

**COMPOSICIÓN DE LA CLASE Collembola EN UN BOSQUE ALTO
ANDINO DE LA VEREDA NORUEGA ALTA, SILVANIA, CUNDINAMARCA,
COLOMBIA**

**DANIEL RICARDO AVILA AVILA
YENDA FANORY JARAMILLO CANO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ
2009**

**COMPOSICIÓN DE LA CLASE Collembola EN UN BOSQUE ALTO
ANDINO DE LA VEREDA NORUEGA ALTA, SILVANIA, CUNDINAMARCA,
COLOMBIA**

**DANIEL RICARDO AVILA AVILA
YENDA FANORY JARAMILLO CANO**

Proyecto de grado para optar por el título de Licenciados en Biología

**Director:
M. Sc. Alexander García
Licenciado en Biología**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ
2009**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Marzo de 2009

Nota Aclaratoria

“La universidad no se hace responsable de las ideas, ni del contenido del presente trabajo debido a que estas hacen parte única y exclusivamente de sus autores. “

Cap. XV, art 117, acuerdo No. 29 de 1988 del consejo superior
de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Dedicado a:

Este trabajo como cualquier otro que haya emprendido en mi vida, sea académico o personal, siempre ha sido impulsado por diferentes motivos y circunstancias que serían difíciles de explicar en este corto escrito, aun así, siempre habido un sentimiento que ha permanecido constante durante toda mi vida y que me ha acompañado en todas mis decisiones y juicios, un sentir que ha permitido convertirme en el buen hombre que se supone soy, ese sentir no es más otro que aquel, que desea siempre, bajo toda circunstancia, elevar el amor y orgullo que debe sentir una madre por su hijo, justificar de algún modo todos los sacrificios, avatares, penas, esfuerzos, toda la sangre y lágrimas que derramó para que mi formación y bienestar estuviera siempre completo, para que yo pudiese disfrutar de las cosas que ella jamás tuvo pero con las que siempre soñó. Mi madre dejó este mundo con el abatible sentimiento de la soledad y el fracaso, de haber fallado en todas sus decisiones y en todas las actividades que había emprendido y promovido, lo que ella nunca supo, fue que pocas veces falló en su vida, y que sus aciertos siempre fueron más grandes que sus yerros... jamás pude decírselo con claridad pero aunque recorriera el mundo siete veces y en diferentes épocas, jamás encontraría en ningún de los viajes que quisiste emprender una persona tan maravillosa, pujante, enérgica, vigorosa e imbatible...y con la capacidad de amarme como tu me amaste, no solo eres la mejor mamá, esposa, hermana, hija y tía que yo haya conocido, eres la mejor persona que ha pasado por mi vida y la más digna de admiración; lamento con todo mi sentir que no puedas acompañarme en este y demás proyectos, sé que tu si los hubieras apoyado y entendido, pero tu espíritu, guerrero e inmortal siempre estará en mí, aunque yo, ya te haya dejado ir hace tanto tiempo. Gracias por hacer de mí lo que eras tú.

Daniel Ricardo Avila Avila

A mi padre Milton Jaramillo Vanegas, por encaminarme en el maravilloso mundo del saber y el conocimiento, por inculcarme el amor a la lectura, por todos sus valiosos y oportunos consejos; a mi madre María Cano Ruiz, por su ayuda, compañía y la invaluable sabiduría que tiene sobre la vida y que ha compartido conmigo; a mis hermanos: Luz Adriana Jaramillo Cano, por su cariño, ayuda, compañía y fuertes convicciones; Diego Felipe Jaramillo Cano ser siempre incondicional; a Pedro Halleyber Jaramillo Cano por toda su ayuda y cariño siempre invaluable; a un gran hombre Diego Luis González Cabrera por su tiempo, paciencia y ayuda; gracias a todos por permitirme permanecer en esta familia, no perfecta pero sí muy querida y valorada. A Tí por este largo camino que hemos recorrido juntos, gracias por todo este tiempo de acompañamiento, lucha, ayuda y consentimiento. C.T.M.A.

Yenda Fanory Jaramillo Cano

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A mi mamá Fabiola Avila Casas, por enseñarme el camino del conocimiento y la excelencia, a mi papá Antonio Avila Montealegre, por mostrarme todo lo que se puede lograr con la bondad y la serenidad. A mi hermana Andrea Avila Avila, por acolitarme en mis anhelos.

A todas mis tías y mi tío Mario por la ayuda que me brindaron todos estos años, por los cuidados que le ofrecieron a mi madre durante su enfermedad sin los cuales habría sido difícil para ella proseguir e imposible para mí continuar con mis estudios. Le agradezco en especial a mi tía Mary y Gloria por ser las patrocinadoras oficiales de esta investigación y muchas otras cosas en mi vida.

Al profesor Alexander García por mostrarme su entusiasmo, que permitió enamorarme de la Entomología y demostrarme que con esfuerzo y constancia podemos ser los mejores.

A mis amigos de toda la vida: Michael y Nelson, quienes hacen siempre de mi una mejor persona, más alegre y más vivaz.

A mis mejores Amigos: Leonardo, por permitirme compartir toda su sabiduría y chispa; y Luis, por acompañarme estos últimos años.

Agradezco a todas las demás personas que son importantes para mí, ocupan un lugar en mi vida y colaboraron en este proceso: Andrés Martínez Africano, Fredy León, Eliana Buenaventura, Amalia Martínez Téllez, Juan Hernández, Laura Jiménez, mis primos: Juancho, Heidy, Pilar, Jorge Enrique, Andrés Felipe y a toda la demás gente que quiero y respeto.

Te agradezco a ti, por permitirme participar de este proyecto, por acompañarme estos ya cinco años que han sido difíciles pero invaluable, por amarme a pesar de mis errores, faltas y por quedarte a mi lado siempre.

A mi padres, Milton Jaramillo Vanegas y María Virginia Cano Ruíz, por todos sus aportes y sacrificios para que lograra terminar este trabajo; a mis hermanos Luz Adriana, Diego Felipe y Pedro Halleyber Jaramillo Cano, a mi cuñado Diego Luis González Cabrera, por su cariño, consejo, ayuda y paciencia durante este largo camino que ha sido mi vida, por todo su apoyo y compañía a lo largo de mi carrera.

Al Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, por su valiosa asesoría siempre desinteresada y oportuna en esta investigación.

A la señora Raquel y su familia, por permitirnos quedarnos en su casa y brindarnos su hospitalidad. Sin su colaboración no se habría podido realizar este trabajo.

A mi prima Gladys Stella Twousen, por su gentil ayuda y su colaboración durante esta investigación, a Amalia Marcela Martínez Téllez, por su amistad incondicional, su apoyo y sus consejos, a Jorge Andrés Martínez Africano, por su amistad, ayuda incondicional y paciencia infinita.

A todos aquellos amigos y compañeros que me han acompañado en este largo camino, especialmente a Sandra Martínez Téllez, a la señora Elizabeth Téllez, Mauricio Pascuales Salazar por todo este tiempo que hemos compartido, Fredy León Díaz y José Nicolás Díaz. A la familia Avila Avila por su ayuda y hospitalidad.

A todas aquellas personas que de una u otra forma brindaron aportes a esta investigación. GRACIAS TOTALES!

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE LÁMINAS	
RESUMEN	
GLOSARIO	
1. INTRODUCCIÓN	29
2. JUSTIFICACIÓN	31
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
4. OBJETIVOS	33
4.1. OBJETIVO GENERAL	33
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
5. MARCO TEÓRICO	34
5.1. ANTECEDENTES	34
5.2. BIOLOGÍA	36
5.2.1. Cutícula	37
5.2.2. Cubierta corporal	38
5.2.3. Cabeza	40
5.2.3.1. Piezas bucales	40
5.2.3.2. Antenas	41
5.2.3.3. Órgano postantenal	41
5.2.3.4. Placa ocular	42
5.2.4. Tórax	42
5.2.5. Abdomen	43
5.2.5.1. Colóforo o tubo ventral	43
5.2.5.2. Tenáculo, retináculo o maula	43
5.2.5.3. Fúrcula	43
5.3. ECOLOGÍA	44
5.3.1. Clasificación ecológica de los Collémbolos	46
5.4. DISTRIBUCIÓN	48
5.5. SISTEMÁTICA	50
5.5.1. Grupo: Arthropleona	51
5.5.1.1. Orden Poduromorpha	51
5.5.1.2. Orden Entomobryomorpha	51
5.5.1.3. Orden Metaxypleona	51
5.5.2. Grupo: Symphypleona	52
5.5.2.1. Orden Neelipleona	52
5.5.2.2. Orden Symphypleona	52
5.6. FILOGENIA	53
6. HIPÓTESIS	56
7. METODOLOGÍA	57
7.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	57

7.2. FASE DE CAMPO	57
7.2.1. Diseño de muestreo	60
7.3. FASE DE LABORATORIO	67
7.3.1. Preservación y selección	67
7.3.2. Montaje	67
7.4. FASE DE IDENTIFICACIÓN	68
7.5. FASE DE ANALÍTICA	69
7.5.1. Modelo de Clench	69
7.5.2. Prueba de Student	72
7.5.3. Mapa de Distribución	73
7.6. DISEÑO PÁGINA WEB	73
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
8.1. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA	75
8.2. DIAGNOSIS DE LAS FAMILIAS, GÉNEROS Y MORFOTIPOS DE LA CLASE COLLEMBOLA	76
8.3. LÁMINAS DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS MORFOTIPOS DE LA CLASE COLLEMBOLA	129
8.4. CLAVES DICOTÓMICAS PARA FAMILIAS DE COLLEMBOLA EN NORUEGA ALTA	218
8.5. ANALISIS DE DIVERSIDAD	225
8.5. 1. Curva de acumulación de familias de Collembola en Noruega Alta	225
8.5.1.1. Coeficiente de determinación	226
8.5.1.2. Valores observados, calculados y residuos del número de Familias acumuladas en las unidades de esfuerzo	227
8.5.1.3. Parámetros de la curva	228
8.5.1.4. Pendiente de la curva de Clench	228
8.5.1.5. Proporción de fauna registrada	229
8.5.1.6. Esfuerzo de muestreo para registrar el 99% de la fauna de Collémbolos en el área de estudio	230
8.5.1.7. Curva de acumulación de familias de Collémbolos en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca	230
8.5.2. Índices de diversidad de familias de Collembola en Noruega Alta	231
8.5.2.1. Gradiente de modificación ambiental	233
8.5.2.2. Gradiente de modificación temporal	245
8.5.2.3. Gradiente zona de transición	260
9. PAGINA WEB	266
CONCLUSIONES	271
RECOMENDACIONES	273
BIBLIOGRAFÍA	274
ANEXO 1. Formato de registro de identificación de familias y géneros de Collembola	286
ANEXO 2. Formato de registro del esfuerzo invertido por mes y cuadrante	287
ANEXO 3. Formato de registro esfuerzo acumulado	288
ANEXO 4. Formato registro taxonomía de especímenes	289

ANEXO 5 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Entomobryomorpha, de la clase Collembola en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca	290
ANEXO 6 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Poduromorpha de la clase Collembola, en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca	291
ANEXO 7 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Symphypleona de la clase Collembola, en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca	292

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación ecológica de los Collémbolos	47
Tabla 2. Sistemática de Collembola	52
Tabla 3. Diseño de muestreo	61
Tabla 4. Ecuaciones de índices de diversidad Alfa y Beta	71
Tabla 5. Listado de familias, subfamilias y géneros encontrados en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca.	74
Tabla 6. Resultados de la curva de acumulación de familias ajustada al modelo de Clench para un bosque alto andino de Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca	226
Tabla 7. Análisis visual de los residuos	227
Tabla 8. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto andino en Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo	235
Tabla 9. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo	238
Tabla 10. Prueba de Student (t) para la fauna de Collembola de bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental	242
Tabla 11. Muestras pareadas por microhábitats para comprobar las <i>Ho/Hi</i> de un gradiente de modificación ambiental en bosque alto andino, Noruega Alta	242
Tabla 12. Matriz de <i>Ho/Hi</i> para las muestras pareadas de la fauna de Collémbolos del gradiente de modificación ambiental en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, Colombia	243
Tabla 13. Variables ecológicas de los hábitats evaluados en abril y mayo	248
Tabla 14. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto Andino en Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de abril	249
Tabla 15. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto andino en Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de mayo	252
Tabla 16. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de Abril	256
Tabla 17. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania,	258

Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de mayo

Tabla 18. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de la clase Collembola de un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente zona de transición (Cuadrante C) 261

Tabla 19. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente zona de transición 261

Tabla 20. Prueba de Student (t) para la fauna de Collembola en bosque alto Andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de zona de transición 265

Tabla 21. Matriz de Ho/Hi para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de zona de transición 265

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Morfología general de Collembola	37
Figura 2. Estructura cuticular de un Collémbolo	38
Figura 3. Tipos de sedas	39
Figura 4. Tipos de escamas	40
Figura 5. Tipos de órgano postantenal	42
Figura 6. Tipos de fúrcula	44
Figura 7. Dendrograma filogenético de los Hexápoda, de acuerdo a las Sinapomorfías	54
Figura 8. Cladograma que muestra las relaciones de los artrópodos Tracheata	55
Figura 9. GPS Garmin 76 Handheld	58
Figura 10. Higrómetro AIRGUIDE	58
Figura 11. Trampas Pitfall	61
Figura 12. Trampas Berlesse – Tullgren	62
Figura 13. Recolección manual	62
Figura 14. Área de estudio	65
Figura 15. Subunidades de muestreo	66
Figura 16. Curva de acumulación de familias de Collembola de abril y mayo de 2006 de bosque secundario alto andino en la vereda Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca	231
Figura 17. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental	236
Figura 18. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental	236
Figura 19. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental	237
Figura 20. Árbol de diversidad beta para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo – Bray Curtis Cluster Analysis	241
Figura 21. Índice de riqueza para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril	250
Figura 22. Índice de equidad para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril	250
Figura 23. Índice de dominancia para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un	251

gradiente de modificación temporal para el mes de abril	
Figura 24. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo	253
Figura 25. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo	253
Figura 26. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo	254
Figura 27. Árbol de diversidad Beta para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril - Bray-Curtis Cluster Analysis	257
Figura 28. Árbol de diversidad Beta para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo - Bray-Curtis Cluster Analysis	259
Figura 29. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición	262
Figura 30. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición	262
Figura 31. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición	263
Figura 32. Árbol de diversidad Beta para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca en un gradiente de zona de transición - Bray-Curtis Cluster Analysis	264
Figura 33. Página Web principal	266
Figura 34. Características y generalidades de la clase Collembola, página web.	267
Figura 35. Morfología general de la clase Collembola, página web.	267
Figura 36. Clasificación ecológica de los Collémbolos, página web.	268
Figura 37. Filogenia y sistématica de los Collémbolos, página web.	268
Figura 38. Métodos de captura y montaje de la clase Collembola, página web.	269
Figura 39. Listado de familias y géneros de Collembola en Colombia, página web.	269
Figura 40. Claves taxonómicas para familias de Collémbolos, página web.	270

LISTA DE LÁMINAS

	pág
Lámina I <i>Sinella</i>	130
A. Placa ocular con seis cornéolas	
B. Cuerpo sin escamas	
C. Fúrcula, mucrón bidentado	
Lámina II <i>Entomobrya</i>	131
A. Cabeza vista dorsal, mostrando la placa ocular con ocho cornéolas	
B. Vista general, cuerpo sin escamas	
Lámina III <i>Lepidocyrtus</i>	132
A. Habitus	
B. Cabeza y tórax, vista lateral, mostrando el tamaño y posición del mesonoto protruido sobre la cabeza	
Lámina IV <i>Lepidocyrtus</i>	133
A. Abdomen, vista lateral, mostrando la longitud del IV segmento abdominal, más de seis veces la longitud del III y las escamas truncadas sobre el dorso	
Lámina V <i>Lepidocyrtus</i>	134
A. Último segmento abdominal con sedas filiformes terminales oscuras	
B. Unguis acuminado con un diente interno y un tenenthair en el tibiótarsos	
Lámina VI <i>Lepidocyrtus</i>	135
A. Fúrcula	
B. Detalle fúrcula, mostrando las sedas plumosas en la región basal de los dientes	
Lámina VII <i>Lepidocyrtus</i>	136
A. Detalle fúrcula, zona distal de los dientes con escamas lanceoladas dorsales, sedas multiciliadas largas y crenas	
B. Región distal del diente lisa, mucrón bidentado con espina basal	

Lámina VIII <i>Acanthocyrtus</i>	137
A. Vista general, mostrando las sedas filiformes sobre mesonoto y cabeza, además escamas truncadas débilmente estriadas	
Lámina IX <i>Acanthocyrtus</i>	138
A. Tórax, mostrando las escamas truncadas y macroquetas en fémur y tibiótarsos	
B. Abdomen, similitud entre III y IV segmento abdominal	
Lámina X <i>Acanthocyrtus</i>	139
A. Tórax, detalle de las escamas lanceoladas como truncadas débilmente estriadas y oscuras	
Lámina XI <i>Acanthocyrtus</i>	140
A. Antena detalle del IV antenito con bulbo apical	
B. Unguis	
Lámina XII <i>Acanthocyrtus</i>	141
A. Detalle del manubrio, mostrando las espinas distales acanaladas	
B. Dentes con espinas gruesas y sedas	
Lámina XIII <i>Acanthurella</i>	142
A. Detalle IV antenito, mostrando la anillación y ausencia de bulbo apical	
B. Habitus	
Lámina XIV <i>Pseudosinella</i>	143
A. Vista general	
B. Detalle placa ocular	
Lámina XV <i>Pseudosinella</i>	144
A. Vista general abdomen	
B. Detalle escamas truncadas hialinas	
Lámina XVI <i>Pseudosinella</i>	145
A. Detalle fúrcula, mostrando las espinas en el manubrio y el dente	

B. Detalle fúrcula, mostrando las sedas multiciliadas en el dente, las crenas y las escamas dorsales	
Lámina XVII <i>Pseudosinella</i>	146
A. Detalle fúrcula, mostrando las sedas multiciliadas en el dente, las crenas y escamas dorsales	
Lámina XVIII <i>Seira</i>	147
A. Vista general, mostrando las escamas truncadas débilmente estriadas y las sedas filiformes en el mesonoto	
Lámina XIX <i>Seira</i>	148
A. II y III segmento abdominal con botriotrichias	
B. Mucrón falcado	
Lámina XX <i>Lepidobrya</i>	149
A. Cabeza y tórax, mostrando el mesonoto abultado y las escamas cafés débilmente estriadas	
B. Pata, sedas espiniformes en tibiótarsos	
Lámina XXI <i>Lepidobrya</i>	150
A. Unguis, mostrando el tenenthair y la ausencia de dientes internos en el unguis	
B. Mucrón bidentado más espina basal	
Lámina XXII <i>Lepidobrya</i>	151
A. Fúrcula, dientes con sedas plumosas y sin escamas	
Lámina XXIII <i>Lepidosira</i>	152
A. Detalle escamas lanceoladas y oscuras	
B. Fúrcula, escamas ventrales en el dente	
Lámina XXIV <i>Lepidosira</i>	153
A. Habitus	
B. Antenas, IV antenito largo y sin bulbo apical	

Lámina XXV <i>Lanocyrtus</i>	154
A. Mostrando el abultamiento sobre la cabeza y la ausencia de escamas en antenas y patas	
B. IV segmento abdominal seis veces el III segmento	
Lámina XXVI <i>Desertia</i>	155
A. Detalle placa ocular, configuración corneal de 8+8, con distribución en forma de "S"	
Lámina XXVII <i>Dicranocentrus</i>	156
A. Habitus, mostrando los seis segmentos abdominales y la presencia de escamas truncadas en ellas	
Lámina XXVIII <i>Proisotoma</i>	157
A. Habitus	
B. Fúrcula, nótese el mucrón tridentado y las crenas del dente	
Lámina XXIX <i>Desoria</i>	158
A. Vista general	
Lámina XXX <i>Desoria</i>	159
A. Detalle del órgano postantenal (OPA)	
B. Detalle mucrón, mostrando tres dientes y la ausencia de espina basal	
Lámina XXXI <i>Folsomia</i>	160
A. Vista general cabeza	
B. Detalle cabeza, sin cornéolas	
Lámina XXXII <i>Folsomia</i>	161
A. Vista general tórax, mostrando sedas gruesas	
B y C. Vista general abdomen, mostrando macrosedas terminales y una fúrcula reducida, IV-V-VI segmentos abdominales fusionados	
Lámina XXXIII <i>Folsomia</i>	162
A y B. Detalle cabeza, nótese la ausencia de placa ocular y el órgano	

postantenal simple (OPA)	
Lámina XXXIV <i>Folsomia</i>	163
A. Mucrón alargado tridentado	
B. Vista general	
Lámina XXXV <i>Isotomiella</i> y <i>Psammisotoma</i>	164
A. <i>Isotomiella</i> . Cabeza, mostrando la ausencia de cornéolas y OPA	
B. <i>Psammisotoma</i> . IV segmento abdominal con botriotrichia	
Lámina XXXVI <i>Ballistrura</i>	165
A. <i>Ballistrura</i> . Fúrcula con dientes tuberculados	
B. Morfotipo, Fúrcula con plegamiento distal del dente	
Lámina XXXVII <i>Campylothorax</i>	166
A. Morfotipo. Fúrcula, plegamiento del dente y mucrón tridentado	
B. <i>Campylothorax</i> . Vista general	
Lámina XXXVIII <i>Campylothorax</i>	167
A. Detalle cabeza	
B. Antenas	
Lámina XXXIX <i>Campylothorax</i>	168
A. Detalle tórax, mostrando arqueamiento del metanoto y escamas truncadas hialinas	
B. Detalle abdomen, mostrando longitud del IV segmento abdominal, cerca de seis veces la longitud del III	
Lámina XL <i>Campylothorax</i>	169
A. Fúrcula	
B. Detalle dente, mostrando espinas y sedas largas multiciliadas	
Lámina XLI <i>Campylothorax</i>	170
A. Dentes, con gran cantidad de espinas gruesas dispuestas en cuatro filas	
B. Dentes, con región distal abultada	

Lámina XLII <i>Campylothorax</i>	171
A. Detalle mucrón rectangular, mostrando tres dientes apicales y uno basal	
B. Detalle mucrón rectangular, con cuatro dientes apicales y uno basal	
Lámina XLIII <i>Dicranocentruga</i>	172
A. Vista general	
B. Quetotaxia ocular	
C. Mucrón rectangular con cuatro dientes	
Lámina XLIV <i>Salina</i>	173
A. Vista general, mostrando el tamaño de las antenas	
Lámina XLV <i>Salina</i>	174
A. Vista general, con botriotrichias en el abdomen	
Lámina XLVI <i>Salina</i>	175
A. Detalle fúrcula, mostrando una protuberancia lanceolada en la parte basal del mucrón	
B. Detalle fúrcula, con mucrón rectangular de tres dientes distales	
Lámina XLVII <i>Callyntrura</i>	176
A. Vista general	
B. Macroquetas del vértex	
C. Dentes sin espinas, mucrón rectangular de cuatro dientes	
	177
Lámina XLVIII <i>Lepidonella</i>	
A. Vista general	
Lámina XLVIX <i>Lepidonella</i>	178
A. Detalle cabeza, mostrando la ausencia de macroquetas en la región del vértex	
B. Fúrcula, mostrando espinas dentales	
Lámina L <i>Lepidonella</i> y <i>Paronella</i>	179
A. <i>Lepidonella</i> . Detalle mucrón	

B. <i>Paronella</i> . Vista general	
Lámina LI <i>Paronella</i>	180
A. Patas	
B. Dentes, con filas de espinas	
C. Mucrón rectangular	
Lámina LII <i>Paronellides</i>	181
A. Tórax sin escamas	
B. Abdomen sin escamas	
C. Mucrón corto bidentado	
Lámina LIII <i>Harlomillsia</i>	182
A. Vista general	
B. Detalle del mucrón largo multidentado	
C. Abdomen, con escamas fuertemente estriadas	
Lámina LIV Oncopoduridae y <i>Tomocerina</i>	183
A. Oncopoduridae. Detalle escamas truncadas fuertemente estriadas	
B. <i>Tomocerina</i> . Vista general	
Lámina LV <i>Tomocerina</i>	184
A. Antenas con III y IV antenito anillado	
B. Fúrcula, mostrando espinas tridentadas en el dente con pequeños tubérculos distales y el mucrón multidentado peludo	
C. Detalle espinas tridentadas en el dente	
Lámina LVI <i>Tomocerina</i>	185
A. Detalle del mucrón, mostrando pequeñas sedas y múltiples dientes dorsales	
Lámina LVII <i>Ceratophysella</i>	186
A. Antenito III, con un par de sensilas sensoriales	
B. Antenito IV, con lóbulo apical	

Lámina LVIII <i>Ceratophysella</i>	187
A. Órgano postantenal (OPA), con cuatro vesículas o lóbulos	
B. Piezas bucales, mostrando la mandíbula con superficie basal molar	
Lámina LIX <i>Ceratophysella</i>	188
A. Unguis, con unguicolo lamelado	
B. Abdomen terminal, mostrando las espinas anales cada una naciendo de su propia papila	
Lámina LX <i>Ceratophysella</i>	189
A. Fúrcula, con forma de cuchara o mitón	
B. Vista lateral fúrcula, mucrón espatulado con una espina o lóbulo lateral	
Lámina LXI <i>Schoetella</i>	190
A. OPA simple ovoide, con anillo externo lobado débilmente y con seda acuminada	
B. Fúrcula en forma de aguja	
Lámina LXII <i>Hypogastrura</i>	191
A. Vista general	
B. Fúrcula con mucrón en forma de espina	
Lámina LXIII <i>Odontella</i>	192
A. Vista general	
B. Conos cuticulares en el último segmento abdominal	
Lamina LXIV <i>Odontella</i>	193
A. Placa ocular con seis cornéolas y OPA oval	
B. Tercer antenito con papilas cónicas bifurcadas	
Lámina LXV <i>Odontella</i>	194
A. Unguis, mostrando la ausencia de unguicolo	
B. Mucrón con láminas oblicuas (Lámelas)	

Lámina LXVI <i>Neanura</i>	195
A. Vista general, mostrando los tubérculos distribuidos por todo el cuerpo, desde la cabeza hasta el último terguito y las lobulaciones en el último segmento abdominal	
Lámina LXVII <i>Neanura</i>	196
A. Tubérculos reticulados en la cabeza	
B. Detalle del tubérculo	
C. Tubérculos reticulados con una seda central y dos externas	
D. Detalle de las sedas	
Lámina LXVIII <i>Neanura</i>	197
A. Abdomen terminal, mostrando las formaciones cuticulares	
B. Detalle de los conos cuticulares en el abdomen terminal	
C. Lóbulos del último segmento abdominal	
Lámina LXIX <i>Neanurinae</i> y <i>Pseudachorutes</i>	198
A. Vista general, mostrando el abdomen bilobado, el desarrollo marcado de las macrosedas, como la ausencia de tubérculos y reticulaciones	
B. <i>Pseudachorutes</i> . Fúrcula y último segmento abdominal simple	
Lámina LXX <i>Pseudachorutes</i>	199
A. Vista general, nótese el cono bucal y el último segmento abdominal claro y circular	
Lámina LXXI <i>Pseudachorutes</i>	200
A. Cono bucal	
B. Detalle cono bucal, con maxilas estiletifformes y capitulo de la maxila alargado no triangular	
Lámina LXXII <i>Sminthurus</i>	201
A. Vista general, mostrando antenas más grandes que la cabeza	
Lámina LXXIII <i>Sminthurus</i>	202
A. Detalle placa ocular	
B. Espinas cefálicas	

Lámina LXXIV <i>Sminthurus</i>	203
A. Colóforo desarrollado, hamúla con dos dientes y un tubérculo	
B. Espinas del pequeño abdomen	
Lámina LXXV <i>Sminthurus</i>	204
A. Fúrcula, mostrando mucrón crenulado y apéndices anales	
B. Detalle del mucrón crenulado	
Lámina LXXVI <i>Sminthurus</i> y Sminthurinae	205
A. <i>Sminthurus</i> . Abdomen terminal, con apéndice alargado en forma de espina	
B. Sminthurinae. Vista general	
Lámina LXXVII Sminthurinae	206
A. Detalle espinas del vértex	
B. Fúrcula, mucrón crenulado	
C. Abdomen terminal con apéndices anales palmeados	
D. Uña, con unguicolo lamelado y sin tenent hairs	
Lámina LXXVIII Sminthurinae	207
A. Abdomen terminal, con apéndices anales en forma de penacho	
Lámina LXXXII <i>Sphyrotecha</i>	208
A. Vista general	
B. Espinas cefálicas	
C. Espinas del gran abdomen	
Lámina LXXXIX <i>Sphyrotecha</i>	209
A. Mucrón con ápice escotado	
B. Uña, mostrando la túnica que recubre el unguis y el unguicolo lamelado	
Lámina LXXX Dicyrtomidae	210
A. Vista general	
B. Detalle del colóforo	
C. Fúrcula, mucrón crenulado	

Lámina LXXXI <i>Dicyrtoma</i>	211
A. Vista general	
B. Mucrón crenulado	
C. Pequeño abdomen, con sedas espiniformes	
Lámina LXXXII Sminthurididae y <i>Denisiella</i>	212
A. Antenitos II y III de un macho, mostrando la acotación y las sedas largas que sirven para sujetar a la hembra durante la cópula	
B. <i>Denisiella</i> . Detalle de la cabeza, antenas acotadas entre el II y III antenito	
Lámina LXXXIII <i>Denisiella</i>	213
A. Vista general	
B. Vista ventral, mostrando el tamaño del colóforo	
Lámina LXXXIV Bourletiellidae	214
A. Vista general, mostrando el mucrón aguzado y liso	
B. Mucrón espatulado	

RESUMEN

Se evaluó la composición de la clase Collémbola en un bosque alto andino, a partir de los muestreos realizados en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, entre los meses de abril y mayo de 2006. Se utilizaron métodos de captura como: Pitfall, Berlesse-Tullgren y recolección manual, en un área de estudio de 0.3 he, parcelada en seis cuadrantes de 500 m², representativos de los hábitats presentes en la zona. Los individuos colectados se montaron en líquido de Hoyer y se identificaron hasta el nivel taxonómico más específico posible. Se calcularon los índices de diversidad alfa: Margalef, Shannon-Wiener y Simpson, relacionando los hábitats naturales y antrópicos presentes. Igualmente se calculó el índice de diversidad beta (Whittaker y Complementariedad) para comparar cada una de las subunidades muestrales, teniendo en cuenta la forma como afecta el uso del suelo a la distribución de la clase Collembola. Con los índices hallados se evaluaron los gradientes de modificación ambiental, temporal y zona de transición. Se encontraron 15 familias: una de ellas nuevo registro para Colombia, la familia Oncopoduridae; 50 géneros: 7 nuevos registros para Cundinamarca, 15 para Colombia, 4 para Suramérica, 5 nuevos registros para América, 18 géneros ya registrados en el país y 13 morfotipos no identificados. Con los datos obtenidos se halló la curva de acumulación de familias, en donde se demuestra que el 97% de la fauna de Collémbolos presente en el área de estudio fue muestreada. Las familias más abundantes fueron Isotomidae y Entomobryidae, los microhábitats con mayor riqueza específica correspondieron a los ambientes naturales del bosque, la estructura de la diversidad alfa varió según el mes evaluado, siendo mayor la equidad en abril para los ambientes transformados antrópicamente y en mayo para los ambientes naturales, relacionándose dicho comportamiento con el nivel de precipitación mensual; la dominancia se comportó de manera similar al índice anterior, siendo mayor en el mes de abril en ambientes perturbados debido a la familia Isotomidae, en el mes de mayo, mucho mayor en ambientes conservados, gracias a la familia Entomobryidae. La diversidad beta mostró que el reemplazo en las comunidades de Collembola aumenta con la distancia geográfica y la variación ecológica. Se relacionó el uso del suelo y la actividad antrópica como un factor influyente sobre la distribución espacial de las familias de Collembola, reduciendo la riqueza en ambientes perturbados.

Se realizaron: un listado, mapas de distribución, claves taxonómicas-pictóricas de las familias halladas en el área de estudio y se recopiló la información acumulada durante la investigación en una página Web de uso público.

Palabras clave: Collembola, composición, taxonomía, bosque alto andino, índices diversidad, uso del suelo, natural, antrópico.

GLOSARIO

ANOFTALMAS: ausencia de ojos en la placa ocular.

ÁREAS SENSORIALES: depresiones cuticulares circulares, presentes solamente en Neelidae.

BOTRIOTRIQUETAS: filamentos ciliares muy finos que nacen sobre un alvéolo elevado; también son llamadas tricobotrias.

COLÓFORO: estructura circular o cilíndrica que sirve para la adhesión al sustrato a través de dos vesículas eversibles, que secretan una sustancia pegajosa, se encuentra en el primer segmento abdominal.

CORNÉOLAS: lentes de los ocelos simples de Collembola.

ENTOGNATIA: piezas bucales envueltas por una prolongación ventrolateral de la cápsula cefálica.

ESCAMAS: son sedas modificadas barbuladas o espinadas, pueden ser ensanchadas, lisas o reticuladas.

FOVEAS: áreas circulares, que al parecer, representan lugares de inserción de la musculatura.

FÚRCULA: órgano saltador, está compuesto por un manubrio sencillo (parte basal), y dos dientes terminados en dos mucrones. Se presenta en el cuarto segmento abdominal.

GONOPORO: hendidura genital que abre en el quinto metámero ventralmente, es transversal en las hembras y longitudinal en el macho.

HAMÚLA: está compuesta de una pieza basal sencilla o cuerpo, que presenta una o más sedas y dos piezas distales ramificadas que cuentan con una serie de dientes en sus superficies externas, que funcionan como estructuras bifidas de anclaje, donde se sostiene la fúrcula entre la base de los dientes contra el abdomen. También recibe el nombre de tenáculo y/o retináculo. Se presenta en el tercer segmento abdominal.

HIPOGNATO: individuos con las piezas bucales dirigidas hacia abajo.

ORGANO POSTANTENAL (OPA): se encuentra en la región posterior a las antenas cerca a la base, es de carácter quimiorreceptor, generalmente se asocia

por homología al órgano de Tömosvarí de los Miriápodos, cuya función parece ser olfatoria ya que está no ha sido esclarecida, se cree tiene funciones químico-receptoras o hidrorreceptoras.

PROGNATO: individuos con las piezas bucales dirigidas hacia delante.

PSEUDOCELLI: falsos ojos, estructuras en forma de estrella rodeadas por un círculo o sutura, son autohemorrágicos y se distribuyen por toda la cara dorsal del cuerpo, desde las antenas hasta el abdomen.

QUETOTAXIA: estudio de la morfología y disposición de las sedas corporales de un artrópodo.

SEDAS: también llamadas setas o chaetas, son mecanoreceptoras y cubren al organismo, se fijan al cuerpo a través de alvéolos.

SEDAS CIRCUNGENITALES: sedas genitales internas a las sedas pregenitales, rodean el área genital.

SEDAS EUGENITALES: sedas genitales presentes dentro de la placa genital.

SEDAS PREGENITALES: sedas genitales externas a la placa genital.

SENSILAS: filamentos obtusos de paredes delgadas en las antenas. Presentan forma de bastón, recto o curvado, también son esféricas, ovoides, en forma de hongos, hojas, lanzas y flamas.

TENENTHAIR: seda ubicada en la cara dorsal del tibiotarso dirigida perpendicularmente a su eje, es delgada y larga naciendo en un alveolo profundo; también llamado pelo tenedor, seda tibiotarsal o ergó capite.

TIBIOTARSO: segmento distal de las patas de Collembola, que resulta de la fusión de tibia y tarso por pérdida de la articulación tibiotarsal.

TRICOBOTRIAS: ver *botriotrichetas*.

TROGLOMORFOS: individuos que habitan en cuevas o cavernas presentando especializaciones acordes al hábitat.

UNGUICOLO: también llamado apéndice empodial, uña inferior al unguis, con quien forma una especie de tenaza, suele ser cuadrilamelado.

UNGUIS: uña distal al tibiotarso, convexa dorsalmente y cóncava ventralmente.

1. INTRODUCCIÓN

Los Collémbolos tienen una distribución geográfica mundial con cerca de 7500 especies, agrupadas en 28 familias, que se han registrado en todos los continentes, incluyendo la Antártica. Registros a nivel mundial indican que en el sur de África se hallaron 13 familias, en Holanda se han registrado 18, mientras en Gran Bretaña se tienen 19 familias, constituidas por 106 géneros (Hopkin, 2002). En América se han encontrado 1600 especies, de las cuales en la región neotropical se identificaron cerca de 900, concentradas en 156 géneros, que a su vez están agrupados en 23 familias (Vázquez & Palacios, 2004). En Venezuela se reportan 38 géneros, Perú 43, Brasil 71, México 105, Panamá 7, Ecuador 21, en Belice y el Salvador se citan cerca de una docena de especies, en países como Costa Rica se identificaron un poco más de 90 especies registradas. En Cuba se registraron 116 especies, agrupadas en 67 géneros y 16 familias (Díaz *et al.*, 2004), y para Puerto Rico, unas 70 especies, agrupadas en 43 géneros distribuidos en 15 familias. En la región de Nicaragua se conocen 45 especies. Para Colombia se han identificado 17 familias con 62 géneros, representando el 38% de la fauna neotropical (Peñaranda, 2005).

Los Collémbolos (Poduridae) aparecieron en el devoniano medio hace 395 millones de años (Whalley & Jarzembowski 1981; Greenslade 1981), con la especie *Rhyniella praecursor*; se relaciona su incursión con la aparición de las plantas superiores (Palacios-Vargas, 2004). Llevan 360 millones de años de diversificación pero mantienen una gran estabilidad morfológica. La clase Collembola es un grupo monofilético, sin embargo actualmente existe un fuerte debate sobre su posición en relación con los otros artrópodos y en particular con los demás apterigotas (Hopkin, 1997). Los individuos que pertenecen a la clase Collembola, son artrópodos diminutos (250 μ m y 10 mm de longitud) que suelen ser agrupados en los Hexápoda entognatos, aunque actualmente no se consideran verdaderos insectos se siguen agrupando con ellos por tradición. Constituyen un grupo homogéneo dentro de los Hexápoda, presentan además, dos características únicas que los definen como grupo: un órgano saltador o fúrcula, situado ventralmente en el cuarto segmento abdominal y un tubo ventral en el primer segmento abdominal, relacionado con la regulación hídrica y que además puede tener funciones de órgano adhesivo, llamado colóforo o tubo ventral. Estos individuos se alimentan principalmente de hifas de hongos y polen, material vegetal en descomposición, de algunos nemátodos, rotíferos, los hay también fitófagos haciendo daño a cultivos, se han reportado siete especies en diferentes estudios, como plagas en Musáceas y en flores cultivadas, y en ocasiones se alimentan de otros Collémbolos. Estos microartrópodos pueden también aminorar algunas enfermedades de las plantas, al consumir hongos patógenos. Muchas especies de Collémbolos pueden ser utilizadas como bioindicadores de variables del suelo tales como la humedad, la profundidad, el pH

y la concentración de fosfatos industriales, así como de la influencia de la actividad del hombre en los ecosistemas. Tienen un importante papel de acuerdo a sus hábitos alimenticios, en el mantenimiento de las concentraciones de hongos y nemátodos favorables para el crecimiento de las plantas (Palacios-Vargas, 2001). Por lo anterior, se reconoce la importancia biológica y económica en ecosistemas naturales y agrícolas de los Collémbolos.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la clase Collembola en sistemas edáficos naturales, como agrícolas y basándose en la poca información que hasta hoy se tiene de ésta clase en el país, este trabajo buscó ampliar el conocimiento taxonómico y ecológico de la clase Collembola, en el bosque alto andino, de la vereda Noruega Alta, municipio de Silvania, Cundinamarca.

2. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento referente a la biología y taxonomía de la clase Collembola ha aumentado con los años a nivel mundial, sobre todo en regiones como España, México, Chile y Brasil; sin embargo, los datos de esta clase en Colombia son escasos, los registros se remontan a Mari-Mutt (1979), Galindo & Pavón (1985), Acosta & Roatta (1985a), Rosario (1990), Peñaranda *et al.*, (2004), Ospina (2003). Cada uno de estos trabajos fue enfocado en un ámbito diferente, por lo que la dispersión de los elementos analizados hasta hoy ha dificultado el estudio de la clase.

Teniendo en cuenta que la fauna edáfica, entre la que se encuentra la clase Collembola, desempeña un papel fundamental en la manutención del suelo y el reciclaje de los nutrientes; es importante desarrollar investigaciones que construyan un camino, hacia el real conocimiento de todos los aspectos biológicos, taxonómicos y ecológicos necesarios, para conocer su papel dentro de un ecosistema y determinar su abundancia dentro de ellos.

Por lo anterior éste trabajo buscó un acercamiento al conocimiento de la composición de la clase Collembola, en la vereda Noruega alta, Silvania, Cundinamarca; con lo que se pretendió identificar la taxonomía y diversidad de dicha clase en éste ecosistema de Colombia; que permitirá establecer las bases para otros estudios que se deseen realizar en ésta región o en otras regiones, de orden ecológico, biológico o igualmente taxonómico, ya que como se había mencionado anteriormente, los Collémbolos cumplen funciones ecológicas importantes dentro de los ecosistemas, por lo que se constituyen en bioindicadores de la conservación de los ambientes naturales, a partir de su presencia, diversidad o ausencia dentro de ecosistemas naturales o agrícolas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque en los últimos años en Colombia el estudio de la clase Collembola ha tenido un ligero incremento, el conocimiento con el que se cuenta es incipiente, aunado al problema presente en la sistemática, se demuestra un desconocimiento casi total en estudios relacionados con la diversidad de esta clase en todos los ecosistemas (Ospina, 2003). Los pocos estudios ecológicos que existen sobre los Collémbolos se han enfocado a bosques alpinos (Palacios-Vargas, 1985; Miranda-Rangel & Palacios-Vargas, 1992), bosques mesófilos (Villalobos, 1989), selva baja caducifolia (Palacios-Vargas & Gómez-Anaya, 1993) y selvas tropicales húmedas de México (Palacios-Vargas, 2003).

La presente investigación resolvió la pregunta básica ¿Cuál es la composición de la Clase Collembola presente en el bosque alto andino, de la Vereda Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca?, mediante la determinación taxonómica y un acercamiento a la diversidad de los Collémbolos en dichos bosques, cabe aclarar que estudios relacionados con estos artrópodos en bosques alto andinos en Colombia no se habían realizado.

Este trabajo no resolverá en su totalidad los problemas que respectan al estudio y conocimiento de la clase Collembola, pero será sin duda alguna, un aporte importante para la comprensión actual de la clase, en el país.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Estudiar la composición de la clase Collembola en un bosque alto andino en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, Colombia.

4.2 ESPECÍFICOS

Identificar taxonómicamente los individuos de la clase Collembola hasta el nivel más específico posible.

Realizar un listado de los Collémbolos encontrados en la región de Noruega alta, Silvania, Cundinamarca (Colombia).

Elaborar un mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de familias de Collémbolos en el área de estudio.

Diseñar claves taxonómicas para los Collémbolos de Noruega alta, Silvania, Cundinamarca (Colombia).

Determinar la diversidad de la clase Collembola durante los meses de abril y mayo de 2006, en la región de Noruega alta, Silvania, Cundinamarca (Colombia).

Diseñar una página Web interactiva enfocada a la taxonomía y ecología de la clase Collembola en el área de estudio.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ANTECEDENTES

El primer fósil de Collémbolos es el de *Rhyniella praecursor*, que data hace cerca de 395 millones de años, fue encontrado en Escocia (Brues *et al.*, 1954). Se cuentan con otros hallazgos en coprolitos, excrementos fósiles abundantes en fosfatos, en rocas del Silúrico superior, convirtiéndolos en habitantes importantes de los ecosistemas terrestres tempranos (Hernández-Meléndez *et al.*, 2004). Se han hallado otros fósiles en Canadá, *Protentomobrya walkeri* (Folsom, 1937) de la familia Protentomobryidae, ya extinta, y otras familias actuales como Tomoceridae, Isotomidae, Neanuridae, Brachystomellidae, Sminthuridae y Oncobryidae, siendo esta última una familia nueva (Christiansen, 2002); otros descubrimientos se reportan en las regiones tropicales de Chiapas-México, encontrándose 34 especímenes, distribuidos en siete géneros, de los cuales siete especies aún existen en la actualidad, (Christiansen, 1971); Hernández-Meléndez *et al.* (2004) igualmente registraron en Chiapas 16 especímenes, 10 Entomobryidae, cuatro Isotomidae, un Katiannidae y un Bourletiellidae; de esta investigación se logra concluir que la morfología general de los Collémbolos fósiles es altamente moderna salvo algunas ligeras variantes.

Aunque por regla general la información que se tiene sobre los Collémbolos esta muy dispersa, se cuentan con importantes fuentes bibliográficas como la que se encuentra en el laboratorio de Entomología del Museo Nacional de Historia Natural de París, bajo el título de “Informations Apterygotogiques”, lo interesante de este escrito es que se empezó en el año de 1959 por Gisin (del Museo de Ginebra, Suiza), con unas hojas de información sobre los Collémbolos denominadas “Summarissche nachträge zur Collembolen fauna Europas”. Posteriormente fue el Laboratorio de Ecología General del Museo de París, donde continuaron con la elaboración del escrito, esta vez bajo el título de “Informations Collembologiques”, hasta lograr la publicación que se tiene hoy día.

Se debe destacar que para el estudio taxonómico de los Collémbolos se cuenta con varias obras importantes. Las monografías elaboradas por Stach (1947-1963), donde se ve la relación de la fauna Collembológica de Polonia con la del mundo. Trabajos posteriores son los de Gisin (1964), sobre la fauna europea de Collémbolos, y el de Salmón (1964), quien elabora el primer índice mundial de Collémbolos. También existen algunas publicaciones sobre varias regiones o estados, pero es en 1980 cuando aparece una obra sobre la fauna de los Collémbolos de Norte América de Christiansen & Bellinger (1980-1982). La aparición del catálogo de Collémbolos neotropicales de Mari Mutt & Bellinger (1990), vino a completar la recopilación de información para todo el continente Americano. El conocimiento de la fauna de microartrópodos mexicanos quedo

iniciado con los trabajos taxonómicos de Collémbolos realizados por Bonnet hace más de 40 años, ha continuado con esta investigación Palacios Vargas en todo el país y Vásquez (2004) en el estado de Quintana Roo. En Centroamérica el conocimiento es aún incipiente.

Los primeros datos sobre la fauna de Collémbolos de Colombia se deben a Pardo *et al.* (1980). Además se han desarrollado estudios en *Onychiurus armatus* reportado como plaga en cultivos de flores de Crisantemo en la sabana de Bogotá; también se han desarrollado estudios sobre la biología y el desarrollo postembrionario de esta especie (Acosta *et al.*, 1985a). En el mismo año se registraron 12 especies en dos localidades cerca de Buenaventura, nueve de ellas en los manglares de la bahía de Buenaventura, donde fueron asociados como agentes detritívoros del manglar, a través del análisis del contenido del tubo digestivo, agrupadas en cinco familias. Para el año de 1999 se realizó un estudio sobre la riqueza y composición de especies de la clase Collémbola en tres estadios sucesionales de un bosque de montaña.

En el departamento de Antioquia se estudiaron tres zonas de vida asociados a zonas de pastos cultivados, allí se encontraron cuatro nuevas familias para Colombia. Las especies halladas se distribuyen en nueve familias: Hypogastruridae, Brachystomellidae, Tomoceridae, Entomobryidae, Cyphoderidae, Isotomidae, Sminthuridae, Oncopoduridae y Actaletidae; las dos últimas por confirmar (Ospina, 2004). Actualmente en el Valle del Cauca se estudio la taxonomía de Collémbolos asociados a maíz y algodón, encontrándose 10 familias y 16 géneros (Ospina, 2004).

En las instalaciones del CIAT, en Palmira-Valle se evaluó el efecto del uso de Clorpirifos sobre artrópodos del suelo no blanco en un cultivo de maíz, hallándose que los organismos más abundantes correspondían a los grupos Acarina y Collembola con el 19.7 y 45.9% de representatividad respectivamente; dentro de los Collémbolos el grupo más abundante fueron los Poduromorpha representando el 94.9% de la población collembológica (Mojocoa, 2004).

La investigación más ambiciosa ejecutada hasta el momento estuvo a cargo de Peñaranda (2005) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, quien realizó el estudio: "Collémbolos de Colombia", donde se identificaron 17 familias y 62 géneros, de los cuales cuatro familias y 50 géneros fueron nuevos registros para el país, tres de ellos son nuevos para América continental e insular, dos nuevos géneros para el neotrópico, cuatro nuevos para Suramérica y dos géneros y una especie nuevos para la ciencia (Peñaranda, 2005).

Las familias hasta ahora registradas para Colombia son las siguientes: Hypogastruridae, Isotomidae, Sminthuridae, Bourletiellidae, Entomobryidae, Brachystomellidae, Neanuridae, Paronellidae, Cyphoderidae, Dicyrtomidae,

Tomoceridae, Sminthuridae, Odontellidae, Onychiuridae, Neelidae, Katiannidae y Arrhopalitidae.

También se han estudiado algunos fenómenos interesantes como la ciclomorfosis, epitoquía, ecomorfosis y gimnomorfosis, que sirven como un claro ejemplo de los distintos grados de variación intraespecífica (Cassagnau, 1964; Fjellberg, 1976; Palacios Vargas, 1980; Natj, 1973) que llegan a causar problemas de tipo taxonómico, por las implicaciones morfológicas que éstos fenómenos causan en los individuos.

5.2. BIOLOGÍA

Los Collémbolos son individuos muy pequeños que pueden medir desde 250 micras hasta los 10 milímetros de longitud (Palacios-Vargas *et al.*, 1998). Cuando son adultos, son individuos ápteros que presentan desarrollo amétabolo. Sus cuerpos son alargados o globosos, está poco esclerotizado, y la cutícula presenta pequeñas granulaciones ordenadas que forman patrones geométricos. Posee tres tagmas: cabeza, tórax y abdomen. Tienen el cuerpo cubierto de variadas formas de sedas, algunos poseen escamas y tricobotrias, sus cuerpos presentan patrones complicados de coloración donde predominan los colores azul, morado o blanco (Vázquez & Palacios, 2004).

Poseen antenas segmentadas generalmente divididas en cuatro segmentos, presentan como máximo ocho omatidios u ocelos a cada lado de la cabeza, tres pares de patas articuladas terminadas en una uña llamada unguis, acompañado de un pequeño unguicolo o apéndice empodial y seis segmentos abdominales que poseen tres apéndices que caracterizan a la clase, ellos son: el tubo ventral o colóforo, el retináculo o tenáculo y la fúrcula (figura 1).

Estos individuos presentan con cierta regularidad partenogénesis (Christiansen, 1992), cuando no, su reproducción se lleva a cabo mediante el uso de espermatóforos (Cassagnau, 1971b); presentan el gonóporo en el quinto segmento; suelen presentar dimorfismo sexual y algunos grupos efectúan ciertos rituales de cortejo y apareamiento (Babenko, 1988) como los Sminthurididae. Estos organismos poseen entre 3 a 10 cromosomas, según la especie (Palacios-Vargas, 2004).

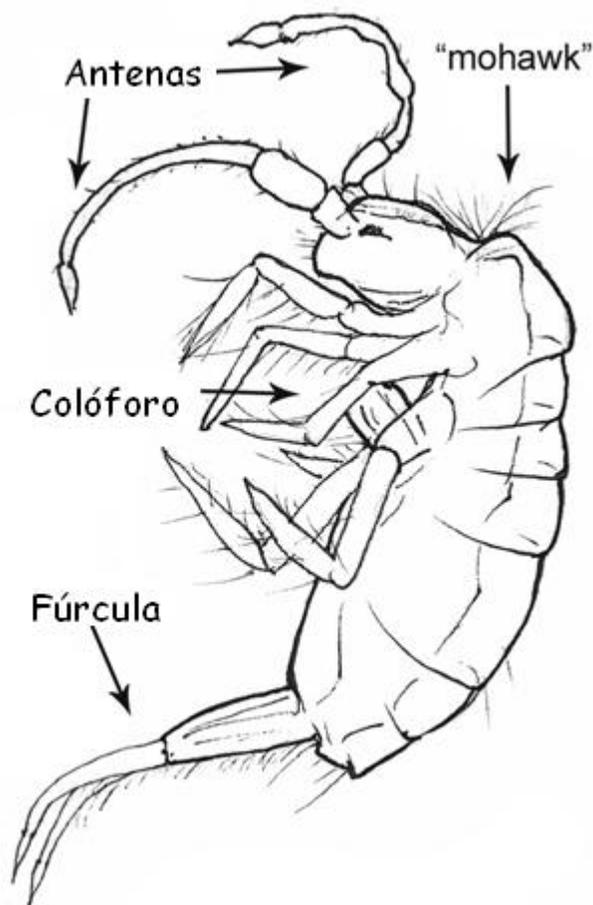


Figura 1. Morfología General de Collémbola. Tomado de Departamento de Zoología, University of British Columbia.

5.2.1. Cutícula

La cutícula de los Collémbolos nunca es lisa, puede presentar diferentes niveles de elevación por su especial granulación (figura 2). Esta cutícula suele estar cubierta de sedas y escamas, las cuales protegen al organismo de la pérdida de agua y por ende de la deshidratación (Vázquez & Palacios, 2004). Los gránulos tegumentarios se asocian para formar estructuras únicas que son de importancia en algunos grupos como los Poduromorpha y algunos Isotomidos. Los tipos de granulaciones que se presentan son las siguientes:

1. Granulaciones primarias: son las más bajas y están unidas por puentes que forman un hexágono.
2. Granulaciones secundarias: resultan de la unión de varias primarias.

La cutícula regularmente es incolora, pero puede en algunos casos presentar una tonalidad amarilla o ámbar si está es muy gruesa (Vázquez & Palacios, 2004); la coloración de los Collémbolos depende de la ultraestructura de la cutícula, junto a la distribución de las escamas y a la presencia de pigmentación. La ultraestructura real de la cutícula sólo puede ser revelada con microscopia electrónica. En la cutícula también encontramos los pseudocelli o los falsos ojos, estructuras en forma de estrella rodeadas por un círculo o sutura, solo están presentes en la familia Onychiuridae, dentro de los que no tienen fúrcula; se distribuyen por toda la cara dorsal del cuerpo, desde las antenas hasta el abdomen. Los pseudocelos producen y conducen sustancias repelentes (Paclt, 1956; Bellinger, 1960).

Las familias Hypogastruridae y Onychiuridae presentan en la cutícula unas estructuras llamadas fóveas, áreas circulares, que al parecer, representan lugares de inserción de la musculatura (Stebaeva, 1988; Christiansen & Bellinger, 1980).

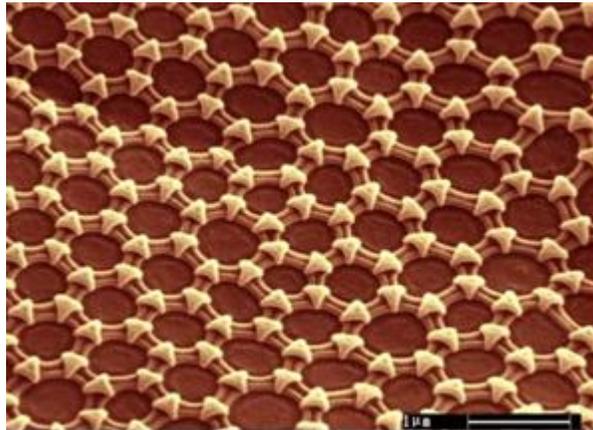


Figura 2. Estructura cuticular de un Collémbolo. Tomado de Checklist of the Collembola of the World.

Además de esto podemos encontrar áreas sensoriales que se presentan como depresiones cuticulares que en algunas ocasiones van acompañadas de sedas modificadas importantes en la clasificación, presentes solamente en Neelidae (Vázquez & Palacios, 2004).

5.2.2. Cubierta corporal

Como ya se ha descrito, el cuerpo de los Collémbolos se halla cubierto por sedas y escamas de diferente índole: cerdas, pelo, macroquetas, bothrioquetas, sensilas y escamas (Galindo & Pabón, 1985).

1. **Sedas:** también llamadas setas o chaetas, son mecanoreceptoras y cubren al organismo, se fijan al cuerpo a través de alvéolos (Vázquez & Palacios, 2004). Por sus características externas las sedas pueden clasificarse en (figura 3):
 - a. Sedas lisas presentes en todo el cuerpo.
 - b. Sedas ciliadas ubicadas en el tórax.
 - c. Sedas angulares en la placa genital.
 - d. Sensilas (filamentos obtusos de paredes delgadas) en las antenas. Presentan forma de bastón, recto o curvado, también son esféricas, ovoides, en forma de hongos, hojas, lanzas y flamas.
 - e. Macroqueta ciliada lateral.
 - f. Macroqueta ciliada multilateral.
 - g. Cerda elevada.
 - h. Botriotriquetas (filamentos ciliares muy finos). Son un delgado listón que nace sobre un alvéolo elevado; también son llamadas tricobotrias (Vázquez & Palacios, 2004).
 - i. Microquetas abundantes en el dorso de la cabeza y en los terguitos.
 - j. Lasiotriquetas, en número pequeño en la cabeza y en los segmentos abdominales posteriores, comunes en Entomobryidae.



Figura 3. Tipos de Sedas. Tomado de Clave Dicotómica para la Determinación de los Collémbolos de Cuba. 2004.

2. **Espinas:** son sedas fuertemente esclerotizadas que nacen sobre papilas, las espinas pueden ser de color claro o ámbar (Vázquez & Palacios, 2004). Suelen presentarse como filamentos cónicos alargados que se encuentran en los segmentos abdominales posteriores de muchos Poduromorpha y algunos Isotomidae (Galindo & Pabon, 1985).
3. **Escamas:** son sedas modificadas barbuladas o espinadas, pueden ser ensanchadas, lisas o reticuladas, le son útiles a los Collémbolos para evitar la deshidratación (figura 4). Son importantes en la sistemática de los Entomobryidae.



Figura 4. Tipos de Escamas. Tomado de Clave Dicotómica para la determinación de los Collémbolos de Cuba. 2004.

4. En el área genital encontramos sedas que por su ubicación reciben una denominación especial: pregenitales, las más externas por fuera de la placa genital; circungenitales, internas a las anteriores, rodean el área genital; y eugenitales, en la placa genital. En Hypogastruridae, no se diferencian las pregenitales, por que presentan hipertrichosis, en los Symphypleona se presenta una quetotaxia muy compleja que no permite diferenciarlas.

5.2.3. Cabeza

La cabeza es prognata con la abertura bucal en la parte final delantera o hipognata con la abertura bucal ventral, preferentemente prognata. En la cabeza se distinguen estructuras como el clípeo, frente, labro, área antenal, área ocular, área genal y área occipital (Vázquez & Palacios, 2004). En la cabeza se encuentra:

5.2.3.1. Piezas bucales

Son entognatas, envueltas por una prolongación ventrolateral de la cápsula cefálica; las mandíbulas son alargadas, con una porción apical dentada y otra molar basal masticadora, con muchas filas de dientes cónicos y una fila separada externa de dientes largos; la maxila no tiene palpo o puede presentar dos lóbulos externos, el tipo más general presenta una rama saliente en forma de mandíbula dentada y un sin número de láminas en el margen. El labio es pequeño por lo que se confunde con el repliegue cefálico, posee cerdas en la punta de la base de la región palpal, de importancia taxonómica en Entomobryidae (Galindo & Pabón, 1985). El labro posee un borde en forma de sierra transversal o forma de lámina al frente de la apertura de la boca. Esta disposición no es constante, presentando

especializaciones según la alimentación del individuo, lo que deriva en tres tipos de estructuras bucales: roedor o masticador; donde las mandíbulas tienen una placa molar con varias hileras de dienteillos y dientes apicales; succionador, donde la placa molar se ha reducido y perdido la parte apical adquiriendo forma de estilete; y picador-succionador (Walter, 1963).

5.2.3.2. Antenas

Las antenas son filiformes y se componen de cuatro antenómeros, cada uno de ellos tiene su propia musculatura intrínseca que les permite moverse independientemente. En algunos Poduromorpha y Neelidae los antenitos llegan a fusionarse y se observan sólo tres antenómeros, en cambio en Entomobridos y Sminthuridos el último o los dos últimos segmentos antenales pueden subdividirse dando la apariencia de poseer seis antenómeros en lugar de cuatro. Las uniones de las antenas en las especies más grandes, como en los Entomobridos, pueden perderse fácilmente por su fragmentación, aun así su regeneración total o casi total es frecuente (Stebaeva, 1988), pero dicha regeneración puede formar antenitos anómalos (Galindo & Pabon, 1985). En los Sminthurididae la antena se encuentra modificada entre el II y III antenito formando un órgano prensil, constituyéndose en un asa o enclave para sujetar a la hembra, para este caso cada segmento presenta espinas que facilitan la sujeción. Las antenas además de ser un carácter diagnóstico por su quetotaxia y de servir para la cópula en algunos individuos, es un importante sensor e indicador de las condiciones externas para los Collémbolos, ya que poseen estructuras sensoriales en el último artejo, una sensila gruesa o una papila apical, la cual puede ser entera, bilobada o trilobulada.

Existe una estructura especializada como órgano sensorial ubicado en el III antenito compuesto de sensilas de distinta índole, regularmente dos de ellas son gruesas, cortas y curvas, protegido por dos sensilas de guarda y una microsensila (Vázquez & Palacios, 2004).

5.2.3.3. Órgano postantenal

En la región posterior a las antenas, cerca a la base, los Collémbolos presentan un órgano postantenal (OPA) de carácter quimiorreceptor, esta estructura esta ausente en algunos Collémbolos epigeos, y generalmente se asocia por homología al órgano de Tömosvari de los Miriápodos, cuya función parece ser olfatoria (Palacios-Vargas, 2004); ya que está no ha sido esclarecida, se cree tiene funciones quimiorreceptoras o hidrorreceptoras (Dallai, 1970). Presenta diferentes formas, desde muy simples siendo una sola vesícula redonda u oval o compleja con un número variado de vesículas o lóbulos acomodados en hileras o en roseta, constreñidos en la mitad (figura 5).

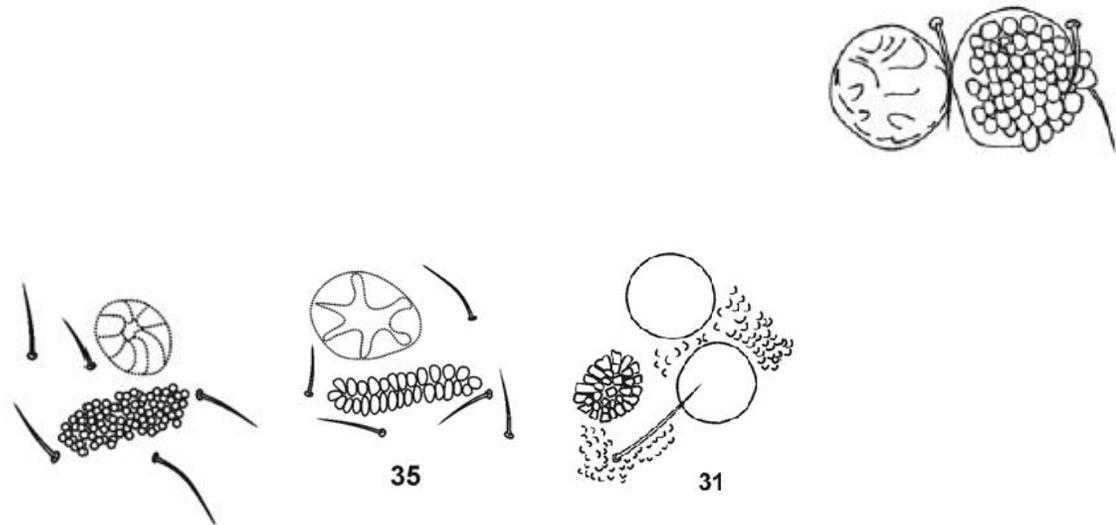


Figura 5. Tipos de órgano postantenal. Tomado de Clave Dicotómica para la Determinación de los Collémbolos de Cuba. 2004.

5.2.3.4. Placa ocular

La ubicación de la placa ocular es lateral respecto al eje medio de la cabeza, es rectangular y en cada una de ellas pueden estar presentes desde uno a ocho omatidios, ocelos o cornéolas en cada placa, presentándose entonces siempre en pares de dos, cuatro, seis u ocho (Vázquez & Palacios, 2004); o simplemente ser anoftalmas, o sea, no poseer ningún ocelo, caso muy común en Onychiuridae y especies troglomórficas. Cuando están los omatidios, estos se disponen en un patrón típico más o menos de "S" dentro de la placa ocular (Galindo & Pabon, 1985).

5.2.4. Tórax

Varia según las familias, adoptando formas rectangulares, trapezoidales e incluso algo triangulares. Presenta los típicos tres segmentos: protórax, mesotórax y metatórax, donde el primer y segundo segmento pueden o no estar fusionados; cada uno de ellos cuenta con un par de patas bien desarrolladas, que consta de coxa, trocánter, fémur y tibiotarso, este último lleva en su parte distal una uña llamada unguis o unguis y otra ventral a esta más pequeña, llamada unguicolo, las dos en conjunto forman una tenaza; esta uña es hidrófila, mientras que el cuerpo es hidrófobo. El unguis es la parte superior y es convexa en su cara dorsal, cóncava en su cara ventral, ella presenta dientecillos internos y latero-externos (Vázquez & Palacios, 2004). En familias como Isotomidae y Sminthuridae el unguis esta acompañado a veces de una membrana translúcida llamada túnica.

El unguicolo suele ser cuadrilamelado (Galindo & Pabon, 1985), y puede poseer o no, uno o varios dientes. El tibiotarso presenta una interesante disposición de los tenenthair que se usa en la identificación. Este tenenthair es también llamado pelo tenedor, seda tibiotarsal o ergó capite y puede ser capitado, mazado o estiliforme.

5.2.5. Abdomen

Éste cuenta con seis metámeros, con apéndices especiales en el primero, tercer y cuarto metámero. El gonópodo se abre en el quinto metámero esternalmente, siendo una ranura transversal en las hembras y una ranura longitudinal en los machos (Palacios-Vargas, 2004). Cada uno de los metámeros suele ser del mismo tamaño, pero si la fúrcula está desarrollada, el cuarto segmento es más grande y grueso, como en Entomobridos (Vázquez & Palacios, 2004). Los segmentos pueden estar imbricados como en los Entomobryomorpha. Al igual que los segmentos torácicos, los abdominales pueden fusionarse generando un gran abdomen y otro pequeño en los Symphypleona. En el último segmento encontramos el poro anal, el cual puede ser terminal o ventral. En el abdomen se encuentra:

5.2.5.1. Coloforo o tubo ventral

Se encuentra en el primer segmento abdominal y posee sedas que son importantes para la sistemática de algunos grupos, es una estructura circular o cilíndrica que sirve para la adhesión al sustrato a través de dos vesículas eversibles que secretan una sustancia pegajosa. La procedencia de esta sustancia no se ha logrado determinar, se piensa que puede provenir directamente del tubo ventral o provenir de la glándula labial, llegando allí usando el surco medio ventral (*línea ventralis*), que va de la cabeza hasta el primer esternito abdominal (Palacios-Vargas, 2004). El colóforo sirve además para la regulación hídrica, ya que a través de él puede absorberse iones y agua (Eisenbeis, 1982), como para el intercambio gaseoso (Ruppel, 1953).

5.2.5.2. Tenáculo, retináculo o hamula

Se encuentra en la mitad del tercer segmento abdominal, por la morfología y las sedas que presenta puede ser usada en la taxonomía. Está compuesta: de una pieza basal sencilla o cuerpo que presenta una o más sedas y dos piezas distales ramificadas que cuentan con una serie de dientes en sus superficies externas, que funcionan como estructuras bifidas de anclaje, donde se sostiene la fúrcula entre la base de los dientes contra el abdomen (Galindo & Pabon, 1985).

5.2.5.3. Fúrcula

Se presenta en el cuarto segmento abdominal y no es un carácter constante dentro de los Collémbolos, aunque si único en los artrópodos y por ello los identifica, esta compuesta por un manubrio sencillo (parte basal), y dos dentes terminados en dos mucrones (uñas) (figura 6). Los dentes pueden poseer una sierra fuerte que se acopla al retináculo. La fúrcula puede reducirse o desaparecer, y estar segmentada. En las especies euedáficas la fúrcula se presenta casi siempre como unos pequeños botones con o sin sedas (Vázquez & Palacios, 2004).

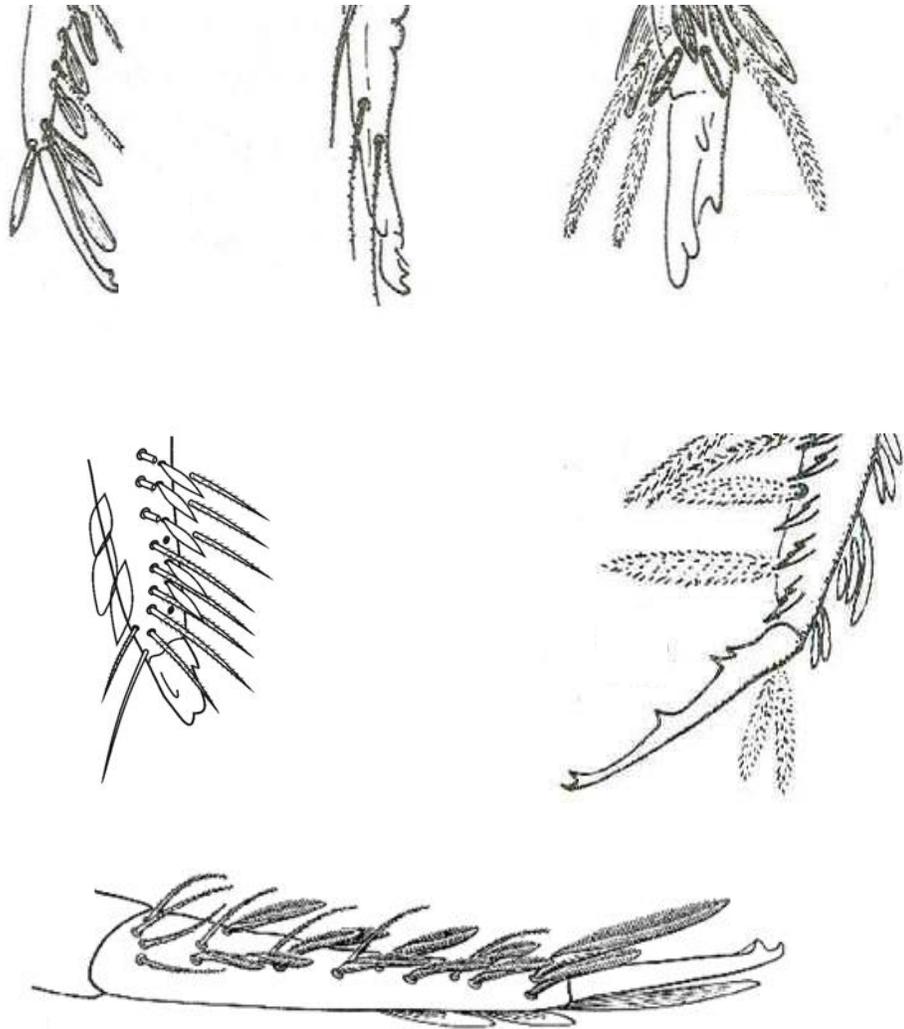


Figura 6. Tipos de fúrcula. Tomado de Clave Dicotómica para la Determinación de los Collémbolos de Cuba. 2004.

5.3. ECOLOGÍA

Estos individuos se conocen desde el devoniano medio, hace unos 395 millones de años, de donde data el fósil de *Rhyniella praecursor* encontrada en Escocia (Whalley & Jarzembowski, 1981; Greenslade *et al.*, 1986). Los Collémbolos cuentan con 28 familias conformadas por cerca de 7500 especies a nivel mundial, de las cuales 1600 se encuentran en el nuevo mundo.

Mundialmente a los Collémbolos se les ha reconocido como unos excelentes bioindicadores del suelo debido a ciertas características de su fauna que los hace especialmente sensibles a los factores ecológicos; teniendo en cuenta estas particularidades algunos autores como Delamare-Deboutteville (1951), Palacios-Vargas (1983a) y Gisin (1955) establecieron las siguientes características para estos indicadores:

1. Son los animales más numerosos en el suelo, junto con los ácaros.
2. Se reproducen en cualquier época del año, sobre todo cuando las condiciones microclimáticas son adecuadas.
3. Su ciclo vital es muy corto, tan pronto como las condiciones se vuelven favorables, se nota su efecto inmediato sobre la población total.
4. Su respiración es cutánea, por lo tanto, dependen de las variaciones microclimáticas, particularmente de la humedad.

Por estas características los Collémbolos pueden ser usados para conocer el impacto antropogénico, pueden indicar el grado de regeneración de los suelos en un gradiente sucesional derivado de la actividad agrícola (Najt, 1973; Hermosilla, 1978; Vegter *et al.*, 1988).

Los Collémbolos son más abundantes en lugares húmedos, como la hojarasca, corteza de árboles, troncos en descomposición, hongos, nidos de insectos sociales, nidos de algunas aves y ciertos mamíferos (Delgadillo & Padilla, 1999); aún así también han sido encontrados en zonas áridas, a cierta profundidad del suelo para evitar la desecación o asociados a la rizósfera de los matorrales xerófilos. Se asocian igualmente a epífitas, litorales marinos, aguas dulceacuícolas, a nivel del mar e inclusive a grandes altitudes bajo hielos perpetuos (Palacios-Vargas, 1990a). El lugar donde son más abundantes es en los hábitats sin perturbar, como los suelos de los bosques, aunque son muy abundantes, su aporte a la biomasa total del suelo es muy pequeña debido a su diminuto tamaño, así: en ecosistemas templados es del 1 al 5%, en zonas árticas hasta del 10% y en los estados tempranos de sucesión, hasta de un 30% (Palacios-Vargas, 2000).

Las variaciones en la humedad y la temperatura del suelo, como las variaciones estacionales origina en las poblaciones de Collémbolos adaptaciones transitorias que varían según las especies (Greenslade, 1981), dichas adaptaciones generan los fenómenos de ecomorfosis y ciclomorfosis (Cassagnau, 1971a). La ecomorfosis se refiere a los cambios en la morfología producidos por alteraciones en el ambiente; la ciclómorfosis indica cambios en la fisionomía según la estación, en general afecta las sensilas antenales, el número ocelar, el tibiotarso y el mucrón, este tipo de cambios es frecuente en *Isotoma* (Palacios-Vargas, 2004). Algunos otros Collémbolos presentan cambios morfológicos durante el período reproductivo, fenómeno al que se le ha llamado epitoquia. Otras especies simplemente se retiran a microcavidades donde pasan las épocas más secas, durante estos períodos entran en un estado de latencia llamado anhidrobiosis, donde permanecen inactivos y desecados, reduciendo el consumo de agua (Poinsot, 1966 a y b; 1968; Poinsot & Barra, 1978, 1991; Barra & Poinsot, 1977, Arbea & Blasco, 2000). Los Collémbolos son los mayores agentes detritívoros del suelo debido a su gran número y alta eficacia biológica, pero no solamente se alimentan de detritos como materia vegetal en descomposición, hongos, polen, bacterias, entre otros; algunos de ellos son depredadores o necrófagos, se alimentan de sus propias mudas e incluso pueden llegar a ser caníbales (Babenko, 1988; Cassagnau, 1971a). Sus enemigos naturales son los pseudoescorpiones, ácaros y hormigas. Algunas pocas especies de Collémbolos han sido registradas como plagas de cultivos de caña de azúcar, de alfalfa y hongos (Vázquez & Palacios, 2004) y de flores como el crisantemo (Acosta *et al.*, 1985b).

A pesar de esta desafortunada asociación, la actividad de los invertebrados del suelo, sobre todo de los Collémbolos, ayuda en la descomposición de la materia orgánica, a través de la destrucción mecánica de los restos vegetales, aumentando la superficie expuesta al ataque de las bacterias; igualmente contribuyen a distribuir los sustratos nutritivos, facilitando la actividad degradadora de la microflora del suelo; enriquecen el suelo con sus excreciones, secreciones, como con sus cadáveres; airean el suelo con la construcción de galerías, a consecuencia de esto aceleran el proceso de reciclaje de los nutrientes y forman con sus excrementos la microestructura del suelo (Drift & Witkamp; Kuhnelt; Macfayden; Jeanson; Eduards, Jensen; Satchell; Lavélie & Gillot, en Gonzáles & López, 1988).

Algunas especies son partenogenéticas, presentando anfitoquia, con la producción de solo machos, o telitoquia produciéndose solo hembras. Los individuos deben pasar por seis o siete instar para llegar a la madurez sexual, luego pueden atravesar 50 mudas más, sin cambiar de tamaño. Los machos presentan menos mudas y sus vidas son más cortas (Palacios-Vargas, 2004).

5.3.1. Clasificación ecológica de los Collémbolos

Se establece a través de parámetros cuantitativos y cualitativos de las características morfológicas y adaptaciones al medio. Los Collémbolos al ser habitantes del suelo pueden ser según su afinidad ambiental, clasificados como: residentes temporales o residentes permanentes. Según su fidelidad: geóbiontes, si viven por completo en el suelo o geófilos, si su afinidad es menor y transitoria, lo que significa que se pueden encontrar en un hábitat diferente al edáfico (Palacios-Vargas, 2004).

Los Collémbolos pueden ser clasificados ecológicamente de diferentes formas, a partir de varios parámetros. Según el grado de adaptación los organismos del suelo se clasifican en:

1. **Epiedáficos:** Sobre la superficie del suelo.
2. **Hemiedáficos:** Humus y hojarasca.
3. **Euedáficos:** En el suelo mineral o profundo.

Una clasificación más específica al respecto (tabla 1) es propuesta por Christiansen (1964).

Tabla 1. Clasificación Ecológica de los Collémbolos.

CATEGORIA	CARACTERISTICAS	DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA
Epígea	Ocho ojos bien pigmentados, antenas y fúrcula largas.	Plantas en desarrollo
Hemiedafona A. Neustonica B. Normal C. Xeromorfa	Antenas moderadamente largas, ojos y pigmento bien desarrollados. A. Mucrón lamelado, apéndice empodial modificado. B. Mucrón normal; pocas sedas clavadas o puntiagudas C. Mucrón normal, cutícula a menudo rígida, numerosas sedas clavadas	A. Superficie del agua. B. Hojarasca del suelo y humus. C. Musgo, corteza, líquenes y epífitas.
Euedafona	Ojos reducidos, antenas cortas; pigmento ausente o limitado los ojos.	Capas profundas del suelo.
Troglomorfa	Ojos y pigmentos ausentes, antenas largas, apéndice empodial modificado.	Cuevas.
Sinecomorfa	Ojos y pigmento ausente, partes bucales modificadas, fúrcula y patas bien desarrolladas, escamas especiales	Nido de hormigas y termitas.

*Tomado de Palacios-Vargas, Sistemática y Ecología de Microartrópodos, 2004.

Los grupos más interesantes como bioindicadores son los pertenecientes a los grupos hemiedafonas y euedafonas. Según su microhábitat de preferencia:

1. **Geohidrobiontes:** Afinidad por el agua.
2. **Geoatmobiontes:** Afinidad por los espacios aéreos del suelo.
3. **Halogeobiontes:** Vive en ambos espacios.

Según el tamaño de la fauna se puede dividir así:

1. **Microfauna:** 0.02 m.m a 0.2 m.m
2. **Mesófauna:** 0.2 m.m a 2.0 m.m
3. **Macrofauna:** 2.0 m.m a 20 m.m
4. **Megafauna:** 20 m.m a 200 m.m

Según el grado de adaptación a los ambientes cavernícolas (Christiansen, 1964; tomado de Palacios-Vargas, La fauna cavernícola del área de Tilago, 1983b):

1. **Troglomorfo:** animales altamente modificados y limitados a la vida cavernícola.
2. **Ambimorfos:** con pocas modificaciones a la vida cavernícola y pueden habitar medios exteriores como cavidades artificiales.
3. **Epigeomorfos:** los animales que viven y se reproducen en las grutas y a pesar de no existir en otros medios, no presenta ninguna modificación.
4. **Trogloxenos:** son los organismos que se encuentran accidentalmente dentro de las cuevas y grupos que son capaces de estar dentro de ellas.

Según el grado de adaptación a los ambientes acuáticos:

1. **Epineústicos:** son los que viven sobre la capa superficial del agua dulce. Pueden caminar y hasta brincar sobre el agua, generalmente no se encuentran en otros ambientes.
2. **Epineusticofílicos:** frecuentemente se encuentran en la superficie del agua dulce, ya que viven muy cerca de la orilla de los lagos y estanques.
3. **Epineustixenicos:** son los que en realidad viven en otros ambientes, nunca en el agua. Si ellos caen en la superficie del agua pueden morir, ya que no pueden caminar sobre ella.
4. **Litorales:** viven en las costas del mar, generalmente en las rocas. Ellos tienen adaptaciones para vivir en el agua marina y pueden ser sumergidos por las olas, pero sobreviven. Los machos tienen antenas prénsiles para sujetar a las hembras.
5. **Psamnoticos:** están adaptados para vivir en la arena de las playas. Su cuerpo es alargado y no se encuentran en otros ambientes.

5.4. DISTRIBUCIÓN

Los Collémbolos son los individuos mayormente distribuidos del grupo de los artrópodos, se encuentran alrededor de todo el mundo, incluyendo la Antártica, desde el nivel del mar hasta más de 7000 m.s.n.m; probablemente sean los más abundantes artrópodos de la Tierra con unos 40.000 individuos/m². Ellos se encuentran en el suelo, la hojarasca, troncos, estiércol, cuevas, manglares, líquenes, también son comunes en las epífitas (Palacios-Vargas, 1981) y en los litorales marinos (Christiansen & Bellinger, 1981), así como en agua dulce, haciendo parte de su superficie y del epineustón (Rapoport & Sánchez, 1963). Comparten su ecosistema con otros grupos como los: Protozoos, turbélaros, nemertinos, nemátodos, nematoforos, gastrotricos, rotíferos, gasterópodos, oligoquetos, tardígrados, artrópodos y algunos vertebrados. Entre los artrópodos encontramos arácnidos (pseudoescorpiones, palpígrados, arañas, schizomita), ácaros (Mesostigmata, Prostigmata, Astigmata, Cryptostigmata) crustáceos (Isopoda, Amphipoda) y la mayoría de órdenes de insectos existentes.

En regiones del viejo mundo se han realizado recientes investigaciones con nuevos hallazgos, en el sur de África se registraron 13 familias (Greenslade, 1981). Para regiones como Holanda se registran 18 familias, mientras que en Gran Bretaña se encuentran 19, constituidos por 106 géneros (Hopkin, 2002).

Para 1996 Palacios-Vargas & Cardenas-Carrión, registraron para la región neártica y la región neotropical 1400 especies de Collémbolos. De acuerdo con el catálogo de Collémbolos Neotropicales de Mari-Mutt & Bellinger (1990), la región neotropical concentra 156 géneros identificados, con cerca de 900 especies, agrupadas en 23 familias (Vázquez & Palacios, 2004).

De 28 familias de Collémbolos que existen a nivel mundial, solo 13 contienen géneros troglomórficos. Del total de géneros mundialmente registrados (612), sólo 40 tienen especies que son verdaderamente troglomórficas, habitantes de grutas y otros ambientes subterráneos. Sin embargo, tales géneros contienen más de 1500 especies que viven en todos los ambientes (son el 20% de los 7500 Collémbolos que se conocen hoy en día), y de ellos, cerca de 270 son verdaderos troglomórficos (17%), (Palacios-Vargas, 2002). Las familias que regularmente no habitan en cuevas, o sólo accidentalmente, pero que no presentan formas troglomórficas son: Poduridae, Odontellidae, Microfalculidae, Mackenziellidae, Bourletiellidae, Brachystomellidae, Dicyrtomidae, Katiannidae, Sminthuridae, Sminthurididae, Sturmidae, y mucho menos Actaletidae, Isotogastruridae, las que viven en el litoral marino y Coenaletidae que está asociada a cangrejos ermitaños.

El conocimiento de la fauna de microartrópodos mexicanos quedó iniciado con los trabajos taxonómicos de Collémbolos realizados por Bonnet hace más de 40 años.

En el año de 1997 Palacios Vargas reportó 560 especies en su Catálogo de los Collémbolos de México, distribuidos en 21 familias y 105 géneros. Para el 2004 se registraron 79 especies para Quintana Roo, constituyéndose en el primer registro para el estado y la península de Yucatán, de estas 79 especies sólo siete concordaban con el Catálogo de los Collémbolos de México, enriqueciendo en un 20% el conocimiento de los Collémbolos en ese país. En Estados Unidos se registran más de 600 taxas (Christiansen & Bellinger, 1980)

En Centroamérica el conocimiento es aún incipiente, por ejemplo, para Belice y el Salvador se citan cerca de una docena de especies, en países como Costa Rica se cuentan con poco más de 90. En Cuba se han registrado 116 especies, agrupadas en 67 géneros y 16 familias (Díaz *et al.*, 2004), para Puerto Rico, unas 70 especies, agrupadas en 43 géneros distribuidos en 15 familias. En Nicaragua se conocen 45 especies (Maes & Palacios, 1988). En Venezuela se han reportado 38 géneros, en Panamá 7, Ecuador 21, Colombia 62, Perú 43, Brasil 71 y México 105 (Peñaranda, 2004).

Los primeros datos sobre la fauna de Collémbolos de Colombia se deben a Pardo *et al.* (1980), quienes registran por primera vez varios géneros que habitan en los suelos del bosque húmedo montano y el bosque montano seco del departamento de Boyacá, a excepción de la única especie descrita para Colombia *Dicranocentrus colombiensis* por Mari-Mutt (1979), en el Valle del Cauca (Galindo & Pabon, 1985). Actualmente se registran 17 familias y 62 géneros en el país (Peñaranda, 2005)

5.5. SISTEMÁTICA

La sistemática de los Collémbolos a cambiado mucho en los últimos años, no sólo a nivel de algunas familias donde se ha presentado reorganización de sus géneros, resultando en la formación de nuevas taxas a nivel de género y familia, sino por su exclusión de la clase Insecta, arguyendo diferentes razones, entre ellas la presencia exclusiva dentro de los Collémbolos de apéndices abdominales que no se presentan en ningún insecto, el número corto de segmentos abdominales, tan solo seis frente a los 10 o 12 de los insectos y por estudios a nivel filogenético (Palacios-Vargas, 2004). Los filogenetistas han desarrollado varias propuestas para reubicar a los Collémbolos dentro de una sistemática estandarizada, pero esta tarea se ha convertido en un verdadero reto, y aun hoy no existe un consenso general sobre la clasificación de estos organismos. Dentro de las propuestas expuestas hasta hoy encontramos la unión de Collembola, Protura y Diplura en una sola taxa, Entognatha, que representa una evolución paralela del taxa Ectognatha, que agrupa a los Thysanura y Pterygota (Christiansen, 1981; Tuxen, 1980); entonces, las clases antes mencionadas constituyen la superclase Hexápoda (Stebaeva, 1988).

Para la realización de este trabajo se contó con la sistemática cedida amablemente por el Doctor Palacios-Vargas (2004) en la que los Collémbolos constituyen una clase a parte de los Proturos, Dipluros, Archaeognatha e Insecta, manteniéndose dentro del subphylum Hexápoda. Distintos autores coinciden en que los Collémbolos son un grupo monofilético, bajo este criterio el grupo se divide en cinco órdenes: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Metaxypleona, Symphypleona y Neelipleona.

Salmon (1964) aporta otra clasificación basándose principalmente en la posición de la cabeza hypognatha o prognatha; el tipo de estructuras bucales, masticadoras o succionadoras, entre otras características. Así, de acuerdo con Salmon, tenemos: Symphypleona, Metaxypleona (que reúne a Poduridae y Actaletidae), Arthropleona (incluye Hypogastruridae, Onychiuridae y Entomobryomorpha), mientras que a los Neanuridae, Salmon los separa de los Arthropleona en un suborden aparte, Neoarthropleona.

Cassagnau (1971b) consideró el sistema nervioso y endocrino de los Collémbolos para la ubicación filogenética de los subórdenes, también tuvo en cuenta el nivel de oligomerización de los segmentos y otros caracteres. Conforme a este criterio, el desarrollo y evolución de los Collémbolos se llevo a cabo en tres direcciones: Poduromorpha, cuyas características son: concentración del complejo retrocerebral y metamerización homogénea; Entomobryomorpha, que se distingue principalmente por una metamerización heterogénea con base en un sistema endocrino muy primitivo y Symphypleona reconocido por la unión de los segmentos poscerebrales y un sistema endocrino primitivo. (Tomado de catálogo de colémbolos de Sian Ka'an, Quintana Roo, Vázquez & Palacios-Vargas, 2004).

La taxonomía a seguir durante este trabajo fue la aportada por el Doctor Palacios-Vargas (tabla 2), docente de la Universidad Autónoma de México. Las familias hasta hoy reportadas en el país aparecen con un asterisco (*).

5.5.1. Grupo: Arthropleona

Se caracterizan por poseer el cuerpo alargado, nunca globoso. Los segmentos del tórax y los primeros cuatro abdominales nunca están fusionados, la fúrcula en ocasiones esta reducida o incluso ausente y con el mucrón mucho más corto que el dente. Algunas veces carentes de unguícolo. No presentan traqueas (Vázquez & Palacios, 2004).

5.5.1.1. Orden Poduromorpha:

Su Pronoto esta bastante desarrollado y posee sedas dorsales (Díaz *et al.*, 2004).

5.5.1.2. Orden Entomobryomorpha:

Su Pronoto esta reducido y no posee sedas en su cara dorsal (Díaz *et al.*, 2004).

5.5.1.3. Orden Metaxypleona

Representado por individuos de cabeza hipognata, que no presentan pseudocelos, el tercer antenito con una papila de tipo sensorial; todos sus segmentos torácicos de longitud similar (Galindo & Pabon, 1985).

5.5.2. Grupo: Symphypleona

Su cuerpo es globoso y rechoncho, a diferencia de los Arthropleona sus primeros cuatro segmentos abdominales se han fusionado entre ellos y con los segmentos torácicos, formando un gran abdomen. Su fúrcula siempre esta bien desarrollada al igual que el tenáculo. Su tegumento es liso y la quetotaxia pierde importancia en este grupo pues sus sedas son escasas excepto la quetotaxia genital, además no presentan escamas. No poseen tráqueas (Vázquez & Palacios, 2004).

5.5.2.1. Orden Neelipleona

Constituyen algunos de los Collémbolos más pequeños, menos de un milímetro, no presentan coloración alguna, carecen de cornéolas y sus antenas no sobrepasan la cabeza; el IV y V segmento abdominal no pueden diferenciarse y su cuerpo no posee tricobotrias dorsales (Díaz *et al.*, 2004).

5.5.2.2. Orden Symphypleona

Estos individuos pueden o no presentar pigmento, el número de cornéolas en su cabeza varia de cero a ocho a cada lado; el V y VI segmento abdominal pueden diferenciarse con cierta facilidad y su cuerpo posee sedas en su cara dorsal (Díaz *et al.*, 2004).

TABLA 2. SISTEMÁTICA DE LOS COLLEMBOLA							
PHYLUM: Artrópoda	SUBPHYLUM: Hexápoda	SUPERCLASE: Parainsecta	CLASE: Collembola	GRUPO: Arthropleona	ORDEN: Poduromorpha	SUPERFAMILIA: Poduroidea	FAMILIA: Poduridae
						SUPERFAMILIA: Hypogastruoida	FAMILIA: Hypogastruridae*
							FAMILIA: Onychiuridae*
							FAMILIA: Anurididae
						SUPERFAMILIA: Neanuroidea	FAMILIA: Odontellidae*
							FAMILIA: Neanuridae*
					FAMILIA: Brachystomellidae*		
					ORDEN: Entomobryomorpha	SUPERFAMILIA: Entomobryoidea	FAMILIA: Tomoceridae*
							FAMILIA: Oncopoduridae
				FAMILIA: Cyphoderidae*			
				FAMILIA: Paronellidae*			
				FAMILIA: Entomobryidae*			
				FAMILIA: Isotomidae*			
				FAMILIA: Actaletidae			
				SUPERFAMILIA: Actaletoidea	FAMILIA: Coenaletidae		
					FAMILIA: Mackenziellidae		
GRUPO: Symphyleona	ORDEN: Neelipleona	SUPERFAMILIA: Neeloidea	FAMILIA: Neelidae*				
	ORDEN: Eusymphyleona	SUPERFAMILIA: Sminthuroidea	FAMILIA: Dicyrtomidae*				
			FAMILIA: Sminthuridae*				
			FAMILIA: Sminthuridae*				
			FAMILIA: Katiannidae*				
			FAMILIA: Arrhopalitidae*				
			FAMILIA: Bourletiellidae*				

*Familias presentes en el país. Adaptado del Curso: Sistemática y Ecología de Microartrópodos, (2004). Introducción a los Insectos sin Alas, Palacios-Vargas (1991).

5.6. FILOGENÍA

Debido al papel preponderante que tienen los Collémbolos como habitantes del suelo, en los últimos años han recibido una mayor atención, pero aún así hay muchos aspectos relevantes sobre estos individuos que se desconocen.

En el Devónico medio o quizás en el inferior, ya existía *Rhyniella praecursor*, el Collémbolo fósil más antiguo que se conoce, pero a pesar de su antigüedad, la morfología que presentaba es muy similar a las formas actuales, por lo que no se pueden hacer inferencias sobre los estados de caracteres plesiomórficos, a partir de este o de otros fósiles que se conocen de diversos hexápodos. Hay que destacar el atraso en el que se encuentran los estudios de sistemática y biología de los hexápodos en relación a otros grupos de artrópodos, debido a que carecen de importancia económica directa para el hombre.

Un fenómeno que resulta de interés para la taxonomía es la neotenia, que en los Collémbolos puede ser reconocida por la reducción de diversas estructuras, la más notoria: los segmentos abdominales, el grado de neotenia que presentan los Collémbolos como grupo puede ser resumido comparando estructuras entre ellos y los Proturos, que son considerados el grupo hermano plesiomórfico. Los Proturos tienen nueve segmentos abdominales cuando eclosionan, pero presentan un aumento por la división del penúltimo segmento abdominal durante el desarrollo postembrionario, hasta obtener 12 segmentos en el adulto (anamorfosis). En los Collémbolos el número de segmentos abdominales se mantiene en seis durante todo el ciclo biológico; presentan también poco desarrollo de los genitales externos, reducción del sistema traqueal y carencia de la articulación tibiotarsal. Pero los Collémbolos presentan estructuras que los Proturos no: la presencia de los “ojos” laterales, modificación de apéndices abdominales para saltar, entre otras. Además es el único grupo de entognatos que presentan “ojos” (siendo estructuras más similares a los estomatos de los diplopodos que a los omatidios de los insectos). En el dendrograma de la figura 7 se aprecian las relaciones filogenéticas de Hexápoda tomando en consideración las estructuras visuales (sinapomorfías).

Henning (1981) en su libro “Insect Phylogeny” de la escuela cladista, y más tarde apoyado por Kristensen (1981), consideraron que la superclase Hexápoda estaba conformada por dos grupos hermanos: la clase Entognatha y la clase Insecta. La monofilia de ambos grupos quedó apoyada por la homología de los segmentos que originan las mandíbulas y los dos siguientes segmentos que presentan apéndices gnatales.

Se consideran como simplesiomorfias (para ambos grupos), el número básico de artejos en las patas torácicas, la presencia de dos células pigmentarias primarias en las omatidias y especializaciones de la microestructura del espermatozoide, es por eso que se encuentran dentro de la superclase Parainsecta.

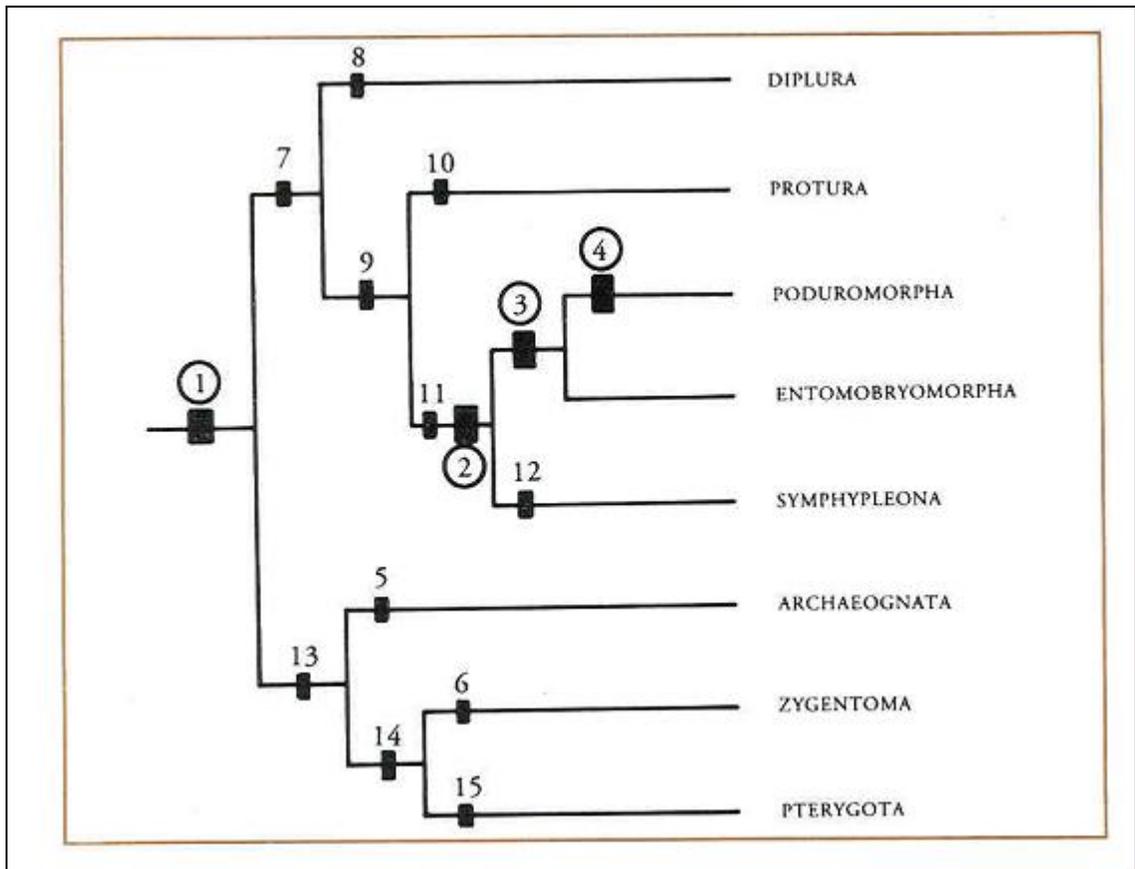


Figura 7. Dendrograma filogenético de los Hexápoda, de acuerdo a las sinapomorfías. Tomado de Problemas en la taxonomía de algunos artrópodos: Hexápoda (Apterigota), Palacios - Vargas.

Los Dipluros, Proturos y Collémbolos presentan varias sinapomorfías: son entognatos, presentan tendencias “regresivas” (en el sentido filogenético y no evolutivo), como la reducción de los tubos de Malpighi y los ojos compuestos “degenerados”.

La idea de Manton (1964) sobre que la condición entognata es una convergencia evolutiva basada en las diferencias de longitud de las mandíbulas y la musculatura en Collémbolos y Dipluros, quedó atrás por Kristensen (1981), pues consideró estos estados como de carácter autapomorfico para cada grupo partiendo del número de bolsas gnathales presentes en Parainsecta y Diplura, siendo dos bolsas en el primer grupo y una sola en el segundo.

En la figura 8 se observa una relación de grupos hermanos entre Diplura, Protura con Collémbola. Kristensen considera entre Proturos y Collémbolos varios estados de carácter, como sinapomorfías:

1. Ganglios epifaríngeos muy desarrollados.
2. Extensiones posteriomedianas de los pliegues craneanos mayores que los de Diplura.
3. Presencia de un surco medio en el área labial (*línea ventralis*)
4. Ausencia de cercos.
5. Inexistencia de estigmas abdominales.
6. Uñas pretársales no pareadas (la condición pareada se considera con origen independiente en los dipluros y en los insectos).

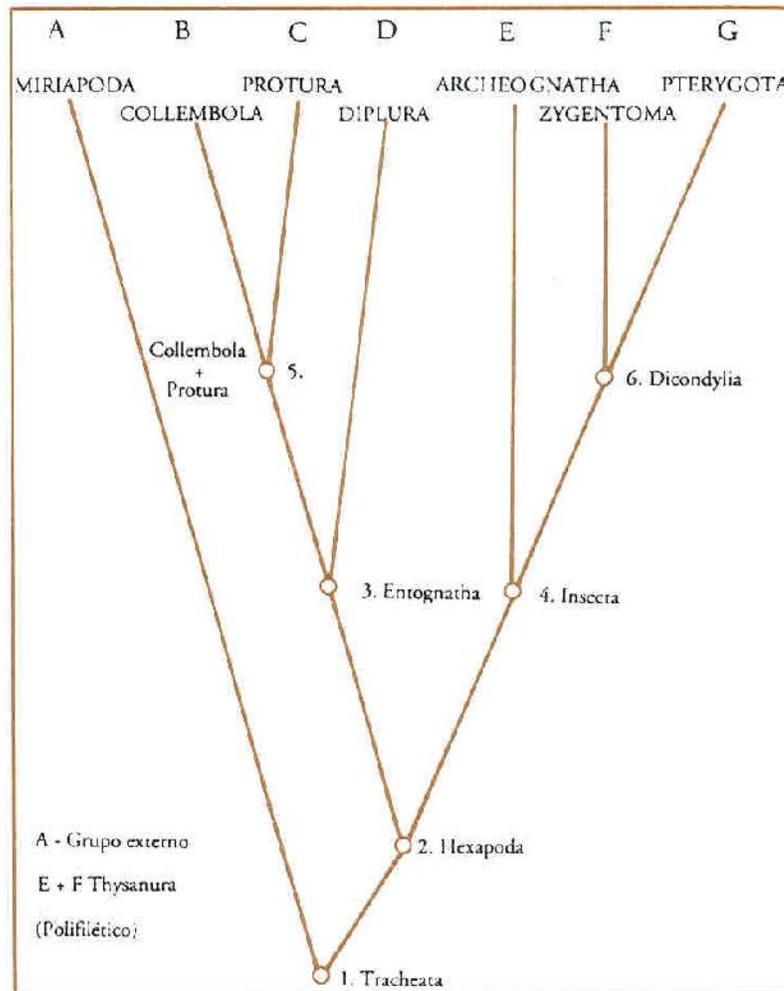


Figura 8. Cladograma que muestra las relaciones de los artrópodos Tracheata. Tomado de Manual y Guías para el Estudio de Microartrópodos. Introducción a los Insectos sin alas. Palacios - Vargas (1991).

Manton (1972, 1973) propuso que Diplura, Collémbola, Protura, Thysanura y Pterigota, evolucionaron independientemente de un antecesor con cuerpo blando

y lobopodios; consideró a los cuatro grupos como clases separadas (Palacios-Vargas, 1990b).

6. HIPÓTESIS

1. H_0 : Sí el gradiente ambiental, como variable ecológica, considerado a través del uso del suelo y la actividad antrópica, no afecta la composición de la clase Collembola, entonces al realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de Collembola colectados, no existirán diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos de cada microhábitat antrópico o natural.

H_1 : Sí el gradiente ambiental, como variable ecológica, considerado a través del uso del suelo y la actividad antrópica, afecta la composición de la clase Collembola, entonces al realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de Collembola colectados, existirán diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos de cada microhábitat antrópico o natural.

2. H_0 : Sí la transición entre microhábitats adyacentes (zona de transición), como variable ecológica, no afecta la composición de la clase Collembola, entonces al realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de Collembola colectados, no existirán diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos de cada microhábitat (transecto).

H_1 : Sí la transición entre microhábitats adyacentes (zona de transición), como variable ecológica, afecta la composición de la clase Collembola, entonces al realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de

Collembola colectados, existirán diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos de cada microhábitat (transecto).

7. METODOLOGÍA

El plan metodológico de la presente investigación es de carácter descriptivo, correlacional y explicativo. Se basó en una labor taxonómica, examinando ejemplares procedentes de muestreos en un bosque alto andino ubicado en la vereda Noruega Alta, municipio de Silvania, Cundinamarca; mediante diferentes métodos de captura para posterior identificación taxonómica, elaboración de claves, listado de familias y análisis de diversidad, además de la elaboración de una pagina Web interactiva de uso público.

7.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en la vereda Noruega Alta, Silvania, este municipio se localiza en la región centro oriente del departamento de Cundinamarca, a una altitud de 1470 m.s.n.m., forma parte de la provincia de Sumápaz que se encuentra a 65 kilómetros de distancia de Bogotá. El municipio de Silvania cuenta con pisos térmicos frío y templado con alturas que varían entre los 1600 y 2600 m.s.n.m., y una temperatura de 22°C aproximadamente, su territorio está conformado por 13 veredas: Aguabonita, *Noruega Alta*, Jalisco, La Victoria, Subía, San Luis, Santa Rita, San José, Panamá, Lomalta, Yayatá, Quebrada Honda y Azafranal. La vereda Noruega Alta, presenta una precipitación media anual de 1.780 a 2.000mm, temperatura que oscila entre 14 y 23° C y una humedad relativa alrededor de 98% en invierno y de 80% en verano; el relieve es inclinado con topografía ondulada. La capa arable corresponde a un suelo arenoso-franco, con 9,4% de materia orgánica, pH de 5,54; además, presenta contenidos deficientes de fósforo, magnesio, boro, zinc, cobre y manganeso, nivel medio de potasio, calcio y azufre, con una baja capacidad de intercambio catiónico (Gordillo, 2004). Los muestreos se realizaron en las unidades de paisaje más representativas de la zona, dividiendo los ecosistemas hallados en sistemas naturales (bosque húmedo alto andino) y sistemas antrópicos (cultivo de mora y pastizal, zona de transición).

7.2. FASE DE CAMPO

Los lugares de muestreo en el área de estudio, se escogieron al azar y su ubicación fue referenciada con un GPS Garmin 76 Handheld (figura 9), la humedad relativa se midió con un higrómetro AIRGUIDE (Percent Relative Humidity Weather Indicator) (figura 10) y la temperatura con un termómetro

ambiental. Las muestras contaron con una masa y longitud similar, para ser comparables dentro del análisis estadístico (Palacios, 2004). Se seleccionaron sitios de muestreo representativos de cada microhábitat, la descripción de éste se realizó según Heyer *et al.*, (1984) incluyendo la siguiente información:

- Área
- Tipo de vegetación
- Altura del dosel
- Cobertura
- Tipo de suelo.



Figura 9. GPS Garmin 76 Handheld.



Figura 10. Higrómetro AIRGUIDE.

Los microhábitats seleccionados fueron los siguientes:

1. Cuadrante A: cultivo de mora.

Área de 50 x 10m con las siguientes coordenadas: N 04°29'21.0'', W 74°19'14.2''; y altura de 2604-2617 m.s.n.m., cuenta con una humedad relativa del 88% y temperatura entre 15 y 21°C. El área se halla cultivada en toda su extensión con mora (*Rubus glaucus*), planta perenne de porte arbustivo, semierecto, de tallos rastreros o semierguidos (Franco & Giraldo, 2000). La altura de los tallos alcanzaba los 80 cm. El tipo del suelo es franco y rico en materia orgánica, la penetración de luz solar era directa. El suelo era fertilizado con gallinaza.

2. Cuadrante B: pastizal de kikuyo

Área de 50 x 10m con las siguientes coordenadas: N 04°29'10.7'', W 074°19'07.7''; y altura de 2618-2630 m.s.n.m., con 94% de humedad relativa y 16°C. El área se encontraba recubierta de pasto kikuyo (*Pennisetum*

clandestinum), es el pasto más común en los potreros fértiles y húmedos de clima frío, con hojas de un color verde claro característico. Nunca presenta espigas de flores evidentes, es un pasto robusto, que se extiende por rizomas con una altura no superior a los 8 cm. El cuadrante estaba cercado por una barrera natural de eucalipto (*Eucalyptus spp*) y pino romeron (*Decussocarpus rospigliosii*). El suelo era franco-arenoso.

3. Cuadrante C: Zona de transición.

Área de 50 x 10m con las siguientes coordenadas: N 04°29'11.2'', W 04°29'11.2''; la altura era 2630-2653 m.s.n.m.; con 97% de humedad relativa y 16°C de temperatura promedio. El área se encontraba cubierta por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el transecto I, vegetación característica de potreros para pastoreo; en el transecto II encontramos el borde o límite entre los ambientes adyacentes quien reúne las características de estos hábitats colindantes; por último se encuentra el transecto III, bosque alto andino, con una altura del dosel de 5m, la vegetación estaba conformada por musgos, hepáticas, melastomatáceas, rubiáceas, helechos arbustivos y troncos caídos en descomposición. El tipo de suelo era franco-arenoso.

4. Cuadrante D: Bosque Alto Andino abierto, Río arriba.

Área de 50 x 10m, con las siguientes coordenadas: N 04°29'10.3'', W 074°18'56.2'' y altura de 2644 m.s.n.m., con una humedad relativa del 97%, y una temperatura de 18°C. El área es atravesada por un riachuelo y una cascada con 10 m de caída. La vegetación se caracteriza por ser la típica de un bosque secundario con cobertura muy densa (BMD: bosque muy denso), presentando un estrato de árboles y arbustos entre 3 y 8m de altura, con predominio de compuestas y un estrato superior de árboles de 25 a 30m de altura, pertenecientes a distintas familias del orden rosales como Cunnoniaceae, Brunelliaceae y Rosaceae. El suelo es arenoso-franco.

5. Cuadrante E: Bosque Alto Andino cerrado.

Área de 50 x 10m, con las siguientes coordenadas: N 04°49'35.0'', W 084° 13'16.3'' y altura de 2642 m.s.n.m., con una humedad relativa de 95% y 16°C de temperatura. El área esta completamente cubierta por el dosel y contiene una gran cantidad de hojarasca con cerca de 35 cm de profundidad. La cobertura vegetal es similar a la del cuadrante D al igual que el tipo de suelo.

6. Cuadrante F: Bosque Alto Andino abierto, Río abajo.

Área de 50 x 10m, con las siguientes coordenadas: N 06°13' 52.8'', W 074°28'26.8'' y altura de 2635 m.s.n.m., con una humedad relativa del 98% y una temperatura promedio de 14°C. El área es atravesada por un riachuelo

proveniente del cuadrante D, presentando la misma cobertura vegetal y el mismo tipo de suelo.

Se utilizaron diferentes métodos de captura de manera simultánea para muestrear las poblaciones de Collémbolos, lo cual hace posible obtener una imagen más completa de la biodiversidad tanto en el suelo como en superficie (Chagnon, 2000). Para el uso de las diferentes trampas se utilizó como medida geográfica de referencia un cuadrante con las siguientes dimensiones: transecto lineal de 50 metros con 10 metros de ancho. Cada muestra se marco con un rotulo que describe el tipo de microhábitat a través de una nomenclatura (A, B, C, D, E y F); el tipo de muestreo (M= Manual; P= Pitfall; B= Berlesse-Tulgren) el número del transecto (I, II y III) y el número de la unidad muestral (1, 2, 3,...). Así por ejemplo la etiqueta marcada con el rotulo D-P-I-2, significa que la muestra pertenece al microhábitat D, de captura con trampa Pitfall, del transecto número I y segunda unidad muestral; todo esto acompañado de la fecha de colecta.

7.2.1. DISEÑO DE MUESTREO

Lo más importante a la hora de planificar un muestreo para análisis de la diversidad de una comunidad o un paisaje es la representatividad de los diferentes ambientes, esto significa que el muestreo debe ser lo más extenso y específico posible, según las características físicas del lugar como la del biotipo de estudio. El reto de la planeación metodológica es diseñar protocolos que cubran la mayor heterogeneidad, abarcando los ecosistemas más importantes con sus modificaciones, bajo un diseño de muestreo que genere datos susceptibles de ser analizados estadísticamente (Halffter *et al.*, 2001).

La unidad de muestreo indicada para este trabajo es el fragmento de vegetación o microambiente, la vegetación se dividió según su origen en natural (corredores, especies nativas, lecho del río, etc.) y derivada o artificial (cultivos, pastizales, áreas suburbanas, etc.) para abarcar la mayor cantidad de ambientes posibles y los más representativos de la zona basándose en un gradiente de modificación ambiental. Las trampas utilizadas fueron: Pitfall (figura 11), Berlesse-Tulgren (figura 12) y recolección manual (figura 13), la forma como fueron usadas se especifica en la tabla 3. El diseño de muestreo para el presente trabajo (tabla 3) se esquematiza en la figura 14 y 15.

La cuantificación del esfuerzo de colecta es un dato de suma importancia para la evaluación de la biodiversidad, lo ideal es que con un solo tipo de trampa se capturen el mayor número de individuos, pero como los Collémbolos habitan diferentes estratos del suelo y están asociados a diferentes ambientes es imperativo acudir a más de un tipo de trampa, aun así se utilizaron pocos métodos, diferentes e independientes entre si, para conseguir la máxima colecta con el mínimo esfuerzo.

Tabla 3. Diseño de muestreo.

Universo de Estudio	Bosque Alto Andino de Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, Colombia		
Variable Cuantificable (de respuesta)	Abundancia y Riqueza de Familias en una Comunidad de Collémbolos en un Bosque Alto Andino		
Unidad Cuantificable (de respuesta)	Número de Individuos y Familias		
Método de Muestreo	Embudo Berlese-Tulgren: Muestras de 10 x 7cm, y profundidad variable; 3 muestras al azar en cada uno de los cuadrantes, siendo en total 18 muestras de embudo de Berlese-tulgren, por cada mes de muestreo	Pitfall: Frascos con alcohol al 70 % enterrados a ras del suelo, frascos plásticos con seis centímetros de alto, 4.5 de ancho y una abertura de 7 cm. 15 frascos por cuadrante en tres líneas rectas, cinco por transecto cada 10 metros.	Manual: dos horas de recolección manual en cada transecto de cada cuadrante
Unidad de Muestreo	0.3 ha distribuidas en 6 Cuadrantes de 50 x 10 m		
Esfuerzo de Muestreo	2 muestreos de 0.3 hectáreas.		



A

B

Figura 11. Trampas pitfall. A) En bosque. B) En cultivo de mora, con gran cantidad de Collémbolos y Diptera.



A.



B.

Figura 12. Trampas Berlesse-Tulgren. A) Muestra de tierra para embudo de Berlesse. B) Sistema de colecta para los embudos Berlesse.



Figura 13. Recolección manual. Se utilizaba una manta blanca, tamiz de diferentes diámetros y pinceles de punta fina.

El esfuerzo de colecta puede medirse de diversas maneras, tales como el número de individuos colectados, número de muestras, número de trampas, días,

transectos, entre otros; para este trabajo se tuvo en cuenta el número de muestras para la cuantificación del esfuerzo de muestreo, la cuantificación de este esfuerzo es indispensable para estimar el esfuerzo mínimo necesario a invertir, en función de las curvas de acumulación de familias-especies (Halffter *et al.*, 2001).

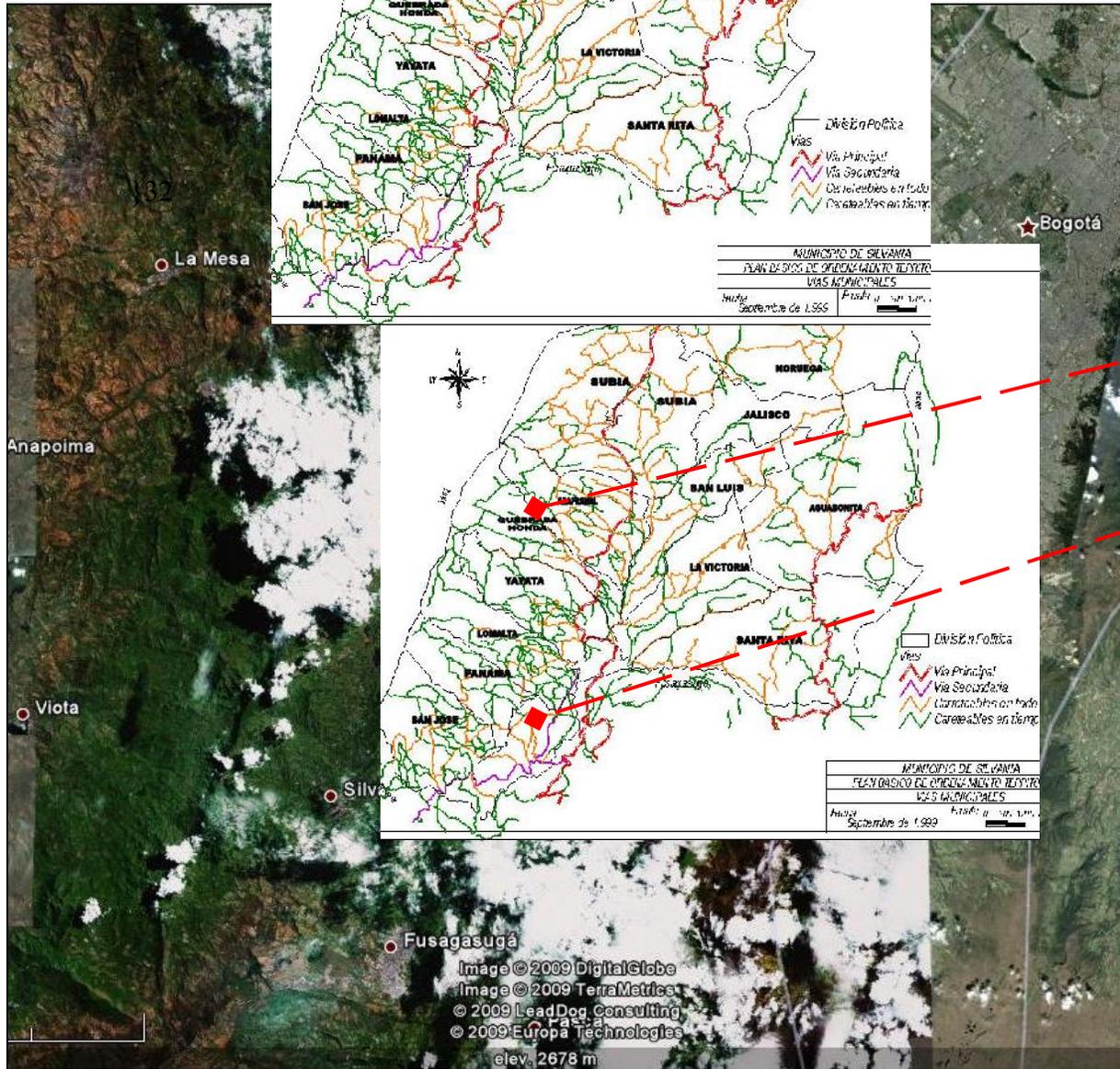
Para ello fue necesario tener hojas de registro (anexo 1 y 2) que incluyeran la medida del esfuerzo invertido en cada ocasión y en cada lugar; para luego agrupar este esfuerzo por tipo de vegetación y ambiente.

Existen algunos modelos matemáticos que pueden usarse para describir las curvas de acumulación y extrapolar su tendencia. Estos modelos pueden ser asintóticos, sí la probabilidad de añadir nuevas especies a la lista tiende a cero, o no asintóticos, sí esta probabilidad nunca alcanza cero (Soberón & Llorente, 1993), en cuyo caso el esfuerzo de muestreo podría considerarse insuficiente.

El modelo a seguir en el presente trabajo es el modelo de Clench debido a sus particularidades que se ajustan a las características del lugar y del grupo de estudio.

Las hojas de registro utilizadas en esta investigación fueron tomadas del Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera del 2001; donde se registra el esfuerzo acumulado a través del muestreo y el número de especies o familias que se van sumando (anexo 3). Esta información se utilizó para realizar las curvas de acumulación de familias. Toda la información taxonómica y ecológica recolectada de los individuos montados e identificados se registro en un formato único (anexo 4) que fue depositado en la colección MUD-046 del museo de Historia Natural de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, registrando un total de 438 láminas y 7882 individuos, constituyéndose en la primera colección especializada de la clase Collembola en la Universidad Distrital y la segunda colección más grande del país, tras la colección depositada en el museo de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia.

A.



Universo de Estudio

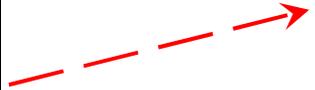
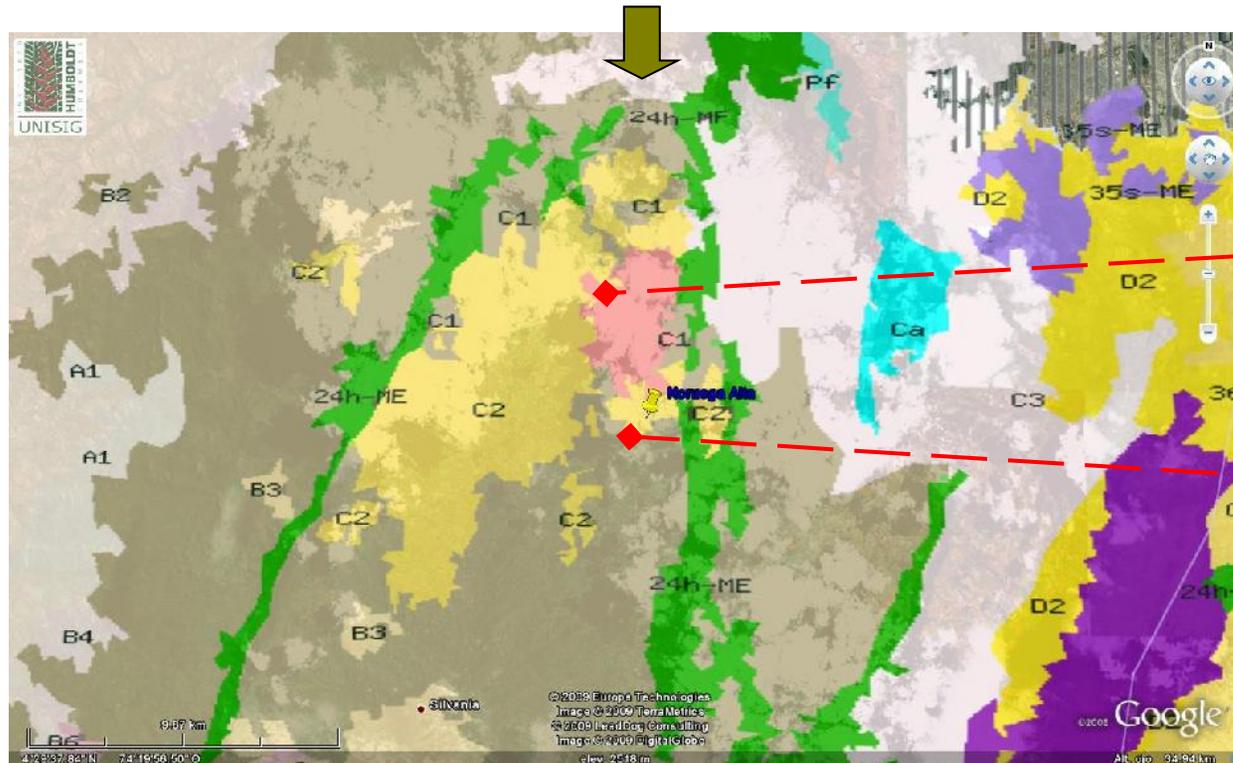


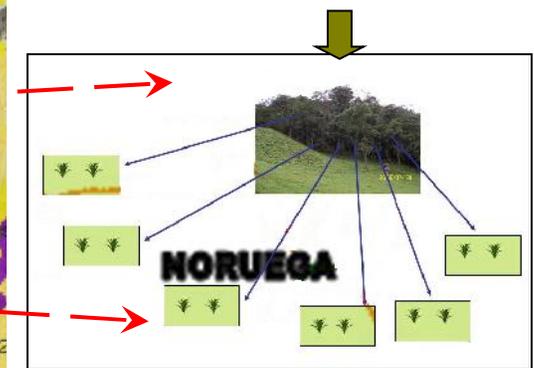
Figura 14. Área de estudio.

B. UNIDADES DE PAISAJE PREDOMINANTES EN NORUEGA ALTA, SILVANIA



C. Unidades de Muestreo.

(0.3 ha distribuidas en 6 Cuadrantes de 50 x 10m)



* C1: agroecosistema de cultivos mixtos; C2: agroecosistema ganadero; B3: agroecosistema cafetero en asocio; 24h-MF: BMD húmedo en montaña fluviogravitacional; 24h-ME; BMD húmedo en montaña estructural erosional (BMD: bosque medio denso).

Figura 14. Área de estudio. (Continuación) **A.** Universo de estudio. Mapa satelital de Noruega Alta, Silvania. Tomado de Google Earth y la Alcaldía Municipal de Silvania. **B.** Unidades de paisaje. Tomado del Sistema UNISIG del Instituto Humboldt y Google Earth. **C.** Unidades de muestreo.

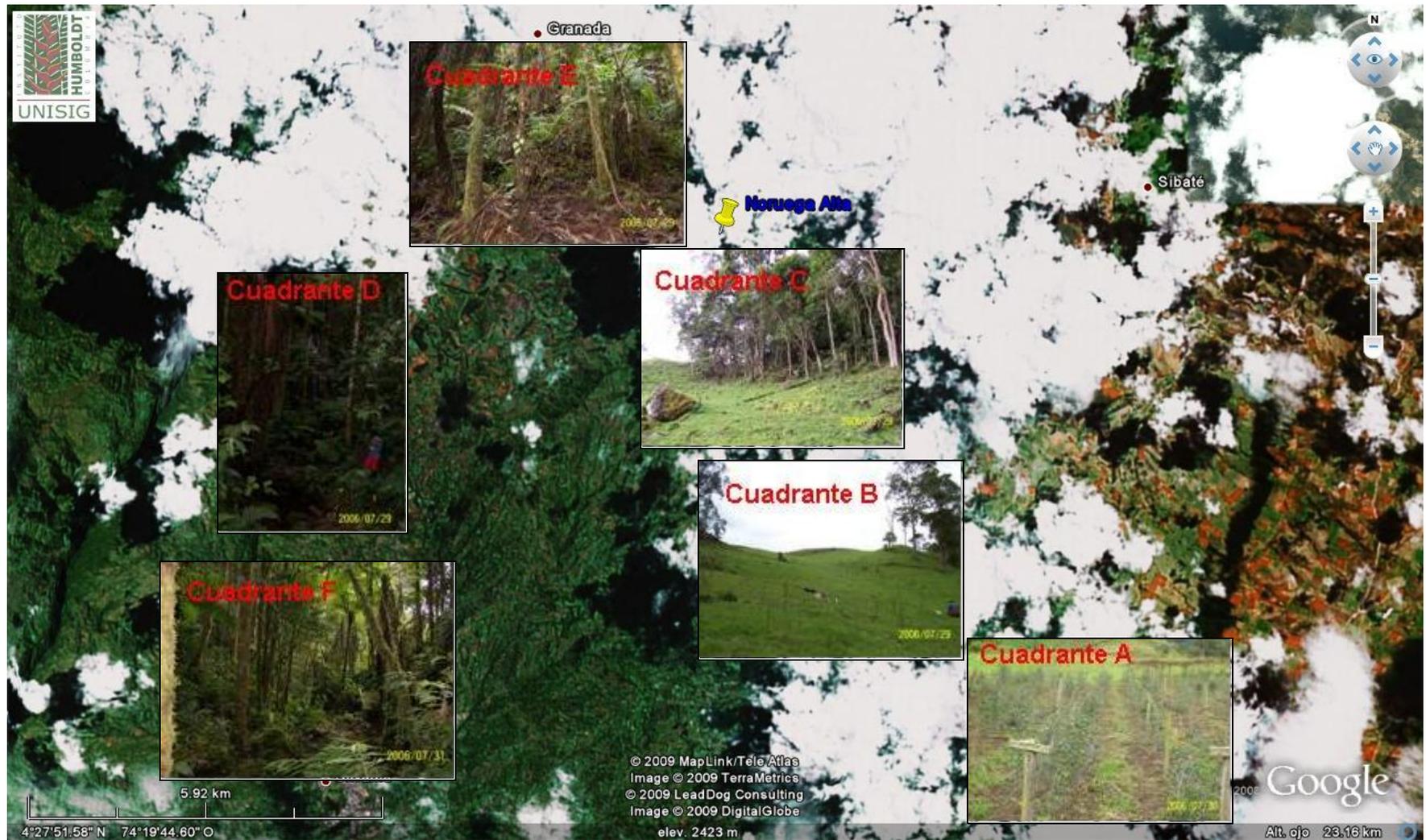


Figura 15. Subunidades de muestreo (cuadrantes). Parcelas distribuidas abarcando la variabilidad de hábitats.

7.3. FASE DE LABORATORIO.

Luego de coleccionar los individuos mediante las trampas mencionadas en la tabla 4, se empacaron y sellaron las muestras de cada cuadrante en cajas de cartón para transportarlas hasta las instalaciones de la Universidad Distrital, donde las muestras fueron procesadas en los siguientes laboratorios: Laboratorio de Análisis de Aguas, Museo de Historia Natural y Herbario. Allí se realizaron los siguientes procedimientos.

7.3.1. Preservación y selección

Para este fin se utilizó alcohol al 70%, sin ningún otro aditivo. Los especímenes coleccionados fueron preservados en viales de vidrio de 10 y 30 ml, además de tubos de ensayo. Posteriormente se separaron por morfotipos utilizando agujas de disección, minucias, alfileres entomológicos y pinceles de punta fina en un microscopio estereoscópico marca Nikon. Cada morfotipo se individualizó en tubos de ensayo de 5 ml.

7.3.2. Montaje

Antes de montar los individuos se especificaron los patrones de coloración para evitar confusiones posteriores con la descripción; para dicho montaje se siguió el siguiente protocolo:

- I. El individuo retirado del alcohol se pasó a potasa en un portaobjetos cóncavo, se dejaron entre uno y diez minutos, según el tamaño para quitarle la grasa y aclararlo.
- II. Se trasladó el individuo al reactivo lactófenol en un portaobjetos cóncavo y se calentó hasta quedar cerca al punto de ebullición y se retiró de la llama.
- III. Se observó en el microscopio para comprobar la eficacia del montaje.
- IV. Se puso en una lámina una gota de Hoyer, y antes de pasar el individuo a esta lámina se secó o se lavó en Hoyer y luego se fijó.
- V. Se cubrió con una laminilla de 5 por 5 m.m. en algunos casos donde solo había un individuo por montaje, en las otras ocasiones se utilizó la laminilla entera; con una aguja de disección se ayudó a posicionarlo. Se recomienda usar un lápiz de punta de diamante para cortar las laminillas.
- VI. En el Microscopio óptico Nikon SE se identificaron los individuos, usando aceite de inmersión en el objetivo 100x; las descripciones morfológicas de los individuos se realizaron usando los objetivos 40x y 100x.
- VII. Cuando se finalizó la identificación taxonómica, el montaje se marcó con dos etiquetas, una con los datos de recolector y colección, y la otra con el número de catálogo donde estará depositada la clasificación taxonómica del individuo.

DISECCIÓN: Para los individuos rechonchos o muy grandes se separó la cabeza. Para la disección de las piezas bucales se decapitó el individuo en el paso del lactofenol y se hizo “*squash*”. A los Entomobridos de gran tamaño se les separaron las patas y la fúrcula, estas se ubicaron en una porción de la lámina y el cuerpo en otra porción.

7.4. FASE DE IDENTIFICACIÓN

Para la identificación de los especímenes se utilizaron textos especializados y descripciones, propuestas para diferentes regiones de América como:

1. Claves para la identificación de familias de Collémbolos asociados al maíz y al algodón en el Valle del Cauca, Colombia, 2005. Claudia Ospina.
2. Clave dicotómica para la determinación de los Collémbolos de Cuba (Hexápoda: Collembola) Magaly Díaz Azpiazu, Vivian González Cairo, José G. Palacios-Vargas & Ma. José Lucíañez Sánchez, 2004, en DÍAZ & GONZÁLEZ. 2004. Catálogo de Collembola de Cuba. SOLENODON. Vol. 3. p. 1-30.
3. Claves para Familias de Collembola según Christiansen & Bellinger; Modificado por Galindo & Pabón, 1985.
4. Diagnosis y Clave para determinar las familias de los Collembola de la Región Neotropical, Dr. José G. Palacios-Vargas, 1990.
5. Claves Para Familias existentes de Collémbola de Christiansen, Greenslade, Deharveng, Pomorsk & Janssens; Chesklist of the Collembola, 2007.
6. Claves Para Géneros y Especies de Collémbola de Christiansen, Greenslade, Deharveng, Pomorsk & Janssens; Chesklist of the Collembola, 2007.
7. Clave para Familias de Collémbola de Antioquia; Collémbolos asociados con cultivos de pastos en tres zonas de vida de Holdridge en Antioquia (Colombia). Claudia Ospina S.; Francisco Serna C.; Martha Peñaranda P. & Sandra Serna G. 2003

Posteriormente, los especímenes previamente montados e identificados fueron corroborados por el Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, Profesor titular "C", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. Luego de tener corroborados los individuos, se procedió a elaborar un listado de las familias, subfamilias y géneros de la clase Collembola encontrados en la vereda Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, especificando el número de individuos por cada género registrado e indicando cuales de ellos registros son nuevos para el país.

La identificación y la posterior descripción de los morfotipos encontrados en la presente investigación se basó en los caracteres morfológicos propuestos por Palacios-Vargas (2004), Christiannsen (2002), Diaz *et al* (2004), Peñaranda (2005) y Arbea *et al.* (2000). La información acumulada de los morfotipos identificados se registró teniendo en cuenta los siguientes criterios, a partir de las normas técnicas para colecciones biológicas del Instituto Alexander von Humboldt: Especie tipo (especie utilizada para definir el grupo taxonómico), Sinónimos (especies sinónimo del morfotipo), Diagnósis (caracteres morfológicos determinantes), Comentario (información adicional del taxa sobre particularidades de su taxonomía, morfología y distribución geográfica), Biotopo (localización del morfotipo dentro del área de estudio), Distribución (específica las regiones biogeográficas donde ha sido reportado el morfotipo a nivel mundial, esta información solo esta disponible para los géneros identificados) y Material Examinado (datos de la colección creada a partir de esta investigación). Los morfotipos hallados se acompañaron de un registro fotográfico de los caracteres morfológicos más importantes y fueron organizados en láminas descriptivas; la cámara usada correspondió a una Canon A560 digital, las fotos se editaron con Microsoft Photo Editor (Microsoft Corporation, 1998), Microsoft Office Picture Manager (Microsoft Corporation, 2003) y Adobe PhotoShop CS (Adobe Systems Incorporated, 2003).

Con la anterior información, se diseñaron claves taxonómicas-pictóricas para las familias de la clase Collembola en Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, Colombia, teniendo en cuenta los caracteres determinantes para cada taxa.

7.5. FASE DE ANALÍTICA

Con los datos obtenidos se realizaron los análisis estadísticos de las muestras para obtener: curva de acumulación de familias, índices de diversidad Alfa y Beta, además de generar mapas de distribución para las familias encontradas.

7.5.1. Modelo de Clench

Soberón & Llorente (1993) predicen la riqueza total de un sitio como el valor del número de especies-familias al cual una curva de acumulación alcanza la asíntota.

En una curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo (Jiménez & Hortal, 2003), así el tamaño y la composición de un inventario de especies y/o familias en un lugar determinado varía con el tiempo y el espacio (Adler & Lauenroth, 2003) debido a una característica fundamental de la distribución espacial de las especies: sus rangos de distribución no son estables a lo largo del tiempo (Jiménez & Hortal, 2003). Por tanto, conviene tener presente que un inventario real no llega a completarse nunca, por lo que la estima final del número

de especies y/o familias depende de la resolución temporal y espacial que empleamos en el muestreo; por ello es fundamental que las estimas de riqueza especifiquen el área y período temporal de recogida de muestras (Adler & Lauenroth, 2003).

En el modelo de Clench, “*a*” es la tasa de incremento de nuevas especies-familias al comienzo del inventario y “*b*” es un parámetro relacionado con la forma de la curva. El ajuste de estas funciones se realiza mediante estimación no lineal. Esta ecuación no es sino la versión adaptada al problema del esfuerzo de muestreo de la ecuación de Michaelis-Menten, que describe la cinética de las reacciones catalizadas por enzimas (Lehninger *et al.*, 1995). Al igual que ocurre en el proceso de inventario, la velocidad de reacción disminuye conforme las moléculas de enzima disponibles se van adhiriendo a las moléculas del sustrato, y el sistema se va ‘saturando’ hacia una asíntota marcada por la cantidad de enzimas disponibles (Jiménez & Hortal, 2003). La ecuación de Clench está recomendada para estudios en sitios de área extensa y para protocolos en los que, cuanto más tiempo se pasa en el campo (es decir, cuanta más experiencia se gana con el método de muestreo y con el grupo taxonómico), mayor es la probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón & Llorente, 1993). Su expresión matemática es:

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

Donde,

a = tasa de incremento de nuevas familias al comienzo del inventario, por lo tanto representa el valor de “*y*” cuando “*x*” vale cero.

b = pendiente, o el incremento de “*y*” por cada unidad de de “*x*”.

n = número de unidades de esfuerzo.

En este modelo, el orden en el que las muestras son añadidas al total puede afectar la forma de la curva. Para eliminar esta arbitrariedad se aleatorizo el orden de muestreo (Colwell & Coddington, 1994); procedimiento para el cual se uso el programa EstimateS (Colwell, 1997), el modelo se ajusto en el programa Statistic 8 (StatSoft, 2008).

El índice de diversidad alfa se midió en dos parámetros, el primero de ellos la riqueza específica a través de la ecuación de Margalef; y la estructura a partir de índices de abundancia proporcional, usando el índice de Simpson para medir la dominancia y el índice de Shannon-Wiener para medir la equidad. Las ecuaciones de los índices se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Ecuaciones de índices de diversidad Alfa y Beta

	Diversidad Alfa	Diversidad Beta
Índice de Margalef	$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$	
Índice de Shannon-Wiener	$H' = -\sum p_i \ln p_i$	
Índice de Simpson	$\lambda = \sum p_i^2$	
Índice de Whittaker		$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$ <p>(1)</p> $\beta = \left(\frac{a_t}{\bar{a}} - 1\right) 100$ <p>(2)</p>
Complementariedad		$C = \frac{S_A + S_B - 2V_{AB}}{S_A + S_B - V_{AB}} 100$

* El índice de Whittaker se usó de dos maneras: una de ellas dividiendo el número total de familias de una muestra pareada de subunidades de paisaje entre la diversidad alfa promedio de dichas subunidades, así el índice alcanza valores entre uno y dos (1); la segunda de ellas se hizo para hacer comparable la medida con la Complementariedad obteniendo valores entre 0 y 100%, cero cuando son idénticas y 100 cuando son completamente distintas (2).

El índice de diversidad beta se halló a través del índice de Whittaker y el de Complementariedad (tabla 4), relacionando cada una de las subunidades de muestreo del universo de estudio. Para el análisis visual del porcentaje de similitud de la diversidad beta de las muestras pareadas se usó un análisis de grupos (cluster análisis), este método clasifica los objetos que se consideran similares en función de la distancia o medidas equivalentes. Los datos pueden ser cuantitativos o de incidencia. El análisis de grupo utilizado en el presente trabajo es el coeficiente de Bray-Curtis, el cual permite comparar las poblaciones de distintos ecosistemas o de un mismo ecosistema en diferentes momentos (Pielou, 1984), en este caso, cada uno de los microhábitats examinados. La fórmula correspondiente es la siguiente:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]}$$

Donde:

B= medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k

X_{ij} = número de individuos de la especie i en la muestra j

X_{ik} = número de individuos de la especie i en la muestra k

S = número de especies.

Cuanto más próximo a uno sea el valor obtenido, más similares son las poblaciones.

7.5.2. Prueba de Student.

A partir de los valores arrojados por los índices de diversidad, se sometieron a prueba las hipótesis nulas y alternas enunciadas (capítulo 6), con miras a evaluar la influencia de la actividad antrópica y el uso del suelo, como la transición de microhábitats en un ecosistema de zona de transición sobre la riqueza y abundancia de la fauna de la clase Collembola. Los tratamientos se agruparon como gradientes de modificación ambiental y gradiente zona de transición.

Para comprobar las hipótesis planteadas en el capítulo seis para cada gradiente de modificación ecológica (ambiental y zona de transición) se siguió el procedimiento propuesto por Hutcheson (1970, en Moreno, 2001), el cual parte de los valores obtenidos en el índice de Shannon-Wiener, así, se calcula el índice de diversidad ponderado (*H_p*) en función de la frecuencia o número de individuos de cada familia dentro de la muestra evaluada:

$$H_p = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

Donde,

N= número de Individuos de la muestra

f_i= número de individuos registrada para la familia *i*.

Posteriormente se calcula la varianza del índice de diversidad ponderado para cada muestra:

$$\text{var} = \frac{[\sum f_i (\log^2 f_i) - (\sum f_i \log f_i)^2 / N]}{N^2}$$

Luego se calcula la diferencia de varianzas de las muestras pareadas:

$$D_{\text{var}} = \sqrt{\text{var}_1 + \text{var}_2}$$

A partir del índice de diversidad ponderado y la diferencia de las varianzas se obtiene el valor de t (Student) calculado:

$$t = \frac{Hp_1 - Hp_2}{D \text{ var}}$$

Y se calculan los grados de libertad asociados al valor de t calculado:

$$g.l. = \frac{(\text{var}_1 + \text{var}_2)^2}{(\text{var}_1^2 / N_1) + (\text{var}_2^2 / N_2)}$$

Finalmente se comparo el valor de t calculado con el valor de t tabulado obtenido en las tablas de Student para los grados de libertad calculados con una probabilidad del 95%. Así, cuando el valor de t calculado es mayor que el valor de t tabulado, se rechaza la H_0 del tratamiento evaluado y se concluye que la diversidad de las muestras pareadas analizadas no es igual, aceptando la hipótesis alterna (H_i).

7.5.3. Mapa De Distribución

Para realizar el mapa de distribución de las familias halladas en el área de estudio se realizó un mapa de modelamiento de curvas de nivel 3D a partir de las coordenadas geográficas tomadas en el área de estudio utilizando los programas Surfer 8 (Golden Software, 2008) y Autocad 2006 (Autodesk, 2006).

7.6. DISEÑO PÁGINA WEB

El diseño de la página Web interactiva se hizo una vez finalizada la anterior metodología, puesto que era necesario obtener los resultados del presente trabajo para poder desarrollar esta página. Para la elaboración de la misma se emplearon los programas: Macromedia Dreamweaver XP 8 y Fireworks XP 8 (Macromedia Inc., 2005).

La página Web contó con una recopilación extensa de la información disponible sobre la clase Collembola, abarcando información general, descripciones morfológicas de cada una de las familias y algunos géneros, acompañadas de imágenes ilustrando los caracteres diagnósticos de cada una de ellas, como su distribución, sistemática y relaciones filogenéticas, biología y ecología. Todos los ítems acompañados de hipervínculos que conducen a explicaciones e imágenes que facilitan la comprensión de cualquier tipo de usuario.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la investigación, como: la diagnosis de cada una de las familias, géneros y morfotipos, derivadas de la identificación taxonómica, durante esta fase se tomó un registro fotográfico amplio de los individuos, siendo este el primero que se tiene para la clase Collembola en Colombia; se realizó un listado con las familias, subfamilias y géneros encontrados en el área de estudio (tabla 5), se diseñaron claves taxonómicas para las familias identificadas durante esta investigación. Se calculó la diversidad alfa y beta de la clase Collembola para la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca. Con toda la información recopilada y obtenida, se diseñó una página Web. Se generó la primera colección de Collembola en la Universidad Distrital que será indexada a la colección MUD-046 del Museo de Historia Natural de la Universidad Distrital.

Tabla 5. Listado de familias, subfamilias y géneros encontrados en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca.

FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	No Ind
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Sinella</i>	9
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Entomobrya</i> *	6
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Lepidocyrtus</i>	36
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Lepidocyrtus-Lanocyrtus</i> **	4
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Acanthocyrtus</i> **	44
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Acanthurella</i> ****	24
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Pseudosinella</i> *	17
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Seira</i> *	6
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Entomobryoides</i>	1
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Lepidobrya</i> ****	5
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Lepidosira</i> *	5
Entomobryidae	Entomobryinae	<i>Desertia</i> **	2
Entomobryidae	Orchosellinae	<i>Heteromurus</i>	1
Entomobryidae	Orchosellinae	<i>Dicranocentrus</i>	2
Isotomidae	Anurophorinae	<i>Jesenikia</i> ****	1
Isotomidae	Proisotominae	<i>Proisotoma</i>	9
Isotomidae	Proisotominae	<i>Folsomia</i> *	28
Isotomidae	Proisotominae	<i>Archisotoma</i> **	2
Isotomidae	Proisotominae	<i>Ballistrura</i> **	5
Isotomidae	Isotominae	<i>Isotoma-Desoria</i> **	28
Isotomidae	Isotominae	<i>Isotomiella</i> **	8
Isotomidae	Isotominae	<i>Psammisotoma</i> **	6
Paronellidae	-	<i>Campylothorax</i>	39
Paronellidae	-	<i>Dicranocentruga</i>	5
Paronellidae	-	<i>Pseudoparonellides</i> ****	6

Paronellidae	-	<i>Salina</i> *	11
Paronellidae	-	<i>Callyntrura</i> ****	2
Paronellidae	-	<i>Lepidonella</i> **	21
Paronellidae	-	<i>Paronella</i>	2
Paronellidae	-	<i>Paronellides</i> **	1
Oncopoduridae**	-	<i>Harlomillsia</i> **	5
Tomoceridae	-	<i>Tomocerina</i> ***	14
Cyphoderidae	-	-	3
Hypogastruridae	-	<i>Ceratophysella</i>	18
Hypogastruridae	-	<i>Schoettella</i>	1
Hypogastruridae	-	<i>Schoettella- Knowltonella</i> ***	2
Hypogastruridae	-	<i>Schaefferia</i> ***	5
Hypogastruridae	-	<i>Microgastrura</i> ***	1
Hypogastruridae	-	<i>Hypogastrura</i>	5
Hypogastruridae	-	<i>Acherontiella</i> **	1
Odontellidae	-	<i>Odontella</i> **	3
Odontellidae	-	<i>Odontella-Superodontella</i>	2
Brachystomellidae	-	-	2
Neanuridae	Frieseinae	<i>Friesea</i> *	2
Neanuridae	Neanurinae	<i>Neanura</i>	9
Neanuridae	Pseudachorutinae	<i>Pseudachorutes</i>	3
Sminthuridae	Sminthurinae	<i>Sminthurus</i> **	4
Sminthuridae	Sphyrothecinae	<i>Sphyrotheca</i>	1
Bourletiellidae	-	-	4
Dicyrtomidae	Ptenothricinae	<i>Ptenothrix</i>	1
Dicyrtomidae	Dicyrtominae	<i>Dicyrtoma</i>	1
Sminthurididae	-	<i>Denisiella</i> **	12
Arrhopalitidae	-	-	6

*Nuevo registro para Cundinamarca. **Nuevo registro para Colombia. ***Nuevo registro para Suramérica. ****Nuevo registro para la región Neotropical y para América.

8.1. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

Se realizaron cuatro muestreos entre abril y julio de 2006 cada uno de 0.3 hectáreas distribuidos en seis cuadrantes de 50 x 10 m; de este esfuerzo de muestreo se revisaron 36 muestras de embudo Berlesse-tulgren, 180 muestras pitfall y un total de 24 horas de recolección manual; de las cuales se obtuvieron 7.882 individuos pertenecientes a los meses de abril y mayo. Tras su identificación se hallaron 15 familias, una de ellas nuevo registro para Colombia, la familia Oncopoduridae; se identificaron 50 géneros distribuidos en las diferentes familias, de ellos siete son nuevos registros para el departamento de Cundinamarca, 15 nuevos para Colombia, cuatro nuevos para Suramérica y cinco

nuevos registros para el continente Americano (tabla 5). Las 438 láminas donde se encuentran montados los individuos identificados de la clase Collembola del presente trabajo, fueron ubicadas de manera horizontal en una caja de madera diseñada y elaborada para este fin, que se encuentra en el Museo de Historia Natural en la colección entomológica MUD-046 de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

8.2. DIAGNOSIS DE LAS FAMILIAS, GÉNEROS Y MORFOTIPOS DE LA CLASE COLLEMBOLA

GRUPO ARTHROPLEONA

ORDEN ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913, Ssensu Szeptycki, 1979

El cuerpo de los individuos pertenecientes a este grupo es alargado, nunca globoso, con una evidente segmentación del cuerpo. Los segmentos del tórax y los cuatro primeros segmentos abdominales no se encuentran fusionados. El protórax se encuentra reducido, sin sedas dorsales. La mayoría de los individuos son prognatos y las antenas son de tamaño variable de acuerdo a cada individuo.

Familia ENTOMOBRYIDAE Tomösvary, 1882 (56 géneros, 1581 especies en el mundo)

Diagnosis

El cuerpo de estos individuos se encuentra cubierto de sedas muy pilosas o ciliadas, con o sin escamas. No poseen órgano postantenal (OPA) en la mayoría de los casos. El IV segmento abdominal es más de dos veces la longitud del III. La fúrcula se encuentra bien desarrollada, sin espinas ni dientes en las descripciones generales. Los dentes en su mayoría son crenulados. El mucrón es corto y glabro, con uno ó dos dientes y puede tener o no una espina basal. Son individuos que se pueden encontrar en suelo, hojarasca, sobre plantas y otros hábitats.

Variación

Un buen número de especímenes colectados presentaban espinas dentales, carácter poco frecuente entre los entomobridos.

Familias Similares

Isotomidae, Paronellidae.

Distribución en área de estudio

La familia Entomobryidae se encontró en todos los ambientes analizados siendo una de las familias más abundantes, las subunidades de paisaje donde se halló fueron: cultivo de mora, pastizal de kikuyo, bosque secundario de alta montaña. (anexo 5 – ENT).

La familia Entomobryidae se divide en dos subfamilias: Entomobryinae y Orchosellinae.

Subfamilia ENTOMOBRYNAE Schaffer, 1896 (42 géneros, 1342 especies en el mundo)

Diagnosis: Individuos con antenas de cuatro artejos.

Morfotipos

Los morfotipos encontrados dentro de la subfamilia Entomobrynae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Sinella*** Brook, 1882 (50 especies en el mundo, 5 en el neotrópico)
Especie tipo: *Sinella curviseta* Brook, 1882
Sinónimos: *Parasinella* Bonet, 1934

Diagnosis: Son anoftalmos, o con menos de 6 corneolas por lado (lámina I-A). La maxila tiene dos dientes basales grandes. El cuerpo no está cubierto por escamas, sino por sedas multiciliadas (lámina I-B). Presentan al menos un tenenthair en cada pata, el cual es acuminado. Presentan dientes crenulados. Mucrón bidentado con espina basal (lámina I-C). Los individuos de este grupo son de color azul-morado y blancos.

Comentario: Se diferencia de *Entomobrya* por la reducción en el número ocelar de la placa ocular.

Biotopo: pastizal de kikuyo, bosque secundario de alta montaña, hojarasca, suelo, medios húmedos como el margen del río.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se registra en México, Costa Rica, Colombia, Perú, Chile y Argentina. En Colombia se ha registrado en Cundinamarca, Magdalena y Arauca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(102-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N 74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(286-E)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N 74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(343-G)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N 84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, berlesse tulgren, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(079-H)] [MUD-046-(079-I)] [MUD-046-(269-C)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(082-B)] [MUD-046-(082-E)] [MUD-046-(082-F)].

2. **Morfotipo 2, *Entomobrya*** Rondan, 1811 (227 especies en el mundo, 39 en el neotrópico)

Especie tipo: *Deegeria muscorum* Nicolet, 1842

Sinonimos: *Deggeria* Nicolet, 1842

Diagnosis: Placa ocular con ocho corneolas por lado (lámina II-A). Macroquetas en el vertex de la cabeza. Cuerpo cubierto por sedas multiciliadas, sin escamas (lámina II-B). Un tenenthair en cada pata. IV segmento abdominal de dos a cuatro veces más grande que el III segmento. Los dentes son crenulados con varias sedas multiciliadas que alcanzan el mucrón, el cual es bidentado y con espina basal. Coloración variada desde rosado muy claro, casi transparente a violeta translucido, crema amarillo o gris.

Comentarios: La única especie registrada en el país es *E. atrocincta*.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora, pastizal de kikuyo, suelo de bosque secundario alto andino, hojarasca, suelo húmedo.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se registra en México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia, Brasil, Chile, Argentina, Guyana y Juan Fernández. En Colombia se registra en Tolima y Cundinamarca. Primer registro del género para Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(217-J)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(334-A)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(426-G)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales, 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt, pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(367-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(203-L)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar, [MUD-046-(383-A)].

3. **Morfotipo 3, *Lepidocyrtus*** Bourlet, 1839 (155 especies en el mundo, 42 en el neotrópico)

Especie tipo: *Lepidocyrtus curvicollis* Bourlet, 1839

Sinónimos: *Stronglynotus*, MacGillivray, 1894

Diagnosis: Placa ocular con ocho corneolas en cada lado. Las antenas están recubiertas por pequeñas escamas truncadas. El mesonoto es muy desarrollado y abultado llegando a cubrir parte de la región posterior de la cabeza (lámina III-A, III-B). El cuerpo esta cubierto por escamas truncadas y lanceoladas débilmente estriadas como por sedas multiciliadas largas (lámina IV-A, V-A). Las patas

presentan escamas truncadas y sedas espiniformes en fémur y tibiotarsos. Cada tibiotarso presenta un tenenthair. El unguis puede o no presentar una pseudonichia y ostentar un diente interno (lámina V-B). El IV segmento abdominal es cerca de seis a ocho veces más grande que el III segmento abdominal (lámina IV-A). El último segmento abdominal con macroquetas terminales filiformes y oscuras (lámina V-A). Los dentes son crenulados con sedas multiciliadas largas en la base, sedas barbuladas y escamas dorsales hacia la región distal (lámina VI-A, VI-B, VII-A). Mucrón bidentado con espina basal (lámina VII-B). La coloración es crema y marrón.

Biotopo: Se registraron especímenes en todos los ambientes excepto en cultivo de mora, fue abundante en hojarasca, suelos muy húmedos y estratos superficiales (epiedáficos).

Distribución: Se encuentra en la región neártica, neotropical y paleártica. Dentro de la región neotropical ha sido registrado en: Argentina, Brasil, Cuba, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, México, Puerto Rico, Trinidad Tobago y Venezuela. En Colombia se ha encontrado en Amazonas, Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Magdalena.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(231-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(089-M)] [MUD-046-(286-G)] [MUD-046-(286-J)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(427-C)] [MUD-046-(429-C)] [MUD-046-(429-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(289-C)] [MUD-046-(291-C)]; pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(189-F)] [MUD-046-(189-G)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(357-H)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(358-C)] [MUD-046-(368-A)] [MUD-046-(370-E)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 20 ejemplares [MUD-046-(375-F)] [MUD-046-(376-I)] [MUD-046-(378-A)] [MUD-046-(384-A)] [MUD-046-(384-C)] [MUD-046-(385-M)] [MUD-046-(386-B)] [MUD-046-(386-C)] [MUD-046-(386-E)] [MUD-046-(389-A)] [MUD-046-(390-G)] [MUD-046-(391-L)] [MUD-046-(392-D)] [MUD-046-(393-D)] [MUD-046-(393-E)] [MUD-046-(402-F)] [MUD-046-(403-B)] [MUD-046-(405-D)] [MUD-046-(406-J)] [MUD-046-(406-K)].

4. **Morfotipo 4, *Acanthocyrtus*** Handschin, 1925 (9 especies en el mundo, 2 en el neotrópico)

Especie tipo: *Acanthocyrtus spinosus* Schött, 1917

Diagnosis: Placa corneal con ocho corneolas a cada lado. El IV antenito cuenta con un bulbo apical (lámina XI-A). Vertex de la cabeza con macroquetas. Su cuerpo esta recubierto de sedas multiciliadas, algunas muy largas y pilosas en el mesonoto (lámina VIII-A), además cuenta con escamas truncadas y lanceoladas débilmente estriadas y oscuras (lámina X-A). Escamas en patas y antenas. Poseen un tenenthair en cada pata. El unguis es liso y tiene pseudonichia (lámina XI-B). El IV segmento abdominal es cerca de dos veces la longitud del III segmento (lámina IX-A, IX-B). El manubrio puede o no presentar espinas simples distales (lámina XII-A). El dente presenta espinas basales, crenas y sedas multiciliadas distales (lámina XII-B), dos de ellas avanzan paralelas al mucrón sobrepasándolo, como escamas dorsales. Mucrón bidentado con espina basal. Presenta coloración marrón, crema y amarillo.

Comentario: Es el único género junto a *Acanthurella*, que posee espinas evidentes en los dientes dentro de la familia. Fue uno de los morfotipos más comúnmente colectados.

Biotopo: Se encontró únicamente en suelos conservados o semiconservados de bosque secundario de alta montaña, siendo muy abundante en la hojarasca y en la superficie del suelo.

Distribución: Se encuentra en la región neotropical, etiópica, oriental y australiana. Dentro de la región neotropical se registra para Brasil y Colombia siendo el primer registro en el país.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(286-H)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(178-B)] [MUD-046-(221-B)] [MUD-046-(221-D)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(344-B)] [MUD-046-(344-D)] [MUD-046-(344-E)] [MUD-046-(344-H)] [MUD-046-(344-I)] [MUD-046-(344-J)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(432-G)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt, pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(080-A)] [MUD-046-(156-A)] [MUD-046-(156-B)] [MUD-046-(157-A)] [MUD-046-(162-F)] [MUD-046-(168-H)]; berlesse tulgren, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(269-A)] [MUD-046-(269-B)]; manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(293-I)] [MUD-046-(293-K)] [MUD-046-(294-E)] [MUD-046-(294-G)] [MUD-046-(294-K)] [MUD-046-(295-I)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt, manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(299-I)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 16 ejemplares [MUD-046-(389-

B)] [MUD-046-(389-C)] [MUD-046-(389-D)] [MUD-046-(389-E)] [MUD-046-(390-A)] [MUD-046-(391-P)] [MUD-046-(392-A)] [MUD-046-(392-E)] [MUD-046-(405-E)] [MUD-046-(405-F)] [MUD-046-(405-G)] [MUD-046-(406-D)] [MUD-046-(406-L)] [MUD-046-(406-M)] [MUD-046-(436-F)] [MUD-046-(438-D)].

5. **Morfotipo 5, *Acanthurella* Börner. C, 1906 (5 especies en el mundo)**
Especie tipo: *Acanthurella braueri* Börner, 1906

Diagnosis: Individuos con antenas pubescentes y escamas lanceoladas, el IV antenito es más largo que los demás, no presenta bulbo apical y se encuentra anillado (lámina XIII-A). Tiene una configuración corneal de 8+8 corneolas. El cuerpo está recubierto por escamas lanceoladas hialinas débilmente estriadas y el mesonoto presenta sedas filiformes largas (lámina XIII-B). En las patas, el unguis presenta pseudonichia y un diente interno. El unguicolo es acuminado. El IV segmento abdominal es cerca de dos veces la longitud del III segmento. Los dientes son crenulados, con numerosas espinas basales, sedas barbuladas y escamas dorsales. Mucrón bidentado más espina basal. La coloración es crema, amarillo y marrón.

Comentarios: Es uno de los dos géneros con espinas en los dientes dentro de la familia, siendo un carácter muy raro dentro de ésta. Se diferencia del género *Acanthocyrtus* por la naturaleza de las escamas, siendo en *Acanthurella* hialinas, además de no presentar bulbo apical en el último antenito.

Biotopo: Se halló de forma preferencial en suelos conservados o semiconservados de bosque secundario alto andino, y de forma excepcional en pastizal.

Distribución: Tiene una distribución limitada, encontrándose solamente en la región australiana, y parte de la región etiópica (Madagascar) y oriental (Malasia, Indonesia, Filipinas. Primer registro para Colombia y América.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(284-A)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(427-D)] [MUD-046-(429-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(344-F)]; [MUD-046-(344-G)]; [MUD-046-(357-B)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(365-J)] [MUD-046-(370-C)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(435-F)] [MUD-046-(435-H)] [MUD-046-(435-J)] [MUD-046-(435-L)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., 27 may 2006, pitfall, D. Avila, Y. Jaramillo, 10 ejemplares [MUD-046-(384-B)] [MUD-046-(384-D)] [MUD-046-(385-

G)] [MUD-046-(386-F)] [MUD-046-(392-F)] [MUD-046-(393-A)] [MUD-046-(393-B)] [MUD-046-(393-F)] [MUD-046-(393-G)] [MUD-046-(398-E)].

6. Morfotipo 6

Diagnosis: Presenta un mesotórax desarrollado y el cuerpo se encuentra recubierto por escamas y sedas multiciliadas. Las patas presentan un tenenthair en cada uno de sus tibiotarsos. El IV segmento abdominal es cerca de ocho veces la longitud del III segmento abdominal y presenta sedas muy largas que sobresalen del V segmento, una muy larga de ellas en posición lateral en el IV segmento (Botriotrichia). Los dientes son crenulados con sedas multiciliadas, varias de ellas sobrepasan al mucrón en dirección paralela. Mucrón bidentado con espina basal. Color gris claro.

Biotopo: Se encontró en suelo de bosque secundario alto andino, cerca a un cuerpo de agua.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(186-Y)].

7. Morfotipo 7, *Pseudosinella* Schaffer, 1987 (289 especies en el mundo, 39 en el neotrópico)

Especie tipo: *Tullbergia immaculada* Lie-Pettersen, 1987

Sinónimos: *Trogosinella* Delamare, 1949

Diagnosis: La placa ocular presenta una configuración corneal de 6+6 (lámina XIV-B) o puede estar reducida en número, llegando a ser hasta anoftalma. El cuerpo esta cubierto por escamas hialinas débilmente estriadas y sedas multiciliadas (lámina XIV-A; XV-B). El mesonoto presenta sedas filiformes largas. El IV segmento abdominal es cerca o menos de dos veces la longitud del III segmento (lámina XV-A). Los dientes presentan crenas, sedas multiciliadas y pueden o no poseer escamas dorsales y espinas basales (lámina XVI-A; XVI-B; XVII-A). Mucrón bidentado con espina basal sin lámela mucronal.

Comentarios: *Pseudosinella* se reconoce por el reducido número de corneolas respecto a otros géneros. No existen registros de este género donde los individuos presenten espinas dentales, a pesar de esto, los especímenes encontrados durante este estudio presentan las dos características de manera conjunta, la reducción corneal y la presencia de espinas dentales.

Biotopo: Se encontró en suelo húmedo y hojarasca de bosque secundario conservado y semiconservado alto andino.

Distribución: Cosmopolita, en la región neotropical se registra en México, Guatemala, Cuba, Jamaica, Costa Rica, Puerto Rico, Colombia, Perú, Brasil y Argentina. En Colombia ha sido registrado en Antioquia, Caldas, Caquetá, Tolima y Cundinamarca, siendo el primer registro para el departamento.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(282-F)] [MUD-046-(288-A)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(337-B)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(236-B)]; manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(289-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt., berlesse-tulgren, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(267-E)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(379-A)] [MUD-046-(403-I)] [MUD-046-(403-J)]

8. **Morfotipo 8, *Seira*** Lubbock, 1869 (166 especies en el mundo, 34 en el neotropical)

Especie tipo: *Deggeria domestica* Nicolet, 1842

Sinónimos: *Sira* Tullberg, 1872

Pseudosira Schott, 1893

Lepidocyrtinus Börner, 1903

Drepanocytus Handschin, 1924

Diagnosis: Placa ocular con ocho corneolas por lado. El cuerpo está recubierto por sedas multiciliadas y escamas truncadas débilmente ciliadas (lámina XVIII-A). El mesonoto está desarrollado. Presentan un tenenthair en cada pata y el unguis ostenta tres dientes internos. El IV segmento abdominal es cerca de cuatro veces la longitud del III segmento, cuentan con una hilera de macrosedas ciliadas delimitando el pleurito del IV abdomen, además cuentan con botriotrichias el II y III segmento abdominal (lámina XIX-A). El manubrio presenta una serie de macroquetas en su región distal. Los dientes son crenulados y con escamas, el mucrón es falcado (lámina XIX-B). Coloración crema y marrón.

Comentarios: Es el único género con mucrón falcado junto a *Desertia*, se diferencia de este por presentar escamas dentales.

Biotopo: Se halló principalmente en suelo de bosque secundario alto andino, en la hojarasca y suelo húmedo.

Distribución: Cosmopolita, en la región neotropical se ha registrado en México, Guatemala, Panamá, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, Colombia, Perú, Bolivia, Brasil, Argentina, Chile, Galápagos e islas Malvinas. Para

Colombia se ha registrado en Tolima y con este trabajo se registra para Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(285-F)] [MUD-046-(293-F)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(359-D)] [MUD-046-(359-F)] [MUD-046-(359-G)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(401-Y)].

9. **Morfotipo 9, *Entomobryoides*** Maynard, 1951 (10 especies en el mundo)
Especie tipo: *Degeeria purpuracens* Packard, 1873

Diagnosis: Antenas sin bulbo apical. Configuración corneal de ocho cornéolas por lado. El cuerpo no presenta escamas. El mesotórax esta abultado sobre la cabeza. El IV segmento abdominal es más de cuatro veces la longitud del III. Dentes crenulados, y mucrón bidentado.

Comentarios: Se diferencia de *Sinella*, por poseer ocho cornéolas por lado, y de *Entomobrya* por la ausencia del bulbo apical.

Biotopo: Se encontró en pastizal de kikuyo exclusivamente.

Distribución: Se ha registrado en la región neártica y paleártica. Se registra para Colombia en Arauca, Caqueta, Cundinamarca, Nariño y Tolima.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(336-A)].

10. **Morfotipo 10, *Lepidobrya*** Womersley, 1937 (4 especies en el mundo)
Especie tipo: *Lepidobrya mawsoni* Tillyard, 1920

Diagnosis: Presenta una placa ocular con una configuración corneal de 8+8. Las antenas presentan sedas espiniformes. El mesonoto puede o no estar un poco abultado sobre la cabeza (lámina XX-A). El cuerpo esta recubierto por escamas truncadas y lanceoladas, la mayoría hialinas y algunas cafés, todas débilmente estriadas y no estrechas. Las patas presentan espinas tibiotarsales fuertes (lámina XX-B). El unguis se acompaña de una pseudonichia y no presenta dientes impares internos. El unguicolo es acuminado (lámina XXI-A). El IV segmento abdominal es cerca de tres veces la longitud del III segmento, llegando en algunas ocasiones sobrepasar en ocho veces la longitud del III. Los dentes son crenulados con sedas

plumosas sin escamas (lámina XXII-A) y su mucrón es bidentado con espina basal (lámina XXI-B). Coloración gris y crema y amarillo.

Comentario: Se diferencia de *Lepidocyrtus* por no presentar escamas en los dientes y de *Janetschekbrya* por no poseer uñas internas impares en el unguis.

Biotopo: Se halló en suelos de bosque preferiblemente conservados.

Distribución: Se encuentra restringida a la Antártica, islas en el sur del Atlántico y Australia. Primer registro para Colombia y para America.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(414-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(374-A)] [MUD-046-(402-H)] [MUD-046-(402-L)] [MUD-046-(402-N)]

11. **Morfotipo 11, *Lepidosira*** Schott, 1925 (39 especies en el mundo, 2 en el neotrópico)

Especie tipo: *Lepidosira sagmaria*, Schott, 1917

Diagnosis: Configuración corneal de 8+8. Las antenas tienen el IV antenito más largo y sin bulbo apical (lámina XXIV-B). Tórax muy pubescente con macroquetas, escamas truncadas, lanceoladas, oscuras y algunas hialinas (lámina XXIII-A). El IV segmento abdominal puede ser de cuatro a seis veces o cerca de siete veces la longitud del III. El manubrio no presenta macroquetas redondeadas distalmente donde se articula con el dente. Los dientes son crenulados con sedas gruesas basales como espinas, sedas filiformes gruesas multiciliadas y escamas ventrales distalmente (lámina XXIII-B). El mucrón es bidentado más espina basal. Coloración gris, amarillo y marrón.

Comentario: Se diferencia de *Lepidocyrtus* por no presentar el menosoto abultado (lámina XXIV-A) y por llevar escamas apicalmente puntudas y de *Lepidobrya* por presentar escamas dentales.

Biotopo: Se halló en pastizal de kikuyo cercano a suelo de bosque secundario alto andino donde fue más abundante.

Distribución: Se encuentra en todas las regiones biogeográficas exceptuando la región paleártica. Para la región neotropical se ha registrado en Brasil, Venezuela y Colombia. En Colombia se ha registrado en Boyacá, Huila, Caquetá y es un nuevo registro para Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt, pitfall, 27 may 2006, D.

Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(335-B)] [MUD-046-(336-B)] [MUD-046-(341-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84° 13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(364-D)] [MUD-046-(364-F)].

12. **Morfotipo 12, *Lepidocyrtus* - *Lanocyrtus*** Yoshii et Yayuk, 1989 (22 especies en el mundo, 2 en el neotrópico)

Especie tipo: *Lepidocyrtus lanocyrtus cyaneus* Tullberg, 1871.

Diagnosis: Presenta ocho corneolas en cada placa ocular. Las antenas al igual que las patas no presentan escamas. El cuerpo esta cubierto por escamas truncadas débilmente estriadas, el mesonoto puede estar un poco abultado sobre la cabeza o no (lámina XXV-A). Las patas cuentan con un tenenthair. El IV segmento abdominal es cerca de seis veces la longitud del III segmento (lámina XXV-B). Los dentes son crenulados con sedas barbuladas y escamas dorsales. Mucrón bidentado más espina basal. Coloración crema-amarillo.

Comentario: Se diferencia de *Lepidocyrtus* por no poseer escamas en las antenas ni en las patas.

Biotopo: Se encontró en suelos conservados de bosque secundario alto andino y hojarasca.

Distribución: Distribución cosmopolita, dentro de la región neotropical se encuentra registrado únicamente para Argentina, nuevo registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(365-F)] [MUD-046-(367-D)] [MUD-046-(371-H)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(390-D)].

13. Morfotipo 13

Diagnosis: Individuo con ocho corneolas en cada placa ocular. Las antenas presentan sedas espiniformes. El mesonoto es abultado. El cuerpo esta recubierto por sedas redondeadas hialinas y cafés débilmente estriadas. Las patas presentan sedas espiniformes en el tibiotarso. El unguis con pseudonichia y dos dientes internos. El IV segmento abdominal es cerca de ocho veces la longitud del III segmento y el último segmento abdominal presenta escamas terminales alargadas. Los dentes son crenulados con sedas plumosas y sin escamas. El mucrón es bidentado con espina basal. Coloración crema-amarillo.

Comentario: Se diferencia de *Lepidocyrtus* por no poseer escamas dentales. Difiere de *Lepidobrya*, por presentar uno o dos dientes internos en el unguis.

Biotopo: Se encontró exclusivamente en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Esta registrado para la región oriental exclusivamente, se registra por primera vez para Colombia y para el continente americano.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(403-K)] [MUD-046-(405-A)] [MUD-046-(405-B)] [MUD-046-(405-C)].

14. **Morfotipo 14, *Desertia*** Tshelnokov, 1979 (3 especies en el mundo)

Diagnosis: Presentan una configuración corneal de 8+8 (lámina XXVI-A). El cuerpo presenta escamas hialinas débilmente estriadas. Sedas filiformes multiciliadas en el mesonoto. El IV segmento abdominal es más de tres veces la longitud del III segmento. Los dentes tienen sedas multiciliadas, no presentan escamas y las crenas son altas y cónicas. El mucrón es falcado y sin espina basal. Son de color crema muy claro.

Comentario: Se diferencia de *Seira* en que no posee escamas dentales.

Biotopo: Se encontró en suelo conservado de bosque secundario alto andino y en pastizal de zona de transición.

Distribución: Esta reportada para la region neártica, paleártica y neotropical. Para la region neotropical se ha registrado en México y es un nuevo registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(103-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0''N84°13'16.3''W, 2642 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(153-J)]

Subfamilia ORCHOSELLINAE Börner C, 1906, sensu Szeptycki A, 1979 (13 géneros, 242 especies en el mundo)

Diagnosis: Individuos con antenas de cinco o seis artejos.

15. **Morfotipo 15, *Heteromurus*** Wankel, 1860 (14 especies en el mundo y 2 en el neotrópico)

Especie tipo: *Heteromurus margaritarius* Wankel, 1860

Sinónimos: *Heteromurides* Absolon, 1901
Ptenura Templeton, 1844

Diagnosis: Presenta 5 antenitos, las antenas ostentan escamas truncadas, y su IV antenito no está anillado. La placa ocular cuenta con una configuración corneal de 8+8. No cuentan con órgano postantenal. El cuerpo está recubierto por escamas hialinas débilmente estriadas y truncadas. Todas las patas presentan un tenenthair. No presentan macroquetas en el I segmento abdominal. Los dientes son crenulados, con sedas multiciliadas. El mucrón es bidentado sin espina basal. Coloración crema marrón.

Comentario: Se distingue por poseer escamas en las antenas y por la ausencia de macroquetas en el primer esternito abdominal; difiere del holotipo en su placa ocular pues está posee como máximo seis corneolas por lado.

Biotopo: Se encontró exclusivamente en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Género cosmopolita. Para la región neotropical se ha registrado en México, Argentina, Chile, Colombia. En Colombia se ha registrado en Cauca, Cundinamarca, Magdalena y Valle del Cauca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0"N 84° 13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(371-J)].

16. **Morfotipo 16, *Dicranocentrus*** Schött, H, 1893 (59 especies en el mundo, 24 en el neotrópico)

Especie tipo: *Dicranocentrus gracilis* Schött, H, 1893

Sinónimos: *Dicranocentrella* Wray, 1953
Heteromuricus Imms, 1912

Diagnosis: Presenta seis antenitos (lámina XXVII-A). Sedas prelabrales no bifurcadas. El cuerpo está revestido de sedas multiciliadas y escamas débilmente estriadas, truncadas o redondeadas apicalmente. Escamas presentes en antenas y patas. Presentan un tenenthair en cada pata. Dientes con sedas multiciliadas y escamas redondeadas. Su mucrón es bidentado con espina basal. Coloración crema claro.

Comentario: Se caracteriza porque las escamas no son fusiformes. Pueden presentar espinas dentales.

Biotopo: Se encontró en suelo de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se registra en la región etiópica, oriental y neotropical, siendo un género completamente pantropical. En el neotrópico se encuentra en Costa Rica, República Dominicana, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. En Colombia se ha registrado para Amazonas, Antioquia, Arauca, Boyacá, Bolívar, Cauca, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Putumayo, Tolima, Valle del Cauca y Vaupés.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(236-C)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(268-A)].

Familia ISOTOMIDAE Schäffer, 1896 (104 géneros y 1028 especies en el mundo)

Diagnosis

Se caracterizan por presentar el cuerpo cubierto de sedas simples o de manera excepcional unilateralmente ciliadas. Presentan un órgano postantenal simple (OPA). El IV segmento abdominal es similar en longitud al III segmento. Son individuos muy abundantes que se pueden encontrar en la hojarasca, troncos, suelo, plantas, entre otros; en este estudio se encontraron en todos los ambientes de recolección.

Variación

Órgano postantenal bilobado y un poco constreñido en la mitad en algunos individuos. Dentes tuberculados.

Familias Similares

Entomobrydae, Paronellidae

Distribución en área de estudio

La familia Isotomidae se encontró en todos los ambientes analizados siendo la familia más abundante, las subunidades de paisaje donde se halló fueron: cultivo de mora, pastizal de kikuyo, bosque secundario de alta montaña. (Anexo 5 – ISO).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Isotomidae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Proisotoma*** Börner, 1901 (76 géneros en el mundo, 29 especies en el neotrópico)
Especie tipo: *Isotoma minuta* Tullberg, 1871
Sinonimos: *Cranisotoma* Bagnall, 1949

Hemisomia Bagnall, 1949
Scutisotoma Bagnall, 1949
Jacksoniella Denis, 1931

Diagnosis: OPA simple. Configuración corneal de 4+4 a 8+8. Cuerpo recubierto con sedas simples. V y VI segmento abdominal separados (lámina XXVIII-A). Manubrio con menos de diez sedas ventrales. Dentes crenulados. Mucrón tridentado sin sedas, con o sin espina basal (lámina XXVIII-B). Coloración variable de gris claro a gris azulado.

Comentario: Es uno de los morfotipos más comunes y abundantes dentro de la familia y el muestreo en general, encontrándose en todos los ambientes en los dos meses y en todas las trampas.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora, pastizal de kikuyo y hojarasca de bosque secundario alto andino.

Distribución: Cosmopolita. Ampliamente distribuido en región neotropical. Para Colombia se ha registrado en Antioquia y Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(200-A)] [MUD-046-(200-B)] [MUD-046-(200-C)] [MUD-046-(200-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(326-B)] [MUD-046-(326-C)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, 2 ejemplares [MUD-046-(067-L)] [MUD-046-(072-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(398-J)].

2. **Morfotipo 2, *Isotoma* – *Desoria*** Agassiz & Nicolet, 1841 (93 especies en el mundo, 9 especies en el geotrópico)
Especie tipo: *Desoria tigrina* Nicolet, 1842.

Diagnosis: Habitus (lámina XXIX-A). Placa ocular con ocho corneolas por lado. OPA simple (lámina XXX-A). Fúrcula desarrollada. Manubrio con más de diez sedas ventrales. Los dentes son crenulados y presentan sedas simples. Mucrón tridentado con o sin espina basal (lámina XXX-B). Coloración crema claro a rosa.

Comentario: Este género se diferencia de otros como *Proisotoma* por poseer más de diez sedas ventrales en el manubrio. El subgénero se reconoce por no conservar un grupo de sedas ventromediales en el manubrio similares a espinas típicas del género.

Biotopo: Género con gran representación, se encontró en cultivo de mora donde fue muy abundante, pastizal de kikuyo y suelo conservado de bosque secundario de alta montaña.

Distribución: Cosmopolita. En la region neotropical se encuentra ampliamente distribuida hallándose desde el norte de México hasta la Patagonia. En Colombia se presenta como el primer registro para el subgénero, pues el género *Isotoma* ha sido registrado en Antioquia, Boyaca, Cundinamarca y Risaralda.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 12 ejemplar [MUD-046-(123-I)]; [MUD-046-(123-J)] [MUD-046-(123-K)] [MUD-046-(123-L)] [MUD-046-(123-M)] [MUD-046-(123-N)] [MUD-046-(123-O)] [MUD-046-(123-P)] [MUD-046-(123-Q)] [MUD-046-(123-R)] [MUD-046-(123-S)] [MUD-046-(123-T)]; manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 11 ejemplares [MUD-046-(273-E)] [MUD-046-(273-F)] [MUD-046-(273-G)] [MUD-046-(273-H)] [MUD-046-(273-I)] [MUD-046-(273-J)] [MUD-046-(273-K)] [MUD-046-(273-L)] [MUD-046-(274-H)] [MUD-046-(274-O)] [MUD-046-(276-C)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(093-P)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N 84°13'16.3"W, 2642 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(269-E)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(371-B)] [MUD-046-(371-C)] [MUD-046-(371-D)].

3. **Morfotipo 3, *Folsomia*** Willem, 1902 (124 especies en el mundo, 7 neotropicales)

Especie tipo: *Folsomia candida* Willem, 1902

Sinónimos: *Holotoma* Bagnall, 1949

Bagnallella Salmon, 1951

Diagnosis: Presenta un OPA simple que puede o no presentar una constricción hacia la mitad simulando un OPA bilobado (lámina XXXI-A-B). No tiene corneolas o están reducidas (lámina XXXI-B). La mandíbula presenta dientes apicales. El cuerpo presenta sedas simples gruesas (lámina XXXI-A). El IV, V y VI segmento abdominal se encuentran fusionados y presentan macrosedas simples terminales (lámina XXXII-A-B-C). Dentes crenulados sin espinas y mucrón tridentado o bidentado más espina basal (lámina XXXIII-A). La fúrcula puede estar reducida. Coloración gris claro, azul o blanco amarillento.

Comentario: Se diferencia por la fusión del IV a VI segmento abdominal.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora, pastizal de kikuyo, como en hojarasca, suelo conservado y semiconservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se encuentra registrado en México, Guatemala, Costa Rica, Puerto Rico, Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, Chile y Argentina. Para Colombia se ha registrado en Antioquia, Arauca y es el primer registro para Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(200-L)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 5 ejemplares [MUD-046-(259-H)] [MUD-046-(259-I)] [MUD-046-(259-J)] [MUD-046-(259-K)] [MUD-046-(259-L)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(424-C)] [MUD-046-(424-D)] [MUD-046-(425-K)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N 74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(263-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N 74°18'56.2"W, 2644 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(266-A)] [MUD-046-(266-B)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(416-E)] [MUD-046-(416-F)] [MUD-046-(416-G)] [MUD-046-(416-H)] [MUD-046-(416-I)] [MUD-046-(416-J)] [MUD-046-(416-M)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(432-D)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N 84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(085-C)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, 1 ejemplar [MUD-046-(270-K)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(421-C)] [MUD-046-(421-D)] [MUD-046-(421-E)] [MUD-046-(421-G)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(437-M)].

4. **Morfotipo 4, *Jesenikia*** Rusek, 1997 (2 especies en el mundo)

Especie tipo: *Jesenikia filiformes* Rusek, 1997.

Diagnosis: Presentan OPA simple circular. El IV antenito no presenta bulbo antenal retráctil. Tórax recubierto por sedas simples. Los tenenthair de las patas no son clavados. El V y VI segmento abdominal están fusionados, el V segmento presenta una sedación normal. La fúrcula no esta presente. Coloración gris claro.

Comentario: Se caracteriza por la ausencia de fúrcula.

Biotopo: Se encontró en pastizal de kikuyo.

Distribución: Se encuentra registrado para la región paléartica; nuevo registro para la región neotropical y para América.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(233-B)].

5. **Morfotipo 5, *Isotomiella*** Bagnall, 1939 (46 especies en el mundo, 19 especies para el neotrópico)

Diagnosis: Individuos donde las corneolas y el OPA están ausentes (lámina XXXV-A). Las sedas que recubren el cuerpo son sedas simples (lámina XXXV-B). Los dentes son crenulados. Mucrón bidentado o tridentado con o sin espina basal. Coloración crema con bandas negras, gris o azul oscuro.

Comentario: Único género sin ojos ni órgano postantenal.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora, suelo conservado y semiconservado de bosque secundario alto andino como en hojarasca.

Distribución: Cosmopolita, para la región neotropical se ha registrado en Republica Dominicana, Jamaica, Puerto Rico, México, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Trinidad y Tobago, Perú, Brasil, Argentina, Chile y Colombia constituyéndose en el primer registro para el país.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(130-E)] [MUD-046-(130-O)]; Colombia; Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(282-G)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(354-D)] [MUD-046-(355-A)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(415-G)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(373-C)] [MUD-046-(387-B)].

6. **Morfotipo 6, *Psammisotoma*** Greenslade, P et Deharveng, L, 1986:89 (5 especies en el mundo, 3 en el neotrópico)

Diagnosis: OPA simple. El cuerpo esta recubierto por sedas simples gruesas. Las patas ostentan un tenenthair en cada uno de sus tibiotarsos. El abdomen cuenta con bothriotrichias en al menos el III y IV segmento abdominal (lámina XXXV-B), pudiendo encontrarse además en el II segmento. El V y VI segmento abdominal están separados. Manubrio con más de diez sedas ventrales. Dentes crenulados. Mucrón tridentado con espina basal. Coloración gris.

Comentario: Se diferencia de *Desoria* por poseer botriotrichias en el abdomen y de *Isotomurus* por presentar tan solo tres dientes en el mucrón.

Biotopo: Se encontró en cultivo de mora exclusivamente.

Distribución: Se encuentra registrado para la región australiana y neotropical. En la región neotropical se halla en México, Brasil, Puerto Rico y es un nuevo registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., Pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(240-E)] [MUD-046-(240-H)] [MUD-046-(246-A)]; manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(274-G)] [MUD-046-(274-N)] [MUD-046-(276-F)].

7. **Morfotipo 7, *Archisotoma*** Linnaniemi, 1912 (24 especies en el mundo, 2 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Archisotoma pulchella* Moniez, 1890

Diagnosis: Individuos con OPA simple. El manubrio no presente sedas ventrales. Dentes crenulados sin espinas. El mucrón presenta dos expansiones laterales en la base. Coloración morado oscuro.

Comentario: Se reconoce de los demás por la ausencia de sedas ventrales en el manubrio y las expansiones basales del mucrón.

Biotopo: Se encontró en pastizal de kikuyo exclusivamente

Distribución: Cosmopolita, para la región neotropical se encuentra registrado para México, Cuba, Islas Bahama, Brasil y en Colombia es el primer registro.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(095-A)] [MUD-046-(095-F)].

8. **Morfotipo 8, *Ballistrura*** Börner, 1906 (24 especies en el mundo, 7 especies en el neotrópico).

Diagnosis: Presentan OPA simple. Cuerpo recubierto por sedas simples. V y VI segmento abdominal separado. Manubrio con menos de 10 sedas ventrales. Dentes tuberculados (lámina XXXVI-A). Mucrón bidentado o tridentado. Color blanco con franjas grises o gris azulado.

Comentario: Considerado un subgénero de *Proisotoma*, se aparta de este por la presencia de los dientes tuberculados (crenas muy altas y agudas). Se diferencia de *Archisotoma* por no presentar expansiones laterales en el mucrón.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora y en bosque secundario alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se ha registrado en México, Cuba, Puerto Rico, Brasil y Colombia siendo el primer reporte para el país.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(122-T)] [MUD-046-(193-J)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N 74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(188-F)] [MUD-046-(188-G)] [MUD-046-(188-I)].

9. Morfotipo 9

Diagnosis: Individuos con el cuerpo recubierto por sedas simples gruesas. El II y III segmento abdominal cuenta con botriotrichias. El V y VI segmento abdominal están separados. Manubrio con más de diez sedas ventrales. Dentes crenulados (lámina XXXVI-B), distálmente lisos y curvados. Mucrón tridentado. Coloración gris.

Biotopo: Se encontró en hojarasca de bosque secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0"N 84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(361-K)].

Familia PARONELLIDAE Börner, 1913 (27 géneros y 375 especies en el mundo)

Diagnosis

No tienen OPA. Individuos con el cuerpo cubierto por sedas multiciliadas y escamas ovoides o truncadas, en la mayoría de los casos. El IV segmento abdominal suele ser más de tres veces la longitud del III segmento. La fúrcula se encuentra bien desarrollada, los dientes son lisos y cuentan con dos filas de espinas. El mucrón es más pequeño que los dientes, es glabro y cuadrangular o rectangular con un número variado de dientes. Los paronellidos se encuentran en las capas superficiales de la hojarasca, pasto, troncos y otras plantas; durante este estudio se encontraron en todos los ambientes, excepto pastizal.

Variación

La mayoría de los Paronellidae hallados presentan espinas dentales.

Familias Similares

Entomobryidae, Isotomidae

Distribución en área de estudio

La familia Paronellidae se encontró en todos los ambientes analizados excepto en pastizal, y en el cultivo de mora su presencia fue mínima encontrándose tan solo dos individuos en el mes de abril, aún así es una de las familias más abundantes, las subunidades de paisaje donde se encontraron fueron: cultivo de mora y bosque secundario de alta montaña (anexo 5 – PAR)

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Paronellidae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Campylothorax*** Schött, H, 1893 (8 especies en el mundo, 5 en el neotrópico)

Especie tipo: *Campylothorax cinctus* Schött, H, 1893

Sinónimos: *Dicranocentrophra* Wray, 1953

Diagnosis: Presentan seis corneolas en cada placa ocular (lámina XXXVIII-A). Las antenas son muy largas, tan largas como el cuerpo (lámina XXXVIII-B). Tienen el cuerpo cubierto por sedas multiciliadas y escamas truncadas (XXXIX-A). El metatórax está bastante desarrollado y arqueado (lámina XXXIX-A). Las patas presentan un tenenthair en cada tibiotalarso. El unguis cuenta con una pseudonichia y un diente interno. El unguicolo es acuminado. El IV segmento abdominal es tres o cerca de seis veces la longitud del III segmento (lámina XXXIX-B). La fúrcula es tan larga como las antenas (lámina XL-A), dentro de ella los dientes son espinados basalmente (lámina XL-B), distalmente presentan escamas y sedas (lámina XLI-B) (lámina XLI-A). El mucrón es rectangular con cuatro dientes apicales y uno basal (lámina XLII-B). Estos individuos presentan diferentes patrones de coloración con ligeras variaciones, como las siguientes: gris, crema gris, crema amarillo, todos con una línea negra latero-abdominal.

Comentario: Los individuos presentan variaciones en la forma de los mucrones, entre ellas encontramos las siguientes: mucrones con cinco dientes apicales, o con dos dientes apicales y uno mediobasal, mucrones con tres dientes distales y uno basal (lámina XLII-A) o dientes muy espinados, con más de dos filas de espinas, con una protuberancia distal cerca al mucrón, el cual es rectangular con cuatro dientes apicales y dos basales. Se define por la protuberancia del metanoto a modo de joroba, característica que lo diferencia de los demás géneros.

Biotopo: Se halló exclusivamente en suelo y hojarasca de bosque secundario alto andino conservado y semiconservado. Es uno de los géneros más abundantes y de mayor tamaño dentro de la clase.

Distribución: Se encuentra registrado para la región etiópica, paleártica y neotropical. Para la región neotropical ha sido registrado en Cuba, Puerto Rico,

Colombia, Brasil y Guyana. En Colombia se registra en Arauca, Amazonas, Antioquia, Caquetá, Cundinamarca, Huila, Putumayo, Tolima y Valle del Cauca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(089-N)]; manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(286-I)] [MUD-046-(287-A)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(426-E)] [MUD-046-(429-E)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(236-G)]; berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(266-C)]; manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(290-K)] [MUD-046-(290-P)] [MUD-046-(290-Q)] [MUD-046-(290-R)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(346-A)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(079-L)] [MUD-046-(139-A)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplar [MUD-046-(365-I)] [MUD-046-(365-K)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(299-A)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 17 individuos [MUD-046-(376-D)] [MUD-046-(376-E)] [MUD-046-(382-B)] [MUD-046-(385-I)] [MUD-046-(385-J)] [MUD-046-(390-F)] [MUD-046-(391-I)] [MUD-046-(392-C)] [MUD-046-(393-C)] [MUD-046-(398-C)] [MUD-046-(403-A)] [MUD-046-(403-C)] [MUD-046-(403-D)] [MUD-046-(403-E)] [MUD-046-(403-F)] [MUD-046-(403-G)] [MUD-046-(403-H)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 5 ejemplares [MUD-046-(436-D)] [MUD-046-(436-E)] [MUD-046-(437-J)] [MUD-046-(438-C)] [MUD-046-(438-F)].

2. **Morfotipo 2, *Dicranocentrua* Wray, 1953** (5 especies en el mundo)
Especie tipo: *Dicranocentrua jataca* Wray, 1953

Diagnosis: El cuarto antenito esta anillado. Cuentan con seis corneolas en cada placa ocular y cuatro sedas interoculares, una externa, dos entre los ojos y una última posterior (lámina XLIII-B). El cuerpo esta recubierto por escamas (lámina XLIII). Sedas espiniformes en las patas, quienes presentan un tenenthair en cada tibiotarso. Las uñas tienen unguicolas acuminados. El IV segmento abdominal es cerca de cuatro a seis veces la longitud del III segmento, el tercer segmento ostenta botriotrichias. Los dentes presentan escamas en abundancia y tienen espinas en la base dispuestas en dos filas. El mucrón es rectangular con cuatro dientes y esta claramente separado de los dentes (lámina XLIII-C). Su color es crema-amarillo.

Comentario: El género se identifica por presentar patrones de coloración evidentes y por el número de corneolas y la quetotaxia ocular.

Biotopo: Se halló en hojarasca de bosque secundario alto andino y suelo conservado del mismo bosque.

Distribución: Esta registrado para el estado de Florida y para Colombia. En Colombia se ha registrado en Caquetá, Cundinamarca, Tolima y Valle del Cauca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(286-F)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(334-B)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(344-C)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(371-I)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(374-B)].

3. **Morfotipo 3, *Pseudoparonellides* Salmon, 1941 (3 especies en el mundo)**
Especie tipo: *Pseudoparonellides badius* Salmon, 1941

Diagnosis: Individuos con antenas tan largas como el cuerpo. Configuración corneal de 8+8 o 6+6. El cuerpo no presenta escamas. El II, III y IV segmento abdominal ostentan al menos una botriotrichia. Los dentes son lisos, con espinas y sedas muy largas. Mucrón cuadrangular con tres dientes. Coloración gris-marrón.

Comentario: Se identifica por la ausencia de escamas y un típico mucrón algo alargado con tres dientes.

Biotopo: Se encontró en pastizal cerca de un parche de bosque secundario alto andino y en suelo de bosque conservado y semiconservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se encuentra registrado exclusivamente para la India, constituyéndose en el primer registro para toda América y para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(429-F)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(415-C)] [MUD-046-(416-D)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(422-F)] [MUD-046-(422-I)].

4. **Morfotipo 4, *Salina*** Mac Gillivray, 1894 (67 especies en el mundo, 9 en el neotrópico)

Especie tipo: *Salina banski* Mac Gillivray, 1894

Sinónimos: *Creματοcephalus* Schott, 1896

Diagnosis: Individuos con las antenas tan largas o más largas que el cuerpo (lámina XLIV-A-B). Con macrosedas en el II antenito y dos pares de macroquetas en el vertex de la cabeza. Configuración corneal de 8+8 o 6+6 sobre parches oscuros. El abdomen no está recubierto por escamas, pero presenta botriotrichias en al menos el III y IV segmento abdominal, también presenta macrosedas (lámina XLV-A), algunas de ellas multiciliadas terminales. Los dientes son lisos con sedas largas. El mucrón rectangular con tres dientes apicales (lámina XLVI-B) y presenta en su base una protuberancia alargada similar a un apéndice (lámina XLVI-A). Coloración gris o marrón crema.

Comentario: La protuberancia basal del dente es un signo indistinto del género.

Biotopo: Se halló en pastizal de kikuyo cerca de un bosque secundario alto andino, en suelo y hojarasca de bosque secundario alto andino semiconservado y conservado.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se registra en México, Panamá, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, Colombia, Venezuela, Brasil y Argentina. En Colombia se ha registrado en Antioquia, Arauca, Cauca, Córdoba y es el primer reporte del género en Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 9 ejemplares [MUD-046-(280-A)] [MUD-046-(280-B)] [MUD-046-(280-C)] [MUD-046-(280-D)] [MUD-046-(280-E)] [MUD-046-(280-F)] [MUD-046-(282-B)] [MUD-046-(282-C)] [MUD-046-(282-D)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(346-B)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84°13'16.3''W, 2642 m alt., manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(435-K)].

5. **Morfotipo 5, *Callyntrura*** Börner, 1906 (100 especies en el mundo)

Especie tipo: *Callyntrura tarsata* Börner, 1906

Diagnosis: Ocho corneolas en cada placa ocular. El vertex de la cabeza presenta macroquetas, pero están ausentes en el área genal y occipital (lámina XLVII-B). El cuerpo se encuentra recubierto por escamas y sedas multiciliadas (lámina XLVII-

A). El manubrio y los dientes no presentan espinas y el mucrón es rectangular con cuatro dientes (lámina XLVII-C). Coloración gris-oscuro o crema amarillo.

Comentario: Se diferencia de *Lepidonella* por poseer macroquetas en el vertex y de *Paronella* por no presentar espinas dentales.

Biotopo: Se obtuvo en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se ha registrado para la región etiópica, oriental, australiana y es el primer reporte para toda la región neotropical, como para todo el continente americano.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(227-C)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, 1 ejemplar [MUD-046-(402-M)].

6. **Morfotipo 6, *Lepidonella* Yosii**, 1960 (15 especies en el mundo, 2 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Lepidonella picta* Schäffer, 1898.

Diagnosis: Ocho corneolas en cada placa ocular. El vertex de la cabeza no posee macroquetas (lámina XLVIX-A). Cuerpo recubierto por escamas truncadas, lanceoladas, hialinas y sedas multiciliadas (lámina XLVIII-A). Manubrio sin espinas. Dientes lisos con sedas barbuladas, espinas y escamas lanceoladas (lámina XLVIX-B). Mucrón rectangular con cuatro dientes, dos distales y dos basales (lámina L-A). Coloración gris oscuro o marrón.

Comentario: Se diferencia de *Paronella* en que no posee espinas en el manubrio.

Biotopo: Se recolectó en pastizal cerca de un bosque secundario alto andino, en suelo de bosque conservado y semiconservado del mismo bosque.

Distribución: Está presente en la región etiópica, oriental, australiana y neotropical. En la región Neotropical se ha registrado en México, Costa Rica, Brasil y es el primer registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(334-C)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(413-F)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(429-B)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(227-A)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(356-C)] [MUD-046-(356-

l)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(432-I)] [MUD-046-(432-J)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84° 13'16.3"W, 2642 m alt., berlesse-tulgvren, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(269-F)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(435-G)] [MUD-046-(435-M)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(379-B)] [MUD-046-(402-J)] [MUD-046-(402-K)] [MUD-046-(404-A)] [MUD-046-(404-B)] [MUD-046-(406-F)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 4 ejemplares [MUD-046-(438-A)] [MUD-046-(438-B)] [MUD-046-(438-E)] [MUD-046-(438-G)].

7. **Morfotipo 7, *Paronella*** Schött, 1893 (11 especies en el mundo, 3 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Paronella fusca* Schött, 1893

Diagnosis: Individuos con una configuración corneal de 8+8. Con escamas y macroquetas en el vertex de la cabeza. Las antenas son más cortas que la mitad de la longitud del cuerpo y el IV antenito esta anillado. Cuerpo recubierto de escamas lanceoladas débilmente estriadas (lámina L-B). Patas con sedas espiniformes en fémur y tibiotarsos (lámina LI-A). Manubrio con espinas. Dentes lisos, espinados y escamados (lámina LI-B). Mucrón rectangular con tres o cuatro dientes, dos de ellos basales y dos distales (lámina LI-C). Coloración crema-amarillo-marrón.

Comentario: Se diferencia de *Lepidonella* por presentar espinas en el manubrio.

Biotopo: Se halló en suelo semiconservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se ha registrado en la región etiópica, australiana y neotropical. En la región neotropical se ha registrado en Brasil y Colombia. En Colombia se encuentra en Amazonas, Antioquia, Arauca, Boyacá, Caquetá, Cundinamarca, Magdalena, Nariño y Tolima.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(345-G)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(432-H)].

8. **Morfotipo 8, *Paronellides*** Schött, 1925 (11 especies en el mundo, 2 especies neotropicales)

Diagnosis: Configuración corneal de 8+8. No poseen macroquetas en el vertex de la cabeza. El cuerpo no esta recubierto de escamas (lámina LII-A-B). El manubrio presenta sedas largas ciliadas. Los dentes son corrugados con espinas. Mucrón

cuadrangular corto, presenta dos dientes (lámina LII-C). Coloración crema-amarillo.

Comentario: Se diferencia de *Pseudoparonellides* en que su mucrón solo tiene dos dientes.

Biotopo: Se registró en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se ha registrado en la región australiana y neotropical. Dentro de la región neotropical ha sido registrado en Brasil y Colombia siendo el primer reporte para el país.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 6°13' 52.8''N 74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(379-C)].

Familia ONCOPODURIDAE Carl J & Lebedinsky J, 1905 (2 géneros, 53 especies en el mundo) (**Nuevo registro para Colombia**)

Diagnosis

Son individuos que habitan especialmente en hojarasca y suelo, su cuerpo esta recubierto de escamas hialinas fuertemente estriadas, en la mayoría de los casos. El IV segmento abdominal con frecuencia más largo que el III segmento. La fúrcula esta desarrollada presentando espinas tridentadas en el dente. El mucrón es alargado y cilíndrico con un número variado de dientes y sin sedas.

Familias Similares

Tomoceridae, Cyphoderidae.

Distribución en área de estudio

Se encontró en los biotopos de cultivo de mora, pastizal, y bosque de alta montaña, cerca de un cuerpo de agua (anexo 5 – ONC).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Oncopoduridae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Harlomillsia*** Bonet, 1944 (1 especie *Harlomillsia oculata*)
Especie Tipo: *Harlomillsia oculata* Mills, 1937

Diagnosis: Placa ocular presente. El cuerpo esta recubierto de escamas ovoides y truncadas fuertemente estriadas (lámina LIII-C). Las patas presentan macrosedas en fémur y tibiotarso, además de un tenenthair capitado. El III y IV segmento abdominal son similares en tamaño, alcanzando a ser un poco más grande el III segmento (lámina LIII-A). Los dientes son espinados. El mucrón es

largo con un diente basal, cuatro o cinco dientes latero mediales, dos dientes terminales, muchas espinas pequeñas simples y al menos un par de sedas (lámina LIII-B). Coloración gris-crema.

Comentario: Género monoespecífico, se diferencia del otro género de la familia por presentar corneolas y una seda antenal apical espatulada.

Biotopo: Se halló en suelo de cultivo y pastizal.

Distribución: Se ha registrado en la región neártica, paleártica, oriental, australiana y neotropical. Dentro de la región neotropical se ha registrado en México, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, Perú, Brasil y es un nuevo registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(274-Q)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(411-D)].

2. Morfotipo 2

Diagnosis: Presentan mancha corneal. El IV antenito es anillado y más corto que el III, el III antenito presenta una vesícula. Tiene el cuerpo recubierto por escamas hialinas y sedas multiciliadas. Las patas presentan un tenenthair espatulado en sus tibiotarsos. El unguis presenta túnica. El III segmento abdominal es un poco más grande que el IV, este último presenta una botriotrichia, abdomen con macrosedas terminales. Los dentes son espinados. Mucrón largo con dos sedas y espinas simples pequeñas. Color azul oscuro y transparente con manchas negras.

Comentario: Debido a la presencia de mancha corneal representa al género *Harlomillsia*, pero presenta modificaciones como la vesícula en el III antenito y la reducción en el número de dientes en el mucrón constituyéndose en una posible variación ecomorfica.

Biotopo: Se encontró en pastizal.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., berlesse-tulgren, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(261-D)] [MUD-046-(261-F)].

3. Morfotipo 3

Diagnosis: Mancha corneal. El cuerpo esta recubierto por escamas truncadas fuertemente estriadas (lámina LIV). Los dentes son subdivididos. Mucrón cilíndrico con seis dientes.

Comentario: Varía respecto al género *Harlomillsia* en la estriación de las escamas y la subdivisión de los dentes.

Biotopo: Se halló en pastizal.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29`10.7``N74°19`07.7``W, 2618-2630 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y, Jaramillo [MUD-046-(407-S)].

Familia TOMOCERIDAE Schäffer, 1896 (16 géneros en el mundo con 131 especies)

Diagnosis

El cuerpo esta recubierto de escamas. El IV antenito es más pequeño que el III. El IV segmento abdominal es más pequeño que el III segmento abdominal. El mucrón presenta varias sedas.

Familias Similares

Oncopoduridae.

Distribución en área de estudio

Se encontró en cultivo de mora y pastizal de kikuyo. (anexo 5 - TOM).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Tomoceridae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Tomocerina*** Yosii, 1955 (11 especies en el mundo, 2 especies para el neotrópico)

Especie Tipo: *Tomocerina minuta* Tullbert, T, 1877; Yossi, R, 1956

Diagnosis: Cuenta con una configuración corneal de 6+6. Las antenas presentan los dos últimos antenitos anillados, el IV antenito es más corto que el III (lámina LV-A). Cuerpo recubierto por escamas truncadas, y sedas filiformes gruesas en el mesonoto (lámina LIV-B). Las patas presentan macroquetas en fémur y tibiotarso, estos últimos cuentan con al menos un tenenthair espatulado. Unguicolo acuminado y unguis con cinco dientes internos y túnica externa. El III y IV segmentos abdominales son similares en longitud. Dentes con espinas tridentadas y sin macroquetas (lámina LV-C), con la región distal crenulada y con pequeños tubérculos en su base, sin espinas similares a escamas (lámina LV-B). El mucrón es largo con cuatro dientes, dos de ellos basales y múltiples sedas gruesas pequeñas laterales como espinas, cuenta además con muchas sedas (lámina LVI-A). Coloración crema-gris.

Biotopo: Se halló en suelo de cultivo de mora y pastizal de kikuyo.

Distribución: Se ha registrado en la región neártica, paleártica y al norte de México, se constituye en el primer registro para Colombia y Suramérica.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(273-T)] [MUD-046-(276-P)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 8 ejemplares [MUD-046-(277-A)] [MUD-046-(277-B)] [MUD-046-(277-C)] [MUD-046-(277-D)] [MUD-046-(277-E)] [MUD-046-(278-A)] [MUD-046-(278-B)] [MUD-046-(278-C)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(322-I)] [MUD-046-(322-K)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(324-A)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(424-F)].

Familia CYPHODERIDAE Börner, 1913; sensu Soto-Adames FN *et al.*, 2008 (12 géneros con 128 especies en el mundo)

Diagnosis

Son individuos que pueden presentar o no el cuerpo recubierto de escamas y sedas multiciliadas. Los dentes no presentan espinas ni dientes pero con frecuencia ostentan dos filas de escamas ciliadas, el mucrón es cilíndrico y largo con un número variable de dientes.

Familias Similares

Oncopoduridae, Entomobrydae, Paronellidae

Distribución en área de estudio

Se recolectó únicamente en suelo y hojarasca de bosque secundario alto andino (anexo 5 – CYP).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Cyphoderidae son los siguientes:

1. Morfotipo 1

Diagnosis: Individuos con una configuración corneal de 4+4 o anoftalmos. Cuerpo recubierto por escamas truncadas fuertemente estriadas. El IV segmento abdominal es más de tres veces el III. Manubrio con espinas simples. Dentes crenulados y con escamas filiformes. Mucrón alargado y cilíndrico con dos dientes apicales. Coloración gris claro, gris marrón o incoloro.

Biotipo: Se encontró en suelo y hojarasca de bosque alto andino conservado y semiconservado.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales, 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(045-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales, 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(227-L)].

ORDEN PODUROMORPHA Börner, 1913

Los individuos que pertenecen a este taxa se caracterizan por tener una evidente segmentación del cuerpo, además de ser similares en longitud. El protórax se encuentra bien desarrollado y con sedas dorsales. Son prognatos. Los dentes son cortos y sin anillación.

Familia HYPOGASTRURIDAE Börner, 1906 (44 géneros y 657 especies en el mundo)

Diagnosis

Tienen un evidente aparato bucal masticador, presentando las mandíbulas una placa molar dentada. No presentan pseudocelos en el cuerpo. Tienen corneolas. El órgano sensorial del III antenito está formado sólo por sensilas. El OPA está formado por varias vesículas. La fúrcula se encuentra generalmente reducida. Los Hypogastruridae se encuentran en hábitats muy diversos, como son: el suelo, los troncos, cultivos, pastos y hojarasca.

Variación

Órgano postantenal en forma de roseta o tuberculado. Lóbulo apical del IV antenito simple o bilobado.

Familias Similares

Brachystomellidae, Onychiuridae.

Distribución en área de estudio

Se halló en todas las subunidades de muestreo: cultivo de mora, pastizal y bosque secundario alto andino (anexo 6 – HYP)

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Hypogastruridae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Ceratophysella*** Börner, 1932 (112 especies en el mundo, 12 especies en el neotrópico)
Especie Tipo: *Podura armata* Nicolet, 1842

Sinónimos: *Spinachorutes* Nicolet, 1962.

Diagnosis: Individuos con una configuración corneal de 8+8. El órgano postantenal cuenta con cuatro lóbulos en forma de roseta, cuyos lóbulos o brazos posteriores no son curvos (lámina LVIII-A). El IV antenito presenta un lóbulo apical (lámina LVII-B) y hay una vesícula excétil entre el antenito tres y el antenito cuatro, órgano sensorial del tercer antenito sólo con sensilas (lámina LVII-A). Las mandíbulas tienen una placa molar bien desarrollada (lámina LVIII-B). El cuerpo está recubierto por macrosedas y microsedas, la seda m_2 está ausente en el mesonoto. Unguis desarrollado con unguicolo lamelado (lámina LIX-A). El abdomen cuenta con dos espinas anales terminales (lámina LIX-B). La fúrcula es desarrollada y con el mucrón en forma de cuchara o mitón (lámina LX-A-B). Coloración rosa claro, gris claro, gris-marrón.

Comentario: Se diferencia de *Hypogastrura* por el carácter del mucrón en forma de mitón o cuchara y por la presencia de sacos eversibles entre el antenito III y IV.

Variación: Pueden presentarse uno o dos lóbulos apicales en el cuarto antenito.

Biotopo: Se encontró en suelo de cultivo, pastizal, hojarasca y suelo de bosque alto andino conservado y semiconservado.

Distribución: Es cosmopolita, para la región neotropical se ha registrado especialmente en México y con menor distribución en Guatemala, Costa Rica, República Dominicana, Cuba, Puerto Rico, Colombia, Ecuador, Brasil, Uruguay, Chile, Argentina y Juan Fernández. Para Colombia se ha registrado en Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Magdalena.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales, 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 de Abril de 2006. D. Avila, Y. Jaramillo, 7 individuos [MUD-046-(126-E)] [MUD-046-(126-O)] [MUD-046-(226-J)] [MUD-046-(226-Q)] [MUD-046-(241-B)] [MUD-046-(242-B)] [MUD-046-(242-E)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(312-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales, 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 de Abril de 2006. D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(228-L)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N 74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplar [MUD-046-(113-G)] [MUD-046-(113-H)] [MUD-046-(114-T)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(115-B)] [MUD-046-(166-B)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(397-B)] [MUD-046-(397-J)] [MUD-046-(398-O)]; berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(270-N)].

2. **Morfotipo 2, *Schoettella*** Schäffer, 1896 (12 especies en el mundo, 7 en el neotrópico)

Especie tipo: *Achorutes ununguiculatus* Tullberg, 1869

Diagnosis: III antenito con un par de sensilas. OPA simple en forma de alveolo, con un anillo externo que lo rodea y lóbulos débiles, además con una seda acuminada larga que lo atraviesa tangencialmente (lámina LXI-A). Placa ocular con 8 corneolas en cada lado. Cuatro tenent hairs en cada pata. Los tibiotarsos no presentan unguicolo. Dos espinas anales. Fúrcula en forma de aguijón (lámina LXI-B). Dentes con cinco sedas dorsales. Coloración azul-morado oscuro.

Comentario: Se diferencia del subgénero *Knowltonella*, por poseer fúrcula y el OPA simple, de *Hypogastrura* se diferencia por la ausencia de unguicolo.

Biotopo: Se obtuvo en pastizal de kikuyo.

Distribución: Se ha registrado para la región neártica, neotropical y paléartica. Para la región neotropical ha sido registrado en México, Costa Rica, Colombia, Venezuela y Argentina. En Colombia se ha encontrado en Antioquia y Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(326-A)].

3. **Morfotipo 3, *Schoettella*** Schäffer, 1896 <http://www.geocities.com/fransjanssens/key/schoella.htm> - ***Knowltonella*** Wray, 1958 (1 especie en el mundo)

Especie tipo: *Knowltonella idahoensis* Wray, 1958.

Diagnosis: Individuos con placa molar desarrollada, configuración corneal de 8+8; cuenta con dos espinas anales y no presenta fúrcula. Color gris claro.

Comentario: Se diferencia dentro del género por la ausencia de fúrcula.

Biotopo: Se colecto en cultivo de mora, pastizal y suelo semiconservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: El género cuenta con 12 especies en el mundo y siete para el neotrópico, pero el subgénero *Knowltonella* solo se encuentra en Norteamérica (USA y México), siendo el primer registro para Colombia y Suramérica.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(200-O)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(228-B)].

4. **Morfotipo 4, *Schaefferia*** Absolon, 1900 (27 especies en el mundo, 4 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Schaefferia emucronata* Absolon, 1900.

Diagnosis: Mandíbulas con placa molar desarrollada. Configuración corneal de 6+6. El órgano postantenal tiene forma de roseta. La longitud del unguis es seis veces o menos la longitud del ancho basal. El unguicolo es lamelado. Abdomen terminal con dos espinas anales. Fúrcula desarrollada en forma de mitón. Dentes con tan solo dos sedas dorsales. Coloración gris.

Comentario: Se diferencia de los demás géneros por poseer tan solo seis corneolas por lado.

Biotopo: Se halló exclusivamente en cultivo de mora.

Distribución: Se ha registrado en la región neártica, paleártica, oriental y neotropical. Dentro de la región neotropical se ha registrado para México, Costa Rica, Puerto Rico, primer reporte para Colombia y Suramérica.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0''N74°19'14.2''W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 5 ejemplares [MUD-046-(224-A)] [MUD-046-(225-A)] [MUD-046-(225-B)] [MUD-046-(225-C)] [MUD-046-(241-C)].

5. **Morfotipo 5, *Microgastrura*** Stach, 1922 (7 especies en el mundo, 3 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Microgastrura duodecimoculata* Stach, 1922.

Diagnosis: Individuos con placa molar reducida. No poseen corneolas. Su órgano postantenal tiene forma de ranura simple. Las patas son pequeñas y el unguicolo lamelado largo llegando hasta la mitad del unguis. Abdomen terminal con dos espinas anales. Fúrcula reducida o ausente. Coloración blanco-amarilla, transparente.

Comentario: Único género dentro de la familia con la mandíbula reducida, caracterizada por una placa molar rudimentaria y la ausencia de dientes apicales.

Biotopo: Se encontró en cultivo de mora.

Distribución: Se ha registrado en la región paleártica, neártica y neotropical. Dentro de la región neotropical ha sido registrado en Cuba, Republica Dominicana, Jamaica, Martinico, primer reporte para Suramérica y Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(258-C)].

6. **Morfotipo 6, *Hypogastrura*** Bourlet, 1839 (170 especies en el mundo, 11 en el neotrópico)

Especie tipo: *Achorutes viaticus* Tullberg, 1872

Sinónimos: *Schoturus* MacGillivray, 1893

Neogastrura Stach, 1949

Anachorutes Bagnall, 1949

Biacanthella Scott, 1961

Diagnosis: Habitus (lámina LXII-A). Mandíbulas con placa molar desarrollada y cuatro dientes apicales. Configuración corneal de 8+8. Las sedas labiales son acuminadas y el órgano postantenal es simple sin lóbulos. Abdomen terminal con dos espinas anales. Fúrcula desarrollada no espatulada (lámina LXII-B). Coloración azul morado.

Comentario: Es el género más abundante dentro de la familia, se diferencia de *Ceratophysella* por presentar una fúrcula no espatulada y por la ausencia de vesícula excertil entre los antenitos tres y cuatro, como por poseer la seda m_2 en el mesonoto.

Variación: Algunos individuos no presentan unguicolo.

Biotopo: Se encontró en suelo y hojarasca de bosque secundario alto andino.

Distribución: Es cosmopolita, En el neotrópico ha sido registrado en México, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina, Chile, Cuba y Juan Fernández. Para Colombia ha sido registrada en Cundinamarca y Magdalena.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N 74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(283-J)] [MUD-046-(283-K)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N 84° 13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(159-G)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(084-A)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(388-N)] .

7. **Morfotipo 7, *Acherontiella*** Absolon, 1913 (20 especies en el mundo, 4 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Acherontiella onychiuriformis* Absolon, 1913.

Diagnosis: Mandíbula con placa molar dentada. No presentan órgano postantenal. Sin corneolas. Abdomen terminal con dos espinas anales. No presente fúrcula. Color azul-morado oscuro.

Comentario: Es separado de los otros géneros por la reducción de varios caracteres, como la placa ocular, OPA y fúrcula.

Biotopo: Se halló en pastizal de kikuyo y en gramíneas de zona de transición cerca de un bosque secundario semiconservado alto andino.

Distribución: Cosmopolita, ausente únicamente en la región australiana. Para la región neotropical se ha registrado en México, Costa Rica, Puerto Rico, Brasil y Colombia siendo el primer registro.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(103-A)].

Familia ODONTELLIDAE Massoud, 1967 (13 géneros, 126 especies en el mundo)

Diagnosis

Los individuos de esta familia tienen el aparato bucal adaptado para picar y/o chupar, proyectándose en un cono, solo poseen una mandíbula y esta no tiene placa molar. El órgano postantenal se encuentra formado por una sola vesícula. Antenas cónicas. La fúrcula es corta y el mucrón presenta algunas láminas oblicuas (lamelado). La distribución de esta familia es cosmopolita y suele ser muy abundante, sin embargo durante este estudio se encontraron ejemplares solo en pastizal y bosque secundario alto andino (zona de transición).

Familias Similares

Brachystomellidae, Neanuridae

Distribución en área de estudio

Se recolectó en pastizal y bosque secundario alto andino en la región de zona de transición (anexo 6 – ODO).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Odontellidae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Odontella*** Schaffer, 1897 (28 especies en el mundo, 9 en el neotrópico)

Especie tipo: *Odontella incerta* Schött, 1917.

Diagnosis: Presenta una sola mandíbula sin placa molar y con cuatro dientes apicales, maxila cuadrangular terminada en cuatro dientes. Configuración corneal

de 6+6. Órgano postantenal oval (lámina LXIV-A). Las antenas son cónicas (lámina LXIII-A) y el tercer antenito presenta papilas cónicas bifurcadas (lámina LXIV-B). Vesícula excertil entre III y IV antenito. Unguis sin unguicolo (lámina LXV-A). Abdomen terminal sin espinas anales, pero pueden presentar formaciones cuticulares terminales (lámina LXIII-B). El múcron presenta dos ganchos que se prolongan en dos láminas oblicuas (trilamelado) (lámina LXV-B). Color gris oscuro o azul oscuro, morado.

Comentario: Se diferencia de *Superodontella* en que posee un saco eversible entre el III y IV antenito y que su OPA es oval.

Biotopo: Se encontró en pastizal (zona de transición) y en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se ha registrado en la región austral, oriental, etiopica, paléartica y neotropical. Para la región neotropical ha sido registrado en Cuba, Argentina y es el primer registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales °29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(113-D)] [MUD-046-(114-Q)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(175-G)].

2. **Morfotipo 2, *Odontella* - *Superodontella*** Stach, 1949 (56 especies en el mundo, 4 en el neotrópico)

Especie tipo: *Superodontella ewingi* Folsom, 1916.

Diagnosis: Placa ocular con cinco corneolas por lado. OPA en forma de roseta presentando cuatro lóbulos. No presenta saco eversible entre el III y IV antenito. Uñas sin unguicolo. Tenáculo presente. Fúrcula desarrollada. Dentes con cinco sedas dorsales. Mucrón trilamelado. Dos espinas anales a modo de tubérculos o formaciones cuticulares acusadas. Coloración gris oscuro o azul oscuro.

Comentario: Se diferencia por su OPA multilobulado.

Biotopo: Se halló en pastizal de kikuyo cerca de un bosque secundario alto andino y en suelo conservado de bosque humedo alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se ha registrado en México, Cuba, Jamaica, Colombia, Perú y Argentina. Para Colombia se ha registrado en Antioquia y Cundinamarca entre los 2600 y 3000 m.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales °29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila,

Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(181-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(041-A)].

Familia BRACHYSTOMELLIDAE Stach, 1949 (18 géneros, 129 especies)

Diagnosis

Se caracterizan por la ausencia de ambas mandíbulas. Las maxilas son cuadrangulares y presentan varios dientes. Las piezas bucales están adaptadas para picar y/o chupar, proyectándose en un cono. Los braquistomélidos están principalmente en suelos húmedos, así como musgos y epífitas; durante este estudio se encontraron representantes de esta familia exclusivamente en la subunidad de paisaje de zona de transición y en suelo de bosque secundario alto andino.

Familias Similares

Odontellidae

Distribución en área de estudio

Se obtuvo en pastizal y bosque secundario alto andino (anexo 6 – BRA).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Brachystomellidae son los siguientes:

1. Morfotipo 1

Diagnosis: Configuración corneal de 8+8. Maxilas cuadrangulares con cinco dientes apicales. Unguis desarrollado. Unguicolo lamelado. Los dentes son tuberculados y el múcron espatulado. Dos espinas anales. Color gris oscuro.

Biotopo: Se recolectó en pastizal y en suelo de bosque secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2''N74°18'58.3''W, 2630-2653 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(113-J)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(190-A)].

Familia NEANURIDAE Börner, 1901 (163 géneros, 1160 especies)

Diagnosis

Presentan piezas bucales adaptas para picar y/o chupar, proyectándose en un cono. Las maxilas y mandíbulas están presentes, estas últimas carecen de

superficies molares. Las maxilas son estiliformes. Estos individuos se encuentran bajo troncos, rocas, en el suelo y la hojarasca. Se encontró en todos los ambientes estudiados excepto pastizal.

Familias Similares

Odontellidae.

Distribución en área de estudio

Se consiguió en cultivo de mora, pastizal y bosque secundario alto andino (anexo 7 – NEA).

Subfamilia FRIESEINAE Massoud, 1967 (5 géneros, 184 especies)

Diagnosis: Se diferencia de las demás subfamilias por no presentar el abdomen terminal bilobado o truncado y porque su cuerpo no presenta digitaciones. El capitulo de la maxila es completamente triangular. La cabeza y el primer segmento torácico están dorsalmente separados. La fúrcula puede o no estar presente.

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Neanuridae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Friesea*** Dalla Torre, 1895 (177 especies en el mundo, 28 en el neotrópico)

Especie tipo: *Triaena mirabilis* Tullberg, 1871

Sinónimos: *Triaena* Tullberg, 1871

MacGillivraya Grote, 1894

Polyacanthella Schaeffer, 1897

Pseudotullbergia Schaeffer, 1897

Achorutoides Willem, 1901

Triaenura von Olfers, 1907

Conotelsa Denis, 1925

Subantartica Salmon, 1949

Colonavis Salmon, 1949

Propisnanura Wray, 1952

Setanurida Salmon, 1954

Pseudocolonavis Salmon, 1964

Pseudofriesea Salmon, 1964

Neocolonavis Salmon, 1964

Diagnosis: Maxilas estiletiformes en forma de triángulo. Sin órgano postantenal. Placa ocular con seis corneolas por lado. Unguis largo sin unguicolo ni tenenthairs. Fúrcula desarrollada o sin fúrcula. Dentes con cuatro o cinco sedas dorsales. Mucrón en forma de espina. Sin espinas anales. Sedas largas en abdomen terminal. Color marrón o rosado oscuro.

Comentario: La variación dentro del género es muy amplio, siendo sus caracteres inconstantes y haciendo difícil su identificación; tan solo los caracteres de la

maxila, quetotaxia labial y la sensila del cuarto antenito llegan a ser constantes (Palacios-Vargas, 1997).

Biotopo: Se recogio en cultivo de mora.

Distribución: Cosmopolita, en la región neotropical presenta una amplia distribución. En Colombia solo se ha registrado el género *Friesea* para el departamento de Antioquia con tan solo 3 ejemplares. En Cundinamarca es el primer registro.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(242-A)] [MUD-046-(256-E)].

Subfamilia NEANURINAE Börner C, 1901 (94 géneros, 728 especies)

Diagnosis: No presentan fúrcula. El abdomen terminal es bilobado o truncado y no presentan órgano postantenal.

2. **Morfotipo 2, *Neanura*** MacGillivray, 1893 (41 especies en el mundo, 8 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Achorutes muscorum* Templeton, 1835.

Sinónimos: *Achorutes* Templeton, 1835

Blax Koch, 1840

Anoura Gervais, 1842

Rathomouthes Templeton, 1843

Anura Tullberg, 1869

Biclavella Willem, 1902

Biloba Stach, 1949

Biocularia Stach, 1951

Pseudobiloba Stach, 1951

Adbiloba Stach, 1951

Imparitubercula Stach, 1951

Metanura Yosii, 1954

Propeanura Yosii, 1956

Diagnosis: Habitus (lámina LXVI-A). Organismos sin órgano postantenal. Con una estructura circular en la línea media de la cabeza con sedas y granulaciones circulares (lámina LXVII-A-B). Pueden presentar tres corneolas por lado o más. Mandíbulas con tres dientes apicales. Sin unguiculo. Posee tubérculos con reticulaciones distribuidos en todo el cuerpo (lámina LXVII-C-D). Sin fúrcula. El último segmento abdominal es bilobado (lámina LXVIII-C) con macrosedas terminales y con protuberancias circulares cuticulares (lámina LXVIII-A-B). Coloración morado oscuro o negro.

Comentarios: Se reconoce por el número de dientes mandibulares y el número de corneolas.

Biotopo: Se colectó en hojarasca, en pastizal de kikuyo, suelo de bosque secundario conservado y semiconservado alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical ha sido registrado en México, Nicaragua, Costa Rica, Guadalupe, Colombia, Brasil, Argentina y Chile. En Colombia se registra únicamente en Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(409-F)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 6 ejemplares [MUD-046-(287-E)] [MUD-046-(287-F)] [MUD-046-(287-G)] [MUD-046-(287-H)] [MUD-046-(287-I)] [MUD-046-(287-J)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(290-A)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N74°28'26.8"W, 2635 m alt., manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(297-N)] [MUD-046-(297-O)].

3. Morfotipo 3

Diagnosis: Individuos con mandíbulas sin placa molar dentada. Metatórax sin microsensilas, con macroseñas laterales y terminales. Uñas sin unguicolo pero el unguis muy desarrollado y delgado. Sexto segmento abdominal bilobulado. Sin fúrcula (lámina LXVII-A). Coloración gris.

Comentario: Se diferencia de los demás por la ausencia de tubérculos y las macroseñas están mucho más desarrolladas, es el espécimen más pequeño de todos.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora.

Material Revisado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(318-L)].

Subfamilia PSEUDACHORUTINAE Börner, 1906 (50 géneros, 432 especies)

Diagnosis: La fúrcula puede o no estar presente. El abdomen terminal no presenta ningún tipo de división o truncamiento y el cuerpo no tiene digitaciones. El capítulo de la maxila no es triangular.

4. **Morfotipo 4, *Pseudachorutes*** Tullberg, 1871 (99 especies en el mundo, 17 en el neotrópico)

Especie tipo: *Pseudachorutes subcrassus* Tullberg, 1871

Sinónimos: *Gnathocephalus* MacGillivray, 1893

Brachysius MacGillivray, 1893

Sphragiphora Houlbert, 1942

Ceratrimeria Börner, 1906

Aethiopella Handschin, 1942

Logacanura Wray, 1958

Metachorudina Massoud, 1963

Aoteareria Salmon, 1964

Neofricella Salmon, 1964

Diagnosis: Individuos con una configuración corneal de 8+8. Sus piezas bucales están dispuestas en un cono bucal (lámina LXX-A), las maxilas son estiletiformes y su capítulo no es triangular sino alargado (lámina LXXI-B). Las antenas son tan largas como la cabeza. OPA moruliforme. La cabeza y el primer segmento torácico están separados dorsalmente (lámina LXX-A). Las uñas no presentan unguicolo. El último segmento abdominal es visible, circular, sin lobulaciones y sin espinas anales. Fúrcula desarrollada (lámina LXIX-B). Coloración morado oscuro.

Comentario: Se reconoce por el capítulo de la maxila alargado, la ausencia de espinas o formaciones cuticulares y por la presencia de OPA y fúrcula desarrollada.

Biotopo: Se encontró en hojarasca y suelo de bosque secundario conservado alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical ha sido registrado para México, Nicaragua, Cuba, Guadalupe, Colombia, Brasil, Argentina, Chile, Martinica, Margarita y San Vicente. En Colombia se ha recolectado en Arauca, Cundinamarca, Risaralda y Tolima.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(006-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0"N84° 13'16.3"W, 2642 m alt., berlesse-tulgren, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(268-F)]; manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(292-J)].

GRUPO EUSYMPHYPLEONA

ORDEN SYMPHYPLEONA Börner, 1901, sensu Bretfeld, 1994

Los individuos que pertenecen a este orden se caracterizan por tener el cuerpo globoso, cuando menos los primeros cuatro segmentos del abdomen están fusionados. La fúrcula se encuentra bien desarrollada. Las antenas pueden ser tan grandes o más grandes que la cabeza.

Familia SMINTHURIDAE Lubbock, 1862, sensu Deharveng, L, 2004 (27 géneros, 248 especies en el mundo)

Diagnosis

Las antenas de estos individuos están acotadas entre los antenitos tres y cuatro, siendo el último de mayor tamaño y con frecuencia anillado o subdividido. El tubo ventral o colóforo es relativamente corto. Los trocánteres metatorácicos no presentan órgano trocanteral. Mucrón crenulado simétrico. Los segmentos abdominales V y VI no se encuentran fusionados. Los machos se caracterizan por tener antenas simples y las hembras porque presentan apéndices anales. Se identifican por tener las tricobotrias del gran abdomen formando un triángulo equilátero con el ángulo abierto hacia atrás. Generalmente no tienen tenenthairs. Son habitantes de suelos húmedos, hojarasca y troncos; durante este estudio se les encontró en todas las subunidades de paisaje.

Variación

La mayoría de organismos identificados presentan al menos un par de tenenthairs en cada pata.

Familias Similares

Dycirtomidae.

Distribución en área de estudio

Se registro en cultivo de mora, pastizal y bosque secundario alto andino (anexo 7 – SMI)

Subfamilia Sminthurinae Lubbock, 1862, sensu Deharveng, 2004 (20 géneros, 194 especies en el mundo)

Diagnosis: Las antenas son largas. Mucrón no presenta el ápice escotado.

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la subfamilia Sminthurinae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Sminthurus*** Latreille, 1802 (92 especies en el mundo, 9 en el neotrópico)

Especie tipo: *Sminthurus viridis* Linnæus, 1758; Latreille, 1802.

Diagnosis: Habitus (lámina LXXII-A). Configuración corneal de 6+6/8+8 (lámina LXXIII-A). Antenas largas con el cuarto antenito anillado. Órgano del tercer

antenito con tres o cuatro túbulos alargados. Espinas cefálicas desarrolladas (lámina LXXIII-B). Los tibiotalosos cuentan con uno o dos tenenthair por pata. Tercer trocánter con una espina y tres sedas. Unguicolo lamelado o acuminado. Colóforo relativamente corto. El hamúla o retináculo cuenta con tres dientes (en realidad dos dientes y un tubérculo basal) (lámina LXXIV-A). El V y VI segmento abdominal están separados, presentando espinas (lámina LXXIV-B). El colóforo es largo y el mucrón crenulado sin ápice escotado (lámina LXXV-A-B). Hembras con apéndices anales en forma de espina o palmeados dirigidos hacia arriba (lámina LXXVI-A). Color negro.

Comentario: Varía en cuanto a las descripciones comunes en la presencia inequívoca de al menos un par de tenenthairs en cada tibiotaloso.

Biotopo: Se colectó en suelo semiconservado y conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se ha reportado en México, Costa Rica, Puerto Rico, Brasil, Argentina, Venezuela y primer registro para Colombia.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 3 ejemplares [MUD-046-(345-L)] [MUD-046-(345-M)]♀ [MUD-046-(345-N)]♀; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84°13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(362-J)].

2. Morfotipo 2

Diagnosis: Habitus (lámina LXXVI-B). Antenas acodadas entre el antenito tres y cuatro, siendo el cuarto anillado. Presenta espinas en el vertex de la cabeza (lámina LXXVII-A). Uñas con unguicolo lamelado más largo que el unguis, sin tenenthairs (lámina LXXVII-D). Apéndices anales palmeados (lámina LXXVII-C). Fúrcula desarrollada con mucrón crenulado sin ápice escotado (lámina LXXV-B). Coloración negro azulado.

Biotopo: Se encontró en suelo de bosque semiconservado y conservado secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(014-B)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(353-E)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(380-G)] [MUD-046-(388-L)].

3. Morfotipo 3

Diagnosis: Cuentan con ocho o seis corneolas por lado. Antenas largas con el cuarto antenito anillado. Espinas cefálicas presentes. Los tibiotarsos presentan dos o tres tenenthair y sedas gruesas ventrales. Unguis con un diente interno. Unguicolo lamelado más largo que el unguis. Trocánteres metatorácicos sin órgano trocanteral. Mucrón crenulado. Apéndices anales en forma de penacho (lámina LXXVIII-A). Color negro o morado oscuro.

Biotopo: Se halló en cultivo de mora, pastizal de kikuyo y suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 7 ejemplares [MUD-046-(304-D)]; [MUD-046-(308-B)] [MUD-046-(316-B)] [MUD-046-(316-C)] [MUD-046-(316-D)] [MUD-046-(316-E)] [MUD-046-(316-F)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., berlesse-tulgren, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(262-F)] [MUD-046-(262-G)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(327-D)] [MUD-046-(327-J)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(285-M)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(427-E)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(353-E)]; Colombia, Cundinamarca, Sylvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0"N84°13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo. 1 ejemplar [MUD-046-(367-F)].

Subfamilia SPHYROTHERCINAE Betsch, 1980 (7 géneros, 54 especies en el mundo)

Diagnosis: Antenas cortas. Mucrón con el ápice escotado.

4. **Morfotipo 4, *Sphyrotheca*** Börner, C, 1906 (33 especies en el mundo, 9 especies en el neotrópico)

Especie tipo: *Sminthurus multifaciatatus* Reuter, 1881

Diagnosis: Habitus (lámina LXXXII-A). Antenas largas con el cuarto antenito anillado. Espinas cefálicas (lámina LXXXII-B). El unguis presenta túnica y el unguicolo es lamelado (lámina LXXXIX-B). Sin vesículas mesotorácicas. El gran abdomen presenta espinas desarrolladas (lámina LXXXII-C). Las tricobotrias A y C

del gran abdomen son largas mientras que la tricobotria B es corta. Hembras con apéndices anales palmeados dirigidos hacia arriba. Mucrón suavemente crenulado con ápice escotado (lámina LXXXIX-A). Color morado oscuro.

Comentario: Se identifica por el arreglo especial de sus tricobotrias.

Biotopo: En hojarasca de bosque secundario alto andino.

Distribución: Cosmopolita. En la región neotropical se ha reportado en Jamaica, Puerto Rico, Colombia, Surinam, México y Brasil. En Colombia se ha registrado en Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Magdalena y Tolima.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., manual, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(292-O)].

Familia DICYRTOMIDAE Börner, 1906, sensu Deharveng, 2004 (8 géneros, 194 especies en el mundo)

Diagnosis

Estos individuos tienen dos características bien marcadas, las antenas se encuentran acotadas entre los antenitos dos y tres siendo el cuarto antenito más corto que el tercero y el tubo ventral o colóforo es muy largo. La distribución de esta familia es bastante amplia, se encuentra en hojarasca, suelo bien húmedo, cerca de rocas, etc., se encontraron ejemplares en todas las subunidades de paisaje excepto en zona de transición.

Familias Similares

Sminthuridae.

Distribución en área de estudio

Se obtuvo en cultivo de mora, pastizal y bosque secundario alto andino (anexo 7 – DYC)

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Dycirtomidae son los siguientes:

1. Morfotipo 1

Diagnosis: Habitus (lámina LXXXIV-A). Corneolas presentes. El colóforo es muy largo (lámina LXXXIV-B). Presenta apéndices anales. Su mucrón es crenulado y sin lámelas extendidas (lámina LXXXIV-C). Presenta dos sedas dorsales en el gran abdomen. Tanto el quinto como el sexto segmento abdominal están claramente diferenciados.

Biotopo: Se halló en suelo semiconservado de bosque secundario alto andino.

Material Revisado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'10.3''N74°18'56.2''W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(003-A)].

2. **Morfotipo 2, *Dicyrtoma*** Bourlet, 1842 (30 especies en el mundo, 2 en el neotrópico)

Especie tipo: *Papirius fuscus* Lubbock, 1873

Sinónimos: *Papirius* Lubbock, 1862

Diagnosis: Habitus (lámina LXXXI-A). Configuración corneal de 8+8. El unguicolo es lamelado y el unguis no posee túnica. Los tibiotarsos presentan dos tenenthair por pata y sin sedas aserradas, el tibiotarso de la pata metatorácica con tres espinas posteriores. El pequeño abdomen presenta espinas (lámina LXXXI-C). El mucrón es crenulado (lámina LXXXI-B). Coloración negro.

Comentario: Se diferencia de *Ptenothrix* por el número de espinas en el tibiotarso metatorácico.

Biotopo: Se recogió en hojarasca de bosque secundario conservado alto andino.

Distribución: Se halla en la región neártica, paleártica, oriental y neotropical. En la región neotropical se ha registrado en Colombia y Argentina. Para Colombia se ha colectado en Amazonas, Antioquia, Arauca y Cundinamarca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 6°13' 52.8''N74°28'26.8''W, 2635 m alt., manual, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(297-Q)].

3. **Morfoespecie 3, *Ptenothrix*** Börner, 1906 (91 especies en el mundo, 8 Neotrópicas)

Especie tipo: *Podura atra* Linnaeus, 1758

Diagnosis: Cuarto antenito pequeño. Placa ocular con ocho corneolas por lado. Espinas cefálicas y torácicas desarrolladas. Tibiotarsos con dos espinas posteriores multidentadas. Dentes con doble hilera de sedas ciliadas. Mucrón crenulado. Espinas desarrolladas en el pequeño abdomen. Apéndices anales en forma de espina. Color negro.

Comentario: Se diferencia por poseer tan solo dos espinas tibiotarsales.

Biotopo: Se colecto en suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Es cosmopolita. Dentro de la región neotropical ha sido reportada en México, Costa Rica, Jamaica, Puerto Rico, Colombia, Brasil, Argentina y Juan

Fernández. Para Colombia se ha registrado en Boyacá, Amazonas, Arauca, Cundinamarca, Magdalena, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°49'35.0''N84° 13'16.3''W, 2642 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(362-I)] ♀.

Familia SMINTHURIDIDAE Börner, 1906, sensu Betsch & Massoud, 1970 (10 géneros, 147 especies en el mundo)

Diagnosis

Los machos de esta familia tienen sus antenas modificadas para la cópula, presentando una acotación especial entre el antenito II y III haciéndolas prensiles, permitiendo así el acople de la hembra durante el cortejo (lámina LXXXII-A); pero las antenas realmente se encuentran acotadas entre los antenitos III y IV, siendo este último de mayor tamaño y con frecuencia anillado o subdividido. El tubo ventral o colóforo es relativamente corto. Los segmentos abdominales V y VI están fusionados. Las hembras no tienen apéndices anales. Los individuos que pertenecen a esta familia tienen una distribución muy amplia y se encuentran con frecuencia en lugares muy húmedos. Se encontró en todas las subunidades de paisaje.

Distribución en área de estudio

Se halló en pastizal de kikuyo y en bosque secundario alto andino (anexo 7 – SMIN).

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Sminthurididae son los siguientes:

1. **Morfotipo 1, *Denisiella*** Folsom & Mills, 1938 (9 especies en el mundo, 4 especies en el Neotrópico)

Especie tipo: *Sminthurides seurati* Denis, 1925

Diagnosis: Antenas más largas que el cuerpo (lámina LXXXIII-A) (lámina LXXXII-B). Individuos muy pequeños sin corneolas. Tricobotrias del gran abdomen dispuestas en un triángulo equidistante. Carece de órgano tibiotarsal. El colóforo es muy largo y abultado cubriendo toda la región ventral torácica y abdominal, cuenta con cuatro sifones y dos láminas triangulares grandes (lámina LXXXIII-B). Dentes con sedas largas y mucrón crenulado. Color Crema

Comentario: Es uno de los cuatro géneros conocidos para la región neotropical junto a *Sminthurides*, *Sphaeridia* y *Sinnamarides*.

Biotopo: Se encontró exclusivamente en hojarasca y suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Distribución: Se ha registrado para la región neártica, neotropical y etiópica. Para la región neotropical se ha registrado en México, Nicaragua, Panamá y Colombia siendo el primer registro para el país.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°49'35.0"N 84° 13'16.3"W, 2642 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(052-F)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 6°13' 52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(084-F)]; pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 8 ejemplares [MUD-046-(377-B)] [MUD-046-(377-C)] [MUD-046-(380-B)] [MUD-046-(380-E)] [MUD-046-(388-C)] [MUD-046-(388-D)] [MUD-046-(405-Q)] [MUD-046-(405-R)]; manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(437-B)] [MUD-046-(437-C)].

2. Morfotipo 2

Diagnosis: Individuos con placa ocular presente. Unguicolo lamelado. Tibiotarso sin tenenthair. Tricobotrias del gran abdomen equidistantes. V y VI segmento abdominal fusionados. El V segmento abdominal con solo un par de Tricobotrias. Mucrón crenulado. Coloración morado oscuro.

Biotopo: Se obtuvo en pastizal de kikuyo, hojarasca, suelo semiconservado y conservado de bosque secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(109-B)]; berlesse-tulgren, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(409-G)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'11.2"N 74°18'58.3"W, 2630-2653 m alt., manual, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(430-F)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.3"N 74°18'56.2"W, 2644 m alt., pitfall, 14 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(190-L)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13' 52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(022-B)].

Familia BOURLETIELLIDAE Börner, 1912, sensu Bretfeld, 1994 (34 géneros, 243 especies en el mundo)

Diagnosis

Se caracteriza por poseer un mucrón espatulado y por la disposición en línea recta de las tricobotrias del gran abdomen (lámina LXXXIV-A-B). Los segmentos abdominales V y VI no están fusionados. Las antenas se encuentran acotadas entre los antenitos III y IV siendo el IV de mayor tamaño. Las antenas son simples

en los machos y las hembras tienen apéndices anales. Se encuentran sobre la hojarasca y la vegetación.

Familias Similares

Sminthuridae.

Distribución en área de estudio

Se halló en cultivo de mora, pastizal y suelo conservado de bosque secundario alto andino (anexo 7 – BOU)

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Bourletiellidae son los siguientes:

1. Morfotipo 1

Diagnosis: Individuos sin corneolas. Al menos la segunda pata con tres tenent hairs espatulados. Unguicolo lamelado. El mucrón presenta una longitud similar al dente, es agudo y sin crenulación. Coloración violeta oscuro o negro.

Biotopo: Se registro para cultivo de mora, pastizal de kikuyo y suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Material Examinado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 4°29'21.0"N 74°19'14.2"W, 2604-2617 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(219-B)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 4°29'10.7"N 74°19'07.7"W, 2618-2630 m alt., pitfall, 13 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 2 ejemplares [MUD-046-(112-F)] [MUD-046-(235-D)]; Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca los Rosales 6°13'52.8"N 74°28'26.8"W, 2635 m alt., pitfall, 27 may 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 1 ejemplar [MUD-046-(388-A)].

Familia ARROPHALITIDAE Stach, 1956 (2 generos, 127 especies en el mundo)

Diagnosis

Antenas acotadas entre los antenitos III y IV, este último de mayor tamaño, el segundo antenito es corto. Tubo ventral o colóforo relativamente corto. El V y VI segmento abdominal no están fusionados. Machos con antenas simples y hembras con apéndices anales. Trocánteres metatorácicos con órgano trocanteral. Los individuos adultos tienen papilas dentales. Generalmente tienen menos de seis corneolas por lado y carecen de tenent hairs. Su distribución es muy reducida, en este estudio se encontraron ejemplares de esta familia solo en suelo coservado de bosque secundario alto andino (cuadrante F).

Distribución en área de estudio

Se recolecto en bosque secundario alto andino (anexo 7 – ARR)

Morfotipos

Los Morfotipos encontrados dentro de la familia Arrophalitidae son los siguientes:

1. Morfotipo 1

Diagnosis: Antenas con el IV antenito subdividido. Seis a cinco corneolas en cada placa ocular. Cuenta con papilas bucales. Tibiotarsos sin tenent hairs. Hembras con apéndices anales. Mucrón crenulado sin lámela ensanchada. Coloración morado claro y/o oscuro.

Biotopo: Se registro para suelo conservado de bosque secundario alto andino.

Material Revisado: Colombia, Cundinamarca, Silvania, Noruega Alta, Finca Los Rosales 6°13' 52.8''N 74°28'26.8''W, 2635 m alt., pitfall, 15 abr 2006, D. Avila, Y. Jaramillo, 5 ejemplares [MUD-046-(029-B)] [MUD-046-(084-B)] [MUD-046-(084-K)] [MUD-046-(205-A)] [MUD-046-(205-E)].

NOTA: Todos los datos de los autores quienes realizaron las descripciones originales de los taxa mencionados con anterioridad y que reportaron los holotipos, se obtuvieron de Peñaranda (2005) y Janssens (2003).

8.4. CLAVES DICOTÓMICAS PARA FAMILIAS DE COLLEMBOLA EN NORUEGA ALTA.

Las claves taxonómicas fueron diseñadas a partir de los caracteres morfológicos más representativos de cada uno de los órdenes y familias encontrados durante la presente investigación. Estas son de carácter dicotómico-pictórico, dentro de los caracteres evaluados se tienen en cuenta algunos como: la segmentación corporal, la presencia o ausencia del OPA y su forma, el tipo de aparato bucal, entre otros. Para el caso de los Poduromorpha la composición del órgano sensorial del III antenito, la forma del mucrón, la estructura cuticular y la quetotaxia corporal. En Entomobryomorpha es importante la longitud del IV segmento abdominal respecto al III; la quetotaxia corporal; forma de los dientes, las sedas modificadas que presente y forma del mucrón. En Symphypleona los caracteres a tener en cuenta son: acotación antenal; la modificación en las antenas; la presencia o ausencia de tenenthairs y la forma de estos; distribución de las tricobotrias del gran abdomen; apéndices anales y forma del mucrón. Las imágenes de los caracteres taxonómicos relacionados en las claves, fueron realizadas a partir del registro fotográfico tomado durante la fase de identificación del presente estudio. A continuación se presentan dichas claves taxonómicas.

1. El cuerpo de estos individuos es alargado, con una evidente segmentación. Los segmentos del tórax y los cuatro primeros segmentos abdominales no se encuentran fusionados. (**Arthropleona**).....2
- 1' El cuerpo de estos individuos es globoso, cuando menos los primeros cuatro segmentos del abdomen están fusionados (figura 1). La fúrcula se encuentra bien desarrollada (**Symphypleona**).....12

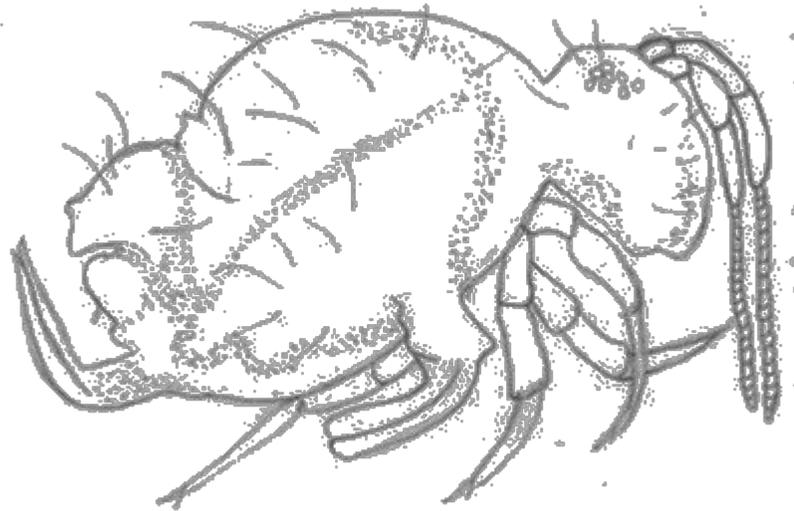


Figura 1. Symphypleona

2. El protórax se encuentra bien desarrollado y con sedas dorsales. Estos individuos son prognatos. La segmentación del cuerpo es evidente, los segmentos corporales son similares en longitud (figura 2). Los dientes son cortos y sin anillación. (**Poduomorpha**).....3
- 2' El protórax se encuentra reducido, sin sedas dorsales (figura 3). El IV segmento abdominal es con frecuencia alargado (**Entombryomorpha**).....8

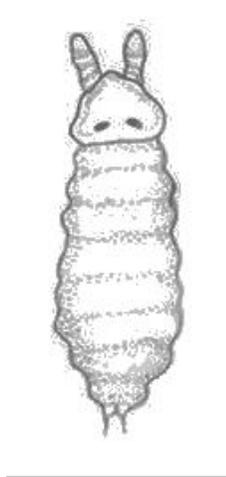


Figura 2. Poduomorpha



Figura 3. Entombryomorpha

3. Piezas bucales masticadoras, las mandíbulas tienen una placa molar dentada bien desarrollada (figura 4) (**Hypogastruroidea**)4
 3' Piezas bucales picadoras y/o chupadoras, proyectándose en cono, cuando existen mandíbulas carecen de placa molar dentada (**Neanuroidea**).....5

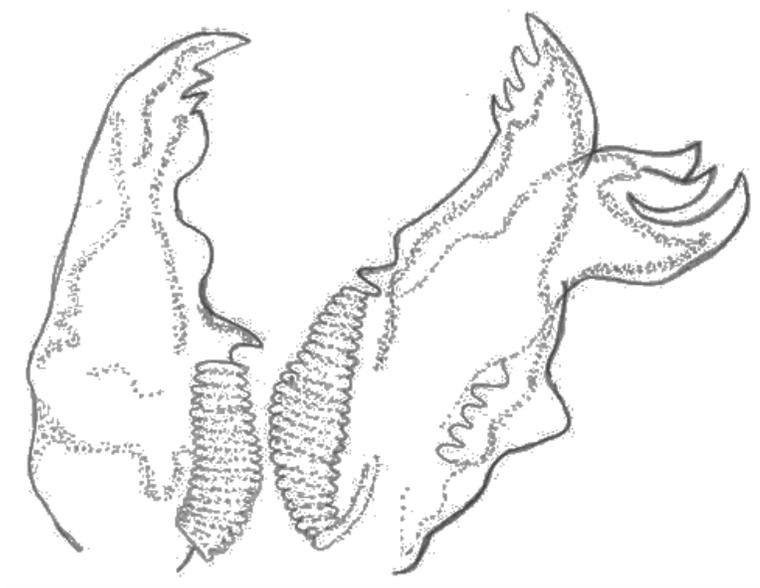


Figura 4. Aparato bucal masticador con las dos mandíbulas y una de las maxilas.

4. No presentan pseudocelos en el cuerpo. Tienen corneolas. El órgano sensorial del III antenito está formado sólo por sensilas. El OPA está formado por varias vesículas (figura 5). La fúrcula se encuentra generalmente reducida.....(**Hypogratruridae**)

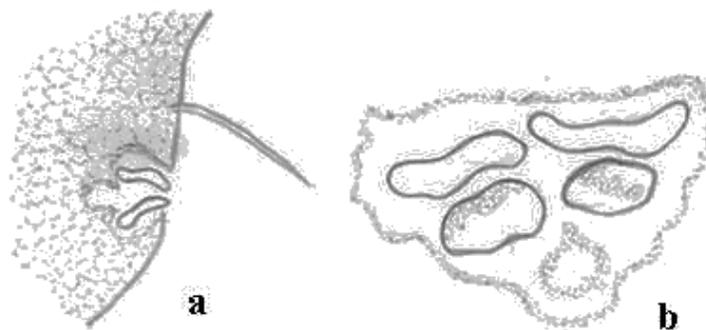


Figura 5. a) Órgano sensorial del III antenito formado solo por sensilas. b) OPA formado por 4 vesículas.

- 5. Con mandíbulas y maxilas.....6
- 5' Sin una o ambas mandíbulas.....7
- 6. Las maxilas son estiliformes..... **(Neanuridae)**
- 7. Presencia de una sola mandíbula y esta no tiene placa molar dentada. OPA formado por una sola vesícula. Antenas cónicas (figura 6). La fúrcula es corta y el mucrón presenta algunas láminas oblicuas (Lamelado).....**(Odontellidae)**
- 7' Ausencia de ambas mandíbulas. Las maxilas son cuadrangulares y presentan varios dientes.....**(Brachystomellidae)**

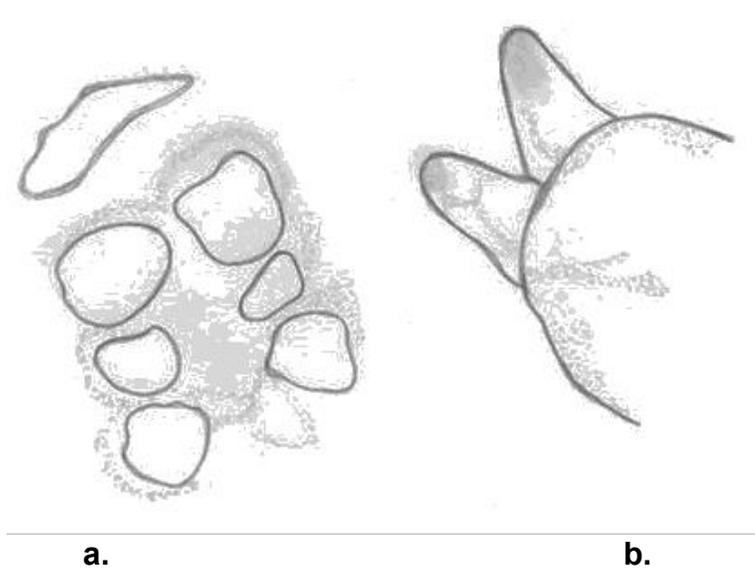


Figura 6. a) OPA elíptico acompañado por seis corneolas. b) Derecha antenas cónicas.

- 8. Cuerpo cubierto de sedas simples o de manera excepcional unilateralmente ciliadas. El OPA es simple. El IV segmento abdominal es similar en longitud al III segmento (figura 7).....**(Isotomidae)**
- 8' Cuerpo cubierto por sedas muy pilosas, con o sin escamas.....9

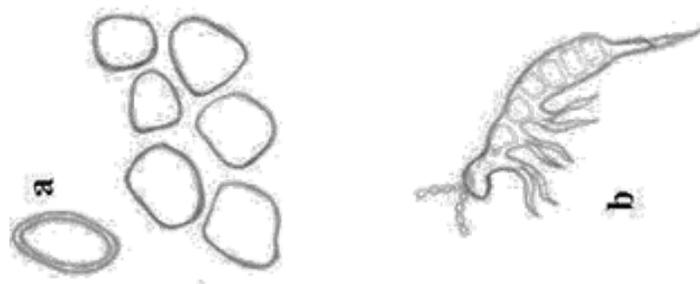


Figura 7. a) OPA simple acompañado por seis corneolas. b) Isotomidae.

9. Mucrón corto, con 1 ó 2 dientes (figura 8) y puede o no tener una espina basal.....(Entomobryidae)
 9' Mucrón de otra forma.....10



Figura 8. Tipos de mucrones presentes en Entomobryidae.

10. Mucrón alargado.....11
 10' El mucrón es más pequeño que los dentes, es glabro y cuadrangular o rectangular con un número variado de dientes (Figura 9c). La fúrcula se encuentra bien desarrollada, los dentes son lisos y cuentan con dos filas de espinas (figura 9a). No tienen OPA. Individuos con el cuerpo cubierto por sedas multiciliadas y escamas ovoides o truncadas (figura 9b), en la mayoría de los casos. El IV segmento abdominal suele ser más de tres veces la longitud del III segmento.
(Paronellidae)

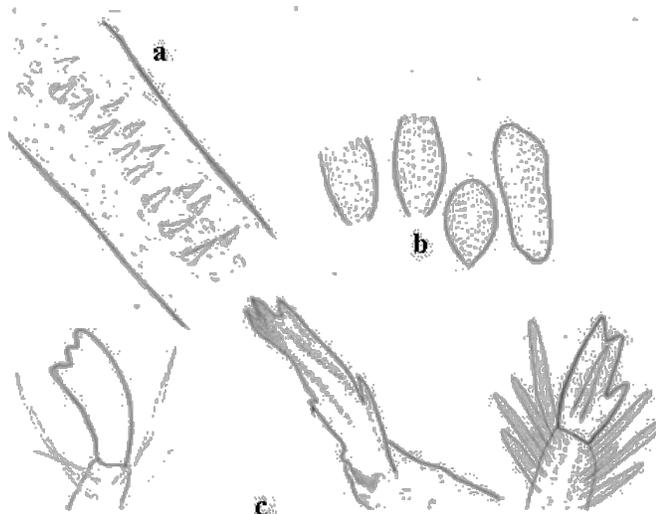


Figura 9. a) dentes lisos con espinas. b) escamas truncadas y ovoides. c) tipos de mucrones en Paronellidae

11. Cuerpo cubierto por sedas muy pilosas y escamas fuertes. El IV segmento abdominal no es más de dos veces la longitud del III segmento. La fúrcula es muy desarrollada, en los dentes se pueden presentar sedas plumosas y/o escamas o espinas. Mucrón tan largo o más que los dentes con un número variable de dientes (figura 10)..... **(Oncopoduridae)**
- 11' Cuerpo cubierto o no de escamas y sedas multiciliadas. Los dentes no presentan espinas ni dientes, pero con frecuencia ostentan dos filas de escamas ciliadas, el mucrón es cilíndrico y largo con un número variable de dientes..... **(Cyphoderidae)**
- 11'' El cuerpo esta recubierto de escamas. El IV antenito es más pequeño que el III. El IV segmento abdominal es más pequeño que el III segmento abdominal. El mucrón presenta varias sedas (figura 11)..... **(Tomoceridae)**

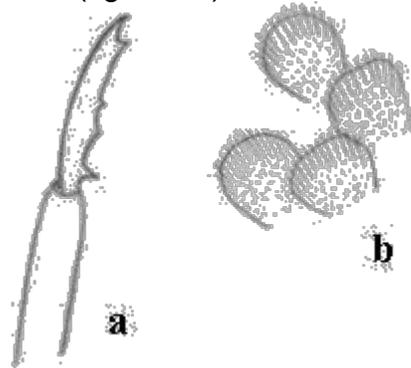


Figura 11. a) Mucrón alargado con varios dientes. b) Escamas truncadas fuertemente estriadas.

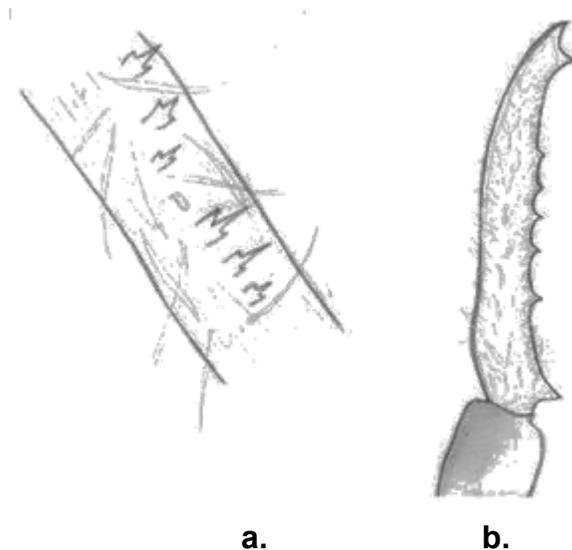


Figura 12. a) dientes lisos con espinas tridentadas. b) mucrón alargado pubescente con varios dientes.

12. Antenas acotadas entre los antenitos tres y cuatro, siendo el IV más largo. Colóforo corto.....13
 12' Antenas acotadas entre los antenitos dos y tres, siendo el IV antenito más corto que el III. Colóforo muy largo..... (**Dicyrtomidae**)
 13. Los machos tienen antenas simples. Los segmentos abdominales V y VI no están fusionados. Las hembras tienen apéndices anales (figura 12).....14
 13' Los machos tienen las antenas modificadas para la cópula, presentando una acotación especial entre el antenito dos y tres (figura 13), haciéndolas prénsiles, el IV antenito es de mayor tamaño y con frecuencia se encuentra anillado o subdividido. Colóforo relativamente corto. Los segmentos abdominales V y VI están fusionados. Las hembras no tienen apéndices anales..... (**Sminthuridae**)
 14. Trocánteres metatorácicos sin órgano trocanteral.....15
 14' Trocánteres metatorácicos con órgano trocanteral. Los individuos adultos tienen papilas dentales. Carecen de tenenthairs..... (**Arrhopalitidae**)



Figura 12. Apéndices anales



Figura 13. Modificación del II y III antenito en Sminthuridae

15. Mucrón crenulado simétrico (figura 14). Tricobotrias del gran abdomen formando un triángulo equilátero con el ángulo abierto hacia atrás. Generalmente no tienen tenenthairs, cuando los presentan nunca son capitados.. (**Sminthuridae**)
 15' Mucrón espatulado. Disposición en línea recta de las tricobotrias del gran abdomen. Tenenthairs capitados (figura 15)..... (**Bourletiellidae**)

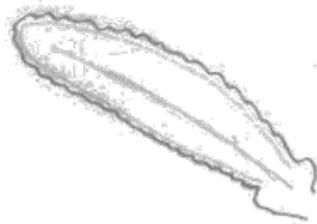


Figura 14. Mucrón crenulado.

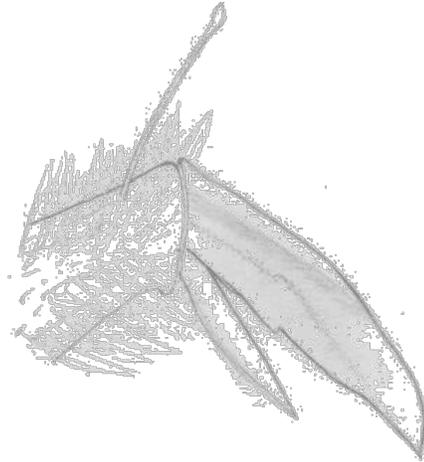


Figura 15. Tenenthair capitado

8.5. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

8.5.1 CURVA DE ACUMULACIÓN DE FAMILIAS DE COLLEMBOLA EN NORUEGA ALTA

Representa el número de familias acumuladas en el estudio, frente al esfuerzo de muestreo empleado. La forma de esta curva puede variar en función del orden en el que se adicionan las muestras, por ello fue necesario aleatorizar (100 veces) el orden de entrada de las unidades de esfuerzo de muestreo (n) y el número medio de familias (fn) calculado para los valores de n comprendidos entre uno (1) y el número total de unidades de esfuerzo (36) a través del programa EstimateS 6.0 b1 (Colwell, 1997). Las unidades de esfuerzo de muestreo tomadas para la realización de la curva, corresponden a cada uno de los tipos de trampa empleados en cada uno de los seis cuadrantes (subunidades de muestreo) en los dos meses evaluados (abril y mayo) así:

$$\begin{array}{rclclcl}
 3 \text{ Tipos de trampa} & & \times & 6 \text{ Cuadrantes} & & \times & 2 \text{ Meses} & = & \mathbf{36} \\
 (\text{Berlesse, Manual y Pitfall}) & & & (\text{A, B, C, D, E, F}) & & & (\text{Abril y Mayo}) & & \mathbf{\text{Unidades}} \\
 & & & & & & & & \mathbf{\text{Esfuerzo}}
 \end{array}$$

Con las 36 unidades de esfuerzo se realizó una matriz de datos basada en la incidencia de las familias de Collembola. Con el número de muestras y el número de familias promedio acumuladas se realizó una estimación no lineal usando el modelo de Clench a través del programa Statistica 8 de StatSoft. El modelo de Clench:

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

Donde,

a = tasa de incremento de nuevas familias al comienzo del inventario, por lo tanto representa el valor de “y” cuando “x” vale cero.

b = pendiente, o el incremento de “y” por cada unidad de “x”.

n = número de unidades de esfuerzo.

La ecuación de Clench es el modelo más utilizado y ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de las situaciones reales y para con la mayoría de los taxones (Araneae: Jiménez- Valverde & Lobo, 2004. Sphingidae: León-Cortes *et al.*, 1998. Papilionoidea & Hesperioidea: Soberón & Llorente, 1993; Hortal *et al.*, 2004; Jiménez-Valverde *et al.*, 2004. Heterocera: Ricketts *et al.*, 2002. Chiroptera: en Moreno & Halffter, 2000).

La función de Clench se ajusto mediante el uso de métodos iterativos, con el algoritmo de Simplex & Quasi-Newton el cual esta basado en la primera y segunda derivada de la Loss Function (función que describe el error en el ajuste del modelo a los datos observados), obteniendo los siguientes resultados (tabla 6):

Tabla 6. Resultados de la curva de acumulación de familias ajustada al modelo de Clench para un bosque alto andino de Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca.

Coeficiente de Determinación	Parametros de la Curva		Pendiente de la Curva	Proporcion de Fauna Muestreada	Esfuerzo de Muestreo para el 99%
97,492%	A	B	0.02666	97%	253.97
	6,026631	0,389822			

8.5.1.1. Coeficiente de determinación

Es una medida descriptiva de la proporción de varianza de la función de Clench. Un coeficiente de determinación de 97.4% (tabla 6) cerca al 100% indica que el modelo de Clench se ajusta a los datos observados acumulados en las unidades de esfuerzo. En general, para la ecuación de Clench, a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza son estables (Hortal & Lobo, en Jimenez & Hortal, 2003).

8.5.1.2. Valores observados, calculados y residuos del número de familias acumuladas en las unidades de esfuerzo

Además del coeficiente de determinación para validar el ajuste del modelo de Clench a los datos observados en la vereda Noruega Alta, se puede usar el análisis visual de los residuos, es decir, la diferencia entre los datos observados en el campo y los datos calculados por el modelo de Clench en el programa Statistic 8.0, en este análisis, en cuanto menor sea el residuo mayor es el ajuste del modelo a los datos reales validando el modelo usado. Para la última unidad muestral (36) el valor del residuo es 0,258394 indicativo de la alta afinidad del modelo con los datos colectados (tabla 7).

Tabla 7. Analisis Visual de los Residuos

U. Esfuerzo	Observados	Calculados	Residuos
1	5,55000	4,33626	1,213738
2	7,48000	6,77285	0,707148
3	8,68000	8,33380	0,346198
4	9,43000	9,41924	0,010765
5	9,88000	10,21772	-0,337717
6	10,36000	10,82975	-0,469752
7	10,73000	11,31382	-0,583817
8	11,16000	11,70625	-0,546249
9	11,50000	12,03082	-0,530817
10	11,89000	12,30372	-0,413724
11	12,19000	12,53640	-0,346395
12	12,47000	12,73712	-0,267117
13	12,71000	12,91205	-0,202048
14	12,88000	13,06586	-0,185859
15	13,08000	13,20216	-0,122157
16	13,21000	13,32377	-0,113772
17	13,33000	13,43296	-0,102955
18	13,46000	13,53152	-0,071520
19	13,56000	13,62094	-0,060944
20	13,68000	13,70244	-0,022442
21	13,83000	13,77702	0,052977
22	13,94000	13,84553	0,094468
23	14,00000	13,90000	0,100000
24	14,09000	13,96708	0,122923
25	14,17000	14,02124	0,148765

Tabla 7. Analisis Visual de los Residuos. *Continuación.*

24	14,09000	13,96708	0,122923
25	14,17000	14,02124	0,148765

26	14,21000	14,07160	0,138398
27	14,27000	14,11856	0,151439
28	14,34000	14,16245	0,177552
29	14,39000	14,20355	0,186446
30	14,44000	14,24214	0,197865
31	14,47000	14,27842	0,191582
32	14,52000	14,31260	0,207399
33	14,56000	14,34486	0,215138
34	14,61000	14,37536	0,234642
35	14,67000	14,40423	0,265769
36	14,69000	14,43161	0,258394

8.5.1.3 Parámetros de la curva

Los parámetros de la curva obtenidos mediante el modelo de Clench se presentan en la tabla 6, donde “a” es igual a 6.02, este valor representa la tasa de incremento de nuevas familias cuando se empezó el estudio, es decir el valor de “y” cuando “x” es igual o se acerca a cero, “b” corresponde a 0.38, este valor representa el incremento o disminución en el número de familias (“y”) por cada unidad muestral (“x”), esto significa que 0.38 es el número probable de familias que se pueden adicionar al inventario en la vereda Noruega Alta, por la adición de una unidad de esfuerzo muestral (15 trampas pitfall, 3 Berlesse-Tulgren o 2 horas de recolección manual).

8.5.1.4. Pendiente de la curva de Clench

Se obtiene de la primera derivada de la función ajustada del modelo de Clench, la expresión de la derivada de la ecuación de Clench es:

$$a/(1+b \cdot n)^2$$

Donde

a = tasa de incremento de nuevas familias al comienzo del inventario.

b = pendiente, o el incremento de “y” por cada unidad de de “x”.

n = número de unidades de esfuerzo.

Reemplazando,

$$p = a / (1+b*n)^2$$

$$p = 6.026631 / (1 + (0.389822*36))^2$$

$$p = 0.02666$$

Para la ecuación de Clench, el muestreo puede considerarse suficientemente fiable, a pesar de ser aún incompleto, cuando la pendiente se hace aproximadamente <0,1 (Hortal & Lobo, en Jimenez & Hortal, 2003). Esta pendiente de 0.026 indica que el muestreo realizado en el presente estudio es bastante completo.

8.5.1.5. Proporción de Fauna registrada

$$F \text{ obs} / (a/b)$$

Donde,

F obs = número de familias observadas.

a = tasa de incremento de nuevas familias al comienzo del inventario.

b = pendiente, o el incremento de "y" por cada unidad de de "x".

Reemplazando:

$$F \text{ obs} / (a/b)$$

$$15 / (6.02663 / 0.389822)$$

$$0.97 = 97\%$$

Esto significa que se muestreo el 97% de las familias de la clase Collembola presentes en el área de estudio de 0.3 hectáreas en la vereda Noruega Alta, validando el esfuerzo de muestreo utilizado durante el presente estudio y estandarizando una posible metodología de inventariado para registrar la fauna de la clase Collembola en bosque alto andino de características ecofisiográficas similares. Es por esta misma razón, que no se montan e identifican los muestreos correspondientes a los meses de Junio y Julio al no existir probabilidades altas de encontrar nuevas familias con dicho esfuerzo de colecta.

8.5.1.6. Esfuerzo de muestreo para registrar el 99% de la fauna de Collembolos en el area de estudio

$$n_q = q/[b \cdot (1-q)]$$

Donde,

q= proporción determinada de fauna que queremos registrar
b= pendiente, o el incremento de “y” por cada unidad de de “x”.

Reemplazando:

$$n_q = 0.99 / (0.389822(1-0.99))$$

$$n_q = 253.97$$

Ello significa que se necesitan 217 unidades de esfuerzo más (253 – 36) para tan solo subir dos puntos en la eficacia del estudio. Esta cifra tan desproporcionada se da porque a medida que el inventario se va completando, se va haciendo cada vez menos frecuente registrar la presencia de una familia nueva, por lo que la pendiente de la curva decrece. A la vez, según esta pendiente va disminuyendo, es necesario un esfuerzo de muestreo cada vez mayor para añadir un número significativo de familias al inventario, y por lo tanto, el balance entre los costes (esfuerzo adicional) y las ganancias (número de nuevas familias) se va haciendo cada vez menos favorable (Jimenes & Hortal, 2003), es por esta situación que las unidades de esfuerzo de muestreo correspondientes a los meses de junio y julio no fueron montadas, ni identificadas hasta el nivel de familia y por ende no son incluidas en el tratamiento estadístico.

8.5.1.7. Curva de acumulación de familias de Collémbolos en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca

La curva de acumulación de familias de los meses de abril y mayo obtenida por ajuste del modelo de Clench (figura 16), muestra que la fauna fue inventariada casi en su totalidad, estando solo 0.71 familias por debajo de la asintota (15.4 familias) y registrando un 97% de la fauna de Collémbolos de la región de estudio. Las familias que pueden faltar aún por encontrar serán probablemente familias localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad de territorio estudiada (Moreno & Halffter, 2000).

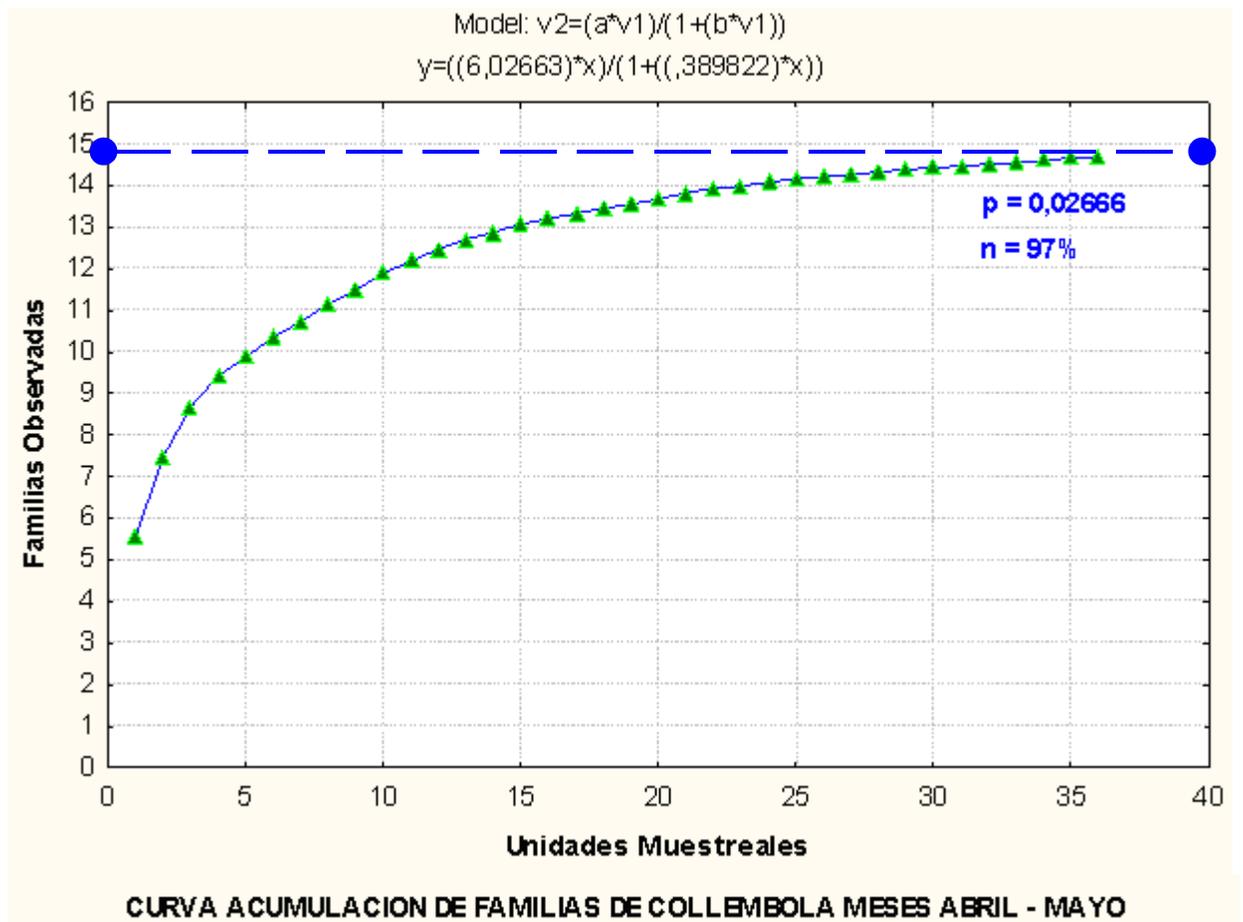


Figura 16. Curva de acumulación de familias de Collembola de abril y mayo de 2006 de bosque secundario alto andino en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca. Cada unidad muestral consistió en uno de los 3 tipos de trampa de cada cuadrante de los 2 meses evaluados. Se ajustó la ecuación de Clench a la curva de colecta ($F_{obs}=15$; $R_2=0.9749$; $a/b=15.4$: asíntota de la curva, línea punteada azul; $p=0.02$, $n=97\%$).

8.5.2. Índices de diversidad de familias de Collembola en Noruega Alta.

Se evaluó la biodiversidad de la Clase Collembola a nivel de familia hallando los índices de diversidad alfa y beta, no se usó un taxa más específico ya que no todos los individuos montados fueron identificados hasta el nivel de género, debido a restricciones metodológicas como la ausencia del equipo propicio para este fin, al igual que, las dificultades generadas al trabajar con taxas de tamaño corporal reducido, lo que suele generar un aumento en la proporción de morfoespecies, incrementando así significativamente el número de horas de trabajo requeridas para procesar las muestras (Lawton *et al.*, 1998); por otro lado, trabajar con diversidad basada en la riqueza de taxones superiores como el nivel de familia,

acelera las investigaciones y reduce costos (Giraldo, 2002), además la riqueza de familias ha resultado ser un buen predictor de la riqueza de especies, para una amplia variedad de grupos taxonómicos en diferentes regiones del planeta (Williams & Gaston, 1994). El uso de este tipo de predictores de riqueza usando taxones de alto rango debería merecer una mayor atención como aproximación metodológica de la biodiversidad, debido a la ausencia de inventarios exhaustivos para la casi totalidad de grupos de artrópodos en las diferentes regiones del globo (Piera, 2000) y en especial de regiones megadiversas como Colombia donde es urgente tomar medidas de manejo ambiental.

Para la diversidad alfa se midió riqueza específica a través del índice de Margalef y estructura, utilizando índices de abundancia proporcional por medio de los criterios de dominancia y equidad, usando los índices de Simpson y Shannon-Wiener respectivamente. Para la diversidad beta se utilizó un índice de reemplazo de especies como el índice de Whittaker y se halló Complementariedad.

A partir de los datos obtenidos por los índices se evaluaron tres aspectos ecológicos:

1. Gradiente de modificación ambiental, a través de la comparación de los índices alfa y beta enfrentando los resultados de cada uno de los diferentes fragmentos de tipo de vegetación y uso del suelo representados en el estudio en los dos meses de colecta: cultivo de mora (cuadrante A), pastizal de kikuyo (cuadrante B), zona de transición (cuadrante C), bosque abierto río arriba (cuadrante D), bosque cerrado (cuadrante E) y bosque abierto río abajo (Cuadrante F). Los dos primeros cuadrantes representan ambientes transformados antrópicamente al igual que el C, pero en menor impacto, y los últimos tres cuadrantes (D-E-F) ambientes naturales con poca o ninguna transformación antrópica; con el fin de evaluar el impacto antrópico y el uso del suelo sobre la fauna de Collémbolos.
2. Gradiente de modificación temporal, a través de la comparación de los índices alfa y beta enfrentando los resultados de los meses de abril y mayo con el fin de evaluar la influencia climática (humedad, temperatura y pluviosidad) sobre la fauna de la clase Collémbola.
3. Gradiente zona de transición, a través de la comparación de los índices alfa y beta enfrentando los resultados de los meses de abril y mayo del cuadrante C (zona de transición) dividido por cada uno de los transectos realizados: margen 1 (lado pastizal), margen 2 (centro, zona de transición) y margen 3 (lado bosque); con el fin de evaluar el impacto de la conversión de ecosistemas sobre la fauna de la clase Collembola.

8.5.2.1 Gradiente de modificación ambiental

Para el gradiente de modificación ambiental donde se evaluó el uso del suelo y el efecto antrópico sobre la fauna de Collémbolos partiendo de cada una de las subunidades de esfuerzo (cuadrantes), se encontró que el cuadrante con mayor riqueza fue el bosque abierto río arriba ($D_{Mg} = 1.74$) y el menor fue el cultivo de mora ($D_{Mg} = 1.2$) (figura 17). El cuadrante con la mayor equidad corresponde al pastizal de kikuyo y zona de transición ($H' = 1.17$), el menor ($H' = 1.12$) corresponde al cultivo de mora (figura 18). La dominancia obtuvo su mayor puntuación en el cultivo de mora ($2.66 = \lambda$) y el menor lo obtuvo el bosque abierto río abajo ($2.22 = \lambda$) (figura 19) (tabla 8). A partir de los estimadores basados en el número de familias representadas por 1 o 2 individuos en el muestreo, según los datos de abundancia e incidencia se obtuvo: 0.7 familias representadas por un sólo individuo (Singletons), 1.49 familias representadas por dos individuos (Doubletons), 1.34 familias presentes en sólo una muestra (Uniques) y 1.93 familias presentes en dos muestras (Duplicates); estos estimadores se basan en el supuesto de que en la naturaleza no existen individuos, sino poblaciones, indicando que al existir un número elevado de estos valores, el esfuerzo de muestreo o el número de repeticiones ha sido insuficiente (Villareal *et al.*, 2006), pero los valores obtenidos durante este estudio, son bajos y como se verificó en la curva de acumulación de familias, se colectó el 97% de la fauna colembológica en bosque alto andino, de la vereda Noruega Alta.

El índice de diversidad Alfa (Margalef) indica que los ambientes con mayor riqueza específica corresponden a aquellos con una actividad antrópica leve o moderada (zona de transición, bosque abierto río arriba, bosque cerrado, bosque abierto río abajo), a pesar de ello todos los valores son inferiores a 2.0, estos valores suelen relacionarse con zonas de baja densidad, en general por efectos antropogénicos, mientras que valores superiores a 5.0 son indicativos de alta diversidad. Dado que el índice de Margalef transforma el número de taxas por muestra a una proporción en la cual el número de taxas (familias) crece con la expansión de la muestra (Moreno *et al.*, 2000) es posible que los valores sean bajos como resultado del gran tamaño de la muestra (miles de individuos) respecto del número limitado de familias (15 en total) y no solamente a la actividad antropogénica presente en el área de estudio, sin embargo, en suelos cultivados donde se usa fertilizantes químicos suelen existir densidades menores de Collémbolos que en suelos de sistemas naturales o seminaturales (Hendrix *et al.*, 1986; Krogh, 1994; Lagerlof & Andren, 1991; Petersen, 2000) que podrían justificar la mayor riqueza en los microhábitats levemente modificados, evaluados en el área de estudio (zona de transición, bosque abierto río arriba, río abajo y bosque cerrado).

Los mayores valores de equidad (H') fueron obtenidos en pastizal (cuadrante B) y en zona de transición (cuadrante C), indicando que en estos cuadrantes el número de individuos colectados están regularmente distribuidos entre todas las familias. A pesar de esto, las diferencias en los valores de todos los cuadrantes no fueron significativas, indicando que el valor relativo de importancia de cada familia es

comparativamente uniforme dentro de toda el área de estudio, exceptuando el cultivo de mora (cuadrante A) que obtuvo el valor más bajo (1.12). Para la valoración de este índice se considera que valores cercanos a "0" indican una baja complejidad de la comunidad y valores cercanos a "4" si la complejidad de la comunidad es alta, así que con 15 familias representadas disparmente dentro del área de estudio, la complejidad del bosque secundario alto andino en cuanto a la fauna de Collémbos es media.

Los mayores valores de dominancia (λ) presentes en el cultivo de mora se manifiestan por la gran representatividad de la familia Isotomidae dentro de este cuadrante, con un total de 2493 individuos frente a 156 especímenes de Hypogastruridae, que fue la segunda familia más abundante dentro de dicho cultivo. En este caso, a medida que la dominancia se incrementa la diversidad decrece, puesto que se considera más rico un ecosistema con distribuciones relativas similares de sus especies aunque estas sean limitadas, que ecosistemas con un mayor número de especies donde algunas de ellas posean una gran abundancia (Moreno, 2001), teniendo en cuenta que para una riqueza dada, la dominancia (λ) aumenta con la equidad, y para una equidad dada, la dominancia se incrementa con la riqueza (Villareal *et al.*, 2006). Así que, el cultivo de mora, a pesar de ser una comunidad rica por poseer 11 familias, (sólo superado por el bosque cerrado río abajo, con 12 familias); pero al ser poco equitativa, tiene un índice de diversidad alfa menor que, una comunidad menos rica en familias, pero mucho más equitativa, como la zona de transición, donde se recolectaron 10 familias, pero que, al ser altamente equitativa, supera la riqueza específica del cultivo de mora. El gran número de Isotomidos hallados en el cultivo de mora puede deberse a que la abundancia de Collémbolos se ve favorecida en suelos árticos, suelos en estados tempranos de sucesión y en suelos perturbados (Petersen, 2001) sin embargo se sabe que el peso promedio por individuo, y consecuentemente la biomasa total de la población de collembola es más baja en suelos cultivados que en suelos no cultivados según los estudios revisados por Petersen (1994), aun así, partiendo de las estimaciones más altas realizadas en suelos naturales, donde se ha encontrado cerca de 100.000 individuos por metro cuadrado, estos mismos valores han sido registrados para campos de alfalfa (Naglitsch, 1963) y en tierras agrícolas cultivadas orgánicamente (Petersen, 2001) donde el laboreo del cultivo es poco intenso, condición presente en el cultivo de mora evaluado, donde los únicos jornales realizados están relacionados con la siembra de estacas, la cosecha de la mora, la aspersion de gallinaza y la fumigación esporádica con plaguicidas; además recientemente, se encontró en cultivos de Maíz (*Zea mays*) en Tolima-Colombia, que el efecto de insecticidas como Clorpirifos sobre artropodos no blancos del suelo, genera sobre las comunidades de Collembola un incremento poblacional 1.7 veces mayor, en los cultivos tratados con insecticida, que aquellos sin dicho tratamiento (Mojocoa, 2004).

Tabla 8. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto andino en Noruega Alta, Sivilandia, Cundinamarca, en el Gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo.

Samples	Sobs	Individuals	Singletons	Doubletons	Uniques	Duplicates	Alpha (M)	Shannon	Simpson
A	10.44	1469.05	1.84	1.2	10.44	0	1.56	1.12	2.66
B	12.17	2726.78	1.93	1.3	3.57	8.6	1.66	1.17	2.56
C	13.24	4115.33	1.66	1.44	3.07	2.42	1.71	1.17	2.39
D	13.98	5471.13	1.36	1.49	2.47	2.65	1.74	1.16	2.29
E	14.2	6791.43	0.94	1.38	1.74	2.47	1.72	1.15	2.25
F	14.44	8279.34	0.7	1.26	1.34	1.93	1.71	1.15	2.22

DIVERSIDAD ALFA POR SUBUNIDADES DE PAISAJE

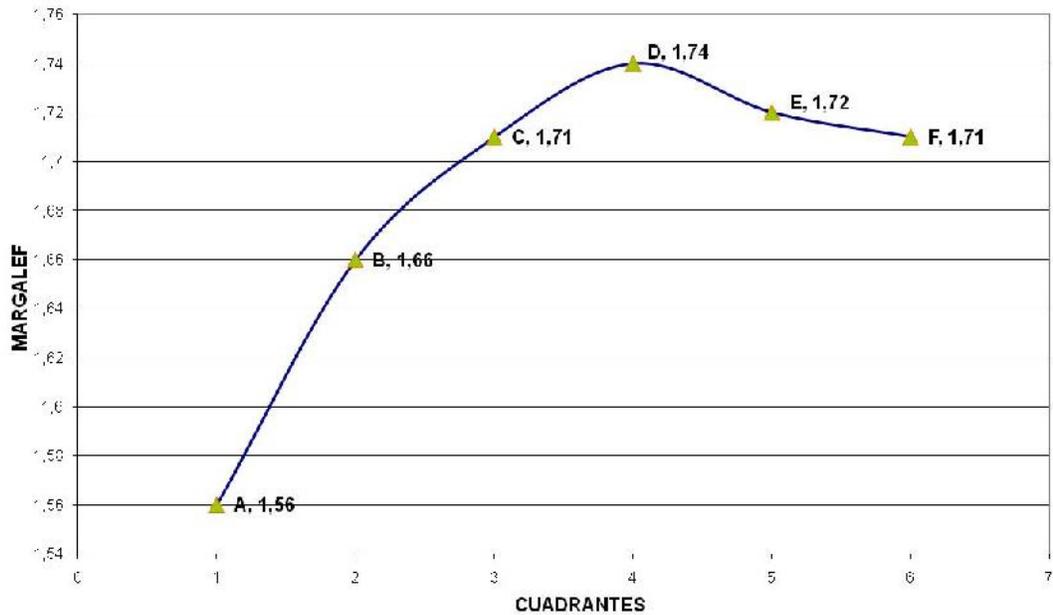


Figura 17. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental.

EQUIDAD POR SUBUNIDADES DE PAISAJE

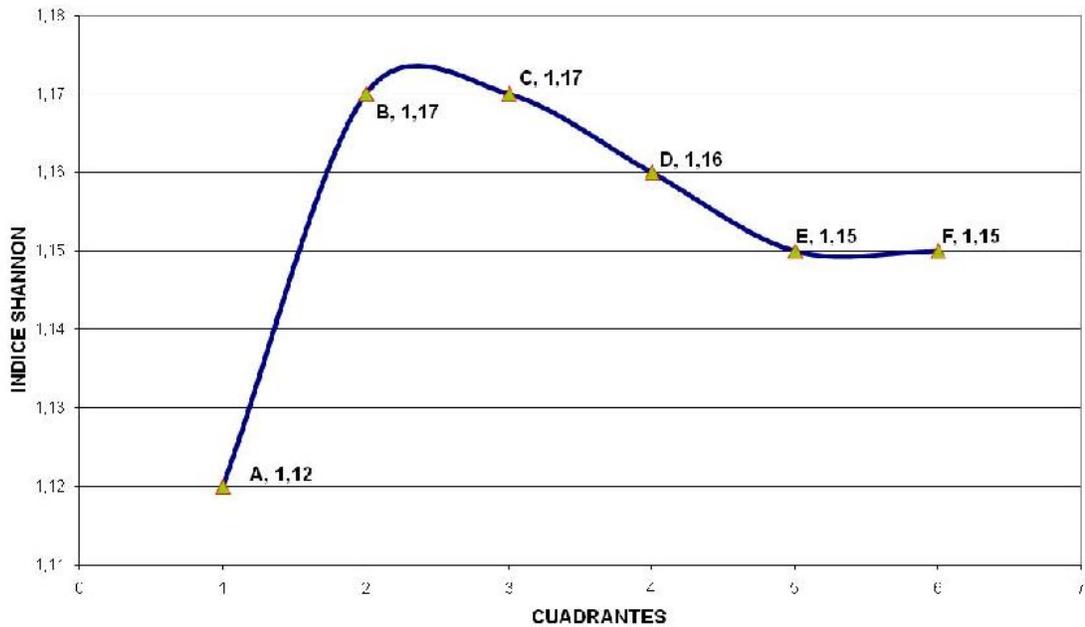


Figura 18. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental.

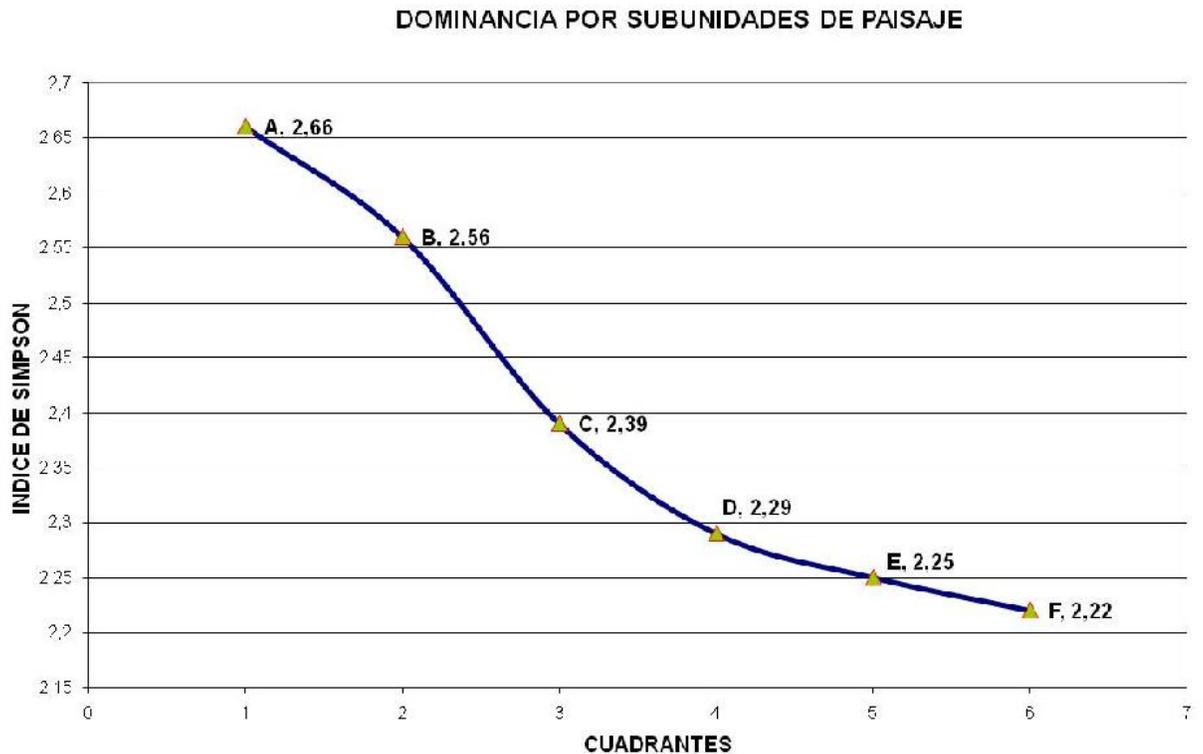


Figura 19. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental.

El índice de reemplazo de especies de Whittaker (β) se obtuvo de dos formas: una de ellas, dividiendo el número total de familias de una muestra pareada de subunidades de paisaje entre la diversidad alfa promedio de dichas subunidades, así el índice alcanza valores entre uno y dos (tabla 4, ecuación 1); la segunda de ellas, se hizo, para hacer comparable la medida con la Complementariedad obteniendo valores entre 0 y 100%, cero cuando son idénticas y 100 cuando son completamente distintas (tabla 4, ecuación 2).

Así, el mayor valor para el índice de Whittaker (β), es decir, el mayor reemplazo de familias entre hábitats, lo obtuvieron las muestras pareadas: cultivo de mora-zona de transición y cultivo de mora-bosque abierto río arriba ($\beta=33.3\%$), el menor valor las alcanzaron las muestras pareadas zona de transición-bosque cerrado ($\beta=5.26\%$) (tabla 9).

Tabla 9. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo.

<i>Samples/Indices</i>	<i>B</i>		<i>C</i>		<i>D</i>		<i>E</i>		<i>F</i>						
	<i>W</i>	<i>C</i>													
<i>A</i>	1.26	14.2%	25%	1.47	33.3%	50%	1.47	33.3%	50%	1.44	30%	46.1%	1.33	21.7%	35.7%
<i>B</i>			1.44	30%	46.1%	1.44	30%	46.1%	1.41	26.3%	41.6%	1.4	27.2%	42.8%	
<i>C</i>					1.22	10%	18.1%	1.18	5.26%	10%	1.3	18.1%	30.7%		
<i>D</i>							1.29	15.7%	27.2%	1.3	18.1%	30.7%			
<i>E</i>									1.26	14.2%	25%				

* Índice de Whittaker (W); Complementariedad (C).

Esto indica que las comunidades más similares en su distribución son las muestras pareadas: cultivo de mora-pastizal de kikuyo, zona de transición-bosque cerrado y bosque abierto río arriba-bosque abierto río abajo, mostrando la influencia de la cercanía geográfica y la actividad del suelo sobre la distribución de la fauna de Collémbolos (figura 20); las características ecológicas de las comunidades de Collémbolos también afectan su distribución, ya que las comunidades epiedáficas-hemiedáficas mayormente representadas en las subunidades naturales o seminaturales (C-D-E-F) y las comunidades eudáficas mejor representadas en las subunidades modificadas o perturbadas (A-B) se ven fuertemente influenciadas por el nivel de transformación de sus ecosistemas, encontrando que las comunidades eudáficas se ven favorecidas por la polución mientras que las epiedáficas-hemiedáficas se ven desfavorecidas (Petersen, 2001), traduciéndose esto en las distribuciones dispares de la fauna de Collembola dentro del área de estudio, y por ello presentándose mayor variación o reemplazo de familias entre los cuadrantes perturbados y los cuadrantes conservados o semiconservados, sin dejar de lado el distanciamiento geográfico como se evidencia en las muestras pareadas: cultivo de mora-zona de transición, cultivo de mora-bosque abierto río arriba, cultivo de mora-bosque cerrado, pastizal de kikuyo-zona de transición y pastizal de kikuyo-bosque abierto río arriba. La muestra pastizal de kikuyo-zona de transición debe tener una consideración especial pues son cuadrantes geográficamente colindantes y no cumplen la condición de lejanía geográfica para explicar su distinta distribución, esto se da por la transición de microhábitats existente en el cuadrante C, generando que el área de lindero se sobreponga en el ecotono circundante (en este caso el pastizal de Kikuyo) generando mayor reemplazamiento de familias que en las áreas adyacentes.

La mayor Complementariedad (C_{AB}) fue para las muestras pareadas: cultivo de mora-zona de transición y cultivo de mora-bosque abierto río arriba ($C_{AB} = 50\%$) y el menor porcentaje ($C_{AB} = 10\%$) fue para zona de transición-bosque cerrado (tabla 9). El análisis visual de la diversidad beta mediante correlación de Bray-Curtis Cluster Analysis evidencia que los cuadrantes más cercanos geográficamente son los que muestran una similitud más marcada en la fauna (figura 20), comportamiento que puede observarse igualmente en los mapas de distribución de cada orden (anexos 5-6-7).

La complementariedad midió el grado de diferencia en la composición de familias entre cada una de las subunidades de paisaje, calculando el porcentaje de familias exclusivas de cada muestra pareada de cuadrantes; de modo tal que, las comunidades más ricas en diversidad beta fueron los microhábitats: cultivo de mora-zona de transición, cultivo de mora-bosque abierto río arriba, cultivo de mora-bosque cerrado, pastizal de kikuyo-zona de transición y pastizal de kikuyo-bosque abierto río arriba, mientras que las comunidades más pobres en diversidad beta fueron los microhábitats: zona de transición-bosque cerrado y zona de transición-bosque abierto río arriba; mostrando una vez más la influencia de la

cercanía geográfica y la naturaleza ecológica de las comunidades de Collembola sobre el reemplazamiento y distribución de las familias de la clase (figura 20).

Tras calcular los índices de diversidad ponderada como la varianza de cada una de las muestras (tabla 10) y realizar la prueba de Student para las hipótesis H_0/H_1 de gradiente de modificación ambiental, para las muestras pareadas por cuadrantes observadas (tabla 11), se aceptó la hipótesis alterna con una significancia del 5%, por lo tanto el gradiente ambiental, como variable ecológica, considerado a través del uso del suelo y la actividad antrópica, afectó las poblaciones de Collémbolos, tras realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de Collembola colectadas, existiendo diferencias significativas entre dichas poblaciones para cada microhábitat antrópico o natural, esta hipótesis se aceptó para las muestras pareadas: cultivo de mora-zona de transición, cultivo de mora-bosque abierto río arriba, cultivo de mora-bosque cerrado, cultivo de mora-bosque abierto río abajo, pastizal de kikuyo-zona de transición, pastizal de kikuyo-bosque abierto río abajo (tabla 12).

Se acepta la hipótesis nula con una significancia del 5%, para las muestras pareadas: cultivo de mora-pastizal de kikuyo, pastizal de kikuyo-bosque abierto río arriba, pastizal de kikuyo-bosque cerrado, zona de transición-bosque abierto río arriba, zona de transición-bosque cerrado, zona de transición-bosque abierto río abajo, bosque abierto río arriba-bosque cerrado, bosque abierto río arriba-bosque abierto río abajo y bosque cerrado-bosque abierto río abajo (tabla 12); concluyendo que el gradiente ambiental, como variable ecológica, considerado a través del uso del suelo y la actividad antrópica, no afectó las poblaciones de Collémbolos, tras realizar estimativos sobre la diversidad, abundancia y riqueza de las familias de dicha clase, no existiendo diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos para cada microhábitat antrópico o natural.

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

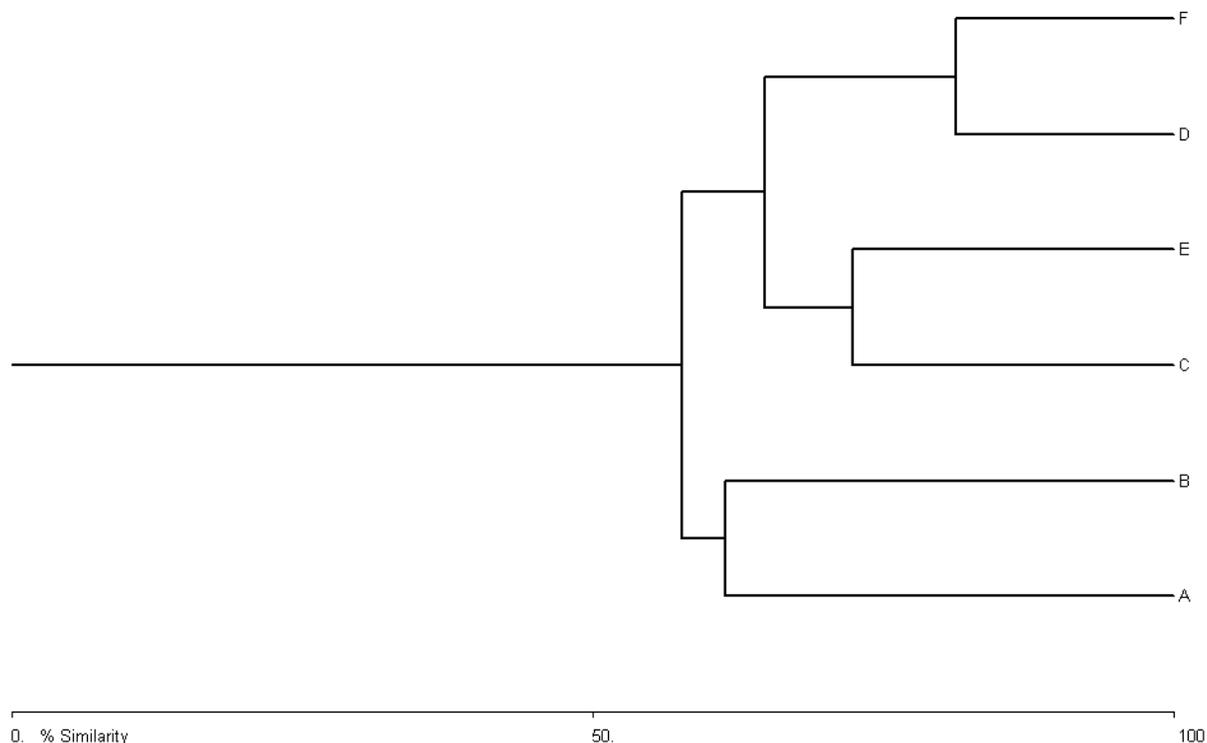


Figura 20. Árbol de diversidad Beta para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental por cuadrantes durante los meses de abril y mayo – Bray Curtis Cluster Analysis. Análisis de grupos de Bray-Curtis, muestra el porcentaje de similitud de las subunidades de paisaje analizadas, nótese que los cuadrantes más cercanos geográficamente son quienes muestran una similitud más marcada. % Similitud A-B: 61.52%; C-E: 72.38%; D-F: 81.15%.

Tabla 10. Prueba de Student (t) para la fauna de Collembola de bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación ambiental.

<i>Muestras</i>	<i>Hp</i>	<i>Var</i>
Cuadrante A	0.197063583	7.25435E-05
Cuadrante B	0.348967066	0.000178951
Cuadrante C	0.584532197	0.000386509
Cuadrante D	0.555122069	0.000151782
Cuadrante E	0.695496461	0.000159933
Cuadrante F	0.711554972	9.60638E-05

* Los datos fueron obtenidos siguiendo el método propuesto por Hutchenson, 1970. *Hp*: Índice de Diversidad Ponderado; *Var*: Varianza del Índice de Diversidad Ponderado.

Tabla 11. Muestras pareadas por Microhábitats para comprobar las *Ho/Hi* de un gradiente de modificación ambiental en bosque alto andino, Noruega Alta.

RELACIONES	Pastizal de Kikuyo(B)	Zona de transición(C)	Bosque abierto Rio arriba(D)	Bosque cerrado (E)	Bosque abierto Rio abajo(F)
Cultivo de Mora (A)	X	X	X	X	X
Pastizal de Kikuyo (B)		X	X	X	X
Zona de transición (C)			X	X	X
Bosque abierto Rio arriba (D)				X	X
Bosque cerrado (E)					X

Tabla 12. Matriz de Ho/Hi para las muestras pareadas de la fauna de Collembolos del gradiente de modificación ambiental en bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, Colombia.

RELACIONES	D Var	tcal	g.l	T tab	Ho	Hi
A/B	0.015858583	9.5786289	2522.16	20.838	Acepto	Rechazo
A/C	0.0214255	18.0844594	796.85	6.576	Rechazo Ho	Acepto Hi
A/D	0.01497749	23.9064374	2341.06	19.34	Rechazo Ho	Acepto Hi
A/E	0.01524718	32.6901657	1315.73	10.865	Rechazo Ho	Acepto Hi
A/F	0.01298489	39.6223245	3233.4	26.712	Rechazo Ho	Acepto Hi
B/C	0.0237794	9.906269083	1119.09	9.2457	Rechazo Ho	Acepto Hi
B/D	0.01818607	11.3358766	2.558	21.13	Acepto Ho	Rechazo Hi
B/E	0.01840881	18.824107	2623.41	21.67	Acepto Ho	Rechazo Hi
B/F	0.01658358	21.8642769	2516.19	20.78	Rechazo Ho	Acepto Hi
C/D	0.023201088	1.267618477	1027.009	8.485	Acepto Ho	Rechazo Hi
C/E	0.02337609	4.74691238	989.66	8.1716	Acepto Ho	Rechazo Hi
C/F	0.02196753	5.78229612	864.31	7.1388	Acepto Ho	Rechazo Hi
D/E	0.017655449	7.950768713	1653.58	13.65	Acepto Ho	Rechazo Hi
D/F	0.01574311	9.93659235	2320.06	19.169	Acepto Ho	Rechazo Hi
E/F	0.015999903	1.003663038	1422.87	11.74	Acepto Ho	Rechazo Hi

* Los datos fueron obtenidos siguiendo el método propuesto por Hutchenson, 1970. *Dvar*: Diferencia de varianzas de muestras pareadas; *tcal*: Valor de *t* calculado, *g.l*: Grados de libertad para el valor de *tcal*; *ttab*: valor de *t* tabulado.

Esto indica que el uso del suelo y la actividad antrópica ejercen una influencia neta sobre la distribución de las familias de Collembola, en especial cuando la

transformación del ambiente es total y constante como es el caso del cultivo de mora (cuadrante A), un área descubierta, rica en materia orgánica, con una temperatura promedio de 18°C y humedad relativa del 88%, bajo la influencia de herbicidas y fertilizantes que aumentan considerablemente la abundancia de la familia Isotomidae, representando el 42.7% de todos los individuos colectados en los meses de abril-mayo y el 90.2% de los individuos colectados en el cuadrante A, en detrimento de la diversidad alfa a pesar de que su riqueza específica observada (11 familias), sea muy cercana a la del ambiente más rico (bosque abierto río abajo: 12 familias). Es por ello que su diversidad es diferente a la de otros cuadrantes (zona de transición, bosque abierto río arriba, bosque cerrado, bosque abierto río abajo) que poseen características ecológicas heterogéneas, presentando una actividad antrópica reducida, pues los residentes de la vereda solo utilizan el bosque como sendero y reservorio de agua, registrando muy pocas visitas a estos ambientes y reduciendo su impacto sobre la estructura del suelo, así, estos hábitats revelan diversidades alfa más altas debido a su alta equitatividad, aunque su abundancia proporcional sea considerablemente menor.

De igual manera sucede entre las muestras pastizal de kikuyo-bosque abierto río arriba, ya que se tiene un ambiente antrópicamente modificado como es el pastizal (B) y un ambiente parcialmente conservado como el bosque río abajo (F); nuevamente un pastizal requiere suelo enriquecido y se caracteriza por la ausencia de cobertura vegetal como el cultivo de mora, a diferencia de los otros ambientes quienes presentan distintos estratos arbóreos encontrándose musgos, hepáticas, melastomatóceas, rubiáceas, helechos arbustivos y troncos caídos en descomposición que se convierten en hábitats oportunos y nuevos para los Collémbolos, donde pueden refugiarse y hallar alimento; son estas diferencias ecológicas quienes aumentan la diversidad en los ambientes naturales al proporcionar microhábitats y nichos diferentes que permiten soportar una variedad mayor de Collémbolos con especializaciones ecológicas diversas. Por el contrario, ambientes modificados como el cultivo de mora y el pastiza de kikuyo, al ser ecosistemas monotípicos no ofrecen dicha posibilidad de explotación haciendo más fácil la dominancia de algunos grupos generalistas como la familia Isotomidae, Hypogastruridae y Sminthuridae, quienes aumentan considerablemente su abundancia proporcional al enfrentarse a un ambiente rico en materia orgánica, con un solo tipo de recurso y con cierto grado de polución (Petersen, 2001). Así, los grupos euedáficos nombrados anteriormente se encuentran en mayor proporción numérica en ambientes sin cobertura vegetal y perturbados que otras familias hemiedáficos y epiedáficos, (Entomobrydae, Paronellidae) que son mucho más abundantes en ambientes con cobertura vegetal considerable (Miranda & Palacios-Vargas, 1992) donde es requerida para proteger los cuerpos poco esclerotizados de estos individuos impidiendo así, la evaporación en la superficie del cuerpo (Fjellberg, 1985).

Hagvar (1994, en Petersen, 2001) demostró que algunas especies de Collembola pueden incrementar tanto su dominancia y su abundancia bajo un factor de stress,

como la contaminación ambiental, aumentando su población, esto se ha observado en *Folsomia quadriculata* (Isotomidae) quien incrementa su población bajo cierto acrecentamiento límite de contaminación (stress), si la contaminación aumenta demasiado, las poblaciones desaparecían abruptamente; *Isotoma olivacea* se comporta de igual manera incrementando su población con el stress ambiental hasta alcanzar la densidad poblacional máxima. La respuesta de estas especies frente a las perturbaciones del medio podría también explicar la mayor abundancia de ciertos grupos de Collémbolos en el cultivo de mora-pastizal de kikuyo y marcar a la vez las diferencias entre las diversidades de estos ambientes con los parcialmente modificados. El comportamiento particular de estos grupos, de algunos Isotomidae especialmente, frente a condiciones de stress como las impuestas por la contaminación ambiental podría favorecer el uso de estas comunidades como indicadores del nivel de perturbación o transformación del suelo.

Para explicar la diferencia de diversidades en las muestras pastizal de kikuyo-zona de transición, se tiene en cuenta la naturaleza del cuadrante C (zona de transición), el cual a pesar de poseer características ecológicas y geográficas muy similares al cuadrante B (pastizal de kikuyo), presenta una clara conversión de ecosistemas entre los hábitats adyacentes que genera una mayor riqueza en el borde que en las áreas contiguas.

8.5.2.2. Gradiente de modificación temporal

Para el gradiente de modificación temporal donde se evaluó el efecto de las variaciones climáticas a través de la temperatura, la humedad relativa y la precipitación media mensual sobre la fauna de Collémbolos (tabla 13), partiendo de la evaluación de los meses de abril y mayo, se encontró que en el mes de abril la mayor diversidad alfa (D_{Mg}) fue para el bosque abierto río arriba y bosque cerrado ($D_{Mg} = 1.8$), el menor para el cultivo de mora ($D_{Mg} = 1.51$) (figura 21); el pastizal de kikuyo obtuvo la mayor equidad (H') con un valor de 1.05 y el bosque abierto río abajo el menor valor con 0.98 (figura 22); el cuadrante con una mayor dominancia (λ) correspondió al cultivo de mora, con 2.22 y el menor valor fue para el bosque abierto río abajo con 1.84 (figura 23) (tabla 14). Según los datos de abundancia e incidencia, de los estimadores basados en el número de familias representadas por uno ó dos individuos en el muestreo, se obtuvieron: un total de 0.8 familias representadas por un solo individuo (Singletons), 1.35 familias representadas por dos individuos (Doubletons), 1.74 familias presentes en sólo una muestra (Uniques) y 2.39 familias presentes en dos muestras (Duplicates) (tabla 14).

En cuanto al mes de mayo, el mayor índice alfa (D_{Mg}) correspondió al bosque abierto río abajo, con un valor de 1.57, y el menor lo obtuvo el cultivo de mora, con un valor muy cercano de 1.54 (figura 24), el bosque abierto río abajo consiguió los

mayores valores de equidad y dominancia, con 1.48 y 3.53 respectivamente (figura 25 y 26), los valores inferiores en la equidad fueron para el cultivo de mora con 1.29 y el menor en dominancia para el pastizal de kikuyo con 3.31 (tabla 15). Se obtuvo un total de 1.23 familias representadas por un solo individuo (Singletons), 0.93 familias representadas por dos individuos (Doubletons), 1.89 familias presentes en sola una muestra (Uniques) y 1.21 familias presentes en dos muestras (Duplicates) (tabla 15).

Los mayores valores en diversidad alfa correspondieron a los ambientes parcialmente conservados con menor perturbación antrópica (bosque abierto río abajo, río arriba y bosque cerrado) y con una mayor cantidad de cobertura vegetal (Cairo *et al.*, 2003, en Palacios-Vargas, 2003), condición que protege a las comunidades epiedáficas-hemiedáficas de la desecación por evapotranspiración (Fjellberg, 1985) y ofrece una mayor variabilidad de nichos, a la vez que disminuye la influencia negativa que tiene la compactación del sustrato sobre las comunidades de Collémbola por la carencia de litera u hojarasca (Schrader & Lingnau, 1997, en Petersen, 2001), carencia que se observa en los cuadrantes modificados antrópicamente (cultivo de mora y pastizal de kikuyo), los cuales presentan la riqueza específica más baja, debido a este factor y la escases de nichos disponibles.

La diversidad alfa es más alta en el mes de abril debido quizás a la temporada de lluvias que provocó una mayor remoción del suelo que facilitó la captura de los Collémbolos en las trampas pitfall, además la abundancia de los Collémbolos disminuye considerablemente durante la estación seca o cuando disminuye la precipitación (tabla 13) sin embargo el índice de Shannon-Wiener es más alto durante la estación seca (mayo) que durante la época de lluvias (abril) (Palacios-Vargas *et al.*, 2000), debido a que, durante las estaciones más secas, muchos grupos de artrópodos migran verticalmente del suelo al dosel o litera para encontrar condiciones favorables de humedad y temperatura (Palacios & Cardenas, 1996), haciendo que las comunidades de Collémbola se vean más equitativamente representadas en la litera.

La equidad mostró valores muy cercanos en el mes de abril, exponiendo diferencias no significativas en la distribución proporcional de las familias de la clase, a pesar que la equidad es relativamente baja al estar por debajo de 2.0 por razones ya comentadas en la sección anterior. Las diferencias en el mes de mayo son mayores siendo más equitativos los hábitats semiconservados, por el mayor número de individuos colectados respecto a los hábitats de cultivo de mora, pastizal de kikuyo y zona de transición, siendo muy abundantes los grupos epiedáficos y hemiedáficos, como lo son algunos de los miembros de las familias: Entomobryidae, Isotomidae, Paronellidae y Sminthuridae quienes se ven beneficiados por la protección que ofrece la hojarasca mucho más abundante en el mes de mayo por la disminución en la precipitación pluvial que evita su escorrentía, aumentando así la diversidad respecto del mes de abril, donde la

fuerte lluvia lavaba la litera evitando la acumulación de hojarasca y eliminando así las comunidades epiedáficas y hemiedáficas de Collémbolos.

La dominancia en el mes de abril estuvo marcada por la familia Isotomidae en el cultivo de mora, representando un 91.3% del total de individuos colectados en el cuadrante y un 39.6% del total de individuos colectados en todo el mes, su dominancia en todo los cuadrantes se mantuvo, exceptuando en el bosque cerrado, donde fue superado por la familia Entomobryidae. La dominancia absoluta de la familia Isotomidae puede ser explicada por su mayor proporción numérica en áreas cultivadas (Luciáñez & Simón, 1989, en Palacios-Vargas, 2003), y áreas con poca cobertura vegetal, condición que domino el mes de abril por la alta pluviosidad durante los días de recolección, dando un indicativo de la plasticidad ecológica del grupo. Mientras en el mes de mayo, la dominancia la presentaron los cuadrantes semiconservados (bosque abierto, río arriba, río abajo y bosque cerrado) que presentaron una mayor proporción de grupos hemiedáficos y euedáficos, por el aumento considerable de la litera que se acumulo en el mes de mayo gracias a una disminución en la pluviosidad. Los grupos más abundantes fueron: Isotomidae, Entomobryidae, Sminthuridae, Paronellidae e Hypogastruridae.

Tabla 13. Variables ecológicas de los hábitats evaluados en abril y mayo.

ABRIL	VARIABLES			MAYO	VARIABLES		
	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Pluviosidad Media Mensual (mm)		Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Pluviosidad Media Mensual (mm)
Cultivo de Mora (A)	11 -16°C	88%	200-3000	Cultivo de Mora (A)	15 - 21 °C	88%	100-200
Pastizal de Kikuyo (B)	11-16°C	92%	200-3000	Pastizal de Kikuyo (B)	15 - 16 °C	93%	100-200
Efecto Borde (C)	17°C	92%	200-3000	Efecto Borde (C)	15 - 17°C	96.50%	100-200
Bosque abierto Rio abajo (D)	16 - 18 °C	98%	200-3000	Bosque abierto Rio abajo (D)	12 - 25°C	93.50%	100-200
Bosque Cerrado (E)	16 - 19°C	99.50%	200-3000	Bosque Cerrado (E)	13 - 20°C	90.20%	100-200
Bosque abierto Rio abajo (F)	16 - 18°C	100%	200-3000	Bosque abierto Rio abajo (F)	12 - 16°C	98.50%	100-200

* La temperatura y humedad relativa fue medida directamente en el campo, la pluviosidad media mensual se obtuvo del registro climatológico del IDEAM.

Tabla 14. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto andino en Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de abril

Samples	Sobs	Individuals	Singletons	Doubletons	Uniques	Duplicates	Alpha (M)	Shannon	Simpson
A	9.43	1002.91	1.81	1.03	9.43	0	1.51	1.04	2.22
B	11.79	1911.03	2.09	1.55	4.8	6.99	1.71	1.05	2.1
C	12.88	2841.8	1.73	1.8	3.55	3.3	1.77	1.04	1.99
D	13.66	3861.86	1.42	1.91	2.95	2.82	1.8	1.01	1.9
E	14.1	4865.45	1.12	1.61	2.37	2.43	1.8	0.99	1.84
F	14.32	5946.77	0.84	1.35	1.74	2.39	1.78	0.98	1.8

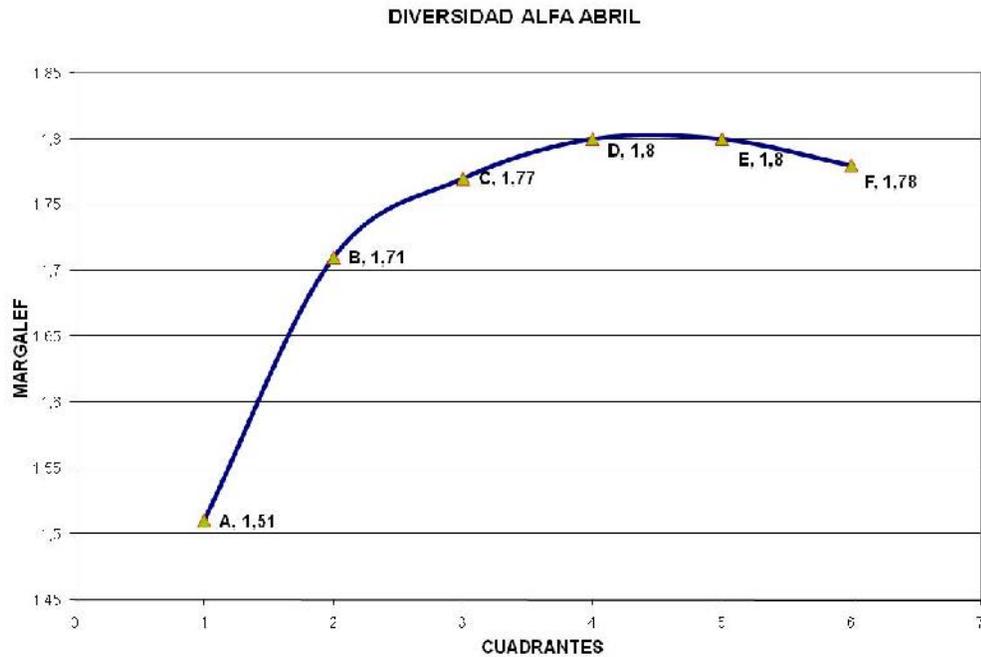


Figura 21. Índice de riqueza para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril. *Las letras A-B-C-D-E-F corresponden a cada uno de los cuadrantes o subunidades de paisaje evaluadas en el muestreo.

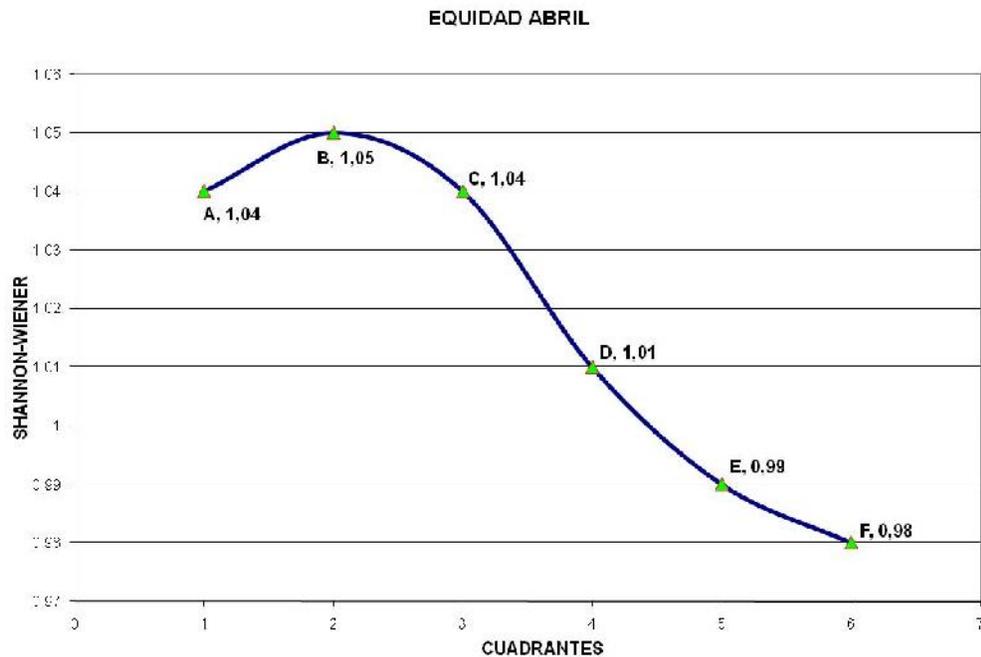


Figura 22. Índice de equidad para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril.

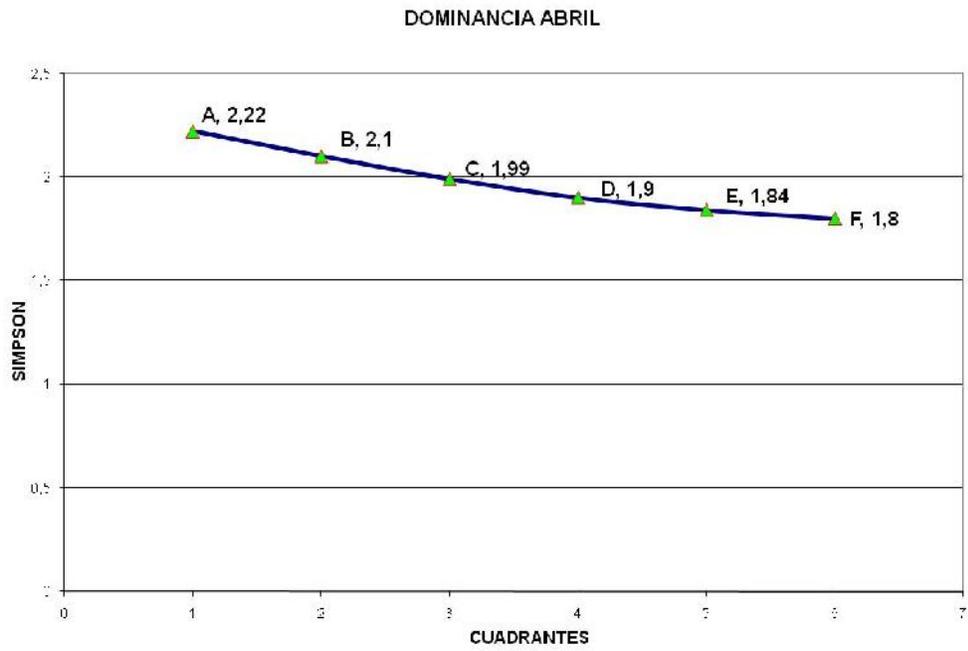


Figura 23. Índice de dominancia para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de abril.

Tabla 15. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de Collembola en un bosque alto andino en Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de mayo.

Samples	Sobs	Individuals	Singletons	Doubletons	Uniques	Duplicates	Alpha (M)	Shannon	Simpson
A	7.95	339.29	1.63	0.77	7.95	0	1.54	1.29	3.4
B	9.24	656.13	1.13	0.96	2.8	6.44	1.55	1.36	3.31
C	10.02	1020.04	1.08	0.78	2.16	2.09	1.56	1.41	3.36
D	10.54	1394.91	1.18	0.75	1.97	1.45	1.56	1.45	3.5
E	10.9	1724.7	1.2	0.78	1.94	1.23	1.56	1.46	3.49
F	11.22	2057.06	1.23	0.93	1.89	1.21	1.57	1.48	3.53

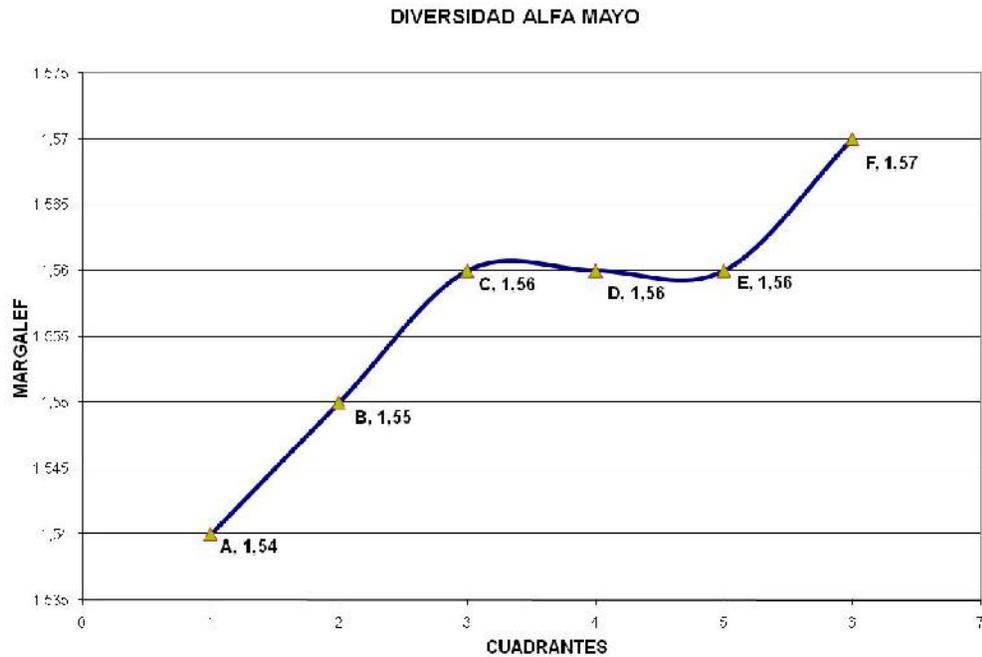


Figura 24. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo. *Las letras A-B-C-D-E-F corresponden a cada uno de los cuadrantes o subunidades de paisaje evaluadas en el muestreo.

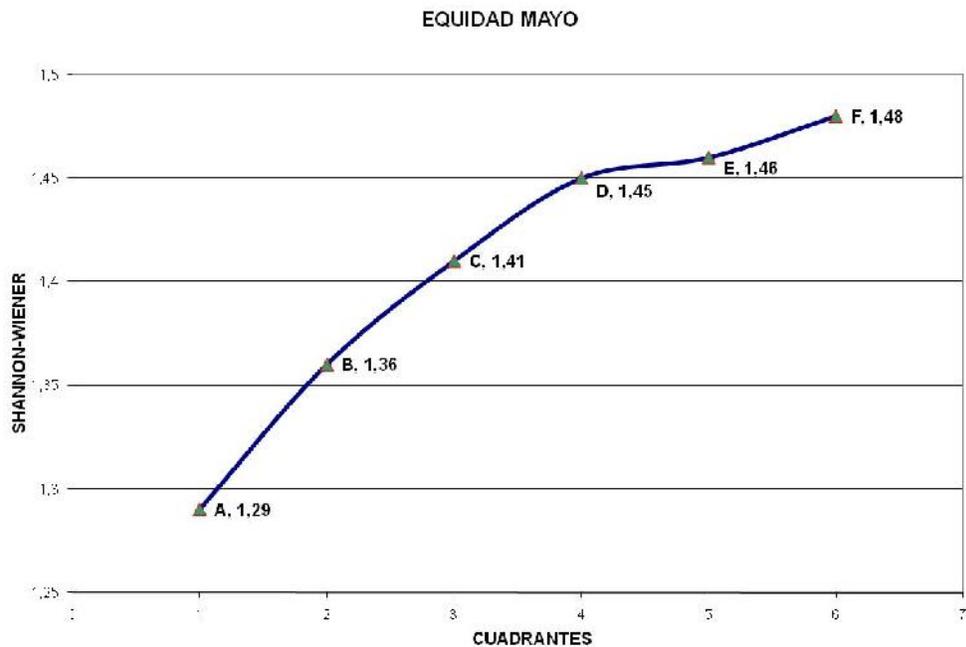


Figura 25. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo.

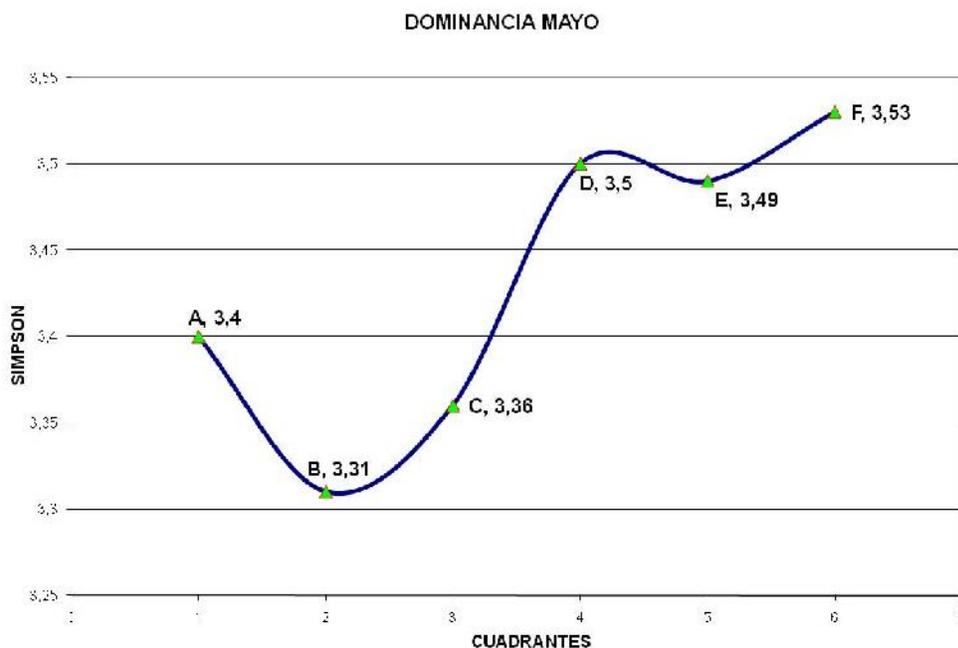


Figura 26. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo.

En el mes de abril los mayores valores en la diversidad beta lo obtuvieron las muestras pareadas pastizal de kikuyo-zona de transición y pastizal de kikuyo-bosque abierto río abajo, con un índice de Whittaker (β) de 52.9% y 40% respectivamente, mientras que los menores porcentajes los obtuvieron las muestras: bosque cerrado-bosque abierto río abajo y bosque abierto río arriba-bosque abierto río abajo con 10 y 14.2% respectivamente; en cuanto a la complementariedad (C_{AB}) los mayores valores los obtuvieron las muestras: pastizal de kikuyo-zona de transición, pastizal de kikuyo-bosque abierto río arriba y pastizal de kikuyo-bosque abierto río abajo con 69.2, 57.8 y 57.1% respectivamente, el menor valor lo obtuvo la muestra bosque cerrado-bosque abierto río abajo con 18.1% (tabla 16) (figura 27).

El mayor índice de Whittaker durante el mes de mayo fue para las muestras cultivo de mora-zona de transición y cultivo de mora-bosque abierto río abajo, con 38.4 y 37.5% correspondientemente, el menor valor lo obtuvo zona de transición-bosque abierto río arriba y bosque abierto río arriba-bosque cerrado con 6.6%; la complementariedad más alta la alcanzo cultivo de mora-zona de transición con 55.5% y cultivo de mora-bosque abierto río abajo con 54.5%, mientras el menor valor fue para zona de transición-bosque abierto río arriba y bosque abierto río arriba-bosque cerrado con 12.5%. (tabla 17) (figura 28).

El reemplazo de comunidades más significativo se presentó entre los ambientes cultivados (cultivo de mora, pastizal de kikuyo) frente a los ambientes naturales (zona de transición, bosque abierto río abajo) debido a la variación en las condiciones ecológicas entre los ambientes, pues pasamos de un monocultivo (mora ó kikuyo) con nichos reducidos que ofrecen pocas posibilidades de aprovechamiento a otros ambientes con gran variedad de plantas y microhabitats que brindan los árboles caídos, las rocas, los desfiladeros, quebradas, riachuelos, entre otros, favoreciendo la diversificación y con ello el reemplazo de familias entre las comunidades (figura 27 y 28)

De igual forma la complementariedad o proporción de familias exclusivas fue mayor entre ambientes cultivados (cultivo de mora, pastizal de kikuyo) y ambientes naturales parcialmente modificados (zona de transición, bosque abierto río arriba y río abajo) gracias al distanciamiento geográfico y la variación en los microhabitats ofrecidos, siendo más diversos los ambientes naturales. Mientras que la mayor similitud se presentó entre los cuadrantes más cercanos geográficamente y paisajísticamente equivalentes (bosque cerrado-bosque abierto río abajo: 18.1%, zona de transición-bosque abierto río arriba: 11.1%, y zona de transición-bosque cerrado: 14.2%).

Las variables ambientales medidas en los dos meses no muestran diferencias significativas importantes que permitan afectar ampliamente la distribución de las familias de la clase Collembola, pues los intervalos en la temperatura como la humedad relativa (tabla 13) fueron muy similares en los dos meses, haciendo que el único factor climáticamente importante fuera la precipitación pluvial, siendo en abril el doble de mayo (tabla 13), factor que ocasionó una mayor escorrentia y lavado de la cobertura vegetal como de la hojarasca, lo que derivó en un mayor abundancia en el mes de abril con un total de 5817 individuos identificados frente a 2065 individuos en el mes de mayo. Por otro lado, la disminución en las lluvias para mayo generó un aumento en las abundancias de los grupos epiedáficos y hemiedáficos. A pesar de estas diferencias las diversidades basadas en equidad para estos dos meses se consideran iguales.

Tabla 16. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, en el gradiente de modificación temporal para el mes de Abril.

<i>Samples/Indices</i>	<i>B</i>		<i>C</i>			<i>D</i>			<i>E</i>		<i>F</i>				
	<i>W</i>	<i>C</i>													
A	1.29	15.7%	27.2%	1.5	33.3%	50%	1.44	30%	46.1%	1.41	26.3%	41.6%	1.43	33.3%	50%
B				1.73	52.9%	69.2%	1.52	36.8%	57.8%	1.5	33.3%	50%	1.55	40%	57.1%
C							1.37	22.2%	36.3%	1.33	17.6%	45.4%	1.41	26.3%	41.6%
D										1.29	15.7%	27.2%	1.26	14.2%	25%
E													1.22	10%	18.1%

* Índice de Whittaker (*W*); Complementariedad (*C*).

Tabla 17. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca, en el gradiente de Modificación temporal para el mes de mayo.

<i>Samples/Índices</i>	<i>B</i>		<i>C</i>		<i>D</i>		<i>E</i>		<i>F</i>						
	<i>W</i>	<i>C</i>													
<i>A</i>	1.53	33.3%	50%	1.63	38.4%	55.5%	1.5	28.5%	44.4%	1.45	23%	37.5%	1.57	37.5%	54.5%
<i>B</i>				1.42	25%	40%	1.33	17.6%	30%	1.42	25%	40%	1.41	26.3%	41.6%
<i>C</i>							1.23	6.6%	12.5%	1.33	14.2%	25%	1.33	17.6%	30%
<i>D</i>										1.23	6.6%	12.5%	1.25	11.1%	20%
<i>E</i>													1.33	17.6%	30%

* Índice de Whittaker (W); Complementariedad (C).

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

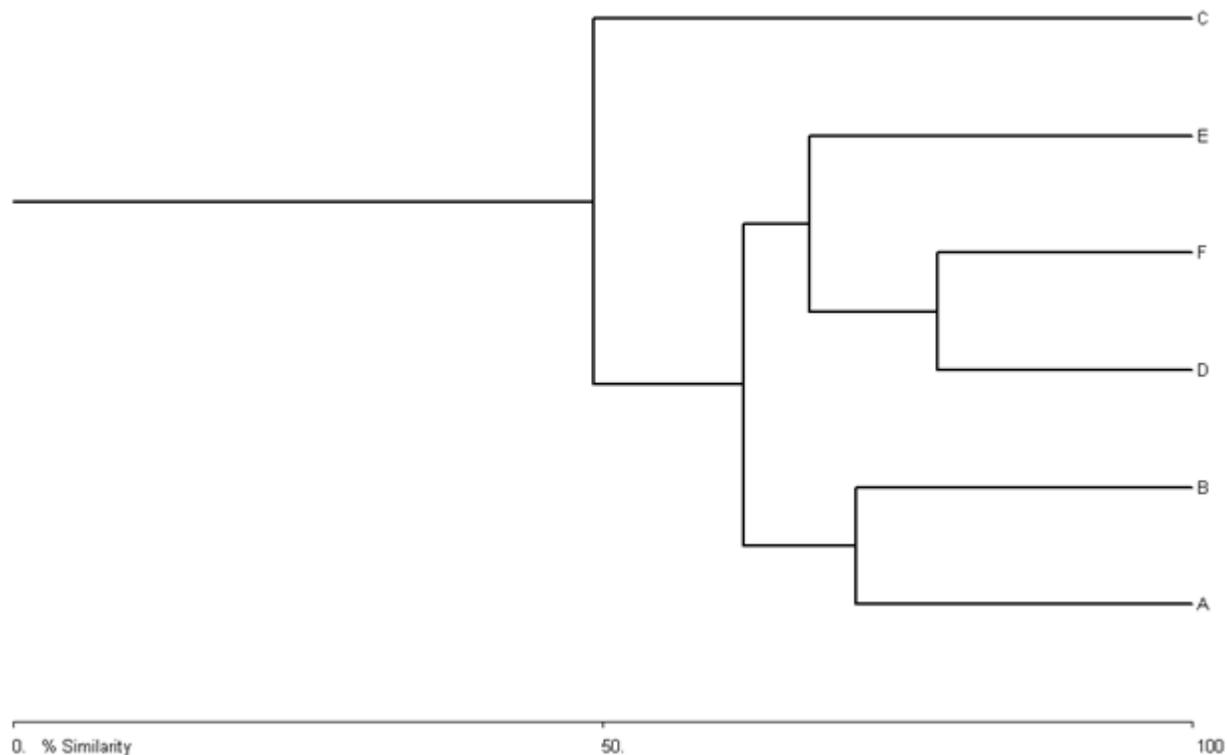


Figura 28. Árbol de diversidad Beta para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de modificación temporal para el mes de mayo - Bray-Curtis Cluster Analysis. Analisis de grupos de Bray-Curtis, muestra el porcentaje de similaridad de las subunidades de paisaje analizadas, notese que los cuadrantes mas cercanos geográficamente son quienes muestran una similitud mas marcada. % Similaridad A-B: 71.3%; D-F: 78.5%; E(F-D): 67.6%; C(E-F-D): 49.23%.

8.5.2.3. Gradiente de zona de transición

Para el gradiente de zona de transición donde se evaluó la transformación de ecosistemas sobre la fauna de Collémbolos partiendo de la evaluación de los meses de abril y mayo del cuadrante C, se encontró que las cifras más altas en diversidad alfa (D_{Mg}) (figura 29); equidad (H') (figura 30) y dominancia (λ) (figura 31) las obtuvo el transecto I (Pastizal) con valores de 1.66 (D_{Mg}), 1.34(H') y 3,52(λ) respectivamente (tabla 18). Se obtuvo un total de 1.17 familias representadas por un solo individuo (Singletons), 0.59 familias representadas por dos individuos (Doubletons), 1.82 familias presentes en sólo una muestra (Uniques) y 1.34 familias presentes en dos muestras (Duplicates) (tabla 18).

El valor más alto en el índice de Whittaker (β) y la complementariedad (C_{AB}) fue para los transectos I y III (Pastizal – Bosque) con 25% (β) y 40% (C_{AB}) respectivamente (tabla 19). Siendo así, los transectos más similares en su distribución, los más cercanos geográficamente y con características ecológicas más equivalentes como centro-bosque (figura 32).

Tras calcular los índices de diversidad ponderada y la varianza de cada una de los transectos de la zona de transición de los dos meses evaluados, y realizar la prueba de Student (tabla 20) se aceptó la hipótesis alterna con una significancia del 5% para los tres transectos, (Pastizal I, Centro II, Bosque III) (tabla 21): la transición entre microhábitats adyacentes (zona de transición), como variable ecológica, afectó las poblaciones de Collémbolos, tras realizar estimativos sobre diversidad, abundancia y riqueza de las familias de esta clase, existiendo diferencias significativas entre las poblaciones de Collémbolos de cada microhábitat (transecto), debido a la conversión existente entre ellos.

El borde se ha definido como la zona de transición entre hábitats adyacentes, marcando el límite entre ambientes como el filtro que regula el intercambio de materia y energía entre los hábitats (Wiens *et al.*, 1985; Marin *et al.*, 2001). Esto hace posible cuestionarse sobre la distribución de una variable (familias de Collémbolos) en la transición de hábitats (pastizal-bosque), permitiéndonos saber si el borde presenta o no propiedades emergentes, es decir, si el borde se comporta como un hábitat diferente a los adyacentes (López, 2004). Este efecto de límite permitió determinar que existe una mayor diversidad alfa en el exterior (pastizal) respecto al interior del bosque (figura 32), debido a la mayor abundancia proporcional de individuos colectados en el pastizal a pesar de poseer una riqueza específica menor (7 familias frente a 9 de bosque).

Tabla 18. Riqueza, equidad y dominancia para la fauna de la Clase Collembola de un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente zona de transición (cuadrante C).

Samples	Sobs	Individuals	Singletons	Doubletons	Uniques	Duplicates	Alpha (M)	Shannon	Simpson
Margen I	7.34	194.47	1.33	0.68	7.34	0	1.66	1.34	3.52
Margen II	8.21	383.54	1.26	0.77	2.04	6.17	1.54	1.31	3.13
Margen III	8.93	588.06	1.17	0.59	1.82	1.34	1.54	1.32	2.97

Tabla 19. Índices de Whittaker y Complementariedad para la fauna de Collembola en un bosque alto andino, Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, en el gradiente zona de transición.

Samples/Indices	II		III			
	W	C	W	C		
I	1.45	23%	37.5%	1.43	25%	40%
II				1.38	20%	33.3%

*Índice de Whittaker (W); Complementariedad (C).

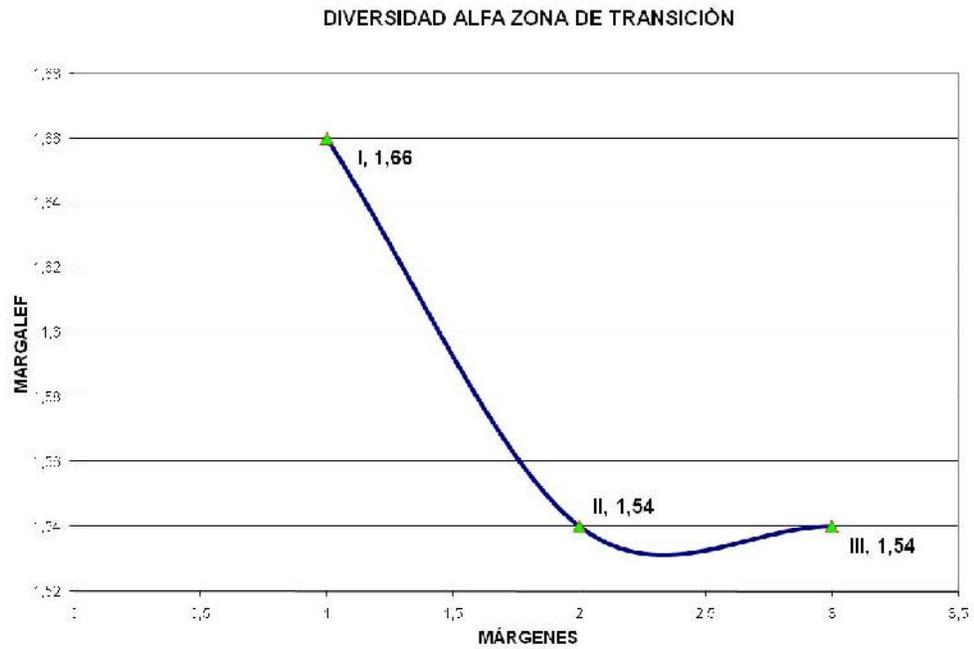


Figura 29. Índice de riqueza específica (Margalef) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición. *Los números I, II y III corresponden a cada uno de los transectos evaluados dentro del cuadrante C.



Figura 30. Índice de equidad (Shannon) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición.



Figura 31. Índice de dominancia (Simpson) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente zona de transición.

Los datos arrojados de equidad, dominancia y riqueza donde los valores más altos en todos los índices son obtenidos por el transecto I (pastizal) y donde el mayor reemplazo de familias se da según disminuye la proximidad geográfica y ecológica, arroja un efecto de matriz o efecto de hábitat (Kingston & Morris, 2000) donde se observa un cambio abrupto en la distribución de las familias que ocurre en la zona borde, donde el cambio se debe a que los hábitats adyacentes (pastizal y bosque) son diferentes como lo demuestra el índice de Whittaker y Complementariedad con valores de 25 y 40% respectivamente, sin generar así un efecto de borde, pues no presenta propiedades emergentes que permitan considerarlo como una hábitat diferente, sino tan solo, como una zona de transformación del ecosistema o un corredor biológico.

Tabla 20. Prueba de Student (t) para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de zona de transición.

Muestra S	Hp	Var
PASTIZA L	0.34981258	0.0006659
CENTRO	0.65967459	0.0009607
BOSQUE	0.75004733	0.0007489

* Los datos fueron obtenidos siguiendo el metodo propuesto por Hutchenson, 1970. *Hp*: Indice de Diversidad Ponderado; *Var*: Varianza del Indide de Diversidad Ponderado.

Tabla 21. Matriz de Ho/Hi para la fauna de Collembola en bosque alto andino, Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca en un gradiente de zona de transición.

RELACIONE S	D var	t_{cal}	g.l	T_{tab}	Ho	Hi
P/C	0.04033113	7.6829	188.8	1.653	Rechazo Ho	Acepto Hi
P/B	0.03761383	10.64	354.5	2.924	Rechazo Ho	Acepto Hi
C/B	0.04134731	2.1856	169.23	1.654	Rechazo Ho	Acepto Hi

* Los datos fueron obtenidos siguiendo el metodo propuesto por Hutchenson, 1970. *Dvar*: Diferencia de varianzas de muestras pareadas; *t_{cal}*: Valor de *t* calculado, *g.l*: Grados de libertad para el valor de *t_{cal}*; *t_{tab}*: valor de *t* tabulado.

9. PÁGINA WEB

Se decidió hacer esta página web para recolectar toda la información de la clase Collembola en el país; es por esto que en la introducción de dicha página, se encuentran relacionados todos los trabajos que se han realizado en el país sobre los Collémbolos hasta la fecha (figura 33). La página Web www.collembolosdecolombia.com representa el conocimiento que se tiene hasta ahora de los Collémbolos en el país, se espera que en un futuro, se amplie considerablemente el conocimiento de la clase y se puedan registrar un mayor número de familias, géneros y especies para el territorio nacional. Éste es un esfuerzo que se hace a partir de esta investigación, para que la comunidad científica, estudiantil y el público en general, puedan acceder a información específica sobre la clase Collembola de una forma sencilla y rápida.



Figura 33. Página Web principal, con la información de los trabajos desarrollados hasta ahora en el país sobre la clase Collembola.

En estas 12 páginas Web se presentan generalidades de la clase Collembola (figura 34), morfología (figura 35), ecología (figura 36), filogenia y sistemática (figura 37), métodos de captura y montaje (figura 38), un listado de géneros y familias para Colombia (figura 39), hasta toda la bibliografía empleada durante este trabajo, también se puede encontrar y consultar las claves taxonómicas para familias de Collémbolos diseñadas a partir de este estudio (figura 40), las figuras

COLLÉMBOLOS DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE LOS COLLÉMBOLOS

Febrero: 1, 2016

Introducción

Clase Collembola

Morfología externa

Filogenia y Sistemática

Métodos de captura y montaje

Lista de Familias y Géneros para Colombia

Claves Taxonómicas para Familias y Géneros

Bibliografía

CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE LOS COLLÉMBOLOS

La clasificación ecológica de los Collembolos se establece a través de parámetros cuantitativos y cualitativos de sus características morfológicas y adaptaciones al medio. Los Collembolos al ser habitantes del suelo pueden ser según su afinidad ambiental, clasificados como: residentes temporales o residentes permanentes. Según su fidelidad: **geóbios**, si viven por completo en el suelo o **geófilos**, si su afinidad es menor y transitoria, lo que significa que se pueden encontrar en un hábitat diferente al edáfico.

Los Collembolos pueden ser clasificados ecológicamente de diferentes formas, a partir de varios parámetros. Según el grado de adaptación los organismos del suelo se clasifican en:

Epiedáficos: Sobre la superficie del suelo.

Humedárficos: Humus.

Euedárficos: En el suelo (superficial o profundo).

Una clasificación más específica al respecto se presenta en la **tabla 1**, que ha sido propuesta por Christensen (1994).

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA
Epigeo	Ocho ojos, bien pigmentados, antenas y fémurs largos.	Plantas en desarrollo
Humedárficos: Neutrofilos; Normal; Xerofilia	Antenas raras adormecidas largas, ojos y pigmento bien desarrollado; Microtrilaminado, apéndice en posición mediana; Alar normal, pocas setas clavadas o puntagudas; Microtril normal, cutícula regularmente lisa, muerden a setas	Superficie del agua; Húmedo del suelo y húmedo; Musgos, helechos, líquenes y epífitas.

Figura 36. Clasificación ecológica de los Collembolos.

Presencia de un surco medio en el área labial (línea ventral)

Ausencia de cercos.

Inexistencia de estigmas abdominales.

Uñas pretarsales no pareadas (la condición pareada se considera con origen independiente en los Dipluros y en los Insectos).

Figura 2. Cladograma que muestra las relaciones de los artrópodos Tracheata. Tomado de Manual y Guía para el Estudio de Microartrópodos. Introducción a los Insectos sin alas. Palacios-Vargas (1991).

Los insectos se consideran un grupo monofilético debido a las características derivadas compartidas (sinapomorfias) con los Archeognatha (Microcooryphy), Zygentoma y Pterigota. Las más importantes son:

Flagelo sin músculos intrínsecos y presencia de órgano de Johnston en el escapo. Presencia de

Figura 37. Filogenia y sistématica de los Collembolos.



Figura 38. Métodos de captura y montaje de la clase Collembola.



Figura 39. Listado de familias y géneros de Collembola en Colombia.

En la página web de claves taxonómicas para familias y géneros para Collémbolos, se encuentran 4 links que conectan con claves taxonómicas para

esta clase disponibles en la red, con lo cual las personas interesadas que no encuentren la información que requieran, dentro de esta presentación, se pueden enlazar desde ésta página a otras que contienen un mayor número de familias.

Se espera que el conocimiento de estos individuos en el país incremente con el tiempo, así la información que aparece en estas páginas también será mayor y más específica para Colombia.

CLAVES TAXONÓMICAS PARA FAMILIAS DE COLLEMBOLA

Estas claves fueron diseñadas a partir de los caracteres taxonómicos más representativos de cada uno de los órdenes y familias encontrados durante este estudio; como la segmentación corporal, la presencia o ausencia del OPA y su forma, como el tipo de aparato bucal. En el caso de los Poduromorpha la composición del órgano sensorial del III antenito, la forma del mucrón, la estructura articular y la quetotaxia corporal. En Entomobryomorpha es importante la longitud del IV segmento abdominal respecto al III, la quetotaxia corporal, la forma de los dientes y las sedas modificadas que presentan, y por último la forma del mucrón. En Symphyleona los caracteres a tener en cuenta son, la acetación antenal, la modificación en las antenas, la presencia o ausencia de tenentáns y la forma de estos, la distribución de las tricobotrias del gran abdomen, los apéndices anales y la forma del mucrón. Las imágenes de los caracteres taxonómicos relacionados en las claves, fueron realizadas a partir de las fotografías tomadas durante la fase de identificación.

1. El cuerpo de estos individuos es alargado, con una evidente segmentación. Los segmentos del tórax y los cuatro primeros segmentos abdominales no se encuentran fusionados (**Arthropleona**)..... 2
 1' El cuerpo de estos individuos es globoso, cuando menos los primeros cuatro segmentos del abdomen están fusionados (Figura 1). La fúrcula se encuentra bien desarrollada (**Symphyleona**)..... 12

Figura 1. Symphyleona

Figura 40. Claves taxonómicas para familias de collémbolos.

CONCLUSIONES

Una vez evaluada la composición de la fauna de Collémbolos en zonas cultivables y boscosas correspondientes a un bosque alto andino de la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca, se concluye:

Se revisaron 36 unidades muestrales del bosque alto andino de la vereda Noruega alta, Silvania, Cundinamarca, Colombia, en los meses de abril y mayo donde se identificaron 7.882 individuos distribuidos en 15 familias y 50 géneros.

De las 15 familias encontradas, la familia Oncopoduridae es un nuevo registro para Colombia. De los 50 géneros hallados son nuevos registros para Cundinamarca: *Entomobrya*, *Pseudosinella*, *Seira*, *Lepidosira*, *Folsomia*, *Salina* y *Friesea*; para Colombia son nuevos registros: *Acanthocyrtus*, *Lanocyrtus*, *Desertia*, *Desoria*, *Isotomiella*, *Psammisotoma*, *Archisotoma*, *Ballistrura*, *Lepidonella*, *Paronellides*, *Harlomillsia*, *Odontella*, *Acherontiella*, *Sminthurus* y *Denisiella*; para Suramerica son nuevos registros: *Tomocerina*, *Knowltonella*, *Schaefferia* y *Microgastrura*; para toda América son nuevos registros: *Acanthurella*, *Lepidobrya*, *Pseudoparonellides*, *Jesenikia* y *Callyntrura*.

La curva de acumulación de familias, se ajustó altamente a los datos observados, mostrando que durante el estudio fue muestreada el 97% de la fauna de Collembola en la vereda Noruega Alta.

Las subunidades de paisaje con mayor riqueza específica (D_{Mg}), fueron los hábitats de bosque abierto río arriba, río abajo y bosque cerrado, cuyos ambientes son naturales y solo están parcialmente modificados.

La familia más abundante en el estudio fue la familia Isotomidae con el 67% de los individuos colectados, seguido de la familia Entomobryidae con el 10.3% y la menos abundante fue la familia Brachystomellidae con el 0.02% del total de individuos. La más diversa correspondió a Entomobryidae con 15 géneros y un morfotipo, seguida de Isotomidae con ocho géneros y un morfotipo.

En cuanto a la estructura de la comunidad de Collémbolos, la equidad varió con el mes evaluado relacionándose con la precipitación mensual, durante el mes de abril los hábitats de cultivo de mora, pastizal de kikuyo y zona de transición, lograron los mayores valores dado la alta proporción de fauna euedáfica, mucho más abundante en ambientes sin cobertura vegetal; mientras que, en el mes de mayo la baja precipitación mensual, favoreció a los grupos hemiedáficos y epidáficos más abundantes en los ambientes de bosque río arriba, río abajo y bosque cerrado, que cuentan con cobertura vegetal, obteniendo así una equidad mayor. La dominancia se comportó de igual forma que la equidad, relacionándose

con la temporalidad en las lluvias, favoreciendo la familia Isotomidae en el mes de abril y la familia Entomobryidae en mayo.

La diversidad beta, mostró que el reemplazo en las comunidades de Collembola aumenta con la distancia geográfica y ecológica, permitiendo dividir el bosque alto andino estudiado, en dos áreas finamente delimitadas: hábitats modificados con un alto impacto antropogénico (cultivo de mora, pastizal de kikuyo y zona de transición) y hábitats naturales parcialmente modificados con un impacto antrópico de leve a moderado (bosque río arriba, río abajo y bosque cerrado), siendo más abundantes los primeros, pero más ricos los segundos; así, los ambientes naturales parcialmente modificados ofrecen una mayor variedad de nichos y microhábitats capaces de sostener diferentes comunidades de Collémbolos, con abundancias proporcionales mayores y similares permitiendo que sean más diversas y estables.

Se encontró que el uso del suelo y la actividad antrópica, ejercen una influencia neta sobre la distribución espacial de las familias de Collembola, reduciendo la riqueza en los ambientes modificados por la disminución en el número de nichos, pero favoreciendo la abundancia de familias como Isotomidae, que explotan demográficamente en zonas cultivadas, donde predomina un solo recurso y el porcentaje de materia orgánica es alto.

A pesar de la influencia de la lluvia sobre las comunidades ecológicas de Collembola la temporalidad no afecta la distribución y la diversidad de esta fauna dentro del bosque secundario alto andino. La zona de transición (cuadrante C) mostró diferencias en la diversidad según el ecosistema evaluado, presentando variaciones netas entre pastizal y bosque, sin generar un hábitat de límite o borde con características diferentes a los hábitats adyacentes, constituyendo una zona corredor de intercambio de comunidades entre los hábitats contiguos.

Con los resultados obtenidos se logró obtener un listado de las familias, subfamilias y géneros encontrados en el área de estudio, se elaboraron los mapas de distribución de curvas de nivel en 3D, de estas familias, organizadas por los tres ordenes registrados para la vereda Noruega Alta: Entomobryomorpha, Poduromorpha y Symphypleona. Igualmente, se generaron claves taxonómicas para las 15 familias de Collémbolos encontradas durante el estudio, con los individuos montados e identificados se generó la primera colección de Collembola en la Universidad Distrital que será indexada al instituto de investigaciones Alexander von Humboldt a través de la colección MUD-046. Así mismo, con toda la información generada durante esta investigación se creó una página web, que contiene: información taxonómica, sistemática, filogenética y ecología sobre la clase Collembola.

RECOMENDACIONES

Los autores recomiendan:

Valorar la fauna troglomórfica de Collembola completamente desconocida en el país.

Evaluar el efecto de la temporalidad sobre la fauna de la clase Collembola teniendo en cuenta el carácter bimodal del clima de nuestro país.

Realizar investigaciones dirigidas hacia el uso de los Collémbolos como posibles indicadores del buen estado de los ecosistemas naturales.

Promover el estudio de los Collémbolos y otros microartrópodos del suelo en todos los biomas presentes en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, D., ACOSTA, A; ROATTA, J. 1985a. Biología y desarrollo postembrionario de *Onychiurus armatus* (Collembola: Onychiuridae). Revista Colombiana de Entomología, Vol.11 No. 2, p. 27-35.

-----, 1985b. Relación de *Onychiurus armatus* Tullberg con daños en plantas de *Chrysanthemum morifolium* Cu White Marble, cultivadas bajo invernadero. Revista de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

ADLER, P. B. & W. K. LAUENROTH. 2003. The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecol. Lett.*, 6. p. 749-756.

ARBEA, J; BLASCO, J. 2000. Ecología de los Collémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). Conferencia presentada en el IX Congreso Ibérico de Entomología, Zaragoza.

BABENKO, A.B. 1988. Clave para la determinación de Collémbolos de la Unión Soviética. Nauka, Moscú. p. 213.

BARRA, J. A; POINSOT-BALAGUER, N. 1977. Modifications ultrastructurales accompagnant l'anhydrobiose chez un collembole: *Folsomides variabilis*. *Revista. Ecología. Biología. Sol*, 14. p. 189-197.

BELLINGER, P.F. 1960. Possible adaptive coloration in Poduroid Collembola. *Entomol. News*, 71 (10). p. 254-256.

BRUES, C; MELANDER, A,L; CARPENTER, F.M. 1954. Extinct families of insects, Classification of Insects Cambridge, Mass USA. Printed for the museum. 80 p.

CASSAGNAU, P. 1964. Faune française des Collemboles XIII : Sur les Collemboles épigés de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées) et sur quelques espèces nouvelles du Sud-Ouest et des Pyrénées., *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, T. 99, Fasc. 3-4. p.463-483.

CASSAGNAU, P. 1971a. La phylogénie des Collemboles à la lumière des structures endocrines retrocérébrales. *Proc. First Symposy International Zoofilogeny*. 13-17, October 1969. Universidad de Salamanca, España.

CASSAGNAU, P. 1971b. Le Spermatophore des Collemboles Neauridae. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol.*, 8 (4). p. 609-616.

----- 1986. Les écomorphoses des collemboles. I. Déviation de la morphogènese et perturbations histophysiologiques. *Anales. Sociedad Entomología Francesa*. 22. p. 7-33.

-----1986. Les écomorphoses des collemboles. II. Aspects phénologiques et analyse expérimentale des déterminismes. *Anales Sociedad Entomología. Francesa.*, 22. p. 7-33.

CHAGNON, M. HÉBERT, C; PARÉ, D. 2000. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. *Pedobiología* 44. p. 148–165.

----- 2000. Relationships between soil chemistry, microbial biomass and the collembolan fauna of southern Qu_bec sugar maple stands. *Ecoscience* 7. p. 307–316.

CHRISTIANSEN, K.A. 1964. Bionomics of Collembola. *Anales Revista Entomol.*

----- 1971. Notes on Miocene amber Collembola from Chiapas. University California Publication. Ent. p. 45-48.

----- 1981. Phylogeny of insec orders. *Anales Revista Entomologia*.

----- 1992. Springtail. *Kansas School Nat.*, 39(1): p. 16.

----- 2002. Cretaceous Collembola (Arthropoda, Hexápoda) from the Upper Cretaceous of Canada. *Cretaceous Research* 23. p. 165-188.

----- BELLINGER, P.F. 1980-82. The Collembola of North America, North of the Rio Grande. 2nd Edition. Grinnell College, Grinnell, Iowa.

COLWELL, R. K. 1997. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>, Storrs, Connecticut.

----- CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B.*

DALLAI, R. 1970. Firts Data on the Ultrastructure of the Postantenal Organ of Collembola. *Colloque International sur les Collemboles, Paris*. p. 20-23.

DÍAZ, M; GONZÁLEZ, V. 2004. Catálogo de Collembola de Cuba. SOLENODON. Vol. 3. p. 1-30.

----- PALACIOS-VARGAS, J; LUCIÁÑEZ, M. J. 2001. Los Collémbolos en los suelos de Cuba. XV congreso latinoamericano y V cubano de la ciencia del suelo. Varadero, Cuba.

----- 2004. Clave dicotómica para la determinación de los Collémbolos de Cuba (Hexápoda, Collembola). Boletín S.E.A., No 34. p. 73-83.

DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. 1951. Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. Vie et Milieu, Supplement.

----- 1968. MASSOUD, Z. WALKERI, Folsom. Collembole du Cretace et posición systematique de Revision de Protentomobrya sur sa de los remarques. Solenoide 5, 619-630 del d'Ecologie et de de Biologie du de la revista.

DELGADILLO-REYES, J. ET PADILLA-RAMÍREZ, J. 2004. Estudio Preliminar De Los Colémbolos De Una Región Semiárida Del Valle De Zapotitlán, Puebla., Entomología mexicana, Vol.3. p .305-308.

EISENBEIS, G. 1982. Physiological absorption of liquid water by Collembola: absorption by the ventral tube at different salinities. Journal Insect Physiology., 28 (1). p. 11-20.

FJELLBERG, A. 1976. Cyclomorphosis in *Isotoma hiemalis* Schött, 1893 (*Mucronata Axelson*, 1900) syn. nov. (Collembola, Isotomidae)., Revista. Écología. Biología. Sol, 13 (2). p.381-384.

----- 1985. Elements of dorsal chaetotaxy in Neanuridae with descriptions of two new species of Anurida (Collembola)., Entomology Scandinavia. 15, 31. p. 349-362.

FOLSOM, J.W. 1937. Nearctic Collembola or Springtails, of family Isotomidae. United States National Museum, Bulletin 168, Washington. p.1-144.

FRANCO, G y GIRALDO, M. 2000. El cultivo de la Mora. Corpoica, PRONATTA.

GALINDO, D; PABON, L. 1985. Estudio Morfo-sistemático de Collembola asociado a la materia orgánica de suelos MOR (Aoo). Pontificia Universidad Javeriana, Fac. Cienc. Basic, SCIB, Bogotá, Colombia. 89 p.

GENTRY, A. 1991. El bosque nublado de Colombia. En: Bosque de niebla Altoandino. Bogotá, Colombia. p. 4 – 57.

GIRALDO A. 2002. Análisis de los patrones de variación espacio-temporal de las poblaciones de coleópteros en la Reserva Nacional de Lachay durante el periodo

1998 – 2001. Tesis para optar el Título de Biólogo - Universidad Nacional Agraria La Molina.

GISIN, H. 1955. Recherches sur la relation entre la faune endogène de Collemboles et les qualités agrológicas de sols viticoles. *Revue Suisse de Zoologie*, Bd.

----- 1964. Collemboles d'Europe. VI., *Revue Suisse de Zoologie*, Tome 71, no 20, Mai. p .383-400.

GONZÁLEZ, O.R, LÓPEZ, R.C. 1988. La Macrofauna de la hojarasca y del suelo de algunos ecosistemas forestales de Cuba. I. Composición por Taxones. *Inst. Zool. Acad. Cienc. Cuba*. p. 1- 16.

GONZÁLEZ, V; DÍAZ, M; PRIETO, D. 2003. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. Ciudad de La Habana, Cuba. Volumen 17, No. 1.

GORDILLO, O. P. 2004. Trabajo de Grado: Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sylvania (Cundinamarca). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.

GREENSLADE, P. 1981. Survival of Collembola in arid environments: observations in South Australia and the Sudan. *Journal of arid environments*, 4. p. 219-228.

----- WHALLEY, P.E.S. 1986. The systematic position of *Rhyniella praecursor* Hirst & Maulik (Collembola). The earliest known hexapod.. In R. Dallai (ed.) Proc. 3rd Intern. Sem. Apterygota. University of Siena, Siena, Italy. p. 319-323.

HALFFTER, G; MORENO, C; PINEDA, E. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Subprograma XII: Diversidad Biológica. Manuales y Tesis SEA, Vol, 2. 82 p.

HENDRIX, P.F., PARMELEE, R.W., CROSSLEY, D.R. Jr., COLEMAN, D.C., ODUM, E.P., GROFFMAN, P.M. 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *BioScience* 36. p. 374-380.

HENNING, W. 1981. *Insect Phylogeny*. Wiley, Chichester, Britain.

HERMOSILLA, W. 1978. *Brenesia*, Pág 267-277.

HERNÁNDEZ-MELÉNDEZ, J., PALACIOS-VARGAS, J.G. ET CUTZ-POOL, L.Q. 2004. Estudio Preliminar de los Collembola Fósiles del Ambar de Chiapas, México., *Entomología mexicana*, Vol.3. p.850-853.

HEYER, W; DONELLY, M; MCDIARMID, R; HAYEK, L; FOSTER, M. 1984. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington. 364 p.

HOPKIN, S.P. 1997. *Biology of the springtails. (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 330 p.

----- 2002. Collembola. In : R. LAL (Ed.) *Encyclopaedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York. p. 207-210.

HORTAL, J., P. GARCÍA-PEREIRA & E. GARCÍA-BARROS. 2004. Butterfly species richness in mainland Portugal: Predictive models of geographic distribution patterns. *Ecography*, en prensa.

JANSSENS, F. 2003. Checklist of the Collembola: Families. Department of Biology. University of Antwerp (RUCA), Antwerp, B-2020, Belgium. [Http://www.collembola.org/taxa/collembol.htm](http://www.collembola.org/taxa/collembol.htm).

JIMENEZ, A. y HORTAL, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Vol 8. p. 151-161.

----- MARTÍN CANO & M. L. MUNGUIRA. 2004. Patrones de diversidad de la fauna de mariposas del Parque Nacional de Cabañeros y su entorno (Ciudad Real, España central) (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea). *Animals Biodiversity Conservations*. 27 p.

JORDANA, R; ARBEA, J.I. 1989. Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta:Collembola). Pamplona, España. Publicaciones de Biología Universidad de Navarra. Serie Zoológica 19.

KINGSTON, S.R. y MORRIS, D.W. 2000. Voles looking for an edge: habitat selection across forest ecotones. *Canadian Journal of Zoology* 78. p. 2174-2183.

KRISTENSEN, N. P. 1981. Phylogeny of insect orders. *Anales Revista Entomología*. 26. p. 135-157.

KROGH, P.H. 1994. Microarthropods as bioindicators. A study of disturbed populations. PhD thesis. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. 96 p.

LAGERLOF, J., ANDREN, O. 1991. Abundance and activity of Collembola, Protura and Diplura (Insecta, Apterygota) in four cropping systems. *Pedobiologia* 35. p. 337-350.

LAWTON J.H., BIGNELL D.E., BOLTON B., BLOEMERS G.F., EGGLETON P., HAMMOND P.M., HODDA M., HOLT R. D., LARSEN T.B., MAWDSLEY N.A., STORK N.E., SRIVASTAVA D.S. & WATT A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modifications in tropical forest. *Nature* 391. p. 72-76.

LEHNINGER, A. L., D. L. NELSON & M. M. COX. 1995. Principios de Bioquímica. Ediciones Omega, Barcelona.

LEÓN-CORTÉS, J. L., J. SOBERÓN-MAINERO & J. LLORENTEBOUSQUETS. 1998. Assessing completeness of Mexican sphinx moth inventories through species accumulation functions. *Diversity Distribution.*, 4. p. 37-44.

LOPÉZ, F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. Ecosistemas, enero-abril, año/vol. XIII, número 001. Asociación Española de Ecología Terrestre, Alicante, España.

MAES, J.M; PALACIOS-VARGAS, J. 1988. Catálogo de los Insecta Apterygota de Nicaragua. *Revista Nicaraguense Entomología*, 4. p. 1-9.

MANTON, S.M. 1964. Mandibular mechanisms and the evolution of Arthropods. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B Biological Science.*, 247. 183 p.

----- 1972. The evolution of arthropodan locomotory mechanisms. Part 10. Locomotory habits, morphology and the evolution of the hexapod classes. *Zoological. J. Linnean Society.*, 51. p. 203-400.

----- 1973. Arthropod phylogeny-a modern synthesis. *Journal Zoology London.*, 171. p. 11-130.

MARI-MUTT, J. 1976. The genera of Collembola (Insecta) in Puerto Rico: Keys, Diagnoses, and general comments. Puerto Rico. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. Vol. 60, No. 1.

----- 1979. A Revision of the Genus *Dicranocentrus* Schött (Insecta: Collembola: Entomobryidae)., University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, College of Agricultural Sciences, Agricultural Experiment Station, Bulletin 259. p.1-79.

----- BELLINGER, P.F. 1990. A Catalog of the Neotropical Collembola, Including Nearctic Areas of Mexico., Florida. p.1-237.

MARIN, M., BASTARDIE, F., RICHARD, D. y BUREL, F. 2001. Studying boundary effects on animal movement in heterogeneous landscapes: the case of *Abax ater* (Coleoptera, Carabidae) in hedgerow network landscapes. *Ecologie* 324. p. 1029-1035.

MIRANDA RANGEL, A. y PALACIOS-VARGAS, J.G. 1992. Estudio comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de un bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*), *Agrociencia* 3(3). p 7-18.

MOJOCOA, M. 2004. Efecto del uso de Clorpirifos en Maíz (*Zea Mays* L.) sobre los Artrópodos no-blanco del suelo. Universidad Del Tolima, Facultad De Ingeniería Agronómica. Ibagué.

MORA, L.; STURM, H. 1994. Estudios ecológicos de Páramo y Bosque Alto-Andino en la cordillera oriental de Colombia. Tomo 1. Academia Colombia de Ciencias Exactas, Física y Naturales.

MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España. Manuales y Tesis SEA. Vol. 1.

----- G. HALFFTER. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal Applied Ecology*, 37. p. 149-158.

NAGLITSCH, F. 1963. Untersuchungen über Individuen – und Artenzahl der Collembolen auf leichten und schweren Boden. In: Doeksen, J., van der Drift, J. (eds) *Soil organisms*. North – Holland Publishing Company, Amsterdam. p. 395-405.

NAJT, J. 1973. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA, Supplement*.

OSPINA, C. 2003. Collémbolos asociados con cultivos de pastos en tres zonas de vida de Holdridge en Antioquia (Colombia). En *Agronomía Colombiana*, Vol 21, No 3. p. 129-141.

----- 2004. Collembolos asociados a cultivos de maíz y algodón en el Valle del Cauca, Colombia. En *Resúmenes XXXI Congreso Socolem: Sistemática y Taxonomía*. p. 57.

PACLT, J. 1956. *Biologie der primar Flugellosen Insekten*. Jena: Fischer. p. 258.

PALACIOS-VARGAS, J.G. 1980. Variación intraespecífica en los Collembola (Insecta, Apterygota). *Laboratorio de Acarología, Facultad de Ciencias, UNAM. Folia Entomológica Mexicana*. No 43. 31 p.

PALACIOS-VARGAS, J.G. 1981. Collembola asociados a Tillandsia (Bromeliaceae) en el derrame Lávico del Chichinautzin, Morelos, México. *Southwestern Entomologist* 6(2). p. 87-98.

----- 1983a. Catálogo de los Colémbolos Mexicanos. An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México.

----- 1983b. La fauna Cavernícola del área de Tilago, Queretaro. Soc. Mex, de Exploraciones subterráneas. Bol No, 2. p. 22-27.

----- 1985. Microartrópodos del Popocatepetl (aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos). Tesis Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 132 p.

----- 1990a. Diagnósis y clave para determinar las familias de Collembola de la región Neotropical. Fac. Cienc. UNAM.

----- 1990b. La taxonomía Animal. Capitulo XXI, Problemas en la taxonomía de algunos artrópodos: hexápoda (apterigota). Ciudad Universitaria, México D.F., México.

----- 1991. Manuales y guías para el estudio de Microartrópodos. Tomo II. Introducción a los Insectos sin Alas. UNAM. PADEP. México D.F. México. p. 10-23.

----- 2000. Los Collembola (Hexápoda. Entognatha) de Jalisco, México. *Dugesiana* 7(1). p. 23-36.

----- 2001. Conocimiento actual de los Colémbolos (Insecta) del estado de Hidalgo. *Avances en Investigación, Edafología. CICT, UNAM.* p. 119-125.

----- 2002. La distribución geográfica de los Collembola en el mundo subterráneo. *Bioespeleología. Boletín Sociedad Venezolana Espeleología.* (36). p. 1-5.

----- 2003. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. In Alvarez-Sánchez, J & E. Naranjo-García. Eds. *Ecología del suelo de la Selva Tropical Húmeda de México.* Instituto de Ecología, A. C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa, México. p. 217-225.

----- 2004. Sistemática y ecología de Microartrópodos. Cuarto curso de Educación Continuada Museo Entomológico UNAB. Facultad de Agronomía UNAB, Universidad Nacional de Colombia.

PALACIOS-VARGAS, J.G.; CARDENAS-CARRION, A. 1996. Colección y catálogo de los colémbolos (Arthropoda: Hexápoda) de México. México. p. 2-65.

----- CASTAÑO, G; MEJÍA, B. 2000. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen II. México D.F. México. p. 249-273.

----- GÓMEZ-ANAYA, J.A. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México. (Distribución ecológica y claves). Folia Entomológica Mexicana 89. p 1-34.

----- MENDOZA, M.S; VILLALOBOS, F. 1995. La comunidad de Collembola (Apterygota) del suelo en un gradiente sucesional del bosque mesófilo de la reserva de la biosfera El Cielo Tamaulipas. Simposio Universitario de Edafología. Fac, Cienc. UNAM.

----- VIDAL, M.V. 1998. Collembola from the canopy of a Mexican tropical deciduous forest. Pan-Pacific Entomology, Vol. 74, num, 1.

PARDO, C.A; SUAREZ, A; VERGARA, R. 1980. Reconocimiento e identificación de Entomofauna en suelos de Boyacá. Facultad de Agronomía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.

PEÑARANDA, M. 2005. Collémbolos (Hexápoda: Collembola) de Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

-----; SERNA, F; PALACIOS, J. 2004. Estado actual del conocimiento de Collembola (Hexápoda: Collembola) en Colombia. En Resúmenes XXXI Congreso Socolem: Sistemática y Taxonomía. 61 p.

PETERSEN, H. 1994. A review of collembolan ecology in ecosystem context. In: Vilkkamaa, P. (ed) VIII International Colloquium on Apterygota, Helsinki 17 -19 Aug. 1992. Acta Zoologica Fennica 195. p. 111-118.

----- 2000. Collembola populations in an organic crop rotation: Population dynamics and metabolism alter conversion from clover-grass ley to spring barley. Pedobiologia 44. p. 502-515.

----- 2001. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. Pedobiologia 46. p. 246-260.

PIELOU, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. Wiley, Nueva York. 263 p.

PIERA, M. F. 2000. Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando táxones de alto rango en insectos. m3m Monografías Tercer Milenio. Vol 1, SEA, Zaragoza. p. 35-54.

POINSOT, N. 1966a. Existence d'un comportement constructeur chez un collembole Isotomidae: *Subisotoma variabilis* (Gisin, 1949). *Revista Ecología Biología. Sol*, 3. p. 173-178.

----- 1966b. Sur un comportement constructeur chez le collembole *Isotomurus* sp. Relation entre ce comportement et le phénomène de l'écomorphose. *Revista Ecología Biología. Sol*, 3. p. 585-588.

----- 1968. Cas d'anhydrobiose chez le collembole *Subisotoma variabilis* Gisin. *Revista Ecología Biología. Sol*, 5. p. 585-586.

----- BARRA, J. A. 1978. Adaptation de certains collemboles a la secheresse: L'anhydrobiose. *Bull. Society Ecophysiology.*, 3(1). p. 56-58.

----- 1991. L'anhydrobiose: un problème biologique nouveau chez les Collemboles (Insecta). *Revista Écología Biología. Sol*, 28(2). p. 197-205.

RAPOPORT, E.H; SANCHEZ, 1963. J.On the epineuston or the superaquatic fauna. *Oikos*, 14. p. 96-109.

RICKETTS, T. H., G. C. DAILY & P. R. EHRLICH. 2002. Does butterfly diversity predict moth diversity? Testing a popular indicator taxon at local scales. *Biology Conservation.*, 103. p. 361-370.

ROCA, C; GAJU-RICART, M; COMPTE-SART, A. 1999. Recientes aportaciones filogenéticas sobre los apterigota. *Boletín SEA*, No. 26. p. 379-395.

ROSARIO MANZANO, M. 1990. Algunas especies de Collembola (Insecta) como agentes detritívoros del manglar. Colombia, *Boletín Ecotrópica* ISSN: 0120-8993, vol:21. p. 23 – 27.

RUPPEL, H. 1953. Physiologische untersuchungen uber die bedeutung des ventraltubus und die atmung der Collembola. *Zoll Jb. Physiology.* p. 429-598.

SALMON, J.T. 1964. An index to the Collembola. *Bull. Royal Society. N.Z.*, 7(3).

SOBERÓN, J. M; LLORENTE, J.B. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7. p. 480-488.

STEBAEVA, S.K. 1988. Características generales del taxa, en Chernova, N.M & Striganova, B.R. Manual de identificación de Collembola de la URSS: datos generales, claves de familias y géneros. Nauka, Moscú. p. 5-37.

TUXEN, S.L. 1980. The phylogeny of Apterygota and on phylogeny in general. Bolletín Zoology Supplement.

VÁZQUEZ, M; PALACIOS, V. 2004. Catálogo de Colémbolos (Hexápoda: Collembola) de Sian Ka`an. Quintana Roo, México. Universidad den Quintana Roo, CONABIO. 123 p.

VEGTER, J.J; JOOSE, E.N.G; ERNSTING,G. 1988. Jour Anim. Ecol. 57. p. 971-981.

VILLA, M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

VILLALOBOS, F.J. 1989. Los colémbolos poduromorpha (Apterygota: Insecta) y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de motaña. Biotam 1. p 45-52.

VILLARREAL H. M; ÁLVAREZ, S; CÓRDOBA, F; ESCOBAR, G; FAGUA, F; GAST, H; MENDOZA, M; OSPINA y A.M. UMAÑA. 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. p. 185-226.

WHALLEY, P; JARZEMBOWSKI, E.A. 1981. A new assessment of Rhyniella, the earliest known insect, from the Devonian of Rhynie, Scotland. Nature (London). p. 291-317.

WALTER, H. Vergleichende 1963. Untersuchungen Zur. Anatomie und Funktionsmorphologie der Streckend-saugenden Mundwerkzeugen der Collembola. Zoology. Jb., 2 (81). p. 27-100.

WIENS, J.A; CRAWFORD, C.S y GOSZ , J.R. 1985. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. Oikos 45. p 421-427.

WILLIAMS P.H. & GASTON K.J. 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness?. Biological Conservation. 67. p. 211-217.

ANEXO 1
FORMATO DE REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE FAMILIAS Y GÉNEROS DE COLLEMBOLA

TABLA DE DATOS DE LOS ESPECIMENES RECOLECTADOS EN MUESTREO DE AÑO 2006								Pag 1
LOCALIDAD	Cundinamarca - Sylvania - Noruega Alta							
Cuadrante	A	Coordenadas	N 04°29'21.0"	Altitud	2604-2617	Fecha	13-Abr-06	
Muestra	Pitfall		W 074°19'14.2"					
DETERMINACION TAXONOMICA							Clasificacion	
No. Mtra	GRUPO	ORDEN	SUPERFAMILIA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Edafica	# Catalogo
API1	Arthropleona	Entomobryomorpha	Entomobryoidea	Entomobrydae	Lepidocyrtus	sp	Epiedafico	MUD O46-OO1/A
TABLA DE DATOS DE LOS ESPECIMENES RECOLECTADOS EN MUESTREO DE AÑO 2006								Pag 2
OBSERVACIONES								
Patron de coloracion	Cabeza	Torax	Abdomen			# Catalogo	Comentarios	
Crema	8+8, 4 antenitos, sin opa	Mesonoto abultado, escamas	IV + 6 veces III, Dentes crenulados, Mucron bidentado			MUD O46-OO1/A	fotos 12/18, buen estado	

* Los enunciados en rojo son un ejemplo de cómo se lleno el formato.

ANEXO 2
FORMATO DE REGISTRO DEL ESFUERZO INVERTIDO POR MES Y CUADRANTE

FAMILIAS	MUESTRAS MAYO					
	CMI1	CMI2	CMII1	CMII2	CMIII1	CMIII2
ARROPHALITTIDAE	0	0	0	0	0	0
BOURLETIELLIDAE	0	0	0	0	0	0
BRACHYSTOMELLIDAE	0	0	0	0	0	0
CYPHODERIDAE	0	0	0	0	0	0
DYCIRTOMIDAE	0	0	0	0	0	1
ENTOMOBRIDAE	3	4	1	3	0	0
HYPOGASTRURIDAE	0	0	0	0	0	0
ISOTOMIDAE	0	0	0	0	0	0
NEANURIDAE	0	0	0	0	0	0
ODONTELLIDAE	0	0	0	0	0	0
ONCOPODURIDAE	0	0	0	0	0	0
PARONELLIDAE	5	0	0	3	0	0
SMINTHURIDAE	0	1	0	0	0	5
SMINTHURIDIDAE	0	0	0	0	0	1
TOMOCERIDAE	0	0	0	0	0	0

* C: Cuadrante C; M: Trampa Manual; I, II, III: Numero de Transecto; 1,2,3: Numero de unidad muestral. En azul: numero de individuos de cada familia por unidad muestral.

** Los enunciados en rojo y azul son un ejemplo de cómo se lleno el formato.

ANEXO 3
FORMATO DE REGISTRO DEL ESFUERZO ACUMULADO

DATOS DE ACUMULACION DE ESPECIES/FAMILIAS	
Fecha: ABRIL	Cuadrante: A
Esfuerzo de Colecta Acumulado (Unidad Muestral)	Numero de Familias Acumuladas
API1	2
API2	2
API3	6
API4	6
API5	6
APII1	8
APII2	8
APII3	8
APII4	8
APII5	8
APIII1	8
APIII2	8
APIII3	8
APIII4	8
APIII5	8
n = 14	S = 8

* Medido en numero de familias por tipo de trampa en cada cuadrante.

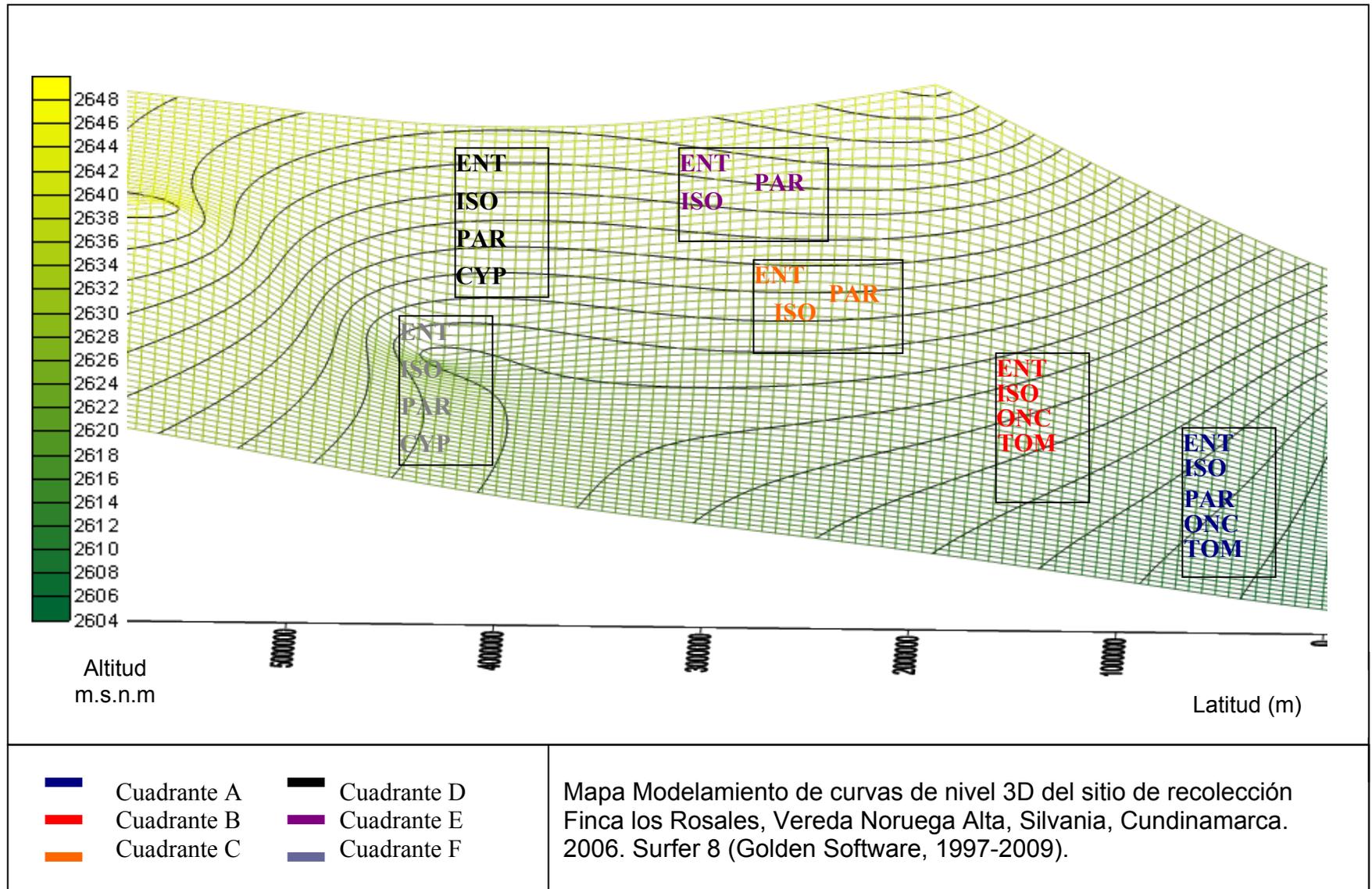
** Los enunciados en rojo y azul son un ejemplo de cómo se lleno el formato.

ANEXO 4
FORMATO REGISTRO TAXONOMIA DE ESPECIMENES

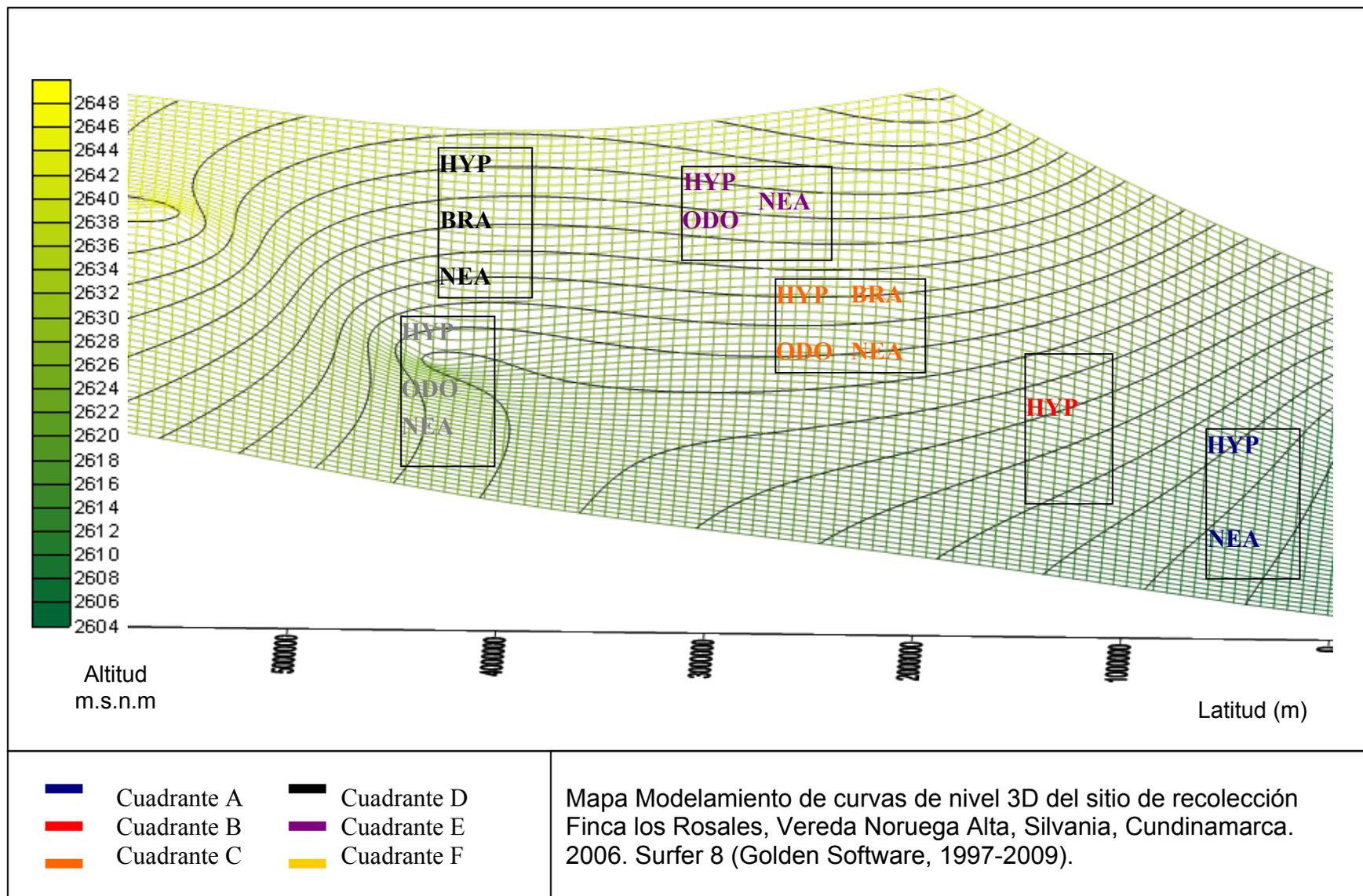
FICHA TAXONÓMICA				MUD 046-001/ A	
INFORMACION TAXONOMICA					
ORDEN	Entomobryomorpha	SUPERFAMILIA	Entomobryoidea	Descriptor/año	Bourlet, 1839
FAMILIA	Entomobryidae	SUBFAMILIA	Lepidocyrtinae		
GENERO	Lepidocyrtus	Sinónimos			Stronglynotus
ESPECIE	Spp				
No Catalogo	MUD 046-001/A				
Identificador/fecha	Avila/Jaramillo	Oct-07			
INFORMACION DE CAMPO					
PAIS	Colombia	DEPARTAMENTO	Cundinamarca	MUNICIPIO	Silvania
VEREDA	Noruega Alta	Sitio de Muestreo	Bosque Alto Andino	Cuadrante D	
Coordenadas	N 04°29'10.3''	W 074°18'56.2''	Altitud	2644	
Tipo de Captura	Pitfall		Temperatura	18°C	
No parcela/transecto	DMI12				
Fecha de captura	13-Abr-06				
Hora de captura	09:00 a.m.				
Colector	Avila/Jaramillo				
No Colección	MUD 046				
Observaciones					

* Esta ficha se adjunto para cada individuo colectado en la colección MUD 046 del museo de Historia Natural de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ** Los enunciados en rojo son un ejemplo de cómo se lleno el formato.

ANEXO 5 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Entomobryomorpha, de la clase Collembola en la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca.



ANEXO 6 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Poduromorpha de la clase Collembola, en la vereda Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca.



ANEXO 7 - Mapa de distribución de modelamiento de curvas de nivel en 3D, de las familias identificadas del orden Symphypleona de la clase Collembola, en la vereda Noruega Alta, Sylvania, Cundinamarca.

