococcidae	0.00	0.01		0.00		0.00	0.00	0.01
Diptera7	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	Pyrgodesmidae		0.00	0.00	0.01		0.00	0.00	0.01
Elateridae	0.98	1.44	0.08	0.12	0.00	0.00	1.06	1.56	Scaphidiidae		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Enicocephalidae		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	Scarabaeidae	1.23	1.81		0.00		0.00	1.23	1.81
Entomobryidae	0.14	0.21	0.07	0.11	0.13	0.19	0.34	0.50	Scelionidae		0.00	0.00	0.01		0.00	0.00	0.01
Epididae		0.00	0.06	0.08		0.00	0.06	0.08	Sciaridae	0.01	0.02	0.07	0.10	0.04	0.05	0.12	0.17
Eucnemidae	0.01	0.02		0.00		0.00	0.01	0.02	Scolytidae	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Eumastacidae	0.07	0.10	0.05	0.08		0.00	0.12	0.18	Silphyidae	0.00	0.00	0.01	0.01		0.00	0.01	0.02
Forficulidae	0.01	0.01	0.79	1.16	0.59	0.86	1.38	2.03	Staphylinidae	1.35	1.98	0.36	0.52	0.49	0.71	2.19	3.22
Fuhrmannodesmidae	0.00	0.01		0.00		0.00	0.00	0.01	Tachinidae	0.02	0.02		0.00		0.00	0.02	0.02
Gryllidae	0.15	0.22	0.46	0.68	0.00	0.00	0.62	0.90	Tenebrionidae	0.04	0.06	0.07	0.11	0.01	0.01	0.12	0.18
Henicopididae	0.05	0.08		0.00		0.00	0.05	0.08	Theridiidae	0.06	0.08	0.01	0.01	0.04	0.06	0.10	0.15
Heteropodidae	0.16	0.24		0.00	0.10	0.14	0.26	0.38	Thripidae	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00
Hipogastruridae	0.04	0.06	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.09	Tipulidae	1.03	1.51	0.03	0.04	0.79	1.16	1.84	2.71
Ichneumonidae	0.06	0.08	0.05	0.07	0.01	0.02	0.12	0.17	Zodariidae	0.36	0.52	0.13	0.18		0.00	0.48	0.71
Labiidae		0.00		0.00	0.07	0.10	0.07	0.10	Otros	8.82	12.96	7.55	11.10	6.18	9.09	22.56	33.15
									TOTAL	34.25	50.32	17.72	26.04	16.09	23.64	68.07	100.00

Tabla 12. Biomasa absoluta y relativa (g.p.f.) a nivel de clase para la distribución vertical de la edafofauna.

		CLASE	Arachnida	Chilopoda	Crustacea	Diplopoda	Gastropoda	Hirudinea	Insecta	Oligochaeta	TOTAL
3	0	A	0.10		0.01	0.02	0.11		0.63	0.08	0.94
	0	R	0.16		0.01	0.04	0.18		1.06	0.13	1.58
2	0	A	0.15			0.00	0.06		1.38	2.90	4.48
	5	R	0.25			0.01	0.07		2.33	4.89	7.55
0	5	A	0.01			0.01			1.66	3.49	5.15
	10	R	0.01			0.01			2.79	5.88	8.69
m.	10	A							1.61	8.31	9.92
	15	R							2.72	14.00	16.72
s.	T	A	0.25	0.00	0.01	0.03	0.16		5.28	14.77	20.49
	O	R	0.42	0.00	0.01	0.06	0.25	0.00	8.90	24.9	34.54
m.	T	A	0.07	0.06	0.02	0.64	0.00		0.23	0.14	1.15
	0	R	0.11	0.10	0.03	1.08	0.00		0.39	0.23	1.94
3	0	A	0.02	0.07		0.62	0.02		0.60	1.00	2.33
	5	R	0.04	0.12		1.05	0.03		1.00	1.68	3.92
0	5	A	0.07	0.01		0.08			0.51	3.03	3.70
	10	R	0.12	0.01		0.13			0.87	5.10	6.23
m.	10	A		0.01		0.05			0.27	5.16	5.50
	15	R		0.01		0.09			0.46	8.70	9.26
s.	T	A	0.16	0.14	0.02	1.39	0.02		1.61	9.32	12.68
	O	R	0.27	0.24	0.03	2.35	0.03	0.00	2.72	15.72	21.36
m.	0	A	0.04	0.09	0.08	0.76	0.05	0.41	0.94	0.48	2.85
	0	R	0.07	0.15	0.14	1.28	0.08	0.69	1.58	0.81	4.8
3	0	A	0.13	0.21	0.01	1.51	0.00	0.11	2.01	3.81	7.79
	5	R	0.23	0.36	0.01	2.54	0.00	0.18	3.39	6.42	13.13
0	5	A	0.30	0.03		0.47	0.00	0.02	6.21	6.89	13.92
	10	R	0.50	0.05		0.79	0.00	0.04	10.47	11.61	23.46
m.	10	A		0.00	0.01	0.01			1.51	0.07	1.60
	15	R		0.01	0.02	0.01			2.55	0.12	2.71
s.	T	A	0.47	0.34	0.10	2.74	0.05	0.54	10.67	11.25	26.16
	O	R	0.79	0.57	0.17	4.62	0.09	0.90	17.98	18.96	44.10
m.	T	A	0.88	0.48	0.13	4.17	0.23	0.54	17.56	35.34	59.32
	O	R	1.49	0.81	0.22	7.03	0.38	0.90	29.60	59.57	100.00
TOTALES		A	0.88	0.48	0.13	4.17	0.23	0.54	17.56	35.34	59.32
		R	1.49	0.81	0.22	7.03	0.38	0.90	29.60	59.57	100.00

Tabla 13. Biomasa absoluta y relativa (g.p.f.) a nivel de orden para la distribución vertical de la edafofauna.

		ORDEN	Araneae	Blattodea	Coleoptera	Dermoptera	Diptera	Geophilomorpha	Haplotalaxidae	Glomeridesmida	Hemiptera	Hymenoptera	Isopoda	Lepidoptera	Oplionida	Orthoptera	Polydesmida	Scolopendromorpha	Otros	TOTAL
30	A	0.03		0.35		0.27		0.08		0.01	0.00	0.01		0.06		0.02		0.11	0.94	
	R	0.06		0.58		0.46		0.13		0.02	0.00	0.01		0.10		0.04			1.4	
20	A	0.15	0.00	1.30		0.04		2.90		0.01			0.02		0.01	0.00		0.05	4.48	
	R	0.25	0.00	2.19		0.07		4.89		0.02			0.03		0.01	0.01			7.47	
05	A	0.01	0.00	1.58		0.00		3.49		0.01						0.01		0.06	5.15	
	R	0.01	0.01	2.67		0.00		5.88		0.01						0.01			8.59	
m. 10	A			1.56		0.05		8.31		0.00	0.00								9.92	
	R			2.63		0.08		14.00		0.00	0.00								16.71	
s. n. 15	A	0.19	0.01	4.79		0.36		14.77		0.03	0.00	0.01	0.02	0.06	0.01	0.03		0.22	20.49	
	R	0.32	0.01	8.07	0.00	0.61	0.00	24.89	0.00	0.05	0.00	0.01	0.03	0.10	0.01	0.06	0.00	0.37	34.5	
30	A	0.00	0.00	0.11	0.04	0.01	0.05	0.14	0.01	0.01		0.02	0.06	0.06		0.61	0.00	0.02	1.15	
	R	0.01	0.00	0.18	0.06	0.01	0.09	0.23	0.02	0.02		0.03	0.11	0.11		1.03	0.01	0.03	1.94	
50	A	0.02	0.00	0.51		0.05	0.03	1.00		0.00				0.00		0.54	0.04	0.12	2.33	
	R	0.04	0.01	0.86		0.09	0.05	1.68		0.01				0.00		0.91	0.07		3.72	
05	A	0.00		0.49		0.02	0.01	3.03		0.00				0.07		0.08	0.00		3.70	
	R	0.00		0.83		0.04	0.01	5.10		0.00				0.12		0.13	0.00		6.23	
m. 10	A			0.26		0.02		5.16		0.00						0.05	0.01		5.50	
	R			0.43		0.03		8.70		0.00						0.09	0.01		9.26	
s. n. 15	A	0.03	0.00	1.37	0.04	0.10	0.09	9.32	0.01	0.01		0.02	0.06	0.13		1.28	0.05	0.14	12.67	
	R	0.05	0.01	2.30	0.06	0.17	0.15	15.72	0.02	0.02	0.00	0.03	0.11	0.23	0.00	2.16	0.09	0.24	21.5	
30	A	0.03		0.57	0.31	0.01	0.00	0.48	0.05	0.01		0.08	0.04	0.01		0.70	0.08	0.48	2.85	
	R	0.04		0.95	0.52	0.01	0.01	0.81	0.08	0.01		0.14	0.07	0.02		1.18	0.14	0.80	4.18	
80	A	0.13		0.86	0.01	0.98	0.01	3.81	0.02	0.01		0.01		0.00		1.51	0.21	0.24	7.79	
	R	0.22	0.00	1.45	0.02	1.65	0.01	6.42	0.03	0.02		0.01		0.00		2.55	0.35		12.8	
05	A	0.30	0.01	5.03	0.08	1.09	0.02	6.89	0.00	0.01						0.46	0.01	0.03	13.92	
	R	0.50	0.01	8.48	0.13	1.84	0.03	11.61	0.00	0.01						0.78	0.02		23	
m. 10	A			1.21		0.29		0.07				0.01				0.01	0.00	0.01	1.60	
	R	0.00	0.00	2.04		0.49		0.12				0.02				0.01	0.01		2.69	
s. n. 15	A	0.45	0.01	7.67	0.40	2.37	0.03	11.25	0.06	0.02	0.00	0.10	0.04	0.02	0.00	2.68	0.31	0.75	26.16	
	R	0.77	0.01	12.92	0.67	3.99	0.05	18.96	0.11	0.04	0.00	0.17	0.07	0.03	0.00	4.52	0.52	1.27	44	
TOTAL	A	0.67	0.01	13.82	0.43	2.83	0.11	35.34	0.08	0.07	0.00	0.13	0.13	0.21	0.01	4.00	0.36	1.11	59.32	
	R	1.13	0.02	23.29	0.73	4.78	0.19	59.57	0.13	0.11	0.00	0.22	0.21	0.36	0.01	6.74	0.61	1.87	100	



Tabla 14 Biomasa absoluta y relativa a nivel de familia para la distribución vertical (g.p.f.).

Tabla 14 Biomasa absoluta y relativa a nivel de familia para la distribución vertical (g.p.f.). continuación...

Así mismo el análisis de varianza para distribución vertical (Anexo H) no muestra diferencias estadísticas entre las alturas y profundidades; aún así se ofrece una descripción de la comparación entre las zonas de muestreo, según la importancia ecológica de sus comunidades manifestada en el aporte de biomasa al sistema.

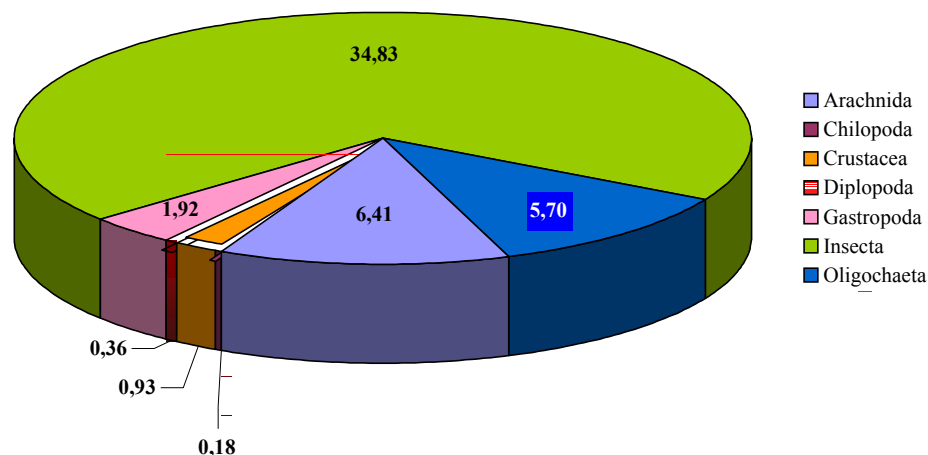
A continuación se desarrolla el análisis de la biomasa por altura, tanto para la actividad superficial como para la distribución vertical; tomando las 3 tablas anteriores, como fuente del análisis y de los gráficos que se incluyen.

#### 4.1.2.1. ¿Dónde hacen su aporte?: Biomasa de la edafofauna edáfica a los 3200 m.s.n.m

4.1.2.1.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial. Los organismos encontrados en la actividad superficial registraron una biomasa total de 34.254gpf (equivalente a 0.3114gpf en 0.0625 m<sup>-2</sup>) correspondiente al 50.3% del total registrado, siendo el mayor porcentaje de la biomasa total a nivel de las tres alturas. (Tabla 9).

Dentro de las clases, las más importantes por su aporte de biomasa a esta altura son: Insecta en el primer lugar con un aporte de 23.706gpf; seguida por Arácnida con 4.360gpf y, finalmente Oligochaeta con una contribución de 3.878gpf (Tabla 9), expresando estas cifras en términos porcentuales corresponden respectivamente al 34.83%, 6.41% y 5.70% del total de la colección tomada a esta altura por la técnica Barber. (Figura 42).

Figura 42. Biomasa actividad superficial por clase a 3200 m.s.n.m.



Teniendo en cuenta el aporte dentro de los diferentes órdenes, en primer lugar se encuentra Coleóptera con 19.509gpf representado principalmente por las familias Carabidae (14.31gpf), Staphylinidae (1.35gpf) y Scarabaeidae (1.23gpf); seguido por el orden Araneae con 2.708gpf, dentro del cual se sobresalen las familias Lycosidae (1.59gpf), y Zodariidae (0.36gpf); Díptera aporta con el tercer porcentaje

más alto representado por 1.477gpf en el que se incluyen las familias Tipulidae (1.03gpf) y Anisopodidae (0.28gpf); en el cuarto lugar se hallan Opilionida con un aporte de 1.410gpf seguida de Lepidoptera con una contribución de 1.408gpf en estos dos últimos ordenes no fue posible llegar la clasificación hasta el nivel de familia debido básicamente a su estado de desarrollo. (Tablas 10 y 11) (Figura 44)

La anterior biomasa de la actividad superficial en cuanto a orden y expresada en términos de participación porcentual a esta altitud, se ilustra en la figura 43.

Figura 43. Biomasa relativa para la actividad superficial por orden a 3200 m.s.n.m.

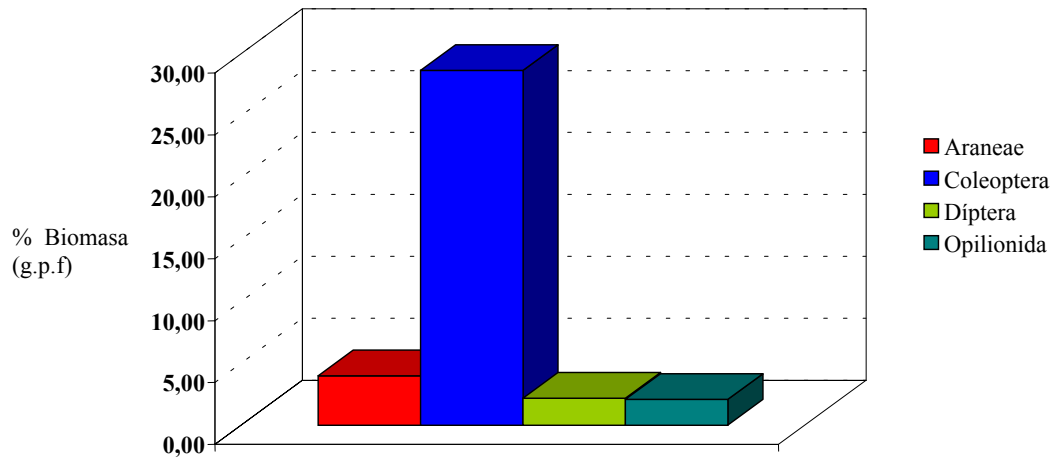
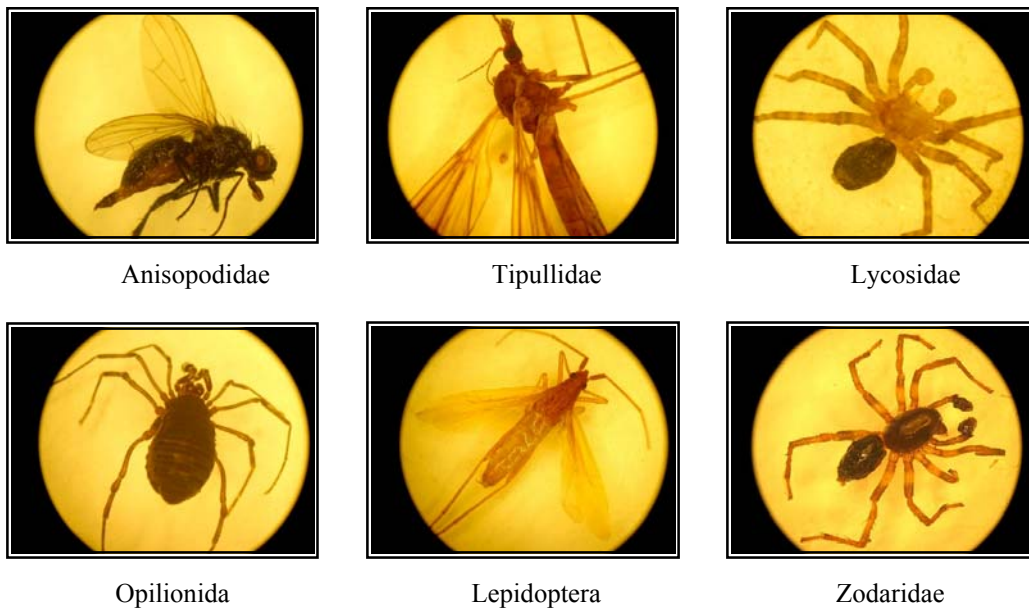


Figura 44. Taxones más aportantes en biomasa para la actividad superficial (técnica Barber) a 3200 m.s.n.m.

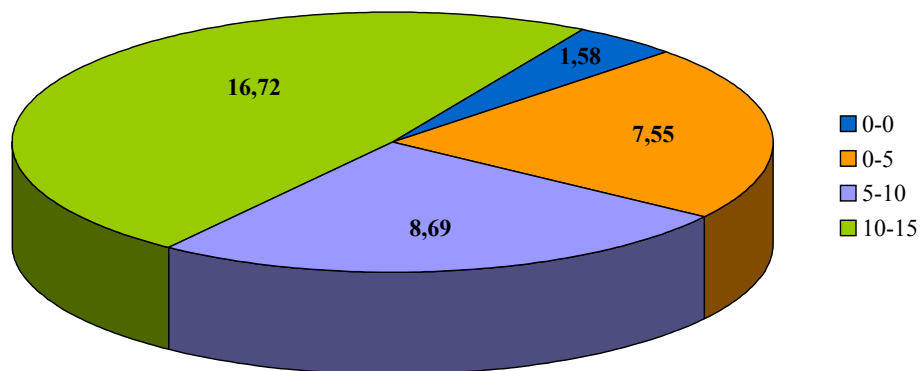


4.1.2.1.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical. La edafofauna residente en todas las profundidades del suelo aportó una biomasa total de 20.49gpf (equivalente a 0.4879gpf en  $0.0625 \text{ m}^{-2}$ ) que representa el 34.54% del total de la biomasa registrada para todas las alturas. (Tabla 12)

Para la altitud de 3200 m.s.n.m., la profundidad que presenta el mayor porcentaje de biomasa es 10-15 cm., con un aporte de 9.92gpf (con una biomasa relativa de 16.72%), en segundo lugar se encuentra la profundidad 5-10 cm., con 5.15gpf (8.69%), seguida por 0-5 cm., con 4.48gpf (7.75%) y por último la profundidad 0-0 cm., con una contribución de 0.95gpf (representando el 1.58%).

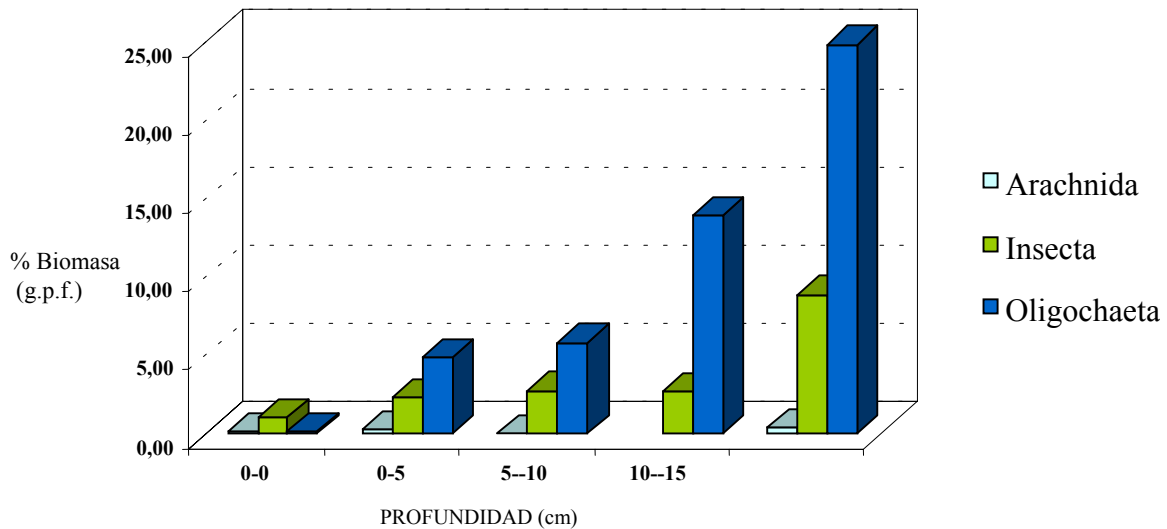
La biomasa obtenida por los organismos para esta altitud en términos porcentuales se ilustra en la figura 45.

Figura 45. Biomasa relativa para la distribución vertical por profundidad a 3200 m.s.n.m.



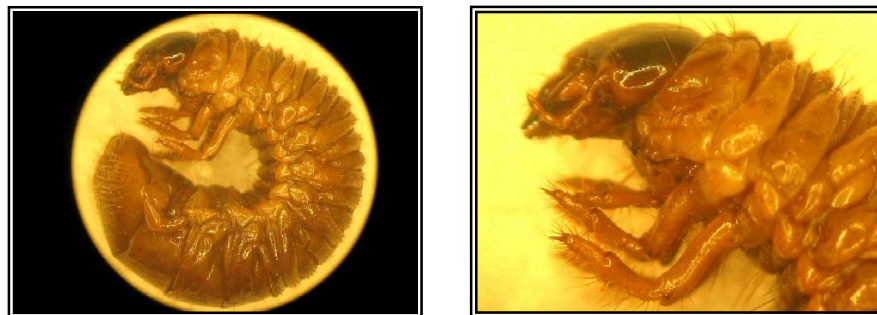
Dentro de las clases, las más importantes desde el punto de vista del aporte de biomasa total son: Oligochaeta con un total de 14.77gpf aportando el mayor porcentaje, seguido por Insecta con 5.28gpf y Arachnida representada por 0.25gpf. (Tabla 13 y Figura 46).

Figura 46. Biomasa relativa para la distribución vertical por clase y profundidad a 3200 m.s.n.m.



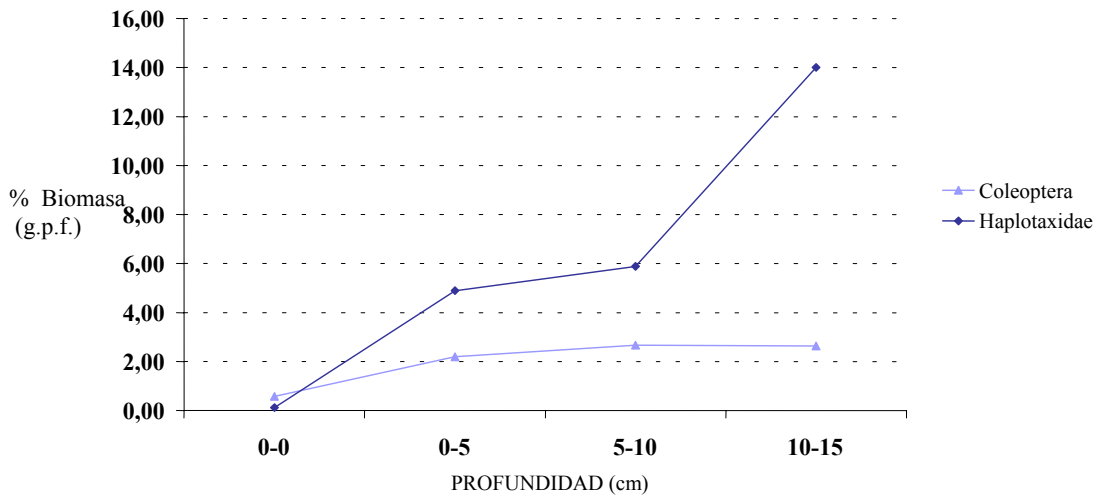
De los 12 órdenes reportados para esta altura, los que se desatacan por su aporte en biomasa son Haplotaaxida con 14.77gpf conformado por las familias Glossoscolecidae (14.7212gpf caracterizada por ubicarse en todas las profundidades, con el mayor aporte de biomasa en 10-15 cm.) y Ocnero-drilidae (0.0457gpf con preferencia por la profundidad 5-10 cm.), estas dos familias hacen los menores aportes de biomasa en la profundidad 0-0 cm.; con un aporte mas bajo se encuentra el orden Coleóptera con 4.7858gpf donde se desatacan las familias Melolonthidae (3.2014gpf con los mayores aportes de biomasa en 5-10 cm., y el menor en 0-5 cm.), Carabidae (0.1829gpf presenta su mayor aporte en la profundidad en 0-0 cm., y disminuye paulatinamente su biomasa conforme aumenta la profundidad). (Tablas 13 y 14. Figuras 47 y 48)

Figura 47. Melolonthidae, familia más aportante en biomasa de la distribución vertical a 3200 m.s.n.m.



Melolonthidae

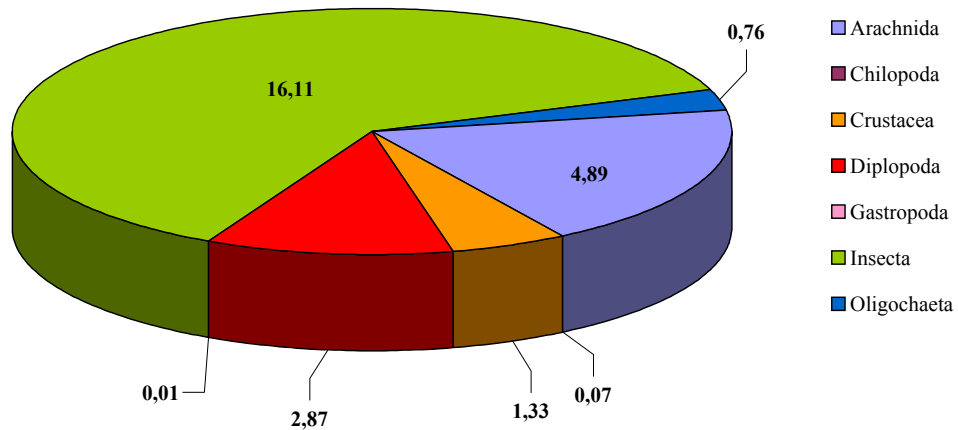
Figura 48. Biomasa relativa para la distribución vertical de los dos taxa más aportantes por profundidad a 3200 m.s.n.m.



4.1.2.2. ¿Dónde hacen su aporte?: Biomasa de la fauna edáfica a 3500 m.s.n.m.

4.1.2.2.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial. El aporte de biomasa de los organismos que se movilizan sobre el suelo para esta altura es de 26.04% que corresponde a un total de 17.724gpf de la colección total por la técnica Barber (Tabla 9), correspondientes a  $0.16\text{gpf en }0.0625\text{m}^{-2}$ . La clase Insecta es la que más aporte de biomasa registra en ésta altura con un valor de 10.967gpf, seguida de Arachnida con 3.327gpf y Diplopoda con 1.954gpf, la figura 49 ilustra esta evidencia en términos porcentuales sobre la biomasa presente en la colección.

Figura 49. Biomasa Relativa para la actividad superficial por clase a 3500 m.s.n.m.



De ésta altura los órdenes que más aporte hacen de biomasa son Coleóptera con 4.408gpf dentro de éste, la familia que más le aporta es Carabidae (2.00gpf); el orden Lepidoptera con 2.816gpf (que no cuenta con clasificación a nivel de familia, ya que la mayoría de capturas fueron en estados de inmadures, lo cual dificulta su identificación); el orden Polydesmida con un aporte de 1.947gpf, la familia Cyrtodesmidae es la más aportante (1.94gpf); el orden Opiliona con 1.666gpf (de igual forma fueron clasificados solo hasta este nivel taxonómico); el orden Araneae con 1.651gpf, y las familias, Anyphaenidae y Dipluridae las más aportantes (0.44gpf y 0.41gpf respectivamente); el orden Orthoptera con 1.541gpf representado por la familia Gryllidae (0.46gpf) y por último el orden Dermaptera con 0.65gpf aunque no representa un valor alto de biomasa sí es en ésta altura donde presenta el valor más alto representado por la familia Forficulidae (0.79gpf). (Tablas 10 y 11)

Los órdenes de biomasa que más se destacaron se muestran comparativamente en el figura 50.

El resto de familias contribuyen con bajos pesos de biomasa pero son de mucha utilidad a la hora de evaluar la productividad de un ecosistema. Hay algunas familias como es el caso de Entomobrydae que en aporte de biomasa es muy bajo pero su abundancia es alta.

Figura 50. Biomasa relativa para la actividad superficial de los órdenes más importantes a 3500 m.s.n.m.

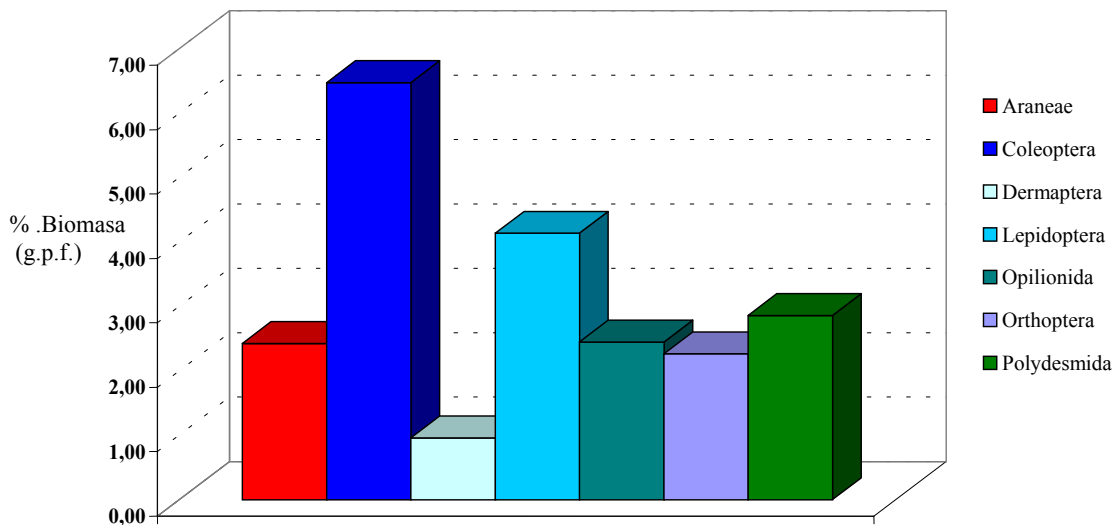
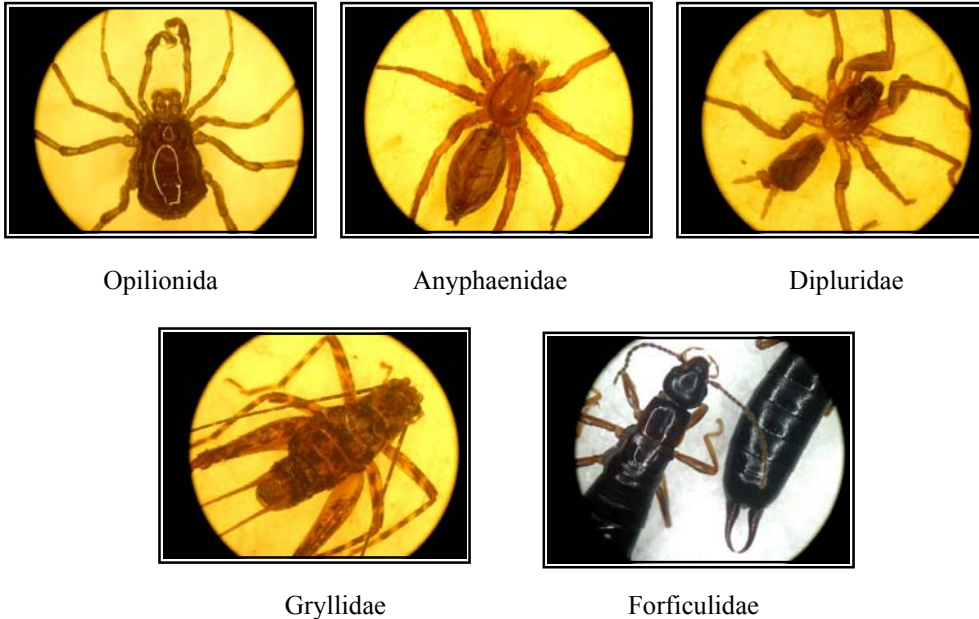




Figura 51. Taxones más aportantes de biomasa en la actividad superficial a 3500 m.s.n.m.

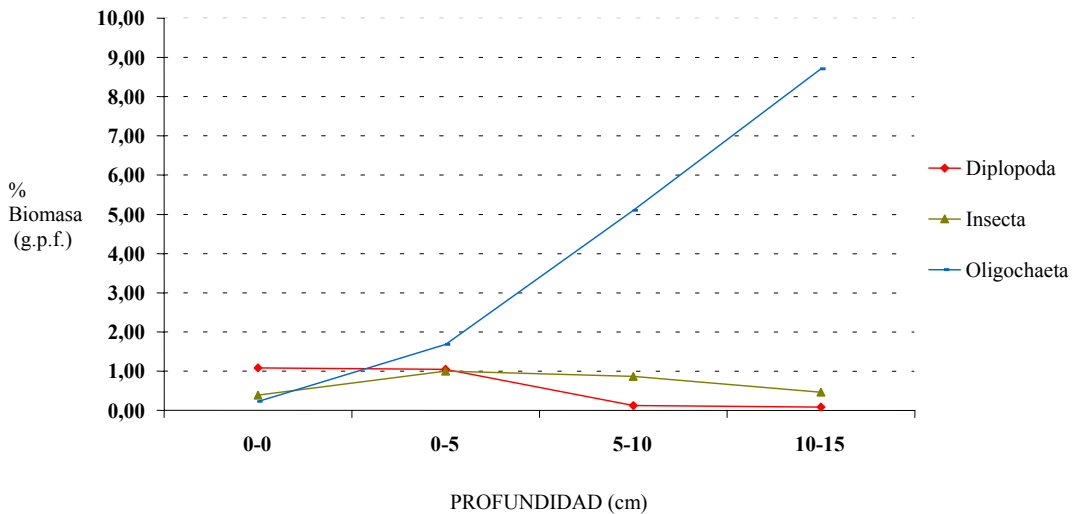


4.1.2.2.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical. Según los datos obtenidos para biomasa vertical se observó un aporte de 12.67gpf (equivalente a 0.2436gpf en  $0.0625\text{m}^{-2}$ ) que corresponde al 21.36% del total de biomasa en todas las alturas analizadas por la técnica TSBF (Tabla 12).

Es para esta altura donde las clases Oligochaeta, Insecta y Diplopoda son las más aportantes con 9.32gpf, 1.61gpf y 1.39gpf respectivamente. En términos relativos la biomasa de esta altura se observa en la figura 28. La clase Oligochaeta aporta con un 15.72%, la Insecta con un 2.72% y la Diplopoda un 2.35%.

En la figura 52 se aprecia cierta tendencia en cuanto al peso que aportan estas 3 clases según la profundidad. Se observa que la clase Oligochaeta aumenta su aporte en biomasa a medida que aumenta la profundidad del suelo. Comparando con la tabla 4, se puede afirmar que esta ganancia en peso se debe no al número de individuos si no a su tamaño. Para la clase Diplopoda se observa una disminución de la biomasa a medida que aumenta la profundidad lo que se debe también a la disminución del número de individuos.

Figura 52. Biomasa relativa para la distribución vertical por clase y profundidad a 3500 m.s.n.m.

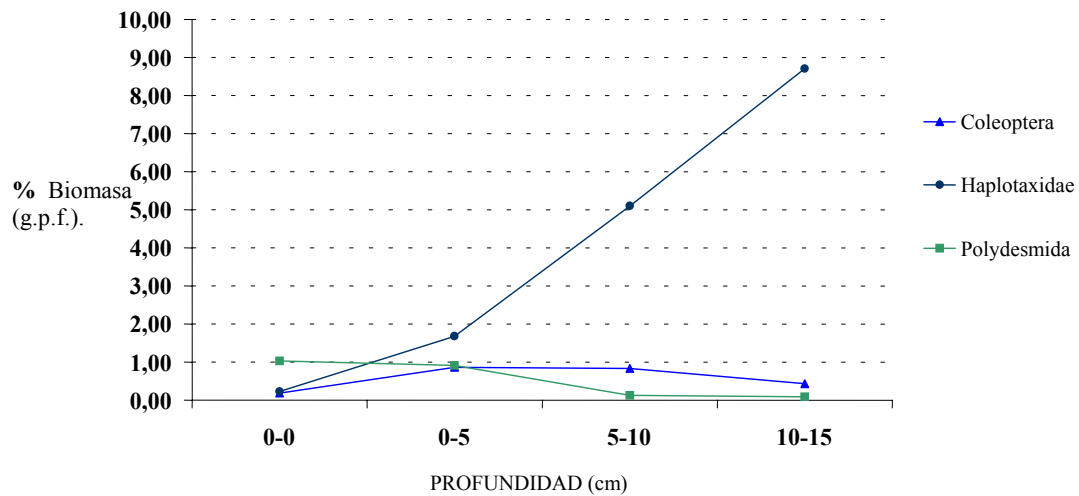


Los órdenes que mas biomasa registraron fueron Haplotaxida con 9.32gpf donde la familia Glossoscolecidae es la que más biomasa aporta (9.2897gpf, registrándose la mayor contribución a las profundidades 10-15 y 5-10 cm.); el orden Coleóptera con 1.37gpf donde la familia Melolonthidae realiza su mayor contribución (con 1.2407gpf, concentrándose en las profundidades 0-5 y 5-10 cm.); el orden Polydesmida con 1.2829gpf donde la familia Chelodesmidae es la que más aporta (0.4872gpf, ubicándose mayormente en las primeras profundidades 0-5 y 0-0 cm.) (Tablas 13 y 14)

El comportamiento de estos órdenes es análogo a las clases que se analizan en la figura 53, dado que aquellos pertenecen a estas clases. Como el orden Haplotaxida tiene la misma tendencia que su clase Oligochaeta; lo propio ocurre con el orden Coleóptera y su clase insecta; finalmente el orden Polydesmida y su clase Diplopoda conservan la misma tendencia.

La clasificación de la distribución vertical de la edafofauna en el Santuario de Flora y Fauna Galeras por clase orden y, familia, se adiciona al presente trabajo en las Tablas 4, 5 y 6.

Figura 53. Biomasa Relativa para la distribución vertical de los órdenes más importantes por profundidad a 3500 m.s.n.m.

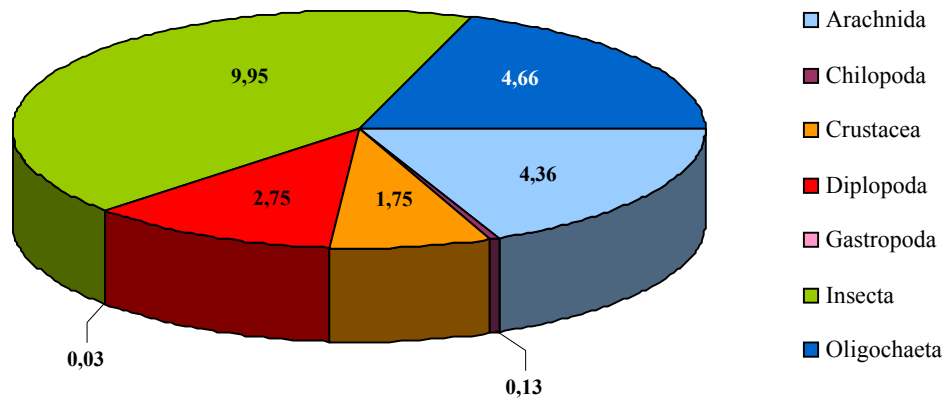


4.1.2.3. ¿Dónde hacen su aporte?: Biomasa de la fauna edáfica a 3800 m.s.n.m.

4.1.2.3.1. Biomasa de la fauna edáfica en la actividad superficial. La actividad de la fauna residente en la superficie del suelo realiza un aporte total de biomasa estimado en 16.090gpf (equivalente a 0.21 g.p.f. en 0,0625 m<sup>-2</sup>) y representan el 23.64% del total de biomasa aportado por la colección. (Tabla 12).

Las clases que más contribuyen a este valor son Insecta que aporta 6.771gpf equivalente al 9.95%, le sigue Oligochaeta con 3.173gpf que representa el 4.66% y Arachnida que aporta 2.970gpf equivalente al 4.36% (Figura 54)

Figura 54. Biomasa relativa para la actividad superficial por clase a 3800 m.s.n.m.



El orden Díptera dominó por su gran aporte de biomasa con 2.128gpf, 3.13% contribuyendo a este resultado en especial las familias Tipulidae y Díptera 3 (con una biomasa de 0.78 y 0.57gpf, respectivamente); seguidos del orden Coleóptera con una biomasa de 1.933gpf (2.84%) que se encuentra caracterizado principalmente por la familia Carabidae (0.95gpf). Los Opilionidos son un grupo que sobresalen por su biomasa a pesar de no ser demasiado abundantes y llegan a contribuir con 1.91gpf (2.8%); los representantes del orden Polydesmida contribuyen con el cuarto porcentaje más alto con 1.86gpf (2.75%), donde el mayor aporte lo realiza la familia Cyrtodesmidae (1.08gpf); los Isópodos de la familia Oniscidae por su parte aportan una biomasa de 1.192gpf (1.75%).

Los Hymenópteros, Lepidópteros y Dermápteros son un ejemplo de grupos con un importante aporte de biomasa a pesar de su muy reducida abundancia 0.99, 0.86 y 0.65gpf, respectivamente y con sus correspondientes porcentajes de 1.46%, 1.28% y 0.96% (Figura 55)

Figura 55. Biomasa relativa para la actividad superficial por orden a 3800 m.s.n.m.

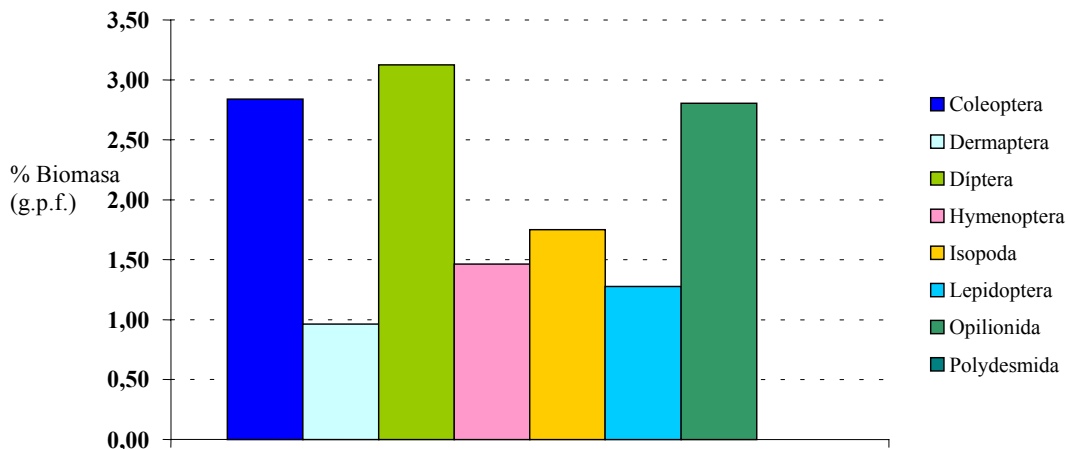
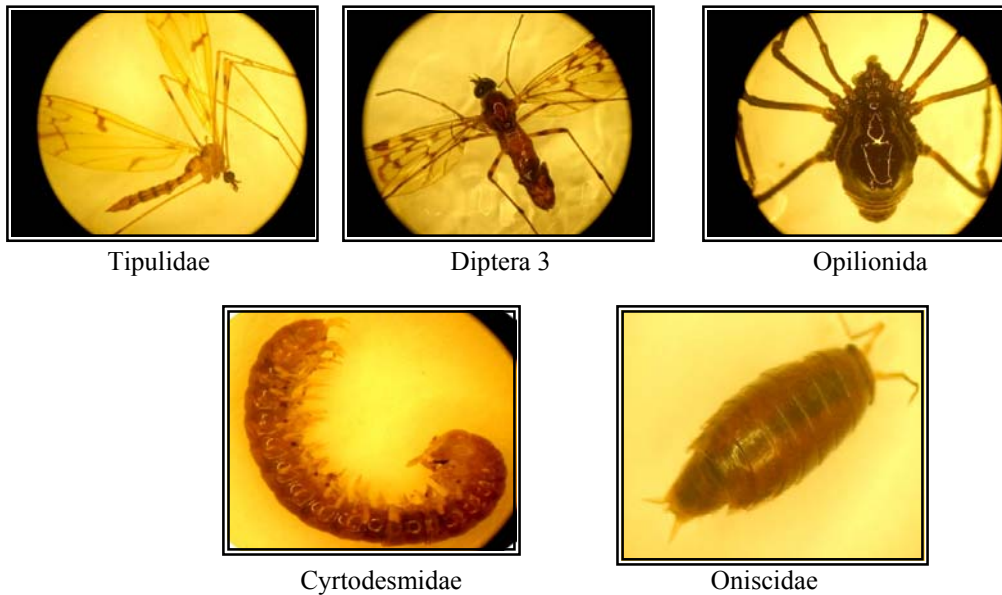


Figura 56. Taxones más aportantes de biomasa en la actividad superficial para la altura de 3800 m.s.n.m.

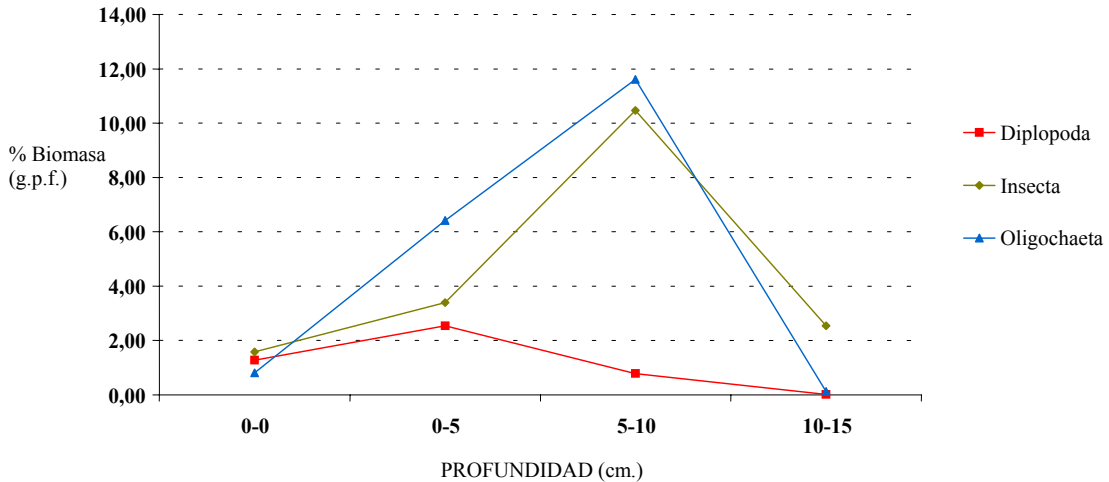


4.1.2.3.2. Biomasa de la fauna edáfica en la distribución vertical. El aporte total de biomasa por parte de la edafofauna del suelo para esta altura fue de 26.16gpf (equivalente a 0.50gpf 0.0625m<sup>2</sup>) correspondiente al 44.10% del aporte de biomasa para la colección por la técnica TSBF. La mayor parte de esta biomasa se concentra en el tercer estrato evaluado correspondiente a la profundidad 5-10 cm., con un aporte del 13.92gpf. (Figura 57).

La mayor biomasa corresponde a la clase Oligochaeta que aporta 11.25gpf (18.96%) y explica el mayor porcentaje de biomasa; la clase Insecta contribuye con 10.67gpf (17.98%); Seguida de la clase Diplopoda con 2.74gpf equivalente al 4.62% tercer porcentaje más representativo de biomasa. (Figura 57)

En el gráfico se destaca el crecimiento de la biomasa de las clases Oligochaeta e Insecta hasta llegar a la profundidad 5-10 cm., momento en el cual decrece significativamente. Hecho que al contrastarlo con la tabla de la abundancia (Tabla 4) permite afirmar que ello se debe a la disminución en el número de individuos para el caso de la clase Oligochaeta y una disminución en el tamaño para el orden insecta.

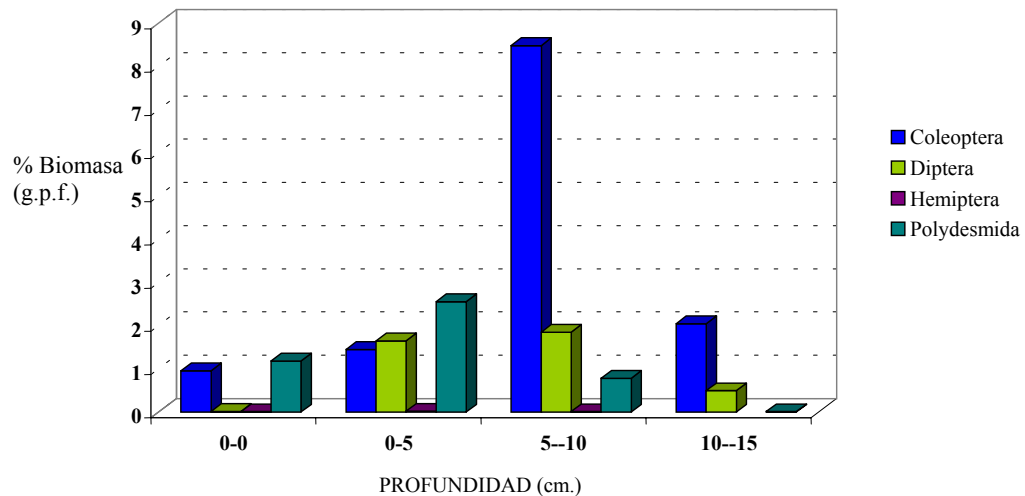
Figura 57. Biomasa relativa para la distribución vertical por clase y profundidad a 3800 m.s.n.m.



El orden Haplotaxida hace el mayor porcentaje de aporte a la biomasa con un peso de 11.25gpf equivalente al 18.96% del total del muestreo por la técnica TBSF, valor que se ve representado principalmente por la familia Glossoscolecidae (con 11.05gpf concentrados principalmente en la profundidad 5-10 cm.). Los Coleópteros realizan un gran aporte con 7.67gpf (12.92%) sobresaliendo la familia Melolonthidae que a pesar de no ser abundante como otras familias, es la que mayor biomasa aporta (con 6.30gpf en su mayoría ubicados en la profundidad 5-10 cm.)

Le sigue el orden Polydesmida con una contribución de 2.68gpf (4.52%) destacándose para este caso la familia Chelodesmidae que también es abundante (aporta 0.84gpf sobretodo a la profundidad 0-5 cm.); los Dípteros sobresalen en biomasa con un aporte de 2.37gpf (3.99%) dándole importancia a la familia Tipulidae (con 1.89gpf que en su mayoría se registraron en la profundidad 5-10 cm.). En la Figura 58 se aprecia mejor esta distribución y se observa su tendencia según la profundidad.

Figura 58. Biomasa relativa para la distribución vertical por orden y profundidad a 3800 m.s.n.m.



4.1.2.4. ¿Cómo se relaciona su aporte?. Dinámica ecológica de la biomasa de la fauna edáfica en las tres alturas.

4.1.2.4.1. Dinámica ecológica de la biomasa en la actividad superficial. En el capítulo de abundancia para la actividad superficial se decía que fueron 23 los órdenes colectados, de los cuales Coleóptera, Araneae, Lepidoptera, Opilionida y Díptera conservan su importancia en términos de biomasa; mientras que Collembola (Entomobryidae) y Acariforme presentan una biomasa que no alcanza a ser significativa (debido a su reducido tamaño), pese a los altos valores de abundancia que registran en las tres alturas. Polydesmida a pesar de no encontrarse en la altura 3200 m.s.n.m., tiene un importante aporte de Biomasa gracias a la notoria contribución que ofrecen en las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m., donde además su abundancia fue representativa.

La prueba DMS permitió determinar diferencias estadísticas entre alturas. Se pudo comprobar que 3200 m.s.n.m., presenta el mayor promedio en biomasa con 3,1140gpf (representado principalmente por la clases Insecta y Arachnida caracterizadas por su tendencia a reducir su biomasa conforme aumenta la altitud; dentro la clase Insecta la familia Carabidae es la que aporta el mayor porcentaje de biomasa), en comparación con 3500 y 3800 m.s.n.m., los cuales se caracterizan por ser homogéneos en cuanto al aporte de biomasa con un promedio de 1,6113 y 1,4627gpf, respectivamente. (Anexo I)

Teniendo en cuenta los resultados de abundancia y al comparar las tres alturas; es en 3200 m.s.n.m., donde se encuentra la mayor abundancia, indicando la estrecha relación que existe entre el número de individuos y la biomasa. Demostrando además que al igual que la menor biomasa en 3800 m.s.n.m., se

presenta también la menor abundancia y como consecuencia en 3500 m.s.n.m., se presenta los valores medios.

Las clases Insecta y Oligochaeta hacen un importante y decisivo aporte a la altura de 3200 m.s.n.m. (zona intervenida) (Tabla 1). En estudios realizados en el páramo de Chingaza en Bogotá, se estudiaron dos zonas, una natural y otra intervenida encontrando resultados semejantes a los reportados en el presente estudio, estableciendo que en la zona intervenida los Oligoquetos aportan el mayor porcentaje de biomasa, seguidos de los ordenes Coleóptera y Díptera.

El particular comportamiento de la biomasa en las tres alturas, puede estar relacionado con el postulado ecológico de la regla de Bermann y Allen, quienes establecen que el tamaño del cuerpo y de los apéndices de los individuos decrecen con la disminución de la temperatura promedio, como mecanismo de adaptación que les permite disminuir las superficies corporales responsables de las pérdidas de calor<sup>158</sup>. Como consecuencia de ello el tamaño de los organismos disminuye junto con su peso, por lo tanto es de esperarse que la biomasa disminuya en la estación más alta, un claro ejemplo lo representan las familias Staphylinidae y Carabidae que mostraron una disminución notoria de su corpulencia en la altura de 3800 m.s.n.m., en comparación con la de presentada en 3200 m.s.n.m., justificando así los menores aportes de biomasa por parte de estas familias a la altura 3800 m.s.n.m. (Figura 59).

En las tres alturas se encontró que la familia Carabidae gracias a su abundancia aporta un gran porcentaje de la biomasa total, le siguen en importancia Cyrtodesmidae, Oniscidae y Staphylinidae.

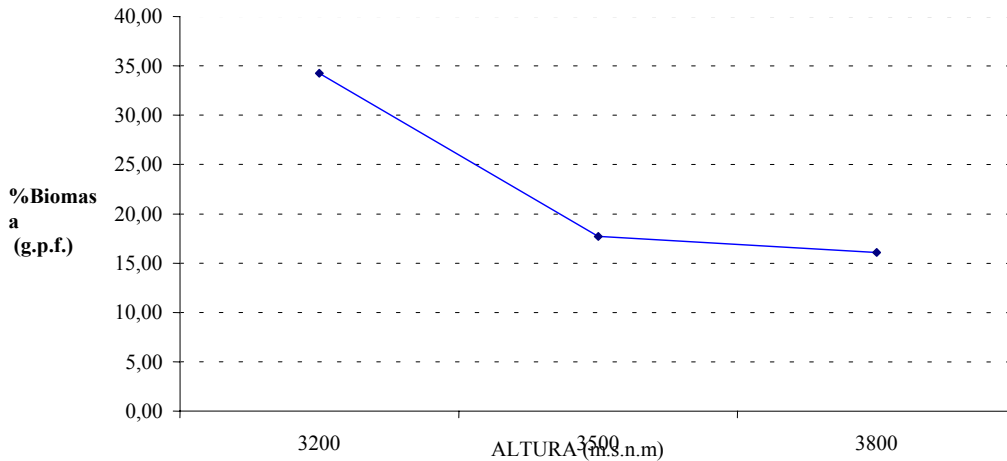
Por otro lado dentro de la actividad Superficial las familias exclusivas para esta zona no presentan valores significativos de biomasa debido al bajo número de individuos que las representan.

---

<sup>158</sup> BEGON, Michael; HARPER, John y TOWNSEND, Colin. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Barcelona. Omega S.A. 1995. 886 p.



Figura 59. Biomasa relativa para la actividad superficial por altura.

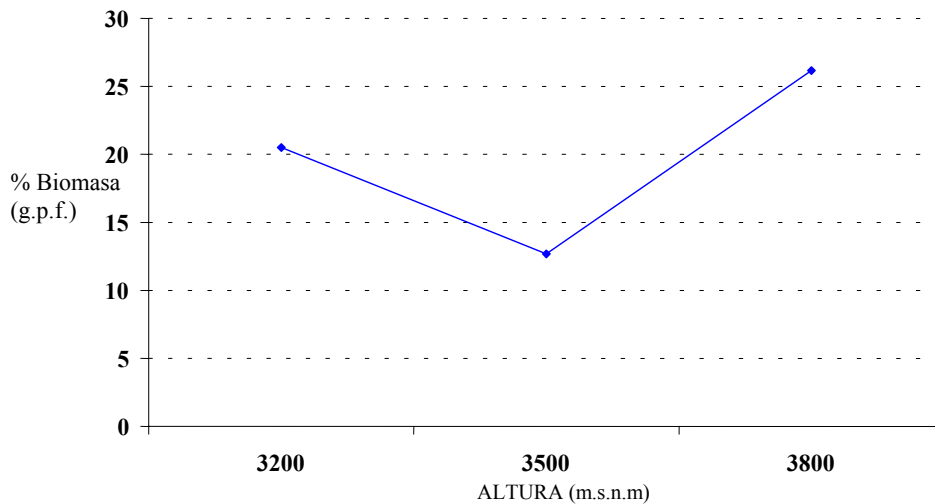


4.1.2.4.2. Dinámica ecológica de la biomasa en la distribución vertical. A pesar que el análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las alturas y profundidades en lo referente a biomasa, se ofrece una descripción de la comparación entre las zonas de muestreo, según la importancia ecológica de sus comunidades manifestada en el aporte de biomasa al sistema.

Contrario a lo que ocurre en la actividad superficial, dentro de la distribución vertical el mayor aporte de biomasa estuvo en la altitud 3800 m.s.n.m., esto se debe seguramente a que, es en esta altura donde encuentran las condiciones adecuadas, y la protección a la temperatura considerado un factor determinante en la adaptación de algunos individuos. Asegurando además en esta altitud la disponibilidad de alimento y las condiciones de refugio adecuadas por ser una zona no intervenida. (Figura 60)

Al comparar la abundancia en las tres alturas se pudo establecer que es 3800 m.s.n.m., la altitud con mayor número de individuos, encontrando que está directamente relacionado con la biomasa. En el mismo sentido, 3200 m.s.n.m., presenta el menor aporte de abundancia a pesar de esto en biomasa ocurre lo contrario reportando el valor más alto en comparación con 3500 m.s.n.m., y encontrando la justificación en la biomasa aportada por Melolonthidae, que hace contribuciones altas por el peso y no por el número de los individuos que lo representan. Es por eso que para este caso el menor aporte de biomasa lo hace la estación 3500 m.s.n.m.

Figura 60. Biomasa relativa para la distribución vertical por altura.



La actividad de la edafofauna en la distribución vertical del suelo, con respecto a la biomasa que aporta, presenta un comportamiento casi similar al de la abundancia con ciertas excepciones donde sobresalen algunos grupos taxonómicos que según su densidad no eran apreciables, sin embargo su gran aporte en biomasa los hace realmente importantes (familia Melolonthidae). (Tabla 12)

A nivel de Clase en las tres alturas, sobresalen por su importante contribución en biomasa los grupos Oligochaeta (que presenta su mayor biomasa en 3200 m.s.n.m., con la familia Glossoscolecidae); en su orden le sigue Insecta y Diplopoda (caracterizadas por presentar su mayor aporte en 3800 m.s.n.m.)

Respecto a la biomasa reportada por la fauna semiedáfica a nivel de orden, existen dos grupos dominantes, en el primer lugar el orden Haplótaxida, seguido de Coleóptera.

Una situación especial (y similar a la presentada en la actividad superficial) se registra para las familias Carabidae y Staphylinidae del orden Coleóptera, que presentan una variación notoria en su masa corporal de una estación a otra, con la tendencia a disminuir su dimensión conforme aumenta la altitud, de esta forma los mayores aportes de biomasa por parte de los individuos con mayor peso se presentaron en la estación más intervenida de 3200 m.s.n.m. (con un peso promedio por individuo de 0.007gpf para carábidos euedáficos y 0.28gpf para semiedáficos; 0.06gpf para Estafilínidos euedáficos y 0.008gpf para semiedáficos) y una menor contribución por parte de los individuos más pequeños en la estación más alta y conservada correspondiente a 3800 m.s.n.m. (con un peso promedio por individuo de 0.0027gpf para carábidos euedáficos y 0.0028gpf para

semiedáficos; 0.0018gpf para Estafilinidos euedáficos y 0.0019gpf para semiedáficos). Este comportamiento particular, obedece al postulado ecológico de la regla Bergmann y Allen, planteada por Begon<sup>159</sup>.

Un análisis complementario a los reportes de abundancia y biomasa obtenidos a lo largo del muestreo, revela una clara tendencia en el comportamiento particular de la entomofauna tanto en su actividad superficial como en su distribución vertical, respecto a la variación en su aporte en número de individuos y en masa biológica conforme se presenta la época seca y la época lluviosa del año. Esto no es más que una posible aproximación a la realidad ya que no se cuenta con mediciones microclimáticas específicas de la zona de muestreo, sin embargo los reportes climatológicos de la estación más cercana durante los últimos 20 años, permiten identificar los meses que corresponden a la época seca y lluviosa del año, contrastando esta información con el periodo de muestreo, para nuestro estudio se observó una innegable variación en el comportamiento de las comunidades edafológicas demostrando que su aporte en abundancia y en biomasa es notoriamente más significativo durante el séptimo (7) y el décimo tercer (13) mes del muestreo, correspondientes a la época lluviosa del año, contrastando con los aportes más reducidos logrados durante la época seca del año. A pesar que dicha información carece de soportes técnicos y metodológicos, se vio necesaria su consideración ya que en el ámbito ecológico y biológico existen un sin fin de probabilidades en la respuesta de los organismos a su medio ambiente y se desconoce aún la verdadera intensidad de afectación o de influencia que las condiciones ambientales puedan ejercer sobre esta comunidad en particular.

Es importante anotar que no solo existen diferencias en el valor total de la abundancia y la biomasa aportadas por la edafofauna respecto a la época seca y lluviosa, sino que también existe un comportamiento particular de los grupos taxonómicos ante esta variación climática. Es así como para la época seca de muestreo existe un determinado número de familias destacadas por su aporte en abundancia y material biológico al sistema (durante las tres estaciones de muestreo), donde prácticamente ninguna de ellas mantiene su posición de importancia al llegar la época lluviosa. Un ejemplo de ello se da cuando se presentan familias que en época seca son relativamente importantes y en época lluviosa prácticamente desaparecen por su intrascendente aporte. Se ha determinado también un grupo definido de familias que a grandes rasgos son dominantes y representantes de la época seca y otro grupo particular que es representativo de la época lluviosa, así como también existe otro grupo que se distribuye indistintamente para las dos épocas, en fin; todo esto con el fin de invitar a una reflexión más amplia y a la vez poner en claro que las condiciones climáticas no se pueden ignorar completamente a pesar de que no se dispone de una medición adecuada.

---

<sup>159</sup> BEGON, Michael; HARPER, John y TOWNSEND, Colin. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Barcelona. Ediciones Omega S.A. 1995. 886 p.

Un ejemplo de lo anterior se presenta cuando tanto para la actividad Superficial como para la distribución Vertical, los aportes de biomasa más significativos se reportaron durante la época lluviosa (25.8gpf y 28.19gpf respectivamente) y los valores más bajos se presentaron en la época seca (19.69gpf para la fauna superficial y 25.33gpf para su distribución vertical). En este contexto, según Begon<sup>160</sup>, la “condición” que es influyente sobre la actividad de vida animal terrestre es la *humedad relativa* del ambiente aéreo, cuanto más elevada sea ésta, menor será la diferencia entre el animal y su ambiente, y cuanto más baja sea la humedad, mayor será la necesidad del animal por reducir o compensar sus pérdidas de agua. Lo cual significa que en época de lluvia cuando la humedad relativa del ambiente es elevada, gracias a los procesos de osmorregulación la masa corporal de los organismos tiende a hidratarse, y por consiguiente a aumentar su biomasa. Lo contrario sucede durante la época seca donde los gradientes de humedad entre el individuo y el ambiente son mayores produciendo una deshidratación corporal, que reduce su aporte de biomasa.

4.1.3. ¿Cómo caracterizan su hábitat?: Diversidad de la fauna edáfica como indicador de importancia ecológica. La aplicación de los índices de diversidad arroja tres valores por índice correspondientes a cada altura. En vista de que la prueba estadística no se pudo aplicar sobre un número tan reducido de datos, se procesó la misma información por muestreos, obteniéndose 11 y 13 valores (por cada índice para cada altura) para la actividad Superficial y para la distribución vertical respectivamente. La descripción detallada que se realiza a continuación del análisis estadístico toma los datos originales de los índices de diversidad obtenidos sin tener en cuenta los promedios discriminados por muestreo.

Al realizar el análisis de varianza (Anexo F) se pudo observar que en la actividad Superficial de la fauna edáfica no presenta diferencias estadísticas en su abundancia respecto a las tres alturas, sin embargo es necesario realizar su respectivo análisis para poder observar los cambios sucedidos entre ellas, sobre todo si se tiene en cuenta el grado de intervención antrópica y las condiciones ecológicas propias de cada zona.

La diversidad según el análisis de varianza (Anexo H) de la distribución Vertical evaluada mediante la técnica TSBF presenta diferencias estadísticas entre las alturas para el índice de Shannon, resultados que se corroboran con un análisis más detallado de cada caso.

4.1.3.1. Diversidad de la fauna edáfica en su actividad superficial. La estimación de la diversidad como medida de la estructura de las comunidades de la fauna edáfica muestra un patrón de comportamiento muy definido. A pesar de que los valores de los índices no distan mucho unos de otros respecto a las tres alturas y

---

<sup>160</sup> BEGON, M; HARPER, J; TOWNSEND, C. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1995. 886 P.

por tanto no son reconocidos con diferencias estadísticas, es importante considerar la tendencia de los datos y su comportamiento específico para cada caso, así:

El mayor valor de diversidad medido por el índice de Shannon lo presenta la estación de 3800 m.s.n.m., y el valor más alto según el índice de Simpson lo presenta la estación de 3200 m.s.n.m. (Tabla 15)

Tabla 15. Índices de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras

ACTIVIDAD SUPERFICIAL					
Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
3800	2234	57	0.64903	2.62405	0.11252
3500	2424	59	0.61782	2.5192	1,1444
3200	2154	59	0.62268	2.539	0.15087
DISTRIBUCIÓN VERTICAL					
Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
3800	695	33	0.8321	2.85211	0.07534
3500	366	37	0.79685	2.75353	0.09634
3200	403	32	0.67849	2.37772	1,14671

La altura de 3800 con dicho valor para el índice de Shannon (Tabla 15) muestra una alta riqueza taxonómica manifestada en 57 familias, representadas principalmente por Entomobrydae, Carabidae, Phoridae y Staphylinidae; entre las que se distribuye el 60% de la población total para esta zona. Entre tanto que el menor valor para este mismo índice lo presentó la altura 3200, donde a pesar de existir una riqueza taxonómica superior a la altura 3800 m.s.n.m., (59 familias) concentra su mayor población en menos grupos taxonómicos (Entomobrydae, Carabidae y Staphylinidae); abarcando entre ellos el mismo 60% de la población total colectada para esta estación; de esta forma, se disminuyen los valores de uniformidad indicando que su población se concentra en unas pocas familias dominantes. (Tabla 3)

Los resultados muestran que en la estación de 3800 m.s.n.m., es donde la comunidad edafofaunística trata de distribuirse más uniformemente en comparación con la altitud 3200 m.s.n.m., es decir que existe una mayor tendencia a que sus especies sean igualmente abundantes permitiendo catalogar a su comunidad como heterogénea con una alta riqueza de especies (dado por los valores más altos en el índice de Shannon), lo que correspondió al valor más bajo en el índice de Simpson para esta zona (altura 3800 m.s.n.m.), resultado consecuente y en cierta forma predecible dado que éste revela el grado de dominancia existente dentro de la comunidad e indica así que son relativamente bajas las posibilidades de que los individuos de esta altura pertenezcan a una sola

familia o a un grupo muy reducido de ellas. Fue así como el valor más alto para éste índice (Simpson) se obtuvo en la estación más intervenida (3200 m.s.n.m.) e indica que la estructura de su comunidad está dispuesta de tal forma que la mayoría de sus especies tienden a pertenecer a un grupo reducido de familias, mostrándolas como grupos taxonómicos dominantes, con disminución de la diversidad en términos de riqueza y como una condición estructural de tipo homogéneo.

El cálculo de la diversidad realizado según las épocas de muestreo (época seca y lluviosa) denota una variación en los índices aplicados de una época a otra para las tres alturas. En el presente estudio el análisis deja ver que durante la época seca y en la estación menos intervenida (altura 3800 m.s.n.m.), la actividad superficial de la edafofauna (Técnica de Barber) presenta una mayor variedad de especies, dándole de éste modo a la comunidad un carácter heterogéneo (alto valor en el índice de Shannon), mientras que en época lluviosa esta condición se manifiesta en la altura de 3200 m.s.n.m. caracterizada por ser la zona más intervenida (Tabla 16). Posiblemente, éste comportamiento se debe a la disponibilidad estacional de los recursos alimenticios, situación que puede estar condicionando la conformación ecológica de las comunidades evaluadas.

La variación en la diversidad de la edafofauna en la altura de 3800 m.s.n.m., (Frailejonal-arbustal) de una época a otra, se explica por el hecho de que la riqueza en especies, está muy influenciada por los diferentes ritmos fenológicos de los biotipos dominantes (en este caso las comunidades de frailejones), a los cuales están asociados especialmente los artrópodos. Según Amat<sup>161</sup>, en los páramos, la fenofase más importante es la floración de las rosetas policárpicas de las espeletiinae, a las que se ha asociado coevolutivamente una comunidad muy particular de la artropofauna; y si a esto se le suma que para nuestro estudio la época de floración coincide con la época lluviosa del año, es claro que durante su transcurso, el grupo de artrópodos que dependen de estos recursos alimenticios aumenta su actividad y durante esta fase de condiciones óptimas incrementa su número y biomasa (Tabla 16), circunstancia que para el presente estudio favorece a unos pocos grupos taxonómicos postulándolos como dominantes (familias Entomobryidae, Phoridae y Carabidae); de esta manera la diversidad en términos de riqueza disminuye durante la época lluviosa en la estación de 3800 m.s.n.m. (bajos valores en el índice de Shannon) perdiéndose así la uniformidad de su comunidad (alto valor en el índice de Simpson)

Los resultados muestran que además de lo anterior existe una tendencia a disminuir la riqueza de las comunidades de la fauna superficial al pasar de la época lluviosa a la época seca en todas las alturas (Tabla 16). Para citar un caso, durante la época lluviosa (alta humedad relativa) la altura 3800 m.s.n.m., presenta

---

<sup>161</sup> AMAT, German. Caracterización de microhabitats de la artropofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. En: Caldasia. Vol 16, No79; Diciembre 1991; p 540.

una riqueza de 49 familias las cuales al llegar la época seca se reducen a 33, las familias que desaparecen para la época seca (16 familias) pueden ser aquellas que su desarrollo adaptativo no les permite acondicionarse a un descenso en la humedad ambiental y no les es fácil compensar las pérdidas de agua, por tanto su distribución se ve limitada; esto lo explica Begon, et al.<sup>162</sup>; al decir que cuanto más elevada sea la humedad relativa, menor será la diferencia entre el animal y su ambiente, y cuanto más baja sea esta diferencia, menor será la necesidad del animal por reducir o compensar sus pérdidas de agua. Habida cuenta que los animales difieren en sus capacidades para reducir y compensar las pérdidas, la humedad relativa toma fuerza como factor selectivo de las especies.

Tabla 16. Índices de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras según la época climatológica del año.

ACTIVIDAD SUPERFICIAL						
Época	Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
Seca	3800	970	33	0.711	2,4513	0.13107
	3500	1140	47	0.58115	2,2375	0.19302
	3200	1164	35	0.6168	2,1932	0.19921
Época	Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
Lluvia	3800	1264	49	0.6664	2,5935	0.11496
	3500	1284	54	0.65544	2,6145	0.12546
	3200	990	54	0.68615	2,7370	0.11049
DISTRIBUCIÓN VERTICAL						
Época	Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
Seca	3800	281	25	0.859	2,6670	0.09464
	3500	170	28	0.7636	2,5368	0.11082
	3200	193	24	0.7177	2,2031	0.18178
Época	Altitud m.s.n.m.	No. Ind.	Riqueza	Uniformidad	I. Shannon	I. Simpson
Lluvia	3800	414	29	0.8278	2,7672	0.07989
	3500	196	28	0.8138	2,5922	0.11947
	3200	210	22	0.7249	2,2864	0.1368

4.1.3.2. Diversidad de la fauna edáfica en su distribución vertical. A pesar de que el comportamiento de la fauna euedáfica (propia del interior del suelo) se ha mostrado muy diferente al de la semiedáfica (propia de la superficie del suelo) según lo reportado para las mediciones de abundancia y biomasa. En términos de diversidad no se presentaron mayores diferencias y el comportamiento de la edafofauna sigue una misma tendencia.

<sup>162</sup> BEGON, HARPER y TOWNSEND. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Barcelona. Ediciones Omega, S.A., 1995. 886 p.

El índice de diversidad más alto en términos de riqueza (Índice de Shannon) se presentó en la estación de 3800 m.s.n.m. (Tabla 16), lo que muestra una estructura heterogénea de su comunidad y refleja una alta variedad taxonómica caracterizada por 33 familias, representadas principalmente por Ocnodrilidae, Glossoscolecidae, Staphylinidae, Chelodesmidae, Cryptopidae, Carabidae y Pseudococcidae, entre las que se distribuye el 57% de la población total para esta zona; mientras que la menor diversidad (Índice de Shannon) se presentó en la estación de 3200 m.s.n.m., (Tabla 16) que a pesar de ostentar una riqueza taxonómica de 32 familias (casi igual que en 3800 m.s.n.m.), su mayor población se concentra en unas pocas como son Curculionidae, Glossoscolecidae y Ocnodrilidae, que representan 59% de la población total colectada para esta altura; este gran porcentaje indica que las familias en mención son notoriamente dominantes contribuyendo así a disminuir la uniformidad de la comunidad y mostrando una estructura homogénea de la misma. (Tabla 6)

La diversidad medida según la época de muestreo, no muestra diferencias; siendo este comportamiento en parte esperado, ya que las condiciones macroclimáticas no ejercen un efecto directo sobre este tipo de fauna como si lo hacen con la semiedáfica; el suelo para este caso se constituyen un refugio y medio de protección para los organismos que alberga. (Tabla 16)

En términos generales la diversidad se ve afectada principalmente por el grado de intervención antrópica del que son víctimas sus suelos, y sus variaciones responden al cambio en la disponibilidad de recursos producto de esta alteración.

Se midió también la diversidad de la fauna euedáfica con respecto a las profundidades del suelo, encontrándose una tendencia muy definida independiente de las condiciones macroclimáticas de las zonas de muestreo. Se halló que en la mayoría de los casos, la diversidad en términos de riqueza (Índice de Shannon) es más alta en la superficie del suelo o en el mantillo y disminuye progresivamente conforme aumenta la profundidad (Tabla 17). Así se reporta la menor diversidad en la sección más profunda del suelo correspondiente a la comprendida entre los 10 y 15 cm., de profundidad.

Como una explicación a lo anterior Trueba <sup>163</sup>, expresa que aunque la capa de hojarasca y su región adyacente se encuentra expuesta a las oscilaciones microclimáticas, a la acción de viento, y al arrastre por el agua; el número de nichos en ésta sección se incrementa con la presencia de mantillo y esto implica un aumento de la heterogeneidad del hábitat; por lo tanto la multiplicidad en la formación de nichos está directamente relacionada con el aumento de su diversidad; condición que se cumple para el presente estudio con la diversidad

---

<sup>163</sup> TRUEBA, Dania Prieto, *Et al* Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México. *Biología Tropical* . 43(3); 1999. p 489-492.



más alta en la superficie del suelo. Por otro lado Palanca<sup>164</sup>, da sustento a estos resultados al decir que la vegetación viva o en descomposición ofrece un hábitat con condiciones ideales de temperatura y humedad, las que son más favorables que las del ambiente en general; de ahí el por qué de la existencia de grupos tan variados que ocupan el mismo sustrato superficial.

Tabla 17. Índices de diversidad para la edafofauna del Santuario de Flora y Fauna Galeras, según la profundidad del muestreo.

PROFUNDIDAD cm.	ALTURA m.s.n.m.	Época seca		Época lluviosa	
		Shannon	Simpson	Shannon	Simpson
0-0	3200	2,39861	0,08638	1,91722	0,14211
	3500	2,61784	0,10799	2,01764	0,23306
	3800	2,73963	0,06648	2,92032	0,05406
0-5	3200	1,86698	0,23867	2,24137	0,12507
	3500	2,08688	0,16678	2,2654	0,15917
	3800	2,25124	0,11829	2,41537	0,1085
5-10	3200	1,69228	0,24363	2,00634	0,15075
	3500	0,755	0,6044	1,9774	0,15077
	3800	2,35323	0,12022	2,1716	0,1705
10-15	3200	0,96435	0,46175	1,6045	0,22479
	3500	1,72019	0,10909	2,02533	0,04444
	3800	1,70713	0,17544	1,46599	0,25263

En términos generales se ha reportado una alta diversidad de fauna edáfica para la zona de estudio; situación que según Amat, tiene su explicación ya que “los trópicos de alta montaña se caracterizan por presentar una heterogeneidad espacial de dos tipos: heterogeneidad Macroespacial (definidas por diferencias en el relieve) y Microespacial”<sup>165</sup>; siendo entonces la zona estudiada un ecosistema típico de alta montaña es claro que esta última clase de heterogeneidad es la que más influye sobre la composición de las comunidades evaluadas, ya que esta zona cuenta con diversas formas de expresión adaptativa para sus biotipos, con una singular conformación arquitectural de la vegetación, con la influencia de procesos globales y también de factores de origen antrópico que generan alteraciones en la conformación primaria de la vegetación; todas estas condiciones aseguran la variabilidad y diversidad de las comunidades.

Tanto para la actividad superficial como para la distribución vertical de la fauna edáfica, la mayor diversidad en términos de riqueza (Índice de Shannon) se presentó en la estación menos intervenida correspondiente a la altura de 3800

<sup>164</sup> PALANCA, A. Ambientes extremos: Rev. Fenol. Anat (<http://anatolab.uvigo.es./VFABRE/EXTREMOS/ambpir/suelo.htm>). Vol.1. 1998

<sup>165</sup> AMAT, G. German . ét ál. Caracterización de microhabitats de la artropofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. En: Caldasia. Vol 16, No 79; Diciembre 1991. p 539.

m.s.n.m., lo que se debe en gran medida a la diversidad de nichos presentes en los diferentes biotipos de vegetación que ofrece esta zona en contraste con las otras alturas muestreadas. Resultados similares se han reportado por Chamorro<sup>166</sup>, para estudios realizados en los páramos que circundan a la ciudad de Bogotá, reportando que la comunidad de macro y meso organismos que habitan tanto en los horizontes orgánicos como minerales del suelo, en estado no intervenido o natural, presenta una mejor estructura espacial, caracterizada por una buena dispersión y continuidad, tanto vertical como horizontal, albergando la más alta diversidad en correlación con los factores ambientales de cada ecosistema.

Siendo la estación de 3800 m.s.n.m., la que presentó mayor diversidad, podría decirse que de las zonas muestreadas es la que ofrece mayor cantidad de micro y macrohábitats muy complejos, y muy cambiantes lo cual según Bonilla<sup>167</sup>, permite la coexistencia de una gran variedad de animales con mínima competencia entre sí.

Consecuente con lo anterior, es de esperarse que la estación de 3200 m.s.n.m., sea la que menos disponibilidad de nichos ofrezca a su comunidad edafofaunística, ya que su suelo es víctima de alteración antrópica que ha modificado enormemente la estructura natural de sus comunidades; y como lo afirma Marin<sup>168</sup>, al cambiar el uso del suelo implementando diferentes prácticas de manejo se logra alterar las condiciones de la fauna edáfica, manifestándose en la eliminación o reducción de la diversidad de sus especies.

Es así como la estructura de las comunidades alberga dos situaciones simultáneas, la abundancia de algunos de sus organismos y la reducción en la densidad de otros; esto se debe a la competencia por los recursos, ya que los más dominantes limitan el acceso a los recursos para el resto; en este orden de ideas, los resultados reportados para el caso de la edafofauna revelan que hay sitios específicos donde la competencia por los recursos se torna evidente, gracias a la medición de índices de diversidad (Shannon y Simpson), cuyos valores revelan que existe una tendencia en las poblaciones a organizarse de tal forma que la estructura de sus comunidades se torne: heterogénea cuando las especies se distribuyen uniformemente entre las familias reportadas, u homogénea cuando existe agregación de los individuos en un grupo reducido de familias dominantes. En términos generales la mayor competencia por los recursos se lleva a cabo en la estación ecológicamente más intervenida y degradada, condición que de por sí

---

<sup>166</sup> CHAMORRO, B. Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogotá. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. XIX, No 1; 1989. p 61.

<sup>167</sup> BONILLA, Carmen. Efecto de los animales sobre el suelo. Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Vol 8; diciembre 2000. p 22-45.

<sup>168</sup> MARIN P. Elida. Et al.2001. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. En: revista de suelos ecuatoriales. Volumen 31-2. Comisión IV- Biológica. Diciembre 2001. p 234.

limita el reducido nivel de oferta en los recursos, tornándose preocupante dada su excesiva demanda.

Es importante aclarar que los resultados expuestos en razón de la abundancia, biomasa y especialmente en diversidad, son muy puntuales y específicos del espacio y el tiempo de muestreo, dado que los ecosistemas estudiados no escapan al principio de cambio, renovación y reestructuración típicos de cualquier sistema natural, donde la sola existencia de un organismo en un ambiente hace que automáticamente éste se diversifique para el resto de los organismos. De esta forma si se frena los procesos de alteración antrópica sobre el ecosistema paramuno, se garantiza la diversidad biológica que de forma natural el ecosistema es capaz de mantener.

4.1.4. ¿Cómo definen cuan similares son sus hábitats?: Similitud y disimilitud de fauna edáfica como un indicador de importancia ecológica. La similitud es una característica de la estructura de las comunidades, que trata de explicar la “Beta Diversidad” o también llamada diversidad Intercomunitaria, asumiendo cada altura como una comunidad definida y cada época climática como parte de la delimitación específica para cada comunidad. Esto con el fin de responder las expectativas planteadas por la investigación, de tal manera que se pueda caracterizar a las comunidades de fauna edáfica dentro del contexto en el cual se desarrollan, -un innegable proceso de alteración degradativa-, producto de la intervención antrópica; cuya influencia en el ecosistema es predeciblemente adversa, esperando que la composición de las especies a través de éste gradiente ambiental (las alturas evaluadas) tome un rumbo definido digno de considerar y profundizar.

4.1.4.1. Similitud de la fauna edáfica en la actividad superficial. La medida de la diversidad intracomunitaria expresada en relaciones de similitud para la fauna semiedáfica, pone de manifiesto que las estaciones más similares entre sí son 3500 m.s.n.m. y 3800 m.s.n.m., al reportar los valores más altos en los índices de Sorenson Cuantitativo (Tabla 18)

Tabla 18. Índices de Similitud para la Actividad Superficial de la Edafofauna

Muestra	No. Flias	No. Ind	M.Comparada	Flias Comun	Sorenson C.
3200	59	2154	3200/3800	38	0.672
3500	59	2424	3200/3500	42	0.527
3800	57	2234	3500/3800	42	0.669

Los resultados muestran que entre estas dos estaciones las comunidades semiedáficas comparten mayores características estructurales al participar de un gran número de familias comunes entre sí, que además cuentan con una abundancia representativa.

Las estaciones de 3500 m.s.n.m. y 3800 m.s.n.m., en conjunto tienen 116 familias, 42 de ellas son comunes para la asociación 3500/3800, de las cuales 36 se encuentran también en la estación de 3200 m.s.n.m., 2 familias (Cybaenidae y Díptera 3) a pesar de registrarse en las tres zonas, podría decirse que son muy representativas de la asociación comunitaria 3500/3800 por su gran abundancia, finalmente, existen 4 familias (Bruchidae, Pholcidae, Posiblemente Platygastriidae y Pselaphidae) que son prácticamente exclusivas de 3500/3800 por estar completamente ausentes en 3200 m.s.n.m.

Entre tanto que las estaciones 3200 y 3800 m.s.n.m., según los índices de Sorenson Cuantitativo, son las zonas con mayor disimilitud al reportar el menor número de familias comunes entre sí. Los resultados muestran que comparten un número de 38 familias, sin que exista una sola que sea exclusiva para esta asociación, por que las 38 familias en su totalidad se encuentran también en la estación de 3800 m.s.n.m. Haciendo un compendio de lo anterior podría decirse que la beta diversidad como una medida de relación entre comunidades es mayor entre las estaciones 3200 y 3800 m.s.n.m., mientras que se reduce entre las comunidades de 3500 y 3800 m.s.n.m., ya que entre estas últimas existe una mayor relación de similitud.

Las épocas de sequía y de lluvia no representan mayor influencia sobre las estructuras de las comunidades en términos de similitud, ya que en ambos periodos climáticos las estaciones más similares entre sí son 3500 y 3800 m.s.n.m. Sin alterar el valor definitivo de esta relación es importante señalar que durante la época lluviosa existe un mayor número de familias comunes entre estas dos áreas (34 familias) en comparación con la época seca de muestreo (25 familias), siendo consecuente con lo reportado por los índices de Similitud para cada caso. (Tabla 19)

Tabla 19. Índices de similitud para la actividad superficial de la edafofauna según la época climatológica del año.

Época	Muestra	No. Flias	No. Ind	M.Comparada	Flias Comun	Sorenson C.
Seca	3200	35	1164	3200/3800	16	0.637
	3500	47	1140	3200/3500	23	0.459
	3800	33	970	3500/3800	25	0.538
Lluvia	3200	54	990	3200/3800	34	0.563
	3500	53	1284	3200/3500	36	0.445
	3800	49	1264	3500/3800	34	0.742

4.1.4.2. Similitud de la fauna edáfica en la distribución vertical. La fauna que reside a lo largo del perfil del suelo, presenta una conformación comunitaria en términos de similitud equivalente a la registrada para la fauna superficial; evidenciando que las estaciones más afines entre sí son 3500 y 3800 m.s.n.m., al

reportar los valores más altos en el índice de similaridad aplicado (Tabla 20); para las cuales la mayor afinidad se encuentra entre las comunidades residentes de los 5 primeros centímetros del suelo

Tabla 20. Índices de similitud para la distribución vertical de la edafofauna

Muestra	No. Flias	No. Ind	M.Comparada	Flias Comun	Sorenson C.
3200	32	403	3200/3800	13	0.379
3500	37	366	3200/3500	18	0.364
3800	33	695	3500/3800	23	0.605

De las 70 familias reportadas entre las estación 3500 y 3800 m.s.n.m., la asociación 3500/3800 en particular, ostenta 23 familias en común, de las cuales 11 se encuentran también en la estación de 3200 m.s.n.m., y las 12 familias restantes (Caponiidae, Cryptodesmidae, Cryptopidae, Dipluridae, Labiidae, Lychidae, Paradoxomatidae, Pyrgodesmidae, Tenebrionidae, Posiblemente Chelodesmidae y Posiblemente Geophilidae) son prácticamente exclusivas de 3500/3800 por estar completamente ausentes en 3200 m.s.n.m.

Por otro lado, las estaciones 3200 y 3800 m.s.n.m., son las zonas con mayores diferencias en la estructura de sus comunidades, reportando el menor número de familias comunes entre sí. Los resultados indican que comparten un número de 13 familias, con la presencia de una sola (Tipulidae) exclusiva para esta asociación al no reportarse en la estación de 3800 m.s.n.m.

Extractando los resultados obtenidos, podría decirse que la diversidad intercomunitaria (beta diversidad) más considerable se presentó entre las estaciones de 3200 y 3800 m.s.n.m., en tanto que dicha diversidad fue baja para las estaciones de 3500 y 3800 m.s.n.m., por el hecho de presentar un alto grado de similitud entre sí.

Las características macroclimáticas no condicionan directamente la estructura de las comunidades euedáficas en términos de similitud, ya que el comportamiento de la diversidad intercomunitaria conservó la misma trayectoria a lo largo de todo el periodo de muestreo. Similar a lo reportado para la actividad superficial de la fauna, existe una variación en los valores de similitud con una tendencia a incrementar el número de familias comunes para la asociación de 3500/3800 al transcurrir de la estación seca a la lluviosa. (Tabla 21)

Tabla 21. Índices de similitud para la distribución vertical de la edafofauna según la época climatológica del año.

Época	Muestra	No. Flias	No. Ind	M.Comparada	Flias Comu	Sorenson C.
Seca	3200	24	193	3200/3800	10	0.249
	3500	28	170	3200/3500	13	0.303
	3800	25	280	3500/3800	15	0.514
Lluviosa	3200	24	210	3200/3800	11	0.404
	3500	28	208	3200/3500	13	0.373
	3800	29	414	3500/3800	20	0.534

Tanto para la actividad superficial como para la distribución vertical de la fauna edáfica, la similitud existente entre las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m., tiene sentido ya que son dos zonas con características ecológicas similares en cuanto a la estructura de su vegetación, y por ende a la variedad de recursos disponibles para la fauna residente en ellas; además son sitios sin evidencia directa de intervención antrópica (contrario a 3200 m.s.n.m.), lo que garantiza un equilibrio ecológico y por tanto una estabilidad en la conformación arquitectónica de sus comunidades; al ser similares estas dos alturas y no encontrarse entre ellas una condición contrastante que limite o ponga freno a la distribución de las poblaciones, se posibilita la ampliación de su espectro de dispersión y por tanto es más factible que entre ellas se comparta un mayor número de grupos taxonómicos.

Los valores más bajos de similitud para las dos técnicas de muestro se presentaron entre las alturas de 3200 y 3800 m.s.n.m., debido al marcado contraste entre las condiciones ecológicas de cada zona, siendo que 3800 m.s.n.m. representa una zona naturalmente intacta y mejor conservada, en contraste con la altura 3200 m.s.n.m., que se caracteriza por encontrarse en un estado preocupante de intervención, debido a que no conserva su estructura vegetal inicial ni mucho menos la totalidad de la composición biológica que en ella residía. En este caso la intervención antrópica se ha convertido en el factor limitante de la distribución normal y abundancia de las poblaciones.

Quizá para éste caso de intervención antrópica en la altura 3200 m.s.n.m., las condiciones que afectan la abundancia y distribución de las especies no llegan a representar circunstancias ambientales letales (ya que los cambios que se experimenta son paulatinos), mas bien representan condiciones subóptimas que según Begon, et al., “son las que provocan una reducción del crecimiento, de la reproducción o un aumento en las probabilidades de mortalidad, actuando indirectamente sobre las especies en sí y directamente sobre sus interacciones biológicas”<sup>169</sup>. Para el presente estudio, la intervención y degradación del ambiente paramuno al ser de tipo subóptimo estaría limitando la calidad o

<sup>169</sup> BEGON, HARPER y TOWNSEND. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Barcelona. Ediciones Omega, S.A., 1995. 886p.

presencia del alimento que consumen sus poblaciones, afectando su desempeño ideal al convertirlas en competidores menos eficaces creando así condiciones nuevas de adaptación y por tanto una modificación evidentemente de la estructura (abundancia y distribución) de sus comunidades.

La altura de 3500 m.s.n.m., es una zona de ubicación espacial intermedia que a pesar de no presentar signos visibles de intervención y degradación, por su relativa cercanía a ambas alturas (3200 y 3800 m.s.n.m.) es en términos de similitud la que mejor comparte la estructura poblacional de las dos áreas; según Begon et al<sup>170</sup>, esto se explica cuando postula que hacia los límites del área de distribución de una especie, ésta ocupa manchas en las que las condiciones son muy parecidas a las que reinan en el área de distribución. Para este caso pueden existir poblaciones propias de cada altura (3200 y 3800 m.s.n.m.) que se hayan establecido fuera de los límites de su distribución (en la altura 3500 m.s.n.m.) formando los llamados parches o manchas de dispersión que lograron ser interceptados por los muestreos.

Para terminar este capítulo, luego de una descripción detallada del comportamiento y dinámica de la fauna del suelo, se concluye que la edafofauna es un componente biológico de trascendental importancia para la comprensión integral del sistema edáfico, cualquiera que sea su potencial de uso. Además, cumple con todos los requisitos necesarios para ser un indicador ecológico de calidad, según lo manifestado por Doran et al<sup>171</sup>. Así la edafofauna en su abundancia, biomasa y diversidad, mostró una respuesta exacta a la perturbación, cumple con funciones específicas en el ecosistema que habita, es de fácil acceso, presenta distribución universal y manifiesta una especificidad individual a los modelos temporales o espaciales en el ambiente. Todas estas condiciones que las cumple en términos globales, es muy posible que también las cumpla a nivel particular en algunas de sus poblaciones, para lo cual el presente estudio arroja alguna información. Más aun es necesario llevar a cabo estudios detallados de la ecofisiología de grupos taxonómicos específicos, de tal manera que sea posible aproximarse a la definición exacta de comunidades o poblaciones indicadoras de calidad de suelo.

---

<sup>170</sup> BEGON, HARPER y TOWNSEND. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1995. 886p

<sup>171</sup> Doran, J. W. and Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI: 1994.

## 4.2. MICRO-INQUILINOS DEL SUELO Y SU AMBIENTE: DINÁMICA DEL COMPONENTE BIOORGÁNICO DEL SUELO

Resulta muy difícil poder predecir a simple vista, el incalculable valor que tienen estos pequeños residentes del suelo. Su desempeño es tan significativo y a la vez tan básico que puede resumirse en una frase “los microorganismos garantizan la continuidad de la vida”. El suelo entonces guarda un verdadero tesoro, el suelo da hospedaje a unos pequeños inquilinos que invierten su vida y ponen a sus múltiples generaciones al servicio de la humanidad; son los recicladores por excelencia que procesan toda la basura (plantas y animales muertos) y hacen posible que el mundo permanezca sano y limpio.

Por ello, los hemos bautizado como “los héroes anónimos de la vida” su discreta misión es *Desintegrar la complejidad inservible que enferma y transformarla en cápsulas mágicas tan simples que la vida puede servirse de ellas nuevamente y así garantizar su evolución.*

4.2.1. ¿Cuánto material biológico aportan?: Biomasa microbial del suelo. Tan trascendente función merece a unos protagonistas igualmente excepcionales, que su insignificante tamaño lo han sabido compensar muy bien con su capacidad prolífica convirtiéndose así en los seres más abundantes sobre la faz de la tierra.

Con un acercamiento a la importancia ecológica de los microorganismos, más las apreciaciones de Primavesi<sup>172</sup>, que revelan la gran significancia de este grupo en el suelo, especificando que son capaces de poblar con 100 a 200 millones de sus individuos lo equivalente a una cucharadita de suelo, y que además se logran reproducir exorbitantemente con un promedio de 12 a 48 generaciones por día, (lo mismo que al hombre le llevaría de 3 a 12 siglos); con cifras tan impresionantes, y con tan eminente labor, era fácil dejarse deslumbrar por el mundo microscópico del suelo; por ello la medición de la biomasa microbial como componente biológico del suelo no podía faltar de este estudio.

La cuantificación de biomasa microbial en forma de carbono orgánico tiene particular importancia ya que logra describir directamente el metabolismo del suelo, debido a que todo material orgánico que llega a él, debe pasar necesariamente por la biomasa microbial si desea entrar al ciclo de nutrientes. El comportamiento de la biomasa microbial en el caso específico del estudio se presenta a continuación.

Según el análisis de varianza, el carbono de la biomasa microbial (CBM) presenta diferencias estadísticas significativas en función de la altitud, no así para las profundidades evaluadas (Anexo H).

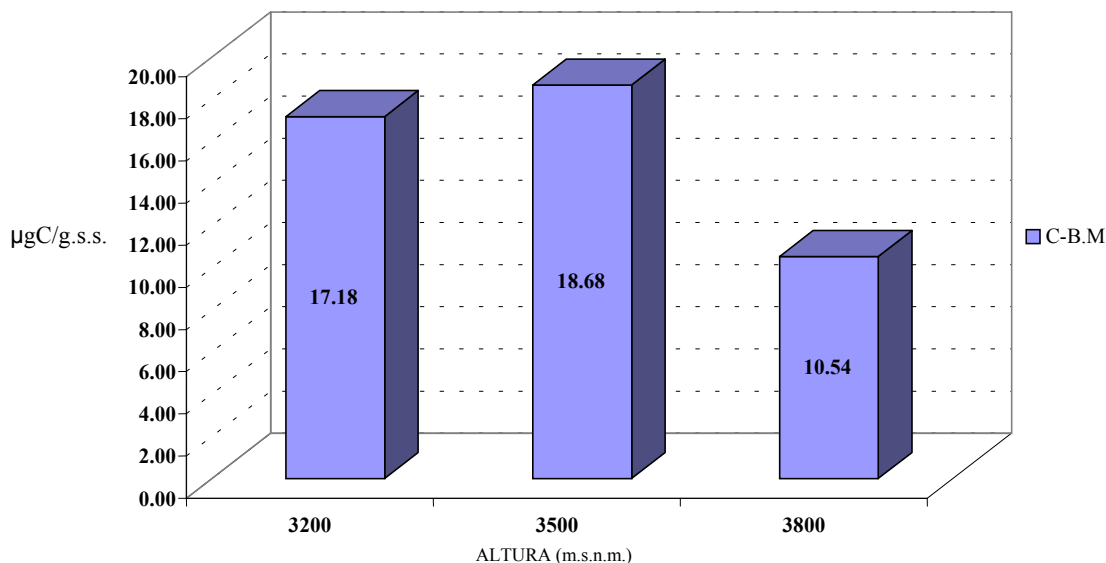
---

<sup>172</sup>PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo. Quinta edición. Buenos Aires Argentina. Editorial El Ateneo. 1982. 146 p.



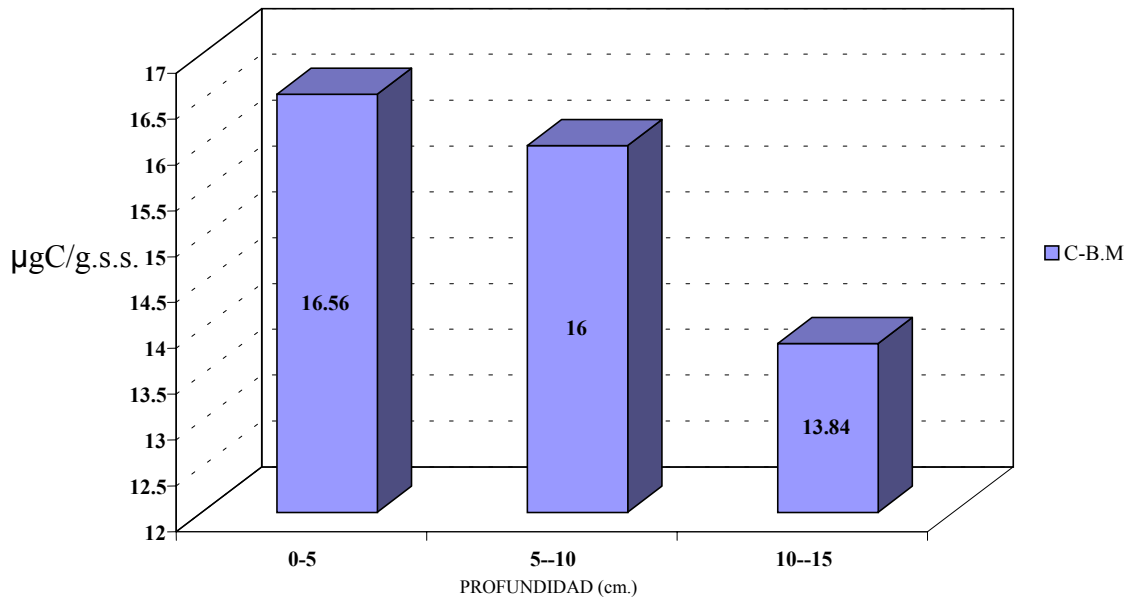
La prueba de comparación de medias, DMS (95% de confiabilidad) indica que no se registraron diferencias significativas entre las alturas 3500 y 3200 m.s.n.m., mostrando los mayores valores de C-BM con un promedio de 18.68 y 17.18  $\mu\text{gC/g}$  s.s., respectivamente. La cota de 3800 m.s.n.m., presentó el promedio más bajo con un valor de 10.543  $\mu\text{gC/g}$  s.s. (Figura 61. Anexo G)

Figura 61. Carbono biomasa microbial (C.B.M.) por alturas



Para las profundidades, el mayor valor de CBM se presentó en la región más superficial del suelo (profundidad 0-5 cm.) con un promedio de 16.565  $\mu\text{gC/g}$ , en comparación con la profundidad 5-10 cm. que presenta un promedio de 16.00  $\mu\text{gC/g}$ , seguida de de la profundidad 10-15 cm. que registró los promedios más bajos de CBM, reportando un valor de 13.84  $\mu\text{gC/g}$ . Cabe anotar que estadísticamente estos valores en el ámbito de profundidades no presentaron diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba DMS (Figura 62. Anexo J)

Figura 62. Carbono biomasa microbial (C.B.M) por profundidades



Los valores más altos y más bajos de CBM coinciden con los valores más altos y más bajos reportados para materia orgánica tanto a nivel de alturas como de profundidades (Anexo K y L). Se considera que esto se debe a que la biomasa microbiana depende de la disponibilidad de carbono fácilmente accesible que lo utiliza como fuente de energía (materia orgánica). Al respecto, Parton et al.<sup>173</sup>, mencionan que la dinámica de la biomasa microbial está estrechamente relacionada con la materia orgánica del suelo en cualquier ecosistema natural o manipulado por el hombre, ya que todo el material orgánico que entra al suelo debe pasar por la biomasa microbiana, que lo utiliza como fuente de energía. La distribución superficial de los microorganismos (profundidad 0-5 cm) también se debe a que en la superficie del suelo como lo indica Adsil y Fitz<sup>174</sup> es donde se concentra la mayor cantidad de alimento disponible y las mejores condiciones de aireación, situación importante, considerando que la mayoría de los microorganismos que habitan el suelo necesitan de un medio aeróbico para vivir y cumplir con sus funciones.

Además de la materia orgánica, la baja temperatura y el pH ácido (4.5), pudieron ser algunos de los factores que condicionaron el bajo contenido del CBM para la altura 3800 m.s.n.m., ya que como lo afirma Burbano<sup>175</sup> la actividad microbial es un factor que influye directamente sobre el metabolismo de los suelos y varios

<sup>173</sup> PARTON et, al., citado por CORAL, D et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Pasto. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI). 2003.

<sup>174</sup> ADSIL, Ewart Fitz Patrick. Introducción a la ciencia de los suelos, Primera Edición. México. Editorial Trillas. 1996.

<sup>175</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. pasto Colombia. Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS,. Marzo de 1989. p 243.

estudios demuestran que dicho metabolismo disminuye con una menor temperatura y con el aumento de la acidez en el suelo. (Anexo K)

El CBM es un parámetro que cobra real validez a la hora de caracterizar y tratar al suelo, sobretodo si se logra entender su importante papel de desempeño en el escenario edáfico tanto en su condición singular como en su causalidad relacional con respecto a los componentes biológicos, físicos y químicos del suelo; es por ello que Powlson<sup>176</sup> consideran que la cuantificación de la biomasa microbial en forma de carbono microbiano indica los cambios en la materia orgánica del suelo como consecuencia del manejo y el uso del mismo, ya que responde y refleja de manera más rápida a dichas modificaciones en comparación con otros parámetros físicoquímicos; por tanto su medida sirve como indicador ecológico. Esta conclusión es consecuente con las condiciones que Doran et al.,<sup>177</sup> consideran se deben cumplir para poder catalogar a un indicador ecológico de calidad. En este sentido, la biomasa microbial muestra una respuesta exacta a la perturbación, desempeña una función específica en el ecosistema que habita, es de fácil acceso, presenta distribución universal y manifiesta una especificidad individual a los modelos temporales o espaciales en el ambiente. En definitiva la biomasa microbial debe tenerse en cuenta para constituirse en un bioindicador de calidad de suelo.

4.2.2. ¿Qué tan eficiente es su trabajo?: Respiración microbial del suelo. No es suficiente un gran número de microorganismos en el suelo para garantizar la eficacia en los procesos de degradación de la materia orgánica. Es estrictamente necesario que dichos organismos sean activos y trabajen eficientemente. Una medida cuantitativa de ello es la producción de CO<sub>2</sub> como indicador de la tasa de respiración, siendo ésta un producto del metabolismo microbial, se constituye en una medida de la cantidad de material que los microorganismos son capaces de degradar y en consecuencia habla de la capacidad de mineralización del suelo. Es por todo ello que se hace necesario saber si la microbiota del suelo se encuentra activa y además cumple con los niveles de descomposición que garanticen una estabilidad en los ciclos biogeoquímicos del suelo.

La respiración microbial además de ser uno de los parámetros más integradores que existen en el suelo, es una medida de la actividad de los microorganismos que permite conocer la cantidad de materia orgánica que entra al sistema, el flujo de energía y la velocidad de los procesos de mineralización e inmovilización; por ello se hizo necesaria su medición en el presente estudio, donde presentó un comportamiento específico descrito a continuación.

---

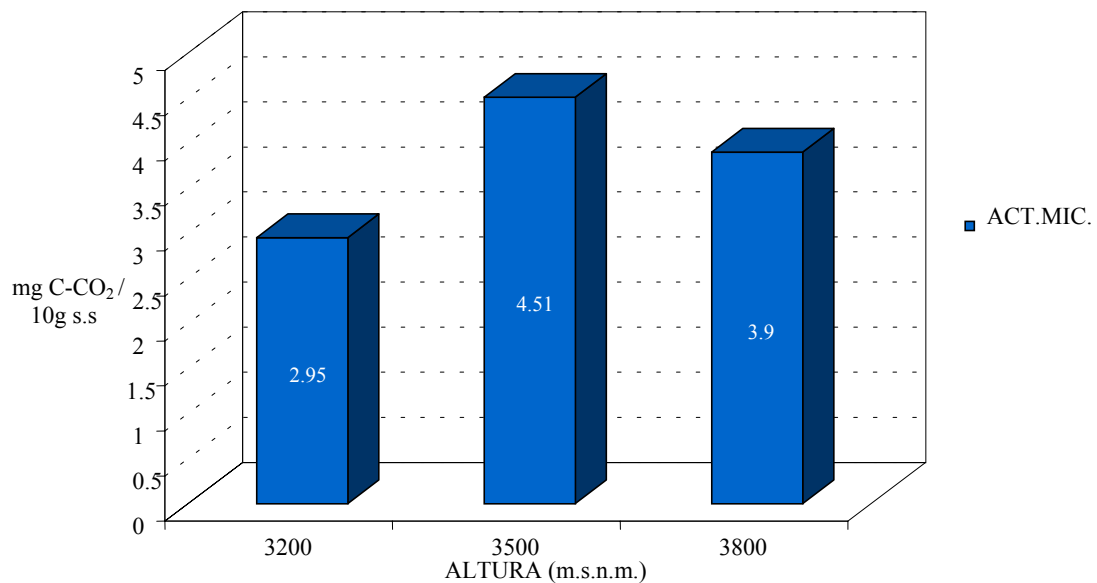
<sup>176</sup> POLWSON. Citado por CORAL, D, et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) Pasto: 2003.

<sup>177</sup> Doran, J. W. and Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI: 1994. p 75.

El análisis estadístico aplicado muestra que la tasa de respiración presenta diferencias estadísticas con respecto a la altitud y a la profundidad, con una probabilidad del 99%; sin embargo en la interacción entre estas dos variables no se observa diferencias (Anexo H)

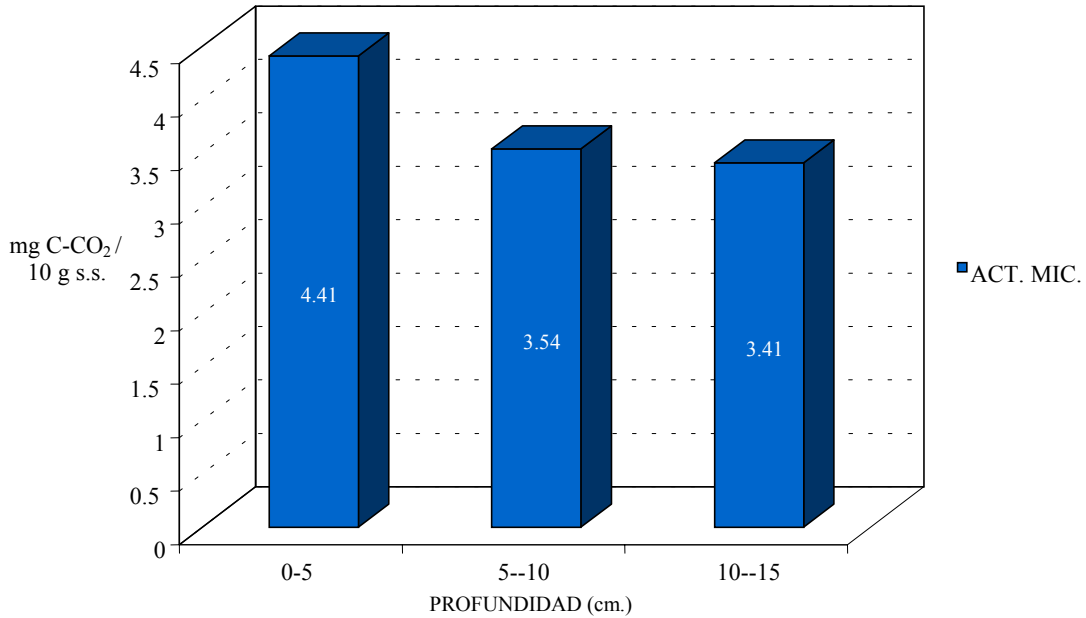
Aplicando la prueba de significancia DSM con un 95% de confiabilidad, se deduce que la altura de 3500 m.s.n.m. es la que presenta mayor tasa de Respiración, con un promedio de 4.51 mg C-CO<sub>2</sub>/10g s.s. seguido de 3800 m.s.n.m., con un valor de 3.9 mg C-CO<sub>2</sub>/10g s.s., y el menor valor lo reportó 3200 m.s.n.m., con 2.95 mg C-CO<sub>2</sub>/10g s.s (Figura 63. Anexo G.

Figura 63. Actividad microbial por alturas



Teniendo en cuenta la profundidad, en 0-5 cm., se registra el mayor valor en la tasa de respiración con un promedio 4.41 mg. C-CO<sub>2</sub>/10g s.s., mientras que en las profundidades 5-10 cm. y 10-15 cm., no se presentan diferencias estadísticas significativas, arrojando valores de 3.54 y 3.41mg C-CO<sub>2</sub>/10g s.s., respectivamente (Figura 64. Anexo J)

Figura 64. Actividad microbial por profundidades.



Las alturas de 3500 y 3800 m.s.n.m., son zonas naturales que no evidencian intervención antrópica, siendo aquí donde se reportan los valores más altos en la tasa de respiración de los microorganismos. Según Amézquita<sup>178</sup>, este es comportamiento coherente si se tiene en cuenta que la cobertura protectora vegetal crea un ambiente favorable, al mejorar la cantidad de agua almacenada, la temperatura y la aireación, entre otros factores, los cuales hacen que se desarrolle un microambiente especialmente apto para los microorganismos; coincidiendo así con los valores más altos de necromasa registrados para las alturas 3800 y 3500 m.s.n.m. (115.39gps/0.0625m<sup>-2</sup> y 85.23gps/0.0625m<sup>-2</sup>, respectivamente en comparación con 47.62gps/0.0625m<sup>-2</sup> para la altura de 3200 m.s.n.m.).

El valor más alto en la tasa de respiración para la altura de 3500 m.s.n.m., se debe a que en esta zona se presentaron igualmente los valores más altos de CBM (con un promedio de 18.68UFC) (Anexo G) siendo consecuente con el comportamiento natural de estas variables, ya que según Agudelo y Barrientos<sup>179</sup> los gases que conforman la atmósfera del suelo son resultado de la acción biológica que sostiene el mismo. Por lo tanto es de esperarse que los niveles de CO<sub>2</sub> estén relacionados con la cantidad de microorganismos presentes en él, ya que aquel se produce como consecuencia principalmente de la respiración microbiana, y en

<sup>178</sup> AMEZQUITA, citado por CORAL, D et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) Pasto: 2003.

<sup>179</sup> AGUDELO, Carlos Guillermo y BARRIENTOS, Eliana María. Respirimetría: un enfoque desde la ingeniería ecológica. Facultad Nacional de Minas. Universidad Nacional de Medellín, 1999. p 61.

menor proporción de la respiración de raíces, respiración de la fauna y otros procesos no biológicos como la oxidación química.

Por otro lado, la mayor actividad microbiana de la altura 3500 m.s.n.m., confirma lo manifestado por Orozco y Gómez<sup>180</sup>, al decir que en los ambientes naturales no disturbados, se encuentra una población microbiana que para nuestro caso se compone principalmente de hongos (debido a las condiciones ambientales específicas de la zona estudiada) que permiten restablecer un nuevo ecosistema estable y sustentable.

La actividad de los microorganismos está relacionada con la profundidad de muestreo, mostrando su mayor dinamismo en los primeros centímetros del suelo (Figura 64. Anexo J), siendo consecuente con lo declarado por Amézquita<sup>181</sup>, quien manifiesta que en los primeros 75 mm de no - labranza en el suelo existe un mayor número y diversidad de microorganismos (especialmente desnitrificantes) que bajo labranza convencional, lo cual favorece la actividad microbiana, siendo ésta mayor, cuando hay disponibilidad de carbono fácilmente accesible que es utilizado como fuente de energía. Romera<sup>182</sup>, sostiene este concepto y afirma que la formación de humus se realiza con mayor velocidad en la superficie del suelo y disminuye conforme aumenta la profundidad debido a que la superficie del suelo se encuentra mejor aireada y los microorganismos prefieren este sustrato debido a que el oxígeno favorece su metabolismo. Es por esto que las tasas de respiración microbiana disminuyen conforme aumenta la profundidad del suelo al igual que los contenidos de la materia orgánica y la biomasa microbiana reportados para este estudio. (Anexos J y L)

La actividad microbiana del suelo medida en la tasa de respiración se encuentra relacionada estadísticamente con humedad gravimétrica ( $r^2 = 0,61$ ) (Anexo R).

Esta relación se justifica con lo expuesto por Burges y Raw<sup>183</sup> cuando afirman que la humedad estimula la actividad microbiana del suelo, y en consecuencia la concentración de CO<sub>2</sub> puede elevarse hasta un 3 ó 4%, e incluso hasta el 10% en periodos relativamente cortos; algo similar manifiesta Burbano<sup>184</sup>, señalando que en general, los microorganismos del suelo desarrollan mejor su actividad a tensiones de humedad cercanas a 0.03-3 bares, que en términos porcentuales corresponde a valores que van del 50 al 75%, no obstante estas cifras se deben calcular como muy particulares. Por otro lado, las tasas de CO<sub>2</sub> en el suelo

---

<sup>180</sup> OROZCO y GÓMEZ, citados por CORAL, D et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de d Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) Pasto: 2003.

<sup>181</sup> AMEZQUITA, citado por CORAL, D et al. Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los Municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de d Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) Pasto: 2003.

<sup>182</sup> ROMERA, P. María. Importancia de la materia Orgánica en la Agricultura ecológica. Capítulo III. [www.infomagro.com](http://www.infomagro.com)

<sup>183</sup> BURGES, Alan y RAW, Frank. Biología del suelo. Barcelona. Ediciones Omega S. A. 1971. P 25.

<sup>184</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989. 115 p.

además de depender del ritmo de producción dado por los microorganismos, también dependen de su facilidad de difusión en cuyo proceso interviene directamente la humedad del suelo ya que según Burges y Raw<sup>185</sup> en el suelo relativamente seco, el CO<sub>2</sub> raramente se encuentra por encima del 1%; sin embargo, cuando el suelo se humedece sus poros quedan llenos de líquido, impidiéndose la difusión de éste hacia la atmósfera y acumulándose como consecuencia al interior del suelo y provocando la disminución de los contenidos de oxígeno. Romera<sup>186</sup>, confirma que la velocidad en la formación de humus se encuentra muy relacionada de forma positiva con los contenidos de humedad en el suelo.

Teniendo en cuenta lo expuesto por Agudelo y Barrientos<sup>187</sup> respecto a que la velocidad de degradación de la materia orgánica se usa comúnmente para indicar el nivel de la actividad microbiana; en el presente estudio dicha actividad presenta un comportamiento particular que es evidente al comparar los valores altos, medios y bajos de la respiración microbial respecto a los contenidos de materia orgánica y de biomasa microbial presentes en cada altura estudiada, así (Anexo G, K)

La altura 3500 m.s.n.m., es la zona donde se presentan los contenidos más altos de materia orgánica en comparación con las otras zonas de muestreo, registra también la mayor cantidad de microorganismos (biomasa microbial) y por tanto es donde la materia orgánica se degrada más rápidamente (respiración microbial). Para esta altura todo tiene un orden y un sentido lógico (Anexo K).

En la altura de 3200 m.s.n.m., la materia orgánica presenta valores medios (Anexo K), la cantidad de microorganismos también es media, esperando que la velocidad de degradación de la materia orgánica guarde la misma proporción (valores medios); sin embargo esto no ocurre, y la velocidad de degradación de la materia orgánica es la más baja; lo que posiblemente se debe a que para esta zona los porcentajes promedio de humedad gravimétrica son los más bajos, al igual que los contenidos de necromasa y hongos microscópicos.

En 3800 m.s.n.m., se encuentran los contenidos más bajos de materia orgánica al igual que la menor cantidad de microorganismos, sin embargo la velocidad de degradación de la materia orgánica no es la más baja presentando valores medios; este comportamiento puede estar relacionado con lo descrito anteriormente mostrando que la biomasa microbial trabaja mejor sobre la materia orgánica existente porque cuenta con unos valores más altos de humedad

---

<sup>185</sup> BURGÉS, Alan y RAW, Frank. Biología del suelo. Barcelona. Ediciones Omega S. A. 1971. P 25.

<sup>186</sup> ROMERA, P. María. Importancia de la materia Orgánica en la Agricultura ecológica. Capítulo III. [www.infomagro.com](http://www.infomagro.com)

<sup>187</sup> AGUDELO, Calos Guillermo; BARRIENTOS, Eliana María. Respiriometría: un enfoque desde la ingeniería ecológica. Facultad Nacional de Minas. Universidad Nacional de Medellín, 1999. 56 p.

gravimétrica, de necromasa y de hongos microscópicos que los registrados para la altura 3200 m.s.n.m. (Anexo G y K).

Lo anterior indica que existen otros factores como la humedad gravimétrica, la necromasa y los hongos, que además de la materia orgánica y la biomasa microbial influyen considerablemente en la velocidad de la degradación de la materia orgánica y condicionan en gran medida el nivel de la actividad microbiana (Anexos G y K).

En el mismo sentido podría decirse que para el caso de las alturas 3200 y 3800 m.s.n.m., la inmovilización de la materia orgánica se favorece cuando los contenidos de necromasa, hongos y humedad gravimétrica son bajos; mientras que los procesos de mineralización se incrementan cuando ocurre lo contrario.

Lo anterior se deriva de un análisis en el sentido de que a 3200 m.s.n.m., en comparación con 3800 m.s.n.m., los microorganismos se multiplican en mayor cantidad (alta biomasa microbial) pero son menos activos por la baja respiración microbial), favoreciendo los procesos de inmovilización, ya que según Burbano<sup>188</sup>, la inmovilización se da cuando las moléculas inorgánicas son asimiladas dentro del citoplasma microbial; En este caso la población microbial gana una sustancia necesaria para su multiplicación, pero al mismo tiempo incrementa la complejidad bioquímica del ecosistema.

Por otro lado en la altura 3800 m.s.n.m., los microorganismos se multiplican menos (baja biomasa microbial) pero son más activos (alta respiración microbial), reduciendo los niveles de inmovilización y en consecuencia favoreciendo los procesos de mineralización debido a que según el mismo autor, la mineralización y la inmovilización son procesos opuestos, que además ocurren simultáneamente.

En términos generales, es de esperarse que las tasas de mineralización de la materia orgánica medida en la producción de CO<sub>2</sub> para la zona de estudio sea baja en comparación con otro tipo de suelos cuya génesis difiera a la de aquellos que son derivados de cenizas volcánicas, como consecuencia de lo reportado por Burbano<sup>189</sup> que recopilando estudios al respecto concluye que la baja mineralización y consecuente acumulación de humus se debe a las bajas temperaturas, ya que los climas fríos disminuyen la duración e intensidad de la actividad biológica; a la acidez de los suelos; pero principalmente a la escasa disponibilidad del carbono-humus para los microorganismos, sin que esto sea consecuencia de la falta de elementos nutricionales para conseguir la plena actividad degradativa de la microflora, sino más bien a la formación de polímeros húmicos de alto peso molecular que al interactuar con los componentes alofánicos

---

<sup>188</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nacional I de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989.79-268p.

<sup>189</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nacional I de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989. p 266.



activos (propios de todos los suelos derivados de cenizas volcánicas) integran complejos humus-alofán de alta resistencia a la biodegradación

Los valores en la tasa de respiración del suelo son inversamente proporcionales con los valores de fósforo reportados para cada altura (Anexo G y K). Situación contraria a la que generalmente se presenta para los suelos derivados de cenizas volcánicas, donde existe una dependencia directa y proporcional en los contenidos de éste nutriente respecto a los niveles respiración microbial; Burbano<sup>190</sup> explica este comportamiento y define que la deficiencia de fósforo es consecuencia de la baja eficiencia de la población microbial edáfica en la mineralización de la materia orgánica para este tipo de suelos. Siendo nuestro caso la excepción a la regla, el mismo autor explica que no obstante al comportamiento común anteriormente descrito, existen casos en que la concentración de éste elemento en el suelo (altos valores de fósforo para 3200 m.s.n.m. y bajos para 3800 m.s.n.m.) puede ser un factor limitante para el crecimiento microbiano limitando la tasa de mineralización de la materia orgánica (baja actividad microbial en 3200 m.s.n.m. y alta para 3800 m.s.n.m.).

Primero, los climas fríos disminuyen la duración e intensidad de la actividad biológica. Segundo, hay datos que indican que en los Andosoles el fósforo aprovechable es un factor que limita la tasa de mineralización de la materia orgánica. Tercero, se ha conceptualizado la materia orgánica humificada, por efecto de la adsorción sobre los productos alofáticos, puede ser protegida contra la degradación microbial. Estos tres factores parecen obrar efectivamente en este sentido, aunque con diferente importancia o participación relativa.

Para concluir este capítulo, y después de haber brindado un análisis acerca de la dinámica a nivel particular y relacional de la respiración microbial en los suelos estudiados; se puede definir que ésta es una opción a indicador ecológico de calidad, ya que según las condiciones planteadas por Doran et al.<sup>191</sup>, respecto a las características de todo indicador, la respiración microbial cumple con los requisitos para considerarse como tal. Mostró una respuesta exacta a la perturbación, su producción logra integrar procesos y propiedades específicas del ecosistema; su medición es plenamente accesible, es universal y está en la capacidad de mostrar una especificidad individual ante los modelos temporales o espaciales en el ambiente. Lo anterior alcanzaría mayor aceptación si se desarrollaran otros estudios detallados al respecto. Por todo ello, la respiración microbial debe tenerse en cuenta para estudios sistémicos dirigidos al manejo de suelos por considerarse un indicador potencial de su calidad ecológica.

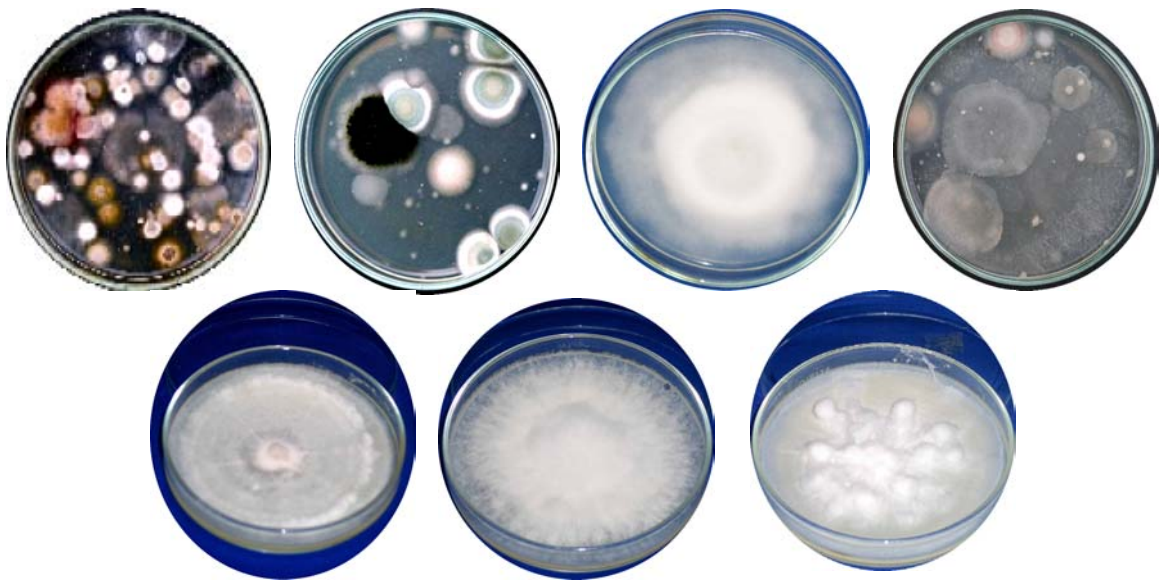
---

<sup>190</sup>Ibid., p 248-249

<sup>191</sup> Doran, J. W. and Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI. HI: 1994. p 9.

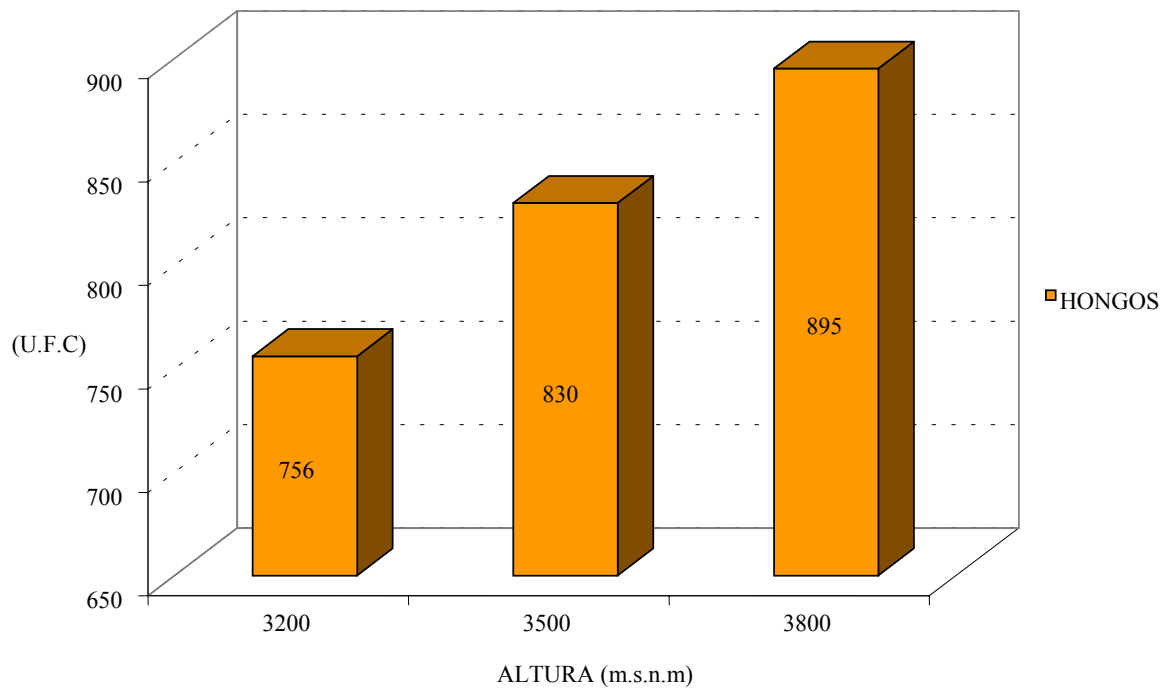
4.2.3. Una comunidad particular de micro-inquilinos: hongos microscópicos del suelo. Los hongos microscópicos del suelo, son un grupo de microorganismos descomponedores que aprovechan la energía de la necromasa para luego de una acción biológica y química llevar el producto a compuestos intermedios y finalmente a humus. Para el caso particular del estudio, se han llamado “protagonistas degradativos del suelo”. Son los principales descomponedores de la materia orgánica ya que cuentan con una dotación específica que les permite adaptarse a unas condiciones ambientales extremas (como las que caracterizan al suelo evaluado), condiciones que limitan la vida efectiva de otros microorganismos; por tanto se optó por evaluar el número de colonias fungosas en el Santuario de Flora y Fauna Galeras para tener un acercamiento real a los principales responsables y protagonistas de los procesos bioorgánicos del suelo (Figura 65). El comportamiento específico de este grupo de microorganismos se describe a continuación.

Figura 65. Colonias fungosas en suelos del Santuario de Flora y Fauna Galeras



Los hongos microscópicos del suelo fueron más abundantes en la altura 3800 m.s.n.m., con un promedio de 895 UFC, en la altura 3200 m.s.n.m., se reportaron los valores más bajos con un promedio de 756 UFC, y para la altura de 3500 m.s.n.m., se registraron los valores intermedios 830 UFC. Esta información se plantea, no obstante que estadísticamente estos valores no presentaron diferencias según la prueba del Andeva (Figura 66)

Figura 66. Hongos microscópicos por alturas.



El número de colonias fungosas aumenta conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar, así lo confirman los resultados porque las poblaciones más abundantes se registraron en 3800 m.s.n.m., en comparación con las zonas más bajas (3500 y 3200 m.s.n.m.) (Anexo G). Estos resultados coinciden con lo expresado por Burbano<sup>192</sup>, quien considera que los hongos predominan en altitudes por encima de los mil metros, donde la situación puede ser de tal magnitud que la formación de humus se atribuye casi que exclusivamente a la acción de los hongos y de los actinomicetos y casi nunca a las bacterias, ya que estas últimas prefieren los suelos con temperaturas por encima de los 20 grados centígrados.

La cantidad de colonias fungosas para este caso está directamente relacionada con los contenidos de necromasa, siendo una relación coherente si se tiene en cuenta que la necromasa representa su principal fuente energética de nutrición. Burbano<sup>193</sup> justifica lo anterior al manifestar que los hongos participan en la formación de humus a partir de restos orgánicos frescos como resultado de la degradación de residuos animales y vegetales (para el caso necromasa). Por su parte Gómez<sup>194</sup> es consecuente con lo manifestado previamente, por cuanto

<sup>192</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989. p 119-120.

<sup>193</sup> Ibid., p 99.

<sup>194</sup> GÓMEZ, Zambrano Jairo. La materia orgánica en los agroecosistemas. Publicación de CINDEC (consejo de Investigaciones y desarrollo científico) de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira: 2000. p 22.

afirma que los descomponedores, en este caso los hongos, aprovechan la energía de la necromasa para luego de una acción biológica y química llevar el producto a compuestos intermedios y finalmente a humus. Por su parte, Doran<sup>195</sup> establece que además de ser su mayor fuente alimenticia, durante la descomposición de la necromasa, los hongos producen polisacáridos que consolidan los agregados reforzando así la estabilidad del suelo.

El comportamiento de los hongos también está relacionado directa y proporcionalmente con los contenidos de humedad gravimétrica (Anexo K), de ahí que la mayor cantidad de hongos se presenta en la altura que registra los mayores porcentajes de humedad y por consiguiente el menor número de colonias fungosas haya ocurrido en la zona con menor contenido de humedad gravimétrica. Esta situación la explica Burbano<sup>196</sup> al afirmar que un incremento en el estado de humedad del medio, en este caso el suelo, favorece el número de hongos. Los hongos son sensibles a ser considerados indicadores de suelos con saturación hídrica ya que según el mismo autor cuando el suelo se satura la difusión de oxígeno requerido para el metabolismo aeróbico no es la adecuada y los hongos están entre los primeros organismos que sufren las consecuencias.

La mayor abundancia de colonias fungosas en la altura de 3800 m.s.n.m. puede estar relacionada con el hecho de que para esta altura se reportaron los valores más bajos de pH (igual que 3500 m.s.n.m.) (Figura 66. Anexo K), siendo este parámetro un condicionante de la presencia y abundancia de hongos ya que, como lo afirman Brady y Weil<sup>197</sup>, este tipo de microorganismos prefieren habitar suelos ácidos donde las bacterias y los actinomicetos ofrecen una competición débil, y por tanto los convierten en descomponedores importantes de los residuos orgánicos de las tierras ácidas (descomponen el 50% de la materia orgánica en comparación con las bacterias que procesan el 20%) como son los suelos objeto del presente estudio.

Tomando en consideración lo manifestado por Burbano<sup>198</sup> respecto a que la mayoría de los microorganismos del suelo crecen mejor a valores de pH cercanos a 7.0 porque el pH del citoplasma microbioal se aproxima a la neutralidad, y que generalmente las bacterias y actinomicetos son los microorganismos que tienen a su cargo el papel de degradar la materia orgánica, el hecho de encontrar en los suelos estudiados un nivel crítico de pH alrededor de 5.0, por debajo del cual pueden parar su crecimiento; se podría deducir, que los hongos pasan a

---

<sup>195</sup> DORAN, J. W. and Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI: 1994. p 221-227.

<sup>196</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos..Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989. p 119.

<sup>197</sup> BRADY, Nyle y WEIL, Ray. The Nature and Properties of Soil. Eleventh Edition. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458. Printed in the United States of America: 1996. p 346.

<sup>198</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Año Nal de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989- Publicación COLCIENCIAS pasto, Colombia. Marzo de 1989. 121 p.

convertirse en los principales responsables de la degradación de la materia orgánica en los suelos de esta zona, considerando que los promedios de pH más altos son de 4.8 para el caso de los 3200 m.s.n.m. (Figura 66. Anexo K).

En sentido general, Burbano<sup>199</sup> afirma que la cantidad de hongos filamentosos en el suelo varía en relación directa con el contenido de materia orgánica utilizable; sin embargo también pueden estar presentes y ser de importancia en suelos bajos en materia orgánica. Esta excepción se presenta en el presente estudio, porque para la altura de 3800 m.s.n.m. que registra los valores más bajos de materia orgánica y al mismo tiempo se reporta el más alto número de colonias fungosas.

El número de colonias fungosas disminuye notoriamente en zonas con evidente interacción antrópica (altura 3200 m.s.n.m.), como consecuencia directa de una reducción en su fuente de alimento representado en la necromasa.

Según Doran et al.<sup>200</sup>, todo indicador ecológico de calidad debe cumplir con algunos requisitos para ser considerado como tal; debe mostrar una respuesta exacta a la perturbación, reflejar algún aspecto del funcionar del ecosistema, ser prontamente y económicamente accesible, ser universal en la distribución y mostrar especificidad individual a los modelos temporales o espaciales del ambiente.

Por lo anterior, los hongos microscópicos del suelo se ajustan a muchas de las condiciones que exige un indicador ecológico de calidad, siendo las más evidentes aquellas relacionadas con la funcionalidad específica dentro del ecosistema, la accesibilidad, la distribución universal, pero sobre todo la sensibilidad a la perturbación, mostrando al respecto una disminución de las colonias fungosas en zonas con evidente interacción antrópica (altura 3200 m.s.n.m.), como consecuencia directa de una reducción en su fuente de alimento (necromasa) y de las condiciones de humedad en el suelo (humedad gravimétrica); para fortalecer todas estas condiciones planteadas por Doran, se hace necesario un estudio más detallado de su dinámica; aún así, en términos generales podría considerarse que los hongos, en el contexto ecológico y edafológico del presente estudio, conforman un componente biológico sensible al manejo de estos suelos y por tanto un indicador potencial de su calidad ecológica.

4.2.4. Una despena energética sobre el suelo: Necromasa (biomasa vegetal necrosada). La necromasa se constituye en la principal fuente de energía para la biota del suelo, del mismo modo representa la materia prima de los procesos de mineralización e inmovilización, y como tal en una de las directas responsables del equilibrio en los procesos de reciclaje de nutrientes; es por tanto una de las

---

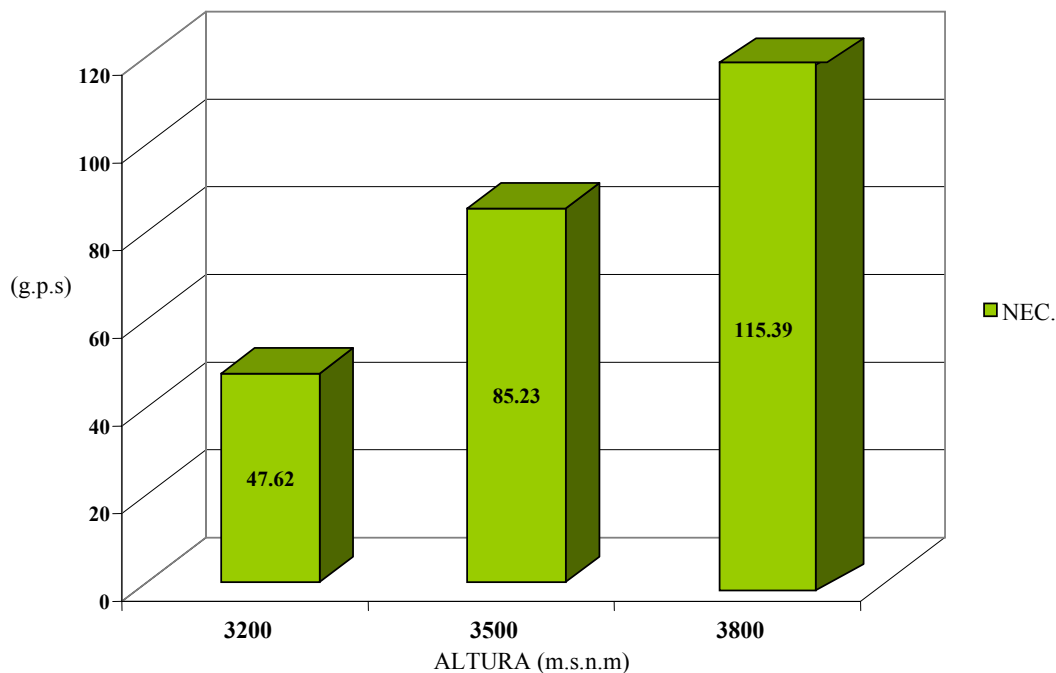
<sup>199</sup> Ibid., p 121.

<sup>200</sup> DORAN, J. W. and Parkin, T.B. defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI: 1994. p75.

mediciones que no pueden faltar en un estudio ecológico de suelo, siempre que se desee conocer la dinámica de este recurso en su contexto más sistémico e integral. Para el caso particular del estudio, el comportamiento de esta variable se desarrolla en detalle a continuación.

El análisis estadístico muestra diferencias entre los valores de necromasa registrados para cada altura, sin embargo se considera importante considerar la tendencia de los datos quienes muestran el mayor valor de necromasa para la altura 3800 m.s.n.m., con un promedio de 115.39gps en  $0.0625\text{m}^2$ , seguido del reportado para la altura 3500 m.s.n.m., con un promedio de 85.23gps en  $0.0625\text{m}^2$  y la altura de 3200 m.s.n.m., reporta los aportes más bajos de necromasa con un promedio de 47.62gps en  $0.0625\text{m}^2$  (Figura 67) (Anexo G)

Figura 67. Necromasa por alturas.



La producción de necromasa está directamente relacionada con la estructura de la vegetación predominante, así los mayores valores de Necromasa se presentaron en las alturas donde la vegetación es más compleja y menos intervenida (alturas 3800 y 3500 m.s.n.m.), siendo que para la altura 3200 m.s.n.m., se reportaron los valores más bajos de necromasa por ser la zona con mayor evidencia de intervención antrópica que ha modificado notoriamente la estructura vegetal natural, restringiendo su cobertura a pastos y por tanto representando los aportes más bajos en la producción de fitomasa.

Los valores de necromasa están relacionados positivamente con los de humedad gravimétrica (Anexo K); así, la altura con mayor contenido de necromasa coincide con la altura de mayor porcentaje de humedad gravimétrica (3800 m.s.n.m.) y en consecuencia la altura que presenta el suelo menos humedecido es la que evidencia el menor contenido de hojarasca, esto lo explica Agudelo y Barrientos<sup>201</sup> al decir que la presencia de hojarasca afecta el intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera, disminuyendo la evaporación del agua e incrementando la resistencia de difusión del vapor de agua de la superficie del suelo, manteniendo altos los contenidos de humedad al interior del suelo cuando esta es abundante.

Por otro lado el contenido de necromasa para este estudio se comporta de manera inversa con relación al pH en las tres alturas, (Figura 80. Anexo K) de tal forma que donde hay mayor cantidad de hojarasca (altura 3800 m.s.n.m.) el pH tiende a ser más ácido; y viceversa, en la altura con menor cantidad de hojarasca (3200 m.s.n.m.) el pH aumenta y se vuelve menos ácido. Un análisis similar reporta Agudelo y Barrientos<sup>202</sup> al afirmar que la hojarasca puede inducir cambios en el pH, lo que afecta la estructura física del suelo, y por tanto la percolación del agua. Por su parte Adsil<sup>203</sup> afirma que la materia orgánica (contenida en la necromasa) es uno de los factores más importantes para la definición del pH, así un alto contenido de materia orgánica provoca acidez y como lo manifiesta Gómez<sup>204</sup> la principal fuente y primera forma de materia orgánica la constituyen los residuos vegetales que al morir se convierten en necromasa; por tanto es de esperarse que se presente dicha relación inversa entre estas dos variables.

A mayor producción de fitomasa-necromasa, (alturas 3500 y 3800 m.s.n.m.) mayor velocidad de formación de humus en el suelo (mayor velocidad de mineralización dada por las altas tasas de respiración microbial en las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m.); esta estrecha relación es considerada por Gómez<sup>205</sup> quien manifiesta que la formación de las sustancias húmicas proviene de la descomposición de la necromasa y por consiguiente la reducción de los residuos vegetales puede hacer disminuir la cantidad de humus que se forma, lo cual va en contra del principio fundamental de la gestión de la fertilidad del suelo.

Como se explicó anteriormente, la formación de humus depende de la cantidad de necromasa proporcionada por el sistema. Pero según Gómez<sup>206</sup> este proceso no solo es asunto de cantidad, también lo es de calidad. Dicha situación se torna evidente al comparar los resultados necromasa y la tasa de respiración microbial

---

<sup>201</sup> AGUDELO, Calos Guillermo; BARRIENTOS, Eliana María. Respiriometría: un enfoque desde la ingeniería ecológica. Facultad Nacional de Minas. Universidad Nacional de Medellín, 1999. p 47.

<sup>202</sup> Ibid., p 47.

<sup>203</sup> ADSIL, Ewart Fitz Patrick. Introducción a la ciencia de los suelos, Primera Edición. Editorial Trillas. México: 1996.

<sup>204</sup> GÓMEZ, Zambrano Jairo. La materia orgánica en los agroecosistemas. Publicación de CINDEC (consejo de Investigaciones y desarrollo científico) de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira: 2000. p 22.

<sup>205</sup> Ibid., p 28

<sup>206</sup> GÓMEZ, Zambrano Jairo. La materia orgánica en los agroecosistemas. Publicación de CINDEC (consejo de Investigaciones y desarrollo científico) de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira 2000. p 28.

para las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m. (zonas en iguales condiciones naturales al no evidenciar intervención antrópica), se pudo observar que a pesar de que la mayor cantidad de materia orgánica se encuentra en 3800 m.s.n.m., la mineralización (respiración microbial) es menor que en 3500 m.s.n.m., y consecuentemente en la altura 3500 m.s.n.m., donde los contenidos de necromasa son menores, su tasa de mineralización es más alta. Primavesi<sup>207</sup> ofrece una explicación a este comportamiento, manifiesta que los tejidos vegetales difieren en su composición de celulosa, hemicelulosa, lignina, azúcares, proteínas, ceras, grasas, tanino, etc., cuya composición da lugar a diversas vías de descomposición de la necromasa; estableciendo que a mayor contenido de lignina en el material, mayor será el porcentaje de necromasa que finalmente llega a humus. Según lo anterior es de esperarse que la composición de la necromasa presente en 3200 m.s.n.m., tenga un mayor contenido de lignina que la presente en 3800 m.s.n.m.; considerando que la vegetación predominante de la altura 3200 m.s.n.m., está conformada por pastizales y la de 3800 m.s.n.m., corresponde a una asociación frailejonal-arbustal; a esto Gómez concluye que la vegetación de pastizal presenta un alto contenido de lignina especialmente en la raíz; por lo tanto el tipo de necromasa que producen la estación 3200 m.s.n.m., es la más difícil de degradar.

Según Burbano<sup>208</sup> la necromasa (como medida de formación fresca de la materia orgánica) representa un factor que interviene en la entrada de energía al sistema y actúa de forma opuesta a la respiración microbial (como medida de la descomposición de la materia orgánica del suelo) siendo este un factor regulador de las salidas energéticas del sistema. Según este autor, de la acción recíproca de ambos procesos depende la cantidad de materia orgánica presente en el suelo (Anexo K).

Por otro lado Campell<sup>209</sup> puntualiza que existe un equilibrio entre la descomposición de la materia orgánica y su formación, el que de llegar a romperse, ocasionaría que la velocidad de la descomposición de la materia orgánica sea superior o inferior de la velocidad de formación. Un ejemplo al respecto se muestra en la altura 3800 m.s.n.m., donde los bajos contenidos de materia orgánica representan una descompensación entre los dos procesos, ya que las entradas energéticas al sistema fueron altas (alto contenido de necromasa) sin embargo esta cantidad no alcanzó a ser procesada por los microorganismos (la tasa de respiración microbial no fue la más alta) y por tanto la formación de materia orgánica no cumple la expectativa de la inversión energética

---

<sup>207</sup> PRIMAVESI, citada por GÓMEZ, Zambrano Jairo. La materia orgánica en los agroecosistemas. Publicación de CINDEC (consejo de Investigaciones y desarrollo científico) de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira 2000. 28p.

<sup>208</sup> BURBANO, Hernán. Fertilidad de los suelos diagnóstico y control. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. Nueva edición. Editor Francisco Silva Mojica. Publicación de la sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santa Fe de Bogota, D.C. Colombia. Autoedición e impresión. Editores Guadalupe Ltda. 1994. p 192.

<sup>209</sup> CAMPELL. 1978, citado por NAVE, F Rogrigo y GARCÍA, R. Dinámica de la materia orgánica con énfasis en suelos de Ando: *En* revista de Chapingo. Vol 15 No 69-70.1990. p 67-68.



realizada. Ante esta situación Campell enfatiza que es el ambiente quien se verá obligado a crear un nuevo equilibrio que sea capaz de regular una mayor o menor acumulación de la materia orgánica en el suelo.

Para cerrar este capítulo, y con todas las consideraciones realizadas respecto al comportamiento de la necromasa para los suelos estudiados, se concluye que teniendo en cuenta lo manifestado por Doran et al.<sup>210</sup> Respecto a las condiciones que debe tener un indicador ecológico de calidad; la necromasa se sumaría a la lista de los bioindicadores potenciales de calidad de suelo, ya que muestra una respuesta exacta a la perturbación, disminuyendo notoriamente su contenido en suelos con evidente alteración antrópica (altura de 3200 m.s.n.m.) y siendo abundante en zonas que no evidencian estados degradados (alturas de 3500 y 3800 m.s.n.m.); además la necromasa integra procesos y propiedades específicas del ecosistema; es plenamente accesible y con una distribución universal estaría en capacidad de mostrar una especificidad individual ante los modelos temporales o espaciales en el ambiente, situación que sería más evidente en estudios detallados al respecto. En definitiva la necromasa es un componente biológico que vale la pena tenerse en cuenta para estudios sistémicos dirigidos al manejo de suelos por considerarse un indicador potencial de su calidad ecológica.

#### 4.3. EL SUELO COMO SISTEMA VIVIENTE: APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El suelo en definitiva es un gran sistema con vida propia, es el depósito de formas de vida y el laboratorio en el cual tienen lugar la mayor parte de los cambios que permiten la continuación de la misma. La biología considera ser vivo a todo lo que tiene metabolismo propio; *El suelo lo tiene*. Así lo confirma Primavesi<sup>211</sup> al decir que el suelo funciona como un cuerpo, con la diferencia que no tiene sus “órganos” alineados a lo largo de una columna vertebral, su “sangre” no circula en arterias cerradas, sino en poros abiertos, aspira oxígeno y libera gas carbónico. Comprender esta realidad no es fácil, pues entre otras cosas se hace necesario estudiar al suelo desde otra perspectiva, con otro enfoque mucho más integrador y sistémico, donde toda herramienta que facilite dicho análisis debe ser bienvenida; un ejemplo de ellos se describe a continuación.

El análisis de componentes principales (ACP) fue la herramienta estadística escogida para procesar la información por varias razones que se sintetizan en los siguientes puntos:

- La naturaleza de los datos es de tipo cuantitativo

---

<sup>210</sup> DORAN, J. W. and Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed). *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Spec. PUBL. 35. SSSA, Madison, WI: 1994. p75.

<sup>211</sup> PRIMAVESI, Ana. *Manejo ecológico del suelo*. Quinta edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires Argentina: 1982. p 130

- La información resultó demasiado extensa y diversa, ante lo cual el ACP es un análisis estadístico que permite reducir la dimensionalidad del problema
- A partir de lo anterior y como era posible que algunas de las variables utilizadas independientemente, estuviesen dando en parte la misma idea fundamental que otras, surgía la posibilidad de agruparlas. El ACP está en la capacidad de generar nuevos arreglos capaces de expresar la información contenida en el conjunto original de datos.
- Existía la posibilidad de que algunas variables aportaran más información o tuvieran más peso que otras, frente a lo cual el ACP permite eliminar (en lo posible) algunas variables originales, ya sea porque ellas aportan poca información o porque una variable contiene en parte información ya suministrada por otra variable.
- Al ser este trabajo de naturaleza biológica y sobretodo ecológica, es muy difícil no mirar la realidad de los fenómenos estudiados desde una perspectiva relacional, holística y trascendente. Por lo tanto era importante adoptar un método que permitiera analizar la información en forma integradora sin que ello implique que se desvirtúe la naturaleza de las variables originales; el ACP tiene la capacidad para realizar dicho análisis; siendo así consecuente con el objetivo y esencia de la investigación que busca estudiar parte del gran espectro de relaciones que se pueden llevar a cabo en el sistema edáfico y que a la vez dicen mucho de su calidad.
- Teniendo en cuenta que el componente biológico es impredecible y por más que se trate de modelar su comportamiento éste reacciona sorpresivamente; no es lógico utilizar un método que limite a su naturaleza, ante lo cual el ACP es un método diseñado precisamente para ser aplicado en aquellos casos en que se desconoce la relación que pueda existir entre las variables analizadas y se configura de tal manera que permite establecer una relación entre los elementos de una población gracias a su comportamiento frente a dichas variables

Sobre la información de cada una de las variables evaluadas, el análisis de componentes principales mostró que se requiere la conformación de cinco grandes factores para explicar el 59,6 % de la variación total evaluada (Anexo M).

Los valores propios y la proporción de la variación total aportada por cada uno de los componentes arrojaron la siguiente información:

El primer componente resume el 22.3% de la variabilidad total, lo que significa que la combinación lineal de las variables originales representadas por el primer componente sintetizan casi el 22.3% de la variación total del conjunto de datos (Anexo M). Las variables que hacen el mayor aporte a la conformación del factor 1

en su orden son humedad gravimétrica, pH, tasa de respiración, altitud y la familia Curculionidae.

Para este componente, el aporte de cada variable, expresado en su coeficiente, osciló entre 0.88 y 0.58, lo cual indica que dos variables fisicoquímicas, la altitud y dos de carácter biológico son las que más aportan información a la descripción de la variabilidad del componente biorgánico del suelo estudiado. Las variables humedad gravimétrica, tasa de respiración y altitud presentan coeficientes negativos, lo que indica según Pla<sup>212</sup> que disminuirá el valor del primer componente si estas aumentan. Por el contrario, las variables pH y Curculionidae presentan coeficientes positivos, indicando que los valores elevados del primer componente estarán asociados con valores elevados de estas variables. (Anexo N)

Podría decirse, entonces, que las variables que conforman el primer componente principal constituyen la asociación estratégica más sólida que se pudo conformar en los suelos estudiados, a tal punto de convertirse para nuestro caso, en la agrupación más sensible a ser considerada indicadora de calidad, siendo el término calidad una expresión de las condiciones biorgánicas del suelo. Dicho papel no les sería posible desempeñar si trabajaran independientemente y tampoco su verificación resultaría fácil. Es precisamente la interacción entre ellas (existen diferentes grados de contribución que cada variable original aporta a la nueva variable definida por la transformación lineal) la que permite redimensionar su desempeño y dejar de tratarse como simples componentes de suelo para llegar a ser reconocidas como agentes dinamizadores en la evolución del sistema edáfico al que pertenecen.

Según lo manifestado por García<sup>213</sup>, el análisis de componentes principales permite una nueva configuración de la información a través de la asignación de una tipología propia que describe a cada componente. Es por ello completamente viable que los factores reciban un nombre específico según la información que representan en el caso específico de la investigación, aclarando que la categoría que adopta cada componente es una primera aproximación, muy dicente más no definitiva de las condiciones de la zona que describen.

Considerando lo anterior, el primer factor puede denominarse "*Indicador de suelos intervenidos de alta montaña*". Lo anterior surge de analizar el comportamiento particular de cada una de las variables que conforman dicho componente; la altitud, la humedad gravimétrica y la respiración microbial, presentan sus valores más bajos en suelos intervenidos (Anexo promedios), y sus coordenadas de signo negativo, indican que el suelo evaluado dejaría de ser considerado de tipo

---

<sup>212</sup> PLA, Laura E. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Departamento de producción vegetal. Área de ciencias del agro y del mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Falcón, Venezuela: 1986.

<sup>213</sup> GARCÍA, Hernán. Análisis multivariado de datos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Matemáticas y Estadística. San Juan de Pasto: 1998. p 17.

intervenido (disminuye el porcentaje de variabilidad aportado por este componente) cuando los promedios en estas variables aumenten ya que de suceder así, se convertirían en suelos con buenas condiciones biorgánicas y al ser de buena calidad no correspondería al tipo de suelo que describe este factor. En el mismo sentido, las variables pH y abundancia de Curculionidae presentaron sus valores más altos en los suelos intervenidos y sus coordenadas con signo positivo indican que el valor de este primer componente se fortalece en la medida en que estas variables aumentan sus valores, es decir, en la medida que estas mantengan su comportamiento habitual propio de suelos que por evidenciar alto grado de intervención se consideran de mala calidad en términos biorgánicos.

A manera de conclusión con relación al análisis de este acápite, podría decirse que un suelo de alta montaña *Intervenido* con malas condiciones biorgánicas, presenta altos valores de pH que, probablemente son artificiales o temporales ya que pueden estar obedeciendo, por ejemplo, a la aplicación de cal que es común en la zona. El suelo en estas circunstancias también presentará abundancia de Curculionidae, obedeciendo a que la mayoría de las especies que conforman esta familia son reconocidas según Lyal<sup>214</sup> y Vélez<sup>215</sup> como insectos plaga y por tanto es de esperarse que sean abundantes en esta zona donde se observan cultivos cercanos de papa. Al mismo tiempo el suelo se ubica en zonas más bajas (3200 m.s.n.m.) y presenta una disminución en los niveles de humedad relativa y respiración microbial.

El segundo factor conformado por la familia Carabidae, familia Staphylinidae, fósforo y profundidad, ofrece una explicación del 11.5% a la variabilidad total observada. La correlación entre estas variables y el factor al que pertenecen fluctuó entre 0.46 y 0.62. (Anexo N)

Teniendo en cuenta las características del análisis de componentes principales que según Pla<sup>216</sup> consisten, en que estos son independientes y cada uno de ellos sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos; podría resumirse que no existe correlación entre sus factores, y la información que no puede expresar el primer componente es representada por el segundo, y la que éste no puede describir es suministrada por el tercero, y así sucesivamente hasta que entre todos o la mayoría de los factores explican cerca del 100% de la variabilidad en la información.

Bajo estos criterios, el segundo componente explica lo que el primero no puede sintetizar y, en nuestro caso, se podría denominar "*Indicador biológico de suelos no intervenidos de alta montaña*", ya que las variables que más aporte realizan a

---

<sup>214</sup> LYAL, C. H. C. Entomología/UNIDAD IV Taxonomía/ insectos de costa rica/ Coleóptera/Curculionidae Texto 183. htm

<sup>215</sup> VELEZ Raúl. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Segunda edición. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 1997. p 142-147

<sup>216</sup> PLA, Laura E. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Departamento de producción vegetal. Área de ciencias del agro y del mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Falcón, Venezuela: 1986.

éste componente (abundancia de Staphylinidae y Carabidae) presentan valores altos en las zonas no intervenidas y con mejores condiciones ecológicas (Tabla 6); además de que como se trató en capítulos anteriores, estas familias ya son reconocidas como bioindicadores de buena calidad de suelo como lo afirman Camero y Chamorro<sup>217</sup>, Sturm<sup>218</sup> y Pierre<sup>219</sup>. Con estos referentes se podría decir que el segundo componente es capaz de describir a un suelo con mejores condiciones biológicas, hasta el punto en que, para que dicho componente sea más definitivo en su descripción, deben aumentar los valores de las variables abundancia de Carabidae y Staphylinidae y fósforo (ya que presentan coordenadas con signo positivo) y de esta forma aumentar el porcentaje de variabilidad aportado por este factor y al mismo tiempo disminuir los valores en la variable profundidad (ya que presenta coordenadas con signo negativo).

Respecto a la variable fósforo, ésta también debe ser alta en suelos con buenas condiciones biológicas, ya que ello habla mucho de la capacidad de mineralización de los suelos o de los procesos naturales geológicos que se desarrollan; no así, la alta cantidad de fósforo es indicadora de un suelo intervenido si se sabe que éste proviene de fuentes artificiales contaminantes como abonos, pesticidas y otros.

La conformación del factor tres está a cargo de la materia orgánica con un coeficiente de correlación de 0.65 y del carbono de la biomasa microbiana con una correlación de 0.63 respecto a su factor. Por presentar coeficientes positivos, el valor elevado de este factor está asociado con el valor elevado de sus respectivas variables. (Anexo N). Este factor realiza un aporte del 10.6% de la variación total. El factor cuatro que realiza un aporte de 7.6% a la variabilidad total observada, está conformado por la necromasa, hongos microscópicos y la familia Ocnodrilidae, cuyas coordenadas fluctúan entre 0.65 y 0.39; la necromasa presenta un coeficiente negativo, indicando que disminuirá el valor de este componente si aumenta el valor de esta variable, así mismo el valor elevado de este componente está influido por los valores altos de hongos y Ocnodrilidae. (Anexo N)

El 7.4% de la variación total es aportada por el quinto factor, que a su vez está representado por la familia Glossoscolecidae con un coeficiente de 0.63, que al ser positivo implica que el valor elevado de este componente está asociado con un valor elevado para esta variable. (Anexo N)

---

<sup>217</sup> CAMERO, R Edgar. et al. Bioedafología del orden Coleóptera en tres regiones Naturales de Colombia. *En revista de suelos ecuatoriales-* volumen 27 p 228-230. revista de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 1997.

<sup>218</sup> STURM, Helmut. Estudios agroecológicos de páramos y del bosque altoandino, cordillera oriental de Colombia. Tomo I. Edit. Luís Eduardo Mora Osejo. Bogotá 1994. P 71-85

<sup>219</sup> PIERRE, Moret. Claves de identificación para los géneros de Carabidae (Coleoptera) presentes en los paramos del Ecuador y del Sur de Colombia. *En revista Colombiana de Entomología*. Vol. 29, no 2: julio-Dic 2003 publicación oficial de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 185.

Para establecer la tipología de los factores anteriores se optó por agruparlos, logrando así complementar la información contenida en cada uno de ellos y acercarnos más a una caracterización de su presencia y dinámica, sin caer en errores de imprecisión al momento de tipificarlos.

Teniendo en cuenta la naturaleza y la función de las variables que conforman cada factor, se llegó a la conclusión de que las seis variables contenidas en los componentes 3, 4 y 5 están determinando gran parte del proceso de degradación y fijación de los materiales orgánicos, por tal motivo se decidió llamarlos *“Indicadores de suelo de alta montaña con un escenario propicio para la recirculación de nutrientes procedentes de la materia orgánica”*

Lo anterior se sustenta en que las variables biomasa microbial y materia orgánica, describen respectivamente a los agentes encargados del procesamiento de la energía que entra al sistema edáfico y al producto de su transformación; la variable necromasa constituye la principal fuente energética de carbono en el suelo; los hongos a su vez representan el principal grupo de microorganismos encargados de la descomposición (dadas las condiciones específicas del medio que limitan la acción de otros grupos microbiales) y las familias Ocnodrilidae y Glossoscolecidae por la naturaleza ecológica característica de su clase, facilitan las condiciones para que sobre el suelo se aceleren los procesos de degradación, ya que representan a uno de los grupos de macroorganismos más activos durante el proceso de mineralización, su participación como lo afirma Urbano<sup>220</sup> tiene que ver con que ellas origina un medio bien desmenuzado que favorece la acción posterior de comunidades microbianas y a través de su actividad minadora (drenando y aireando el suelo) ejercen una gran influencia sobre el metabolismo del medio edáfico.

En síntesis, todas las variables anteriores representan independientemente a los agentes edáficos más importantes que intervienen en gran parte del flujo energético que se lleva a cabo en el suelo, describen la fuente o suministro de energía, su procesamiento y transformación específica, el producto final de este proceso y el medio en que este se desarrolla; es por ello que la presencia significativa de estas variables y su acción conjunta y sistémica brindan el escenario que tiende a garantizar la eficiencia del proceso de recirculación de los nutrientes que se originan en la materia orgánica del suelo. Por lo anterior se podría expresar que un suelo de alta montaña con presencia de necromasa y un elevado contenido de biomasa microbial, de hongos microscópicos, de materia orgánica y abundancia de las familias Ocnodrilidae y Glossoscolecidae, sería un suelo en el que pueden proceder los procesos de ciclaje de nutrientes. Con la aclaración de que este proceso en los suelos estudiados tiende a ser más lento en

---

<sup>220</sup> URBANO Terron. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. 1992. p 528-553

comparación con otro tipo de suelos por las condiciones ambientales características de la zona de estudio.

Así se llega a la conclusión de que la medición de esta nueva variable (compuesta por los componentes 3, 4 y 5) arrojará información valiosa capaz de describir en un suelo de alta montaña el funcionamiento de uno de los procesos integradores más importantes que se llevan a cabo en el sistema edáfico y que a la vez dice mucho de su calidad.

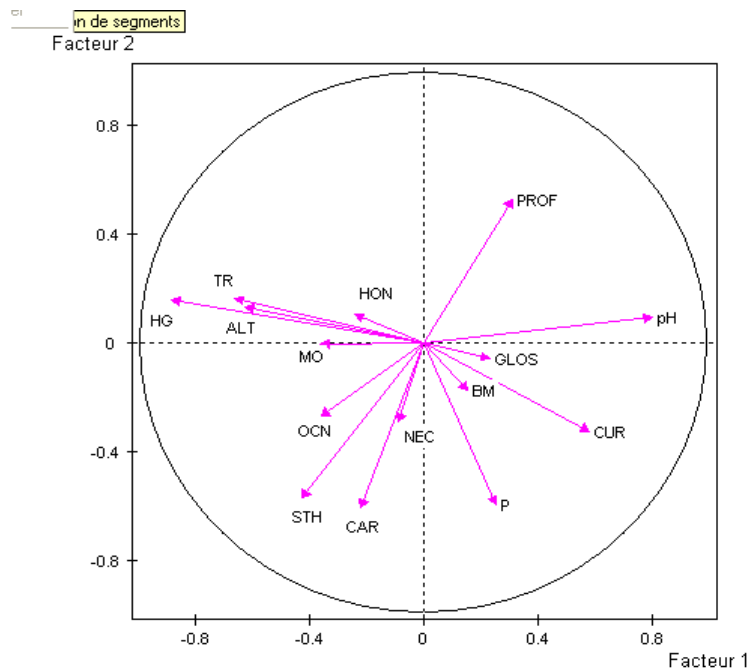
La representación gráfica de la información proveniente de las variables originales, arroja dos tipos de relaciones; un balance de relaciones entre las variables y sus factores o componentes (nube de variables) y un balance de semejanzas entre individuos u observaciones (nube de puntos). Así y de acuerdo con García<sup>221</sup>, se da cumplimiento a la aplicación de los métodos factoriales y de clasificación; permitiendo por parte del primer método resumir convenientemente los datos, representarlos gráficamente, identificar tendencias sobresalientes y presentarlos de forma integral y holística. Mientras que el segundo método permite agrupar las muestras estudiadas de acuerdo con su comportamiento frente a las variables analizadas.

La correlación de cada variable con los dos primeros componentes principales (nube de variables), se observa en la figura 68 (Anexo N). La gráfica deja ver que las variables que más correlacionadas se encuentran con el eje 1 (primer componente principal) son humedad gravimétrica, pH, respiración microbial, altitud y Curculionidae; porque son las que más se acercan al círculo. Las variables mejor correlacionadas con el eje 2 (segundo componente principal) corresponden a las que en su cuadrante se acercan más al círculo, ellas son Carabidae, Staphylinidae y fósforo. Por consiguiente las variables que se encuentran menos correlacionadas con los dos componentes principales son aquellas que se agrupan en el centro, para este caso biomasa microbial, Glossoscolecidae, hongos, necromasa, materia orgánica y Ocnerodrilidae.

---

<sup>221</sup> GARCÍA, Hernán. Análisis multivariado de datos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Matemáticas y Estadística. San Juan de Pasto: 1998. p 1.

Figura 68. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes



Teniendo en cuenta que el Análisis de Componentes Principales es una herramienta estadística que según García<sup>222</sup> en el ejercicio de reducir la dimensionalidad de la información, logra agrupar aquellas variables que emiten en parte una misma idea fundamental, y al mismo tiempo permite eliminar algunas variables originales que poco o ningún aporte realizan al análisis ya sea porque suministran poca información o porque una variable contiene en parte información ya suministrada por otra. Podría decirse que todas las variables analizadas en el presente estudio son muy importantes en el análisis del componente bioorgánico del suelo, ya que todas fueron incluidas en los cinco componentes más importantes; por consiguiente, ninguna fue excluida estadísticamente.

Lo anterior significa que el componente fisicoquímico del suelo no es por sí solo suficiente como para representar la dinámica de sistema edáfico; en este sentido el componente biológico es el que realiza una función crucial como eslabón que permite la unión e interacción entre los componentes abióticos de manera que su presencia garantiza la estabilidad de sus ciclos para mantener un equilibrio sistémico.

4.3.1. Clasificación jerárquica. El análisis de clasificación permitió identificar cuatro grupos, caracterizados por la similitud entre ellos y por sus diferencias con accesiones que conformaron otros grupos (Anexo O).

<sup>222</sup> Ibid., p 16-18



El primer grupo estuvo conformado por 72 accesiones que representan el 46.1% de los muestreos, caracterizadas por presentar valores por encima del promedio de la población evaluada, en las variables correspondientes a materia orgánica, humedad gravimétrica, respiración microbial y biomasa microbial. Igualmente estas observaciones presentaron valores inferiores al promedio poblacional en las variables abundancia de la familia Staphylinidae, abundancia de la familia Glossoscolecidae, abundancia de la familia Carabidae, fósforo, necromasa, abundancia de la familia Curculionidae, y profundidad. (Anexo P)

García<sup>223</sup> afirma que en el ejercicio de realizar un balance de relaciones entre individuos o muestras es posible establecer una tipología para las clases conformadas según la necesidad de la investigación. De esta forma se ha nombrado a cada una de las clases tratando de establecer una aproximación a la caracterización de suelos de alta montaña que cada una de ellas representa.

Por lo anterior y para facilitar la expresión de dicha información, a este primer grupo se lo llamó "*Componente biorgánico de la región superficial de un suelo de alta montaña*"; caracterizado por presentar las mejores condiciones de materia orgánica, humedad gravimétrica, respiración microbial y biomasa microbial, aunque al mismo tiempo exhibe condiciones bajas de fósforo y necromasa, así como también una baja presencia en las familias Staphylinidae, Glossoscolecidae, Carabidae y Curculionidae.

El segundo grupo lo conformaron 35 muestras (accesiones), las cuales presentaron valores superiores al promedio de la población en las variables altitud y profundidad. Los valores correspondientes a las variables abundancia de Staphylinidae, fósforo, biomasa microbial y materia orgánica, fueron inferiores al promedio de la población. Este grupo representa el 22.4% del total de muestras evaluadas (Anexo P). Este segundo grupo es denominado "*Componente biorgánico de altitudes elevadas y regiones profundas de un suelo de alta montaña*"; se distingue por representar áreas superiores a los 3500 m.s.n.m., con bajos contenidos de estafilinidos, fósforo, biomasa microbial y materia orgánica. Un total de 21 muestras (13.4%) conformaron el tercer grupo, las cuales se caracterizaron por presentar valores superiores al promedio poblacional en las variables abundancia de la familia Staphylinidae, abundancia de la familia Carabidae, humedad gravimétrica, abundancia acentuada de Ocnodrilidae, necromasa, respiración microbial y altura; valores inferiores al promedio se presentan en pH y profundidad. (Anexo P). El tercer grupo recibe el nombre de "*Componente biorgánico de altitudes elevadas y regiones superficiales de un suelo de alta montaña*", representando alturas superiores a 3500 m.s.n.m, evidencia las mejores condiciones de humedad gravimétrica, necromasa, respiración microbial,

---

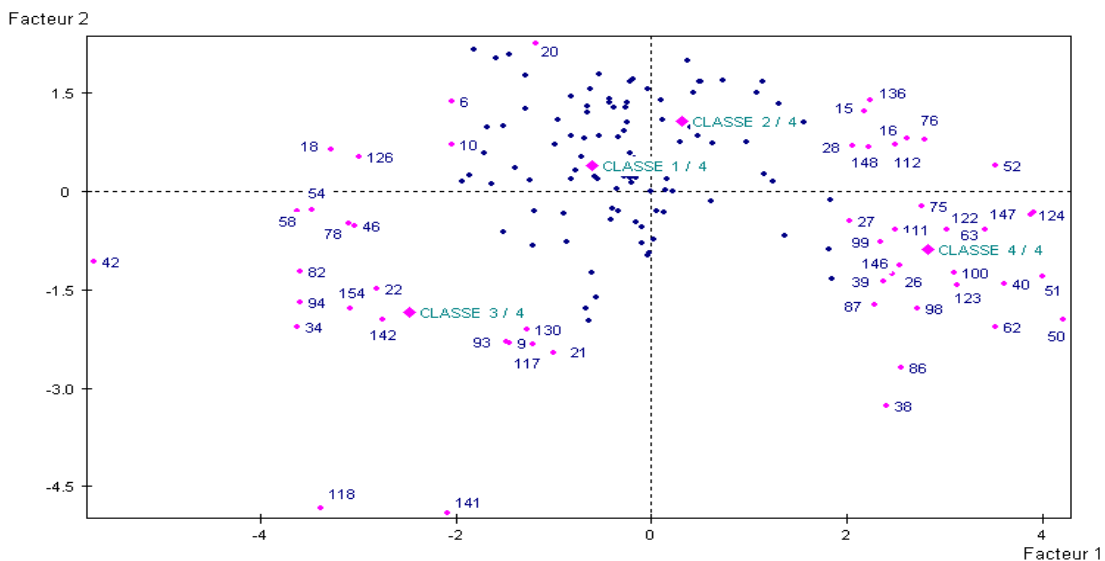
<sup>223</sup> Ibid., p 17.

pH y la mayor abundancia de individuos pertenecientes a las familias Staphylinidae, Carabidae y Ocnerodrilidae.

El cuarto grupo lo conformaron 30 muestras que representan al 19.2% de la población evaluada; estas muestras se caracterizaron por tener valores altos en abundancia de la familia Curculionidae, pH, fósforo, profundidad, abundancia de la familia Glossoscolecidae, biomasa microbial. Las variables respiración microbial, humedad gravimétrica y altura se caracterizan por poseer valores inferiores al promedio (Anexo P). Este último grupo es denominado "*Componente biorgánico de altitudes bajas y regiones profundas del suelo*", representa a la altura de 3200 m.s.n.m., con las mejores condiciones de pH, fósforo, biomasa microbial y una buena representatividad por parte de las familias Curculionidae y Glossoscolecidae; al mismo tiempo que tiene condiciones no tan favorables de respiración microbial y humedad gravimétrica.

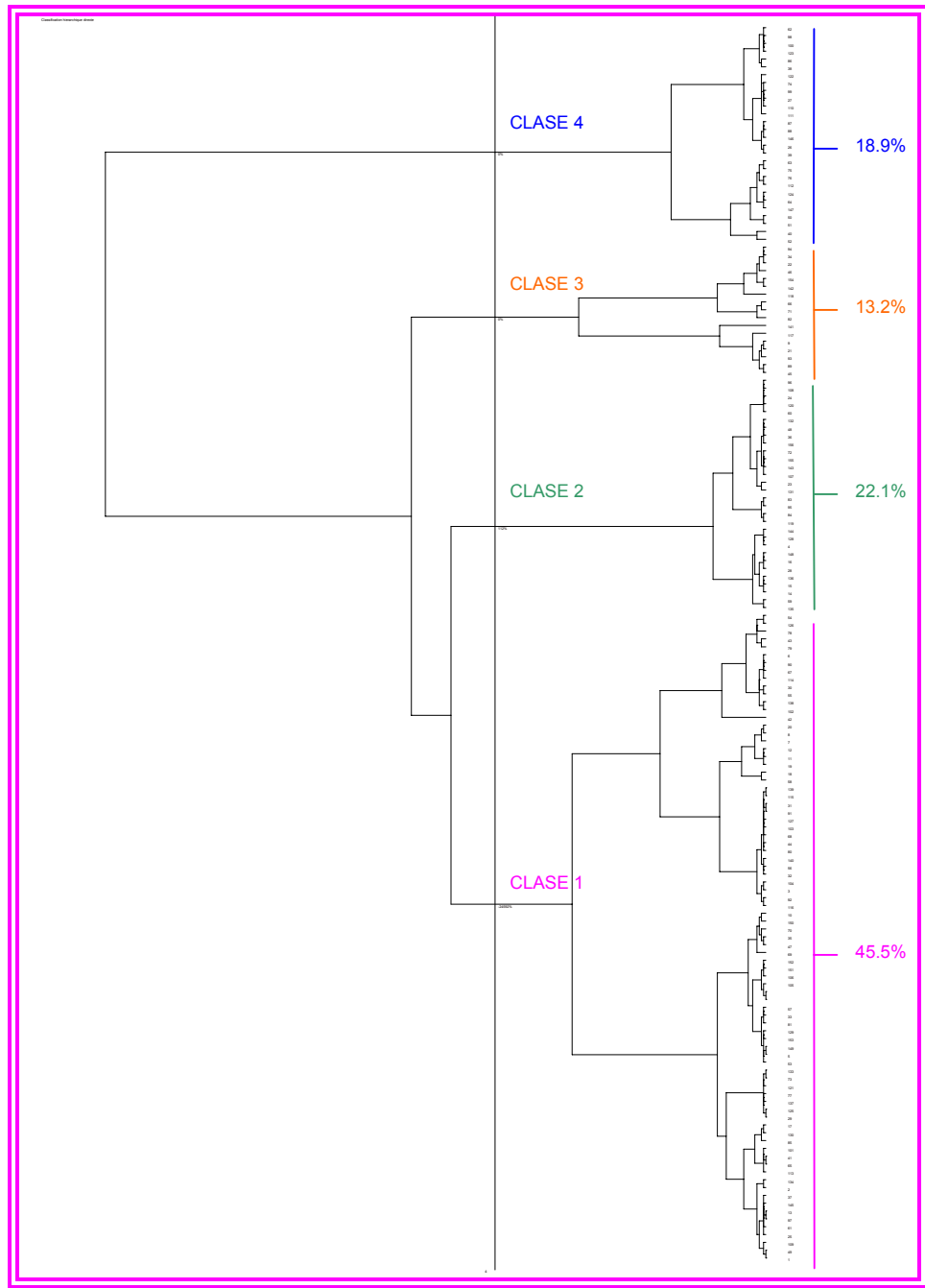
La representación gráfica de la información anteriormente descrita corresponde a un balance de relaciones entre individuos (nube de puntos) respecto a los dos primeros componentes principales. (Figura 69) (Anexo Q)

Figura69. Correlación de las muestras con los dos primeros componentes



La clasificación jerárquica de las clases descritas anteriormente también es posible graficarlas en Cluster (Figura 70)

Figura 70: Agrupación cluster de las muestras según la conformación de las clases



## CONCLUSIONES

La fauna residente en el suelo es un componente biológico muy importante, que debe dejarse de ignorar, incluso dejarse de considerar como un elemento más, para ser reconocido como un agente activo y definitivo dentro del complejo sistema edáfico. La incalculable riqueza ecológica que representa, convierte a estos inquilinos en moradores permanentes e inexcluyentes del suelo, donde desempeñan un papel decisivo en el tejido de relaciones sistémicas que garantizan el equilibrio y evolución de este valioso recurso.

Este trabajo se constituye en un aporte fundamental en lo referente al conocimiento taxonómico de los organismos que habitan los suelos del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Habla de su preferencia por las diferentes profundidades en el perfil, por diferentes alturas, por los tipos de alimento; adquiriendo adaptaciones morfológicas especiales que les ha permitido sobrevivir en los diferentes ambientes estudiados. Así este estudio se constituye en un referente teórico que servirá en un futuro para comparaciones biogeográficas de poblaciones y comunidades.

La fauna cuya actividad se concentra en la superficie del suelo, se ve mejor representada en términos de abundancia por las familias Entomobryidae, Phoridae, Carabidae, Staphylinidae, Cyrtodesmidae y el suborden Oribatida. Para la fauna que reside al interior del suelo sobresalen por su abundancia las familias Ocnodrilidae, Glossoscolecidae, Chelodesmidae y Curculionidae. Todas ellas sin excepción representan los diseños biológicos más avanzados y perfeccionados ya que han logrado soportar las condiciones tan adversas e inhóspitas propias de los suelos de alta montaña, al mismo tiempo que su diseño les ha permitido optimizar los recursos que les brinda su ambiente y con ello garantizar su dominancia ecológica y, hasta el momento, gran capacidad de adaptación, lo que les otorga ciertas ventajas comparativas y competitivas en la carrera evolutiva vivida a diario en su constante lucha por la supervivencia.

Respecto a la diversidad se pudo establecer que los grupos más diversos por su riqueza de especies fueron los insectos y los arácnidos. Las zonas con menos intervención antrópica presentaron la más alta diversidad de especies, ya que allí encuentran gran disponibilidad de alimento para satisfacer su variedad de hábitos alimenticios y una gran multiplicidad de nichos ecológicos lo que les permite diversificarse ampliamente. Contrario a lo que se encontró en la zona intervenida, donde la influencia humana ha causado grandes efectos sobre la estructura de sus comunidades privilegiando artificialmente a algunos grupos hasta el punto de potenciarlos como plagas, ocasionando con ello un desequilibrio en la naturaleza del sistema edáfico de páramo.

Las alturas de 3500 m.s.n.m y 3800 m.s.n.m son similares en su composición edafofaunística, siendo sus condiciones de estabilidad en un ambiente fluctuante, las que hacen posible mantener una alta biodiversidad y una estructura compleja donde existe un ambiente diverso para el ciclaje de nutrientes y de igual forma conservan un equilibrio homeostático internamente entre su comunidad y el suelo, evitando de esta forma la proliferación de plagas. Caso contrario a 3200 m.s.n.m donde la alteración antrópica lo convierte en un sistema totalmente diferente al natural en estructura y función. De este modo las comunidades de las alturas 3200 y 3800 m.s.n.m. comparten menos especies, por tanto es mayor la beta diversidad, mientras que las comunidades de las alturas 3500 y 3800 m.s.n.m. presentan un mayor número de especies compartidas, por ende menor es su beta diversidad.

La cuantificación de biomasa microbial en forma de carbono orgánico es un buen indicador ecológico de la salud del suelo, ya que está en capacidad de medir los cambios que sufre la materia orgánica como consecuencia del manejo y uso del suelo, y además, medirlos de forma acertada y eficiente, dado que estos cambios se manifiestan mejor en la biomasa microbial que en otras propiedades fisicoquímicas del suelo. Para el caso particular del estudio, la biomasa microbial además de desplegar su importante función, logra evidenciar su capacidad integradora y como todo factor biológico, se constituye en un eslabón dinámico que une y dirige las condiciones fisicoquímicas del suelo; así se logró establecer relaciones estrechas con otras propiedades como el pH, la temperatura y la materia orgánica, la altitud y la profundidad del suelo, afianzando de este modo la consecuencia relacional de los componentes del suelo y dando validez al funcionamiento de este recurso como un gran sistema viviente.

La respiración del suelo es un parámetro de primera importancia en el estudio de los ecosistemas que se quieren modelar o restaurar, ya que éste dice mucho de su funcionamiento. La respiración es el parámetro más integrador de los que existen en el suelo, ya que su medición habla simultáneamente de los procesos biológicos en interacción con fenómenos no biológicos. Para el caso particular del estudio, la medición de esta característica biológica reveló mucho el estado del balance de materia y energía y la generación de entropía en el ecosistema evaluado; fue posible medir la sensibilidad de esta variable ante los efectos de degradación del ecosistema y al mismo tiempo se logró establecer relaciones con otros parámetros como biomasa microbial, materia orgánica, necromasa, humedad gravimétrica, hongos de suelo, pH, fósforo, el clima y la génesis del suelo; por tanto se constituye en un eslabón integrador de los procesos edafológicos y en un regulador de la dinámica sistémica de este recurso.

Para el caso de los suelos estudiados, son los hongos microscópicos el grupo más activo y responsable la degradación de la materia orgánica, debido a las condiciones limitantes de la zona que impiden la acción efectiva de otros microorganismos. Esta variable ejemplifica una vez más la acción integradora

propia de todo agente biológico, evidenciando relaciones directas con la materia orgánica, necromasa, pH, humedad gravimétrica, altitud y clima. Esta capacidad de ensamblar e integrar procesos edafológicos más la sensibilidad a la intervención antrópica, son condiciones que convierten a este grupo particular de microorganismos en un buen candidato que se sumaría a la lista de los posibles indicadores biológicos de calidad ecológica del suelo.

En los procesos que definen la cantidad de materia orgánica presente en el sistema edáfico, la necromasa representa la fuente de combustible energético que necesita el sistema; es así como la formación de humus en el suelo depende directamente de la cantidad de necromasa existente. En el presente estudio la necromasa se constituye en una variable biológica con potencial para ser considerada indicador biológico de calidad de suelo, ya que esta variable fue sensible a las alteraciones antrópicas del medio, además que mostró una estrecha relación de dependencia con otros factores edáficos como respiración microbial, hongos microscópicos, humedad gravimétrica, pH y estructura vegetal; para finalmente consolidarse en un eslabón de la dinámica funcional que se lleva a cabo en el complejo escenario sistémico del suelo.

Para lograr una visión más sistémica e integral de los fenómenos que se llevan a cabo en el escenario edáfico, fue posible la aplicación estadística del Análisis de Componentes Principales, que gracias al ordenamiento de cinco componentes logra integrar a la totalidad de las variables evaluadas y sin desvirtuar su naturaleza original arroja una información consolidada acerca de las condiciones específicas que describen a un suelo no intervenido, a uno intervenido y a un suelo con el escenario propicio para la recirculación de nutrientes, todos ellos típicos de un ecosistema de alta montaña. Por otro lado a partir de una clasificación jerárquica de las observaciones realizadas, se definen 4 grupos de muestras cada una de las cuales describe una condición particular del componente bioorgánico de un suelo de alta montaña, caracterizando a un suelo superficial, un suelo superficial de altitudes elevadas, un suelo profundo de altitudes elevadas y uno profundo de bajas altitudes.

Los organismos del suelo llámense edafofauna o microorganismos, se constituyen para nuestro estudio en indicadores potenciales de calidad, ya que se logró observar el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica y la circulación de nutrientes, además de comprobarse que su abundancia, biomasa, diversidad, y funciones metabólicas presentan un alto grado de sensibilidad a los cambios del ambiente y al estrés producido por la alteración antrópica.

Con este trabajo se da una aproximación al estudio de uno de los factores de formación más importantes del sistema edáfico: “los macro y microorganismos”, comprobando que son ellos los que dan vida al sistema. Por tal motivo, está en nuestras manos desarrollar el conocimiento necesario que permita un manejo sostenible, para que el recurso suelo nos siga ofreciendo estas condiciones

biológicas que son parte de su capital natural; y más aún tratándose de un suelo de páramo con tanta riqueza y beneficio ecológico, que además demanda especial atención por encontrarse fuertemente amenazado.

## RECOMENDACIONES

Como resultado de la experiencia adquirida a través de la presente investigación, nos permitimos plantear algunas recomendaciones dirigidas principalmente a la comunidad de investigadores que proyecten desarrollar estudios similares al nuestro.

Abordar el estudio de la realidad desde un Enfoque Sistémico, que está en la vanguardia científica, ya que se ha comprobado que todo lo que existe en el cosmos se resume en un sistema de sistemas, en esa medida para no alejarnos de la realidad de los fenómenos, los estudios deben tener ese mismo carácter sistémico.

Para la evaluación de la distribución vertical de la fauna del suelo es conveniente reforzar el método de colección para mejorar la captura de ácaros y colémbolos, siendo estos grupos de mucha importancia dentro de la fauna del suelo. En tal sentido se recomienda complementar la técnica de Nelson con la técnica de Berlese, de tal manera que se garantice la efectividad de su captura.

Profundizar y utilizar más las aplicaciones de la llamada Estadística Valleciana a las investigaciones biológicas, dado que ésta es la que más se ajusta a la realidad que experimentan los fenómenos naturales y es la que mejor describe su comportamiento, dado que aquella no busca unificar los datos y darles una interpretación generalizada, sino por el contrario, ésta se basa en las excepciones, en lo que precisamente la estadística tradicional descarta o trata de camuflar. Lo anterior en razón a que hemos constatado, con el presente estudio, la gran biodiversidad que posee nuestra región y que al darle un tratamiento especial a esta biodiversidad se mejorará la comprensión de su dinámica y su consecuente utilización con garantía de preservación.

Trabajar ante los organismos competentes para contar con una estación meteorológica específica para la zona e indagar con mayor exactitud la variación en la estructura de las comunidades edafofaunísticas frente a los cambios ambientales de tipo cíclico dados por la época seca y lluviosa del año.

Se recomienda continuar con este tipo de estudios sobre la edafofauna del suelo de alta montaña, con el fin de crear una base de datos propia e iniciar una mapeación biológica de los suelos en nuestra región. Ello a su vez permitirá la búsqueda de patrones que nos den a conocer a ciencia cierta el estado de calidad en el que se encuentra este recurso con el descubrimiento de índices confiables que sirvan de señal para monitorear y predecir los efectos de los cambios en los sistemas edáficos.



La creación de una colección entomológica propia, facilita la definición de indicadores biológicos de calidad de suelo para nuestra región, complementándose a futuro con el desarrollo de relaciones matemáticas o modelos que cuantifiquen los atributos de la calidad del suelo y de estos derivar uno o más índices de simulación o predicción.

Como se había planteado al comienzo, esta investigación sienta las bases teóricas, metodológicas, suficientes que brindan un diagnóstico del estado biológico en el que se encontraba el suelo antes de la erupción del Volcán Galeras, por lo tanto, es imprescindible una medición posterior a la última reactivación del Volcán Galeras, que sin lugar a dudas pudo tener un alto grado de intervención sobre la biota del suelo. En tal sentido se recomienda adelantar un estudio similar después de la erupción.

Finalmente y consecuentes con la necesidad de preservar el medio ambiente, recomendamos que los suelos de alta montaña se mantengan sin intervención, ya que estos constituyen la ventaja comparativa más importante de nuestra región que con un buen conocimiento, manejo y aprovechamiento de ellos se convertirán con seguridad en una de las ventajas competitivas más fuertes a nivel mundial.

## BIBLIOGRAFÍA

A.S. DIPPENAAR-SCHOEMAN, (ARC-Plant Protection Research Institute Pretoria). African Spiders, An Identification Manual. Biosystematics Division. Julio 1997. 392 P.

ADSIL, Ewart y FITZ, Patrick. Introducción a la ciencia de los suelos. México: Trillas, 1996.

AGUDELO, Calos Guillermo y BARRIENTOS, Eliana María. Respirimetría: un enfoque desde la ingeniería ecológica. Facultad Nacional de Minas. Universidad Nacional de Medellín, 1999. 61 P.

ALVAREZ, G et al. Mineralización del carbono de las fracciones densimétricas del suelo. Universidad de Buenos Aires. Departamento de suelos. Facultad de Agronomía, s.f.

AMAT, Germán y VARGAS, Orlando. Caracterización de microhábitats de la artropofauna en páramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. En: Caldasia. Vol. 16. No. 79. (Dic 1991): P 539

ARBEA, Javier y BLASCO, Javier. Ecología de los Colémbolos (Hexápoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). En: Conferencia presentada en el IX congreso Ibérico de Entomología. Zaragoza. Departamento de Ciencias Naturales, s.n. (Julio 2000).

ARGUELLO, Heliodoro. Descomposición y liberación de nutrimentos del follaje de ocho especies de interés forestal en la franja premontano de Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 21. No. 2. 1991; p. 57-63

BAREA, J. Las Micorrizas arbusculares componente clave en la productividad y estabilidad de agro ecosistemas [online]. Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos. Estación Experimental del Zaidín. Granada (España), s.f. [citado 2005]  
<http://www.csic.es/asociaciones/api/divulgacion/micorrizas.htmv>

BARNES, Robert. Zoología de los Invertebrados. 5 ed. México. Interamericana .McGRAW-HILL. 1989. p. 739-772

BEGON, Michael; HARPER., John L y TOWNSEND, Colin R. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Barcelona. Omega. 1995. 886 P.  
Biblioteca de consulta Microsof Encarta. 1993-2003. Insectos© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

BIO-DAP. Soluciones Informáticas 1993. [online]. [Citado 2003].  
www.Entomologiagranada.es.fm.

BONILLA, Carmen. Efecto de los animales sobre el suelo. Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Vol. 8. (dic 2000).

BORNEMISZA, Elemer et al. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José de Costa Rica. IICA. 1987.

BORROR, Donald J; TRIPLEHORN., Charles A y JOHNSON, Norman. An Introduction to the Study of Insects. Sixth Edition. Estados Unidos de América. Library of Congress card Number 88- 043541. 1992. P 875.

BORROR, J. et al. An Introduction To The Study Of Insects. Estados unidos de América. Saunders College Publishing. 1989.

BRADY, Nyle y WEIL, Ray. The Nature and Properties of Soil. Eleventh Edition. Estados Unidos de America. 1996. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458.

BURBANO, Hernán. Curso “sobre el recurso suelo”. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Programa de Educación ambiental. Pasto, Nariño, 2000.

BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto: Año Nal de la Ciencia y la Tecnología 1988-1989: COLCIENCIAS, Marzo 1989.

BURBANO, Hernán. Fertilidad de los suelos diagnostico y control. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. Nueva ed 1994. Santa Fe de Bogota, D.C. Publicación de la sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo: Guadalupe.

BURBANO, Hernán. Fertilidad de los suelos Diagnostico y Control. Nueva ed. Santa Fe de Bogota, D.C. Francisco Silva Mojica. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo: Guadalupe. p187

BURGES, A y RAW, F. Biología del suelo: aspectos microbiológico, botánico y zoológico. Barcelona, España: Omega. 1971.

CAMERO. R Edgar. et al. Bioedafología del orden coleóptera en tres regiones naturales de Colombia. En Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 27. 1997.

CHAMORRO Clara H y GARCÍA Mary R. Estudios agroecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia: contribución al conocimiento de la dinámica temporal de la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate. ed Luis Eduardo Mora Osejo, Helmut Sturn. Bogotá. 1994. Tomo 2, 620 P

CHAMORRO, B Clara H y GARCIA Mary Ruth . La edafofauna del páramo de Monserrate sector hacienda “Santa Bárbara” (Cundinamarca–Colombia). Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. s.f.

CHAMORRO, B. Clara. Las lombrices de tierra (macrofauna) en correlación con las características químicas del Páramo Sumapaz. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 2, No. 1; (1990); p. 21-44.

CHAMORRO, Clara. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los paramos que circundan la ciudad de Bogota. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 19, No 1; (1989); p 52.

CHESTER, 1949, 1960; GARRETT, 1951; HARLEY Y WAID, 1955. s.p.i

CORAL, Dilia et al .Indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión para el cultivo de trigo, de los municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño. Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI). 2003.

CORAL, Dilia y BONILLA, C. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del Lago Guamuéz, Pasto, Colombia. En: Revista de Suelos Ecuatoriales. Vol. 32. 2002.

CORPONARIÑO. Plan de Manejo Institucional del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Pasto: s.n., 1998.

DORAN, J et al. Definingn and soil quality for a sustainable environment. Los autores. Madison, Wisconsin. U.S.A. SSSA Spec. Publication, No.35.1994.

Edafología. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo Anélidos Lección 6[online]. Área de edafología y química agrícola facultad de ciencias, 2001; [citado 2003]: <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

Edafología. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. Lección 6 [online]. Área de edafología y química agrícola facultad de ciencias, 2001; [citado 2003]: <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

Edafología. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo Artrópodos Lección 6 [online]. Área de edafología y química agrícola facultad de ciencias, 2001; [citado 2003]: <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

Edafología. Ciencias Ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. Artrópodos, Arácnidos. [online]. Área de edafología y química agrícola facultad de ciencias, 2001; [citado 2003]: <http://www.unex.es/edafo/ECAL6Fauna.htm>

Edafología. Ciencias ambientales. El suelo como hábitat. Fauna del suelo. Artrópodos. Miriápodos. [online]. Área de edafología y química agrícola facultad de ciencias.2002; [citado 2004]: <http://w.w.w.unex.es/edafoECAL6Programa.Htm>.

FAUNA DEL SUELO. [online]. La fuerza del hombre. Lombrices [citado 2004]: <http://www.emison.com/5102>

FEIJOO, Alexander y QUINTERO, Heimar. Relación de uso de la tierra en agro ecosistemas del neotrópico con la biodiversidad del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Memorias del X congreso de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, s.f.

GALLARDO, Juan F. Uso de los microorganismos en la agricultura. Materia Orgánica: mito o realidad. Medellín: ed. Juan C Pérez, Claudia L Álvarez y Nelson Walter Osorio. Conferencias magistrales y simposios. X congreso de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. (Oct 11-13 2000). 147 p.

GARCÍA, Hernán. Análisis multivariado de datos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Matemáticas y Estadística. San Juan de Pasto. s.f.

Geografía: Ciencias de la Tierra. Ciencias del Suelo. [online]. Venezuela, Aldea Educativa, 2001 [cited 30 de enero 2003]

GOMEZ, Jairo. La materia orgánica en los agroecosistemas. Cali, Colombia: Publicación de CINDEC de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira 2000.

HERNANDEZ, Mary y HERNANDEZ, Danilo. Efecto de las prácticas agrícolas sobre algunas fracciones dinámicas de la materia orgánica. En: CEDAT U.S.R. Apdo 47925 coordinvt conicit. Ve<sup>2</sup> IZT U.C.V, s.f.

HOFFMANN, Anita. Animales desconocidos Relatos acarológicos. [online] Capítulo VIII. Un mundo oculto. 1988. [citado 2003]  
<http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/vol2/ciencia3/060/htm/sec18.htm>  
<http://w.w.w.aldeaeducativa.com/terra/temas/tareas.cuatro>

INFANTE, Jairo y CHAMORRO, Clara. Edafofauna de Paramos; Influencia del uso del suelo sobre la mesofauna edáfica en el Páramo de Chingaza Colombia. Bogota: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias-Departamento de Biología. Vol. 2, No.1. 1990. 47-61 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación distribución y uso. Bogotá. Dimas Malagon, Carlos Pulido, Rubén Llinas, Clara Chamorro y Jimmy Fernández. Edición Canal Ramírez Antares. Santa fe de Bogota. Capítulo 6, 1995. 632 p.

KILBERTUS, Gerart y GARCIA, Maria Eva. El suelo, un medio biológico a proteger. Acta científica y tecnológica. En: Revista de la asociación Española de Científicos. Vol.3; 2001.

LUGO, A. Los sistemas ecológicos y la humanidad: lombrices. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. s.p.i. 1982. 19 p.

LYAL, C. H. C. Entomología/UNIDAD IV Taxonomía/ insectos de costa rica/ Coleóptera/Curculionidae Texto 183. htm.

MARIN P. Elida, FEIJOO, A y PEÑA, J. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. En: revista de suelos ecuatoriales. Vol. 31, No. 2; diciembre 2003. p. 233- 237.

MARSHALL, A y WILLIAMS, W. Zoología de Invertebrados. España. Vol.1. Editorial Revetré, S.A. 1985.

MICHELENA, Roberto. Como controlar la erosión hídrica para que no destruya los suelos. <http://w.w.winsuelos.org.ar/informes/index.htm>.

NAVE, Rodrigo y GARCIA, Pérez R.E. Dinámica de la materia orgánica con énfasis en suelos de Ando. En : revista de Chapingo. Vol. 15, No. 69-70, año 1990.

PALANCA, A. Ambientes extremos: Rev. Fenol [online]. Anat [citado 2003]: <http://anatolab.uvigo.es/EVFABRE/EXTREMOS/ambpir/suelo.htm>. Vol.1. 1998

PIERRE, Moret. Claves de identificación para los géneros de Carabidae (Coleoptera) presentes en los paramos del Ecuador y del Sur de Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 29, No 2; (jul-Dic 2003). 185-190 p.

PLA, Laura. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Washinton, D.C. Secretaria General de la organización de los estados Americanos, Programa General de Desarrollo Científico y Tecnológico, (1986). 90P.

PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo. Quinta edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires Argentina: 1982. 498p.

REYES, Z Pedro et al. El páramo ecosistema de alta montaña: factores de formación de los suelos de páramo [online]. Edafofauna. [Citado 2002] [http://www. Banrep.gov.co/letra-p/paramo/indice.htm #indice](http://www.Banrep.gov.co/letra-p/paramo/indice.htm#indice)

RIDGE, Oak. Bioindicadores capítulo III. Nat Lab s.p.i. 1995.

RODRIGUEZ, J., L. V. A. Cuantificación de biomasa (Fitomasa) e inventario de bioelementos del bosque pluvial tropical climático de colinas bajas. Bajo calima, Buenaventura, Costa Pacífica, Colombia. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad de Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia. 1987. 300 P

ROMERA, P. María. Importancia de la materia orgánica en la agricultura ecológica. [Online]. Capitulo III. [citado 2004]: [www.infomagro.com](http://www.infomagro.com)

ROMO, Martha Isabel, Guía introductoria a la morfología de arañas. Pasto. Programa de biología. Universidad de Nariño, 2003.

SADEGHIAN, S. et al. Características de los suelos en sistemas agropecuarios y forestales para el ordenamiento territorial en el departamento del Quindío (Colombia) [online]. [citado 2002] [crg@armenia.multi.net.co](mailto:crg@armenia.multi.net.co).

SALAMANCA, Néstor y CHAMORRO, Clara. La edafofauna del Páramo Monserrate-Sector Hacienda "Santa Barbarbara"- (Cundinamarca - Colombia). Bogota En: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Investigaciones, subdirección agrológica. Vol. 2, No.1. 1990.

STURM, Helmut. Estudios agroecológicos del páramos y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Bogota. Luís Eduardo Mora Osejo. Tomol. 1994. 70- 85 P.

STURN, Helmut, y RANGEL, Orlando. Ecología de los páramos andinos. Una visión preliminar integrada. Bogota. Universidad Nacional de Colombia. Museo de Historia Natural. Guadalupe. 1985. p 35- 163.

Suelo: "Naturaleza del suelo". Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000-1993-1999 Microsof Corporation

TRUEBA, Dania Prieto, et al. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México. *Biología Tropical*. Vol. 43, No 3. 1999.

URBANO, Terron y HERNANDEZ, C. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid 1992. Mundi-Prensa. p 528-550.

VELEZ Raúl. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. 2 ed. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 1997. p 142-147.

ZULUAGA, Diego A et al, Componente Bioedáfico de los suelos del área de Caño Limón (Arauca-Colombia). En: *Revista Suelos Ecuatoriales*. Vol. 25. 1995.



## ANEXOS

Anexo A. Metodología para biomasa microbial. Se evaluó mediante el siguiente proceso expuesto por Coral et al<sup>224</sup>. El carbono de la biomasa microbiana fue estimado por el método de fumigación extracción (CIAT, 2002). Para fumigar las muestras se colocaron 10 g de cada una de ellas, en un desecador que contenía un beaker con 25 ml de cloroformo libre de etanol. Las muestras de suelo, por triplicado, se dejaron en el desecador por espacio de tres días en oscuridad y a temperatura ambiente. Luego se procedió a la extracción del carbono microbiano, para ello se adicionaron a cada repetición 50 ml. de solución 0,5 M de  $K_2SO_4$ , se agitaron por 30 minutos, se filtró y se analizó el carbono orgánico en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, utilizando la metodología utilizada en CIAT (2002).

Al suelo testigo, no fumigado se trató con igual procedimiento, en el momento en que se comenzó la fumigación, se le adicionó 50 ml de solución 0,5 M de  $K_2SO_4$ , se agitó por 30 minutos, se filtró y se analizó su carbono orgánico.

El cálculo de la biomasa microbial se hizo por la diferencia entre el Carbono medido en el suelo fumigado y no fumigado, multiplicándose por el factor 0,33 de corrección (Neusa, 2002), que expresa el porcentaje de la biomasa microbiana extraído por éste método.

Anexo B. Metodología para respiración microbial (evolución del  $CO_2$ ). Para la determinación de la actividad microbial, se utilizó el método de sistema atmosférico cerrado (Blasco 1970) metodología citada por Coral et al (2003) que continuación se describe.

Se tomo las muestras de suelo con la humedad de campo, que presentaron al momento de recolección, se colocaron a incubar durante 4 semanas y semanalmente se procedió a la medición del  $CO_2$ . Para el efecto se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en un tubo de ensayo de 25 cc. Dentro del tubo que contenía el suelo se colocó un vial al que previamente se le había colocado 0,2 g de peróxido de bario. Se procedió a taponar el tubo de ensayo y se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente (durante una semana), terminado el tiempo de incubación, se extrajo el vial el cual se colocó en el erlenmeyer del gasómetro, junto con 5 cc de HCl 2N, y se procedió a determinar el  $CO_2$  producido. El valor obtenido se multiplicó por el factor 2,351 para convertir mililitros a miligramos por cada 10 g de suelo (Cortés y Viveros, 1977). Posteriormente se repitió el proceso

---

<sup>224</sup> CORAL, D. Et al. Uso de indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión del cultivo de trigo, de los municipios de Tangua y Yacuanquer, Nariño Universidad de Nariño. Vicerrectoria de investigaciones, postgrados y relaciones Internacionales Pasto 2003

utilizando un nuevo vial para cada una de las tres semanas siguientes de incubación.

Anexo C. Técnica T.S.B.F. Antes de aplicar la técnica señalada para efectos de la toma de la muestra, se realizó una modificación a la metodología propuesta por Anderson e Ingram (1993) del programa Tropical Soil Biology and Fertility Programme en lo referente a las profundidades seleccionadas de 0-5, 5-10 y 10-15 cm. (ellos sugieren un monolito de 30cm separando en profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm.). En la zona aledaña a la cabaña de parques nacionales y a lado y lado del sendero el "Frailejón", se trazó una línea recta en las alturas seleccionadas, y se definieron los sitios de muestreo, cada uno separado por ocho metros para la extracción de los monolitos, la captura de la macrofauna se realizó de forma manual y a simple vista.

La técnica propiamente dicha consiste en Inicialmente se remover la vegetación existente en el área de 0.25 x 0.25 m, la cual fue trasladada a los laboratorios de la Universidad de Nariño para extraer los macroinvertebrados. Posteriormente se aisló un monolito cortando hacia abajo, con un azadón, a unos cuantos centímetros fuera del cuadro, y se excavo a 15 cm., luego se dividió el bloque en tres capas (0-5, 5-10 y 10-15 cm.) de las cuales se extrajeron los macroinvertebrados existentes. Para preservar las lombrices se utilizó formaldehído al 5% y los otros invertebrados se preservaron en alcohol al 70%.

Anexo D. Técnica de Barber<sup>225</sup>, o trampa de caída. Está constituida por recipientes que contienen un líquido conservador de una solución de alcohol al 10%, formol al 5% y agua jabonosa en proporciones iguales. Normalmente son enterrados y tapados con piedras dejando espacios para la incorporación de los organismos a los recipientes.

Se distribuyeron en cada una de las tres alturas diez recipientes plásticos de 15cm de alto por 8cm de diámetro; el material fue retirado cada 21 días, durante diez meses.

Los recipientes se enterraron en el suelo hasta el borde y se cubrieron con tapas elaboradas con suelo y material vegetal aledaño (una modificación al método), tratando de no cambiar el ambiente existente a su alrededor y simular hasta donde fue posible las condiciones naturales en las que se movilizan los organismos; se dejó un espacio entre la tapa y el suelo el cual se cree fue utilizado por los animales como refugio, lo que determinó su caída o captura. Tales trampas permiten la captura continua de ejemplares y, además, determinan que el tamaño de estos sea proporcional al de la boca del recipiente.

---

<sup>225</sup> ROBERTO M. CAPOCASALE. Los arácnidos criptozoicos. *En*: Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Volumen 7- N°39 – 1997 <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy39/araclid.htm>

Anexo E. Metodología para hongos microscópicos. Para determinar el número de colonias fungosas por gramo de suelo se utilizó el método propuesto por Evans<sup>226</sup>, cultivando la muestra en laboratorio y empleando el medio de cultivo Potato Dextrose Agar (PDA): el procedimiento consiste en los siguientes puntos:

- Se esterilizó el medio en autoclave a 15 libras de presión por 15 minutos.
- Poco antes de verter el medio líquido (a 45 °C) utilizó propionato de sodio para acidificar el medio a un pH 4.8
- Para la inoculación, Se preparó las suspensiones diluciones del suelo problema. Se repartió el medio de cultivo para hongos en cajas petri, a razón de 5ml, por cada caja. Se inoculó 1 ml de la suspensión – dilución  $10^{-3}$  a  $10^{-7}$  en las cajas que contienen el medio de cultivo debidamente marcadas para cada dilución, utilizando tres cajas por cada dilución. Finalmente se inoculó de 28 °C a 30 °C, se incubó a temperatura ambiente durante 7 días colocando las cajas invertidas; sin olvidar incubar 3 cajas con el medio sin inocular lo que sirvieron como blanco de referencia.

A los siete días se realizó la lectura, por cada dilución y el número de colonias fungosas por cada tres cajas, se calculó el promedio por dilución y se expresaron los resultados por gramo de suelo.

---

<sup>226</sup> EVANS, D et al. Methods of soil analysis part 2: chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc, Publisher. Madison, Wisconsin, USA. 1965.1462-1465, p 1507-1511.

Anexo F. ANDEVA de Variables Biológicas para actividad superficial:

CUADRADOS MEDIOS					
VARIABLES					
FUENTE DE VARIACION	G.L	ABUNDANCIA Nº de individuos	BIOMASA gpf	INDICE SHANNON	ÍNDICE SIPMSON
Altura	2	24864,5ns	9,1788**	0,0006ns	0,0019ns
Error	30				
Coeficiente de variación		34,92	73,53	9,85	29,18

ns = No presenta diferencias estadísticas

\*\* = Significancia 1%

G.L = Grados de libertad

Anexo G. Andeva de variables biológicas para la distribución vertical a nivel de alturas. Prueba DMS.

Altitud	R. Microbial	Abundancia	Indice Shannon	C-BM	Hongos	Necromasa
3200	2,95 C	8 B	1,51 B	17,18 A	756 A	47,62 A
3500	4,51 A	11B	1,60 B	18,68 A	830 A	85,23 A
3800	3,9 B	18 A	2,13 A	10,54 B	895 A	115,39 A

\* Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas significativas

## Anexo H. ANDEVA de variables biológicas para distribución vertical

CUADRADOS MEDIOS					
VARIABLES					
FUENTE DE VARIACION	G.L	RESPIRACION MICROBIAL	C-BM	HONGOS	NECROMASA
		C-CO <sub>2</sub> /10g s.s.	µgC/10g s.s.	UFC	gps/0,0625m <sup>2</sup>
Altura	2	24,04**	732,62**	48216,93ns	11423,68ns
Profundidad	2	11,39**	80,19ns		
AlturaxProfundidad	4	0,74ns	12,79ns		
Error	108			27	27
Coeficiente de variación		29,47	56,09	98,08	73,3

FUENTE DE VARIACION	G.L	ABUNDANCIA	INDICE-SHANOM	INDICE- SIMPSON	BIOMASA
		N° Individuos. 0.0625m <sup>2</sup>			gps/macroinvertebrados
Altura	2	1435,72**	1,14**	0,17 ns	0,76ns
Profundidad	3	1891,74**			1,28ns
AlturaxProfundidad	6	610,74**			1,04ns
Error	144		36	36	144
Coeficiente de variación		69,08	33,46	196,97	199,01

CBM = Carbono de la biomasa microbial

ns = No presenta diferencias estadísticas

\* = Significancia del 5%

\*\* = Significancia 1%

G.L = Grados de libertad

## Anexo I. Comparación de la biomasa de la edafofauna en la actividad superficial a nivel de alturas. Prueba DMS

### ALTITUD BIOMASA

3200	3,11	A
3500	1,61	B
3800	1,46	B

Promedios de la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

Anexo J. Comparación de variables Biológicas para la distribución vertical a nivel de profundidades. Prueba DMS.

ALTITUD	RESPIRACIÓN MICROBIAL	ABUNDANCIA	C-BM
Mantillo		13 B	
0--5	4,41 A	22 A	16,56 A
5--10	3,54 B	10 B	16 A
10--15	3,41 B	5 C	13,84 A

C-BM = Carbono de la biomasa microbial

\*Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas significativas

Anexo K. Promedios de variables fisicoquímicas por altura contempladas en el presente estudio

ALTURA	pH	Materia orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Humedad Gravimétrica (%)
3200	4,8	20,57	16,15	59,5
3500	4,5	25,77	8,615	154,2
3800	4,5	18,41	10,35	124

Anexo L. Promedios para variables fisicoquímicas por profundidad contempladas en el estudio:

VARIABLES	pH			Materia Orgánica (%)			Fósforo ppm.			Humedad Gravimétrica (%)		
	Profundidades. cm.											
ALTITUD	0--5	5--10	10--15	0--5	5--10	10--15	0--5	5--10	10--15	0--5	5--10	10--15
3200	4,85	4,85	4,87	20,83	20,53	20,35	18,08	16,23	14,15	55,73	59,91	62,85
3500	4,36	4,52	4,65	26,52	25,79	25,01	10,46	9,08	6,31	177,9	174,3	137,25
3800	4,39	4,55	4,69	21,99	16,59	16,65	12,77	11,00	7,31	153,5	115,4	103,50

Anexo M. Análisis de componentes principales. Valores propios y proporción de la variación explicada por cada componente e histograma de los 15 valores propios.

No	Valor propio	Porcentaje	P. Acumulado	
1	3.3581	22.39	22.39	*****
2	1.7290	11.53	33.91	*****
3	1.5925	10.62	44.53	*****
4	1.1422	7.61	52.15	*****
5	1.1216	7.48	59.62	*****
6	1.0295	6.86	66.49	*****
7	0.9209	6.14	72.63	*****
8	0.8027	5.35	77.98	*****
9	0.7292	4.86	82.84	*****
10	0.6191	4.13	86.96	*****
11	0.5726	3.82	90.78	*****
12	0.5041	3.36	94.14	*****
13	0.4259	2.84	96.98	*****
14	0.3040	2.03	99.01	*****
15	0.1488	0.99	100.00	****

Anexo N. Vectores propios y correlación entre las variables originales y los cinco primeros componentes principales

VARIABLES		COORDENDAS				
IDEN - LIBELLE COURT		1	2	3	4	5
V2	Altitud	-0.63	-0.06	-0.53	-0.02	0.22
V3	Profundidad	0.32	-0.46	-0.31	0.07	0.43
V4	pH	0.80	-0.05	-0.13	-0.14	-0.28
V5	Fósforo	0.24	0.55	0.32	0.13	0.01
V6	H. Gravimétrica	-0.88	-0.20	0.17	0.00	0.11
V7	Materia orgánica	-0.36	-0.13	0.65	-0.13	-0.03
V8	Respiracion mucro.	-0.63	0.25	0.13	0.5	0.24
V9	Biomasa Microbial	0.16	0.07	0.63	-0.01	0.17
V10	Hongos	-0.11	0.26	-0.21	0.47	-0.20
V11	Necromasa	-0.09	0.31	-0.26	-0.65	0.21
V80	Carabidae	-0.23	0.63	-0.16	-0.41	-0.15
V98	Curculionidae	0.58	0.28	0.21	0.02	0.40
V114	Glossoscolecidae	0.23	0.08	-0.06	-0.07	0.63
V140	Ocnerodrilidae	-0.36	0.25	0.08	0.39	0.30
V164	Staphylinidae	-0.43	0.62	-0.12	0.21	0.07

Anexo O. Conformación de las cuatro clases en las que se agrupa la totalidad de las observaciones

CLASSE 1 / 4

1 2 3 5 6 7 8 10 13 18 19 20 25 29 30 31 32 33 37 41 43 44 45  
 49 53 55 56 57 61 65 67 68 69 73 77 78 79 80 81 85 90 91 97 101 102  
 103 104 105 106 109 113 114 115 116 121 125 126 127 129 133 134 137 138 139 140  
 145 149 150 151 153

CLASSE 2 / 4

4 11 12 14 15 23 24 35 36 47 48 59 60 71 72 83 84 92 95 96 107 108  
 119 120 128 131 132 135 136 143 144 148 152 155 156

CLASSE 3 / 4

9 17 21 22 34 42 46 54 58 66 70 82 89 93 94 117 118 130 141 142 154

CLASSE 4 / 4

16 26 27 28 38 39 40 50 51 52 62 63 64 74 75 76 86 87 88 98 99 100  
 110 111 112 122 123 124 146 147



Anexo P. Agrupación de las muestras de acuerdo a su comportamiento frente a las variables analizadas. Descripción de las particiones, descripción del grupo de cuatro clases y caracterización de las clases

CLASSE 1 / 4 ( POIDS = 72.00 EFFECTIF = 72 )

V.Test	Proba	Moyennes		Ecart Types		Variables Caracteristiques	
		Classe	Generale	Classe	Generale	Num. Libelle	Iden
5.75	0.000	25.51	21.59	3.44	5.10	6.7	MO
5.30	0.000	145.17	112.57	30.52	45.98	5.3	HGR
4.78	0.000	4.64	3.79	1.19	1.33	7.8	RM
2.49	0.006	18.52	15.47	9.35	9.16	8.9	BM
-2.41	0.008	0.33	0.63	0.77	1.42	63.164	STA
-2.86	0.002	0.64	1.34	1.43	2.74	13.114	GLO
-2.36	0.009	0.29	0.49	0.61	0.96	79.80	CAR
-3.22	0.001	8.29	11.71	5.45	7.94	4.5	FOS
-4.47	0.000	62.04	82.85	35.65	63.88	10.11	NEC
-4.32	0.000	0.19	0.87	0.57	1.79	97.98	CUR
-4.74	0.000	5.14	7.50	5.54	5.59	2.PRO	PRO

CLASSE 2 / 4 ( POIDS = 35.00 EFFECTIF = 35 )

V.Test	Proba	Moyennes		Ecart Types		Variables Caracteristiques	
		Classe	Generale	Classe	Generale	Num. Libelle	Iden
6.07	0.000	12.57	7.50	2.77	5.59	1.ALT	ALT
4.69	0.000	3671.43	3500.00	230.00	244.95	2.PRO	PRO
-2.58	0.005	0.09	0.63	0.28	1.42	15	STA
-2.81	0.003	8.54	11.71	4.14	7.94	4.5	FOS
-5.23	0.000	8.66	15.47	5.64	9.16	8.9	BM
-5.47	0.000	17.63	21.59	3.03	5.10	6.7	MO

CLASSE 3 / 4 ( POIDS = 21.00 EFFECTIF = 21 )

V.Test	Proba	Moyennes		Ecart Types		Variables Caracteristiques	
		Classe	Generale	Classe	Generale	Num. Libelle	Iden
8.65	0.000	3.14	0.63	2.29	1.42	163.164	STA
6.05	0.000	1.67	0.49	1.64	0.96	79.80	CAR
4.47	0.000	164.32	112.57	35.41	45.98	5.6	HGR
4.58	0.000	3728.57	3500.00	127.78	244.95	1.ALT	ALT
4.10	0.000	4.48	1.47	6.12	3.60	139.140	OCN
4.47	0.000	218.09	82.85	35.18	63.88	10.11	NEC
2.79	0.003	4.72	3.79	1.18	1.33	7.8	RM
-3.66	0.000	3.33	7.50	2.36	5.59	2.PRO	PRO
-6.13	0.000	4.28	4.64	0.16	0.23	3.4	PH

CLASSE 4 / 4 ( POIDS = 30.00 EFFECTIF = 30 )

V.Test	Proba	Moyennes		Ecart Types		Variables Caracteristiques	
		Classe	Generale	Classe	Generale	Num. Libelle	Iden
7.92	0.000	3.20	0.87	2.86	1.79	97.98	CUR
5.74	0.000	4.85	4.64	0.11	0.23	3.4	PH
5.59	0.000	18.73	11.71	10.19	7.94	4.5	FOS
2.72	0.003	10.00	7.50	4.11	5.59	2.PRO	PRO
3.47	0.000	2.90	1.34	4.43	2.74	113.114	GLO
3.33	0.000	20.30	15.47	9.16	9.16	8.9	BM
-5.36	0.000	2.66	3.79	0.67	1.33	7.8	RM
-7.44	0.000	3200.00	3500.00	0.00	244.95	1.ALT	ALT
-7.40	0.000	58.79	112.57	9.94	45.98	5.6	HGR

Anexo Q. Coordenadas de las clases respecto a los cinco componentes principales

CLASES			COORDENADAS					DISTO.
IDEN - LIBELLE	EFF.	P.ABS	1	2	3	4	5	
aa1a - CLASSE 1 / 4	83	83.00	-0.77	0.37	-0.61	0.31	-0.09	1.20
aa2a - CLASSE 2 / 4	30	30.00	0.70	1.05	1.47	-0.25	-0.16	3.81
aa3a - CLASSE 3 / 4	17	17.00	-2.21	-2.02	1.27	-0.36	0.21	10.76
aa4a - CLASSE 4 / 4	28	28.00	2.87	-0.99	-0.54	-0.43	0.31	9.82

Anexo R. Correlación múltiple entre las variables estudiadas.

STA	ALT	PRO	PH	FOS	HGR	MO	RM	BM	HON	NEC	CAR	CUR	GLO	OCN	
ALT	1.00														
PRO	0.00	1.00													
PH	-0.47	0.22	1.00												
FOS	-0.26	-0.15	0.05	1.00											
HGR	0.50	-0.16	-0.75	-0.23	1.00										
MO	-0.15	-0.12	-0.26	0.01	0.43	1.00									
RM	0.25	-0.17	-0.41	-0.21	0.61	0.33	1.00								
BM	-0.26	-0.08	0.04	0.12	0.00	0.17	-0.05	1.00							
HON	0.03	0.00	0.00	0.03	0.05	-0.06	-0.02	-0.02	1.00						
NEC	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
CAR	0.11	-0.27	-0.09	0.11	0.05	0.04	0.04	-0.12	0.06	0.27	1.00				
CUR	-0.37	0.11	0.26	0.21	-0.48	-0.15	-0.33	0.23	-0.15	0.02	-0.07	1.00			
GLO	-0.06	0.16	0.08	0.08	-0.15	-0.03	-0.12	0.01	0.01	0.02	0.00	0.20	1.00		
OCN	0.16	-0.10	-0.35	0.04	0.22	0.06	0.12	-0.02	0.05	0.01	0.07	-0.02	-0.09	1.00	
STA	0.26	-0.28	-0.34	0.10	0.23	-0.01	0.15	-0.06	0.26	0.10	0.33	-0.03	-0.02	0.23	1.00

ALT: Altitud

PRO: Profundidad

PH: pH

FOS: Fósforo

HGR: Humedad gravimétrica

MO: Materia orgánica

RM: Respiración microbial

BM: Biomasa microbial

HON: Hongos microscópicos

NEC: Necromasa

CAR: Carabidae

CUR: Curculionidae

GLO: Glossoscolecidae

OCN: Ocnerodrilidae

Anexo S. Taxones colectados en la evaluación de la intensidad de la actividad superficial, mediante la técnica de Barber.



Hypogastruridae



Theriidae



Cyrtodesmidae



Phoridae



Diptera 3



Tipullidae



Opilionida



Zodariidae



Lycosidae



Oniscidae



Anisopodidae



Lepidoptera



Corinnidae



Clubionidae



Anyphaenidae



Miturgidae



Lynipidae



Dipluridae



Caponiidae



Cybaenidae



Heteropodidae



Oonopidae



Pholcidae sp1



Pholcidae sp2



Diptera 10



Sciariidae



Diptera 5



Diptera 11



Ichneumonidae spp



Scelionidae sp



Ichneumonidae sp



Ichneumonidae sp



Diapriidae sp



Ichneumonidae sp



Gasteropoda



Carabidae sp



Dipluridae sp



Tenebrionidae



Chrysomelidae



Pselaphidae



\* Scolytidae



Dascillidae



Curculionidae sp



Curculionidae sp



Eucnemidae sp



Crysomellidae



Acrididae



Eumastacidae



Gryllidae sp



Hemiptera sp



Hemiptera



Hemiptera sp



Hemiptera



Delphacidae



Aphididae



Campodeidae



Labiidae



Forficulidae



Blattellidae



Phlaeothripidae



Acariforme- Actinedida



Acariforme - Oribatida



Parasitiforme - Gamasida



Phasmida



Pyrgodesmidae



Cyrtodesmidae



Paradoxomatidae



Henicopidae



Cryptopidae



Anexo T. Taxones colectados en la evaluación de la distribución vertical, mediante la técnica TSBF



Melolontidae



Chelodesmidae sp



Chelodesmidae sp



Chelodesmidae sp



Pstapylinae sp



Pstapylinae sp



Carabidae sp



Carabidae sp



Cicadellidae



Araneidae sp



Araneidae sp



Dipluridae



Pseudococcidae sp



Mysmenidae



Mimetidae



Delphacidae



Paradoxomatidae



Pselaphidae



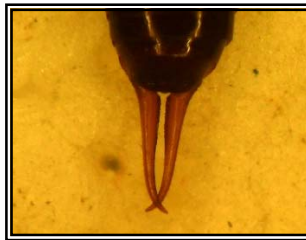
Acrididae



Forficulidae



Cheliosochidae



Miridae



Oniscidae



Blaberidae



Labiidae



Linyphidae



Cryptophidae



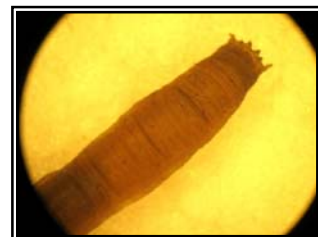
Chrysomelidae



Curculionidae



Heteropodida



Tipulidae



Cyrtodesmidae



Fuhrmannodesmidae