

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Análisis de la diversidad y efecto de borde en el género *Drosophila*
(Diptera, Drosophilidae) en tres bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en la
Provincia de Pichincha, Ecuador.**

**Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias
Biológicas**

MARÍA LUNA FIGUERO BOZA

Quito, 2010

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la candidata María Luna Figuero Boza ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Dra. Violeta Rafael
Directora de la Disertación

Quito, 16 de noviembre del 2010

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres y a mis hermanas por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente en todo durante la carrera.

A mi directora de tesis, Dra. Violeta Rafael por guiarme y apoyarme durante todo el proceso de este trabajo, por contagiarme su entusiasmo y aportar con toda su experiencia al desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Olivier Dangles por brindarme su ayuda y tiempo en el diseño de la metodología y por todos sus aportes.

Al Dr. Clifford Keil por sus consejos y sugerencias en la corrección de este trabajo.

A Juan Iglesias, un agradecimiento especial por todas sus sugerencias, por presentarme a los bosques de *Polylepis* y por ayudarme con toda la parte botánica del trabajo.

A Luis Eduardo y a las personas que voluntariamente me acompañaron al campo, Diego, Renata, Gaby, Tomasito, Esteban.

A aquellas personas que de alguna manera aportaron en mi trabajo: Ingeniero Julio Sánchez, Dra. Katya Romoleroux, Ph. D. Sheika Aragundi, Msc. Ana Mafla, Oscar Pérez, Fernanda Salazar, Pepe Lucho, Amaranta, Alba Figuero y Daniela Espíndola.

A mis compañeros de laboratorio, Diego, Renata, Gaby y Karina por sus consejos y compañerismo.

Por último, a todos mis amigos que me han acompañado durante todos estos años, Amarantis, Chavo, Cuco, Lucho, Dolo, Cris, Jacky, Gato, Pancho, Negro, Diego A. y

Nina. A la peña en especial a Caro y Coki. A la “pulga”, Tatiana y a mis amigos del Museo de Ciencias Naturales.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN.....	1
2.	ABSTRACT.....	2
3.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.1.	Taxonomía y diversidad del género <i>Drosophila</i>	3
3.2.	<i>Drosophila</i> como bioindicador.....	4
3.3.	Efecto de borde.....	6
3.4.	Bosques de <i>Polylepis</i>	7
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1.	Área de estudio.....	9
4.2.	Fase de Campo.....	10
4.3.	Fase de laboratorio.....	11
4.4.	Análisis estadísticos exploratorios.....	13
5.	RESULTADOS.....	16
5.1.	Análisis taxonómico.....	16
5.1.1.	Descripción de cinco nuevas especies del género <i>Drosophila</i>	17
5.1.1.1.	Grupo <i>flavopilosa</i>	17
5.1.1.2.	Grupo <i>mesophragmatica</i>	21
5.1.1.3.	Grupo <i>onycophora</i>	25

	5
5.1.1.4. Especies no agrupadas.....	31
5.1.2. Redescipción de <i>Drosophila asiri</i>	35
5.2. Efecto de borde.....	37
5.2.1. Factores abióticos.....	37
5.2.1.1. Temperatura.....	37
5.2.1.2. Humedad relativa.....	39
5.2.2. Factores bióticos.....	39
5.2.2.1. Diversidad y abundancia.....	39
5.2.2.2. Vegetación.....	42
5.2.2.3. <i>Drosophila</i> y factores ambientales.....	43
6. DISCUSIÓN.....	46
6.1. Reconocimiento del género <i>Drosophila</i>	46
6.1.1. Taxonomía.....	46
6.1.1.1. Propuesta del complejo <i>asiri</i>	49
6.1.1.2. Descripción del complejo <i>asiri</i>	50
6.1.2. Adaptaciones de las moscas de altura.....	51
6.1.3. Variación espacio-temporal de las poblaciones de <i>Drosophila</i>	54
6.2. Efecto de borde.....	56
6.2.1. Factores abióticos.....	56

6.2.2. Factores bióticos.....	57
6.2.3. <i>Drosophila</i> y los bosques de <i>Polylepis</i>	59
7. RECOMENDACIONES.....	63
8. BIBLIOGRAFÍA.....	65
9. FIGURAS.....	79
10. TABLAS.....	98
11. ANEXOS.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa del área de estudio.....	80
Figura 2.	Nombre de las estructuras presentes en la terminalia de <i>Drosophila</i>	81
Figura 3.	<i>Drosophila</i> 1 sp. nov.....	82
Figura 4.	<i>Drosophila</i> 2 sp. nov.....	83
Figura 5.	<i>Drosophila</i> 3 sp. nov.....	84
Figura 6.	<i>Drosophila</i> 4 sp. nov.....	85
Figura 7.	<i>Drosophila</i> 5 sp. nov.....	86
Figura 8.	<i>Drosophila</i> 5 sp. nov. (huevo y larva).....	87
Figura 9.	Complejo <i>asiri</i>	88
Figura 10.	Ejemplo de la variación de temperatura.....	89
Figura 11.	Diversidad y abundancia de especies del género <i>Drosophila</i> en el parche A.....	90
Figura 12.	Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche A.....	90
Figura 13.	Diversidad y abundancia de especies del género <i>Drosophila</i> en el parche B.....	91
Figura 14.	Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche B.....	91
Figura 15.	Diversidad y abundancia de especies del género <i>Drosophila</i> en el parche C.....	92

Figura 16. Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche C.....	92
Figura 17. Diversidad α , β y γ de drosófilas en los tres parches.....	93
Figura 18. Índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal del parche A.....	93
Figura 19. Índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal del parche B.....	94
Figura 20. Índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal del parche C.....	94
Figura 21. Análisis de correspondencia canónica entre los factores ambientales y las especies de <i>Drosophila</i> en el parche A.....	95
Figura 22. Análisis de correspondencia canónica entre los factores ambientales y las especies de <i>Drosophila</i> en el parche B.....	96
Figura 23. Análisis de correspondencia canónica entre los factores ambientales y las especies de <i>Drosophila</i> en el parche C.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Ciclo de vida de <i>Drosophila</i> 5 sp. nov.....	99
Tabla 2.	Especies del género <i>Drosophila</i> recolectadas en el parche A.....	100
Tabla 3.	Especies del género <i>Drosophila</i> recolectadas en el parche B.....	101
Tabla 4.	Especies del género <i>Drosophila</i> recolectadas en el parche C.....	103
Tabla 5.	Especies vegetales presentes en el parche A.....	104
Tabla 6.	Especies vegetales presentes en el parche B.....	105
Tabla 7.	Especies vegetales presentes en el parche C.....	106
Tabla 8.	Comparación de la distribución y <i>genitalia</i> interna de <i>D. asiri</i> , <i>D.</i> <i>yuracyacu</i> y <i>Drosophila</i> 5 sp. nov.....	107

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Diagrama del transecto en los parches de bosque.....	109
Anexo 2.	Índices alares del género <i>Drosophila</i>	110
Anexo 3.	Diagrama de la línea imaginaria (a) trazada para contar las cerdas de la parte baja del epandrio.....	111
Anexo 4.	Falos.....	112
Anexo 5.	Espermatecas.....	114
Anexo 6.	Alas.....	115
Anexo 7.	Cuerpos.....	116
Anexo 8.	Abdomenes.....	117

1. RESUMEN

Estudios realizados con diversos grupos biológicos confirman la hipótesis de Ecuador país megadiverso. Un ejemplo son los trabajos realizados con el género *Drosophila* durante los últimos 10 años, en los que se han registrado la existencia de 112 especies del género, de las cuales el 50% son especies nuevas. El objetivo del presente estudio fue analizar la diversidad del género *Drosophila*, detectar la existencia de especies endémicas y estudiar el efecto de borde, en tres parches con influencias antrópicas de bosques de *Polylepis* en el Páramo de Papallacta. Para ello, se estableció un transecto de 120 metros desde el borde hasta el centro del bosque, se colocaron 28 trampas en cada parche y se realizaron cuatro colectas durante el 2009. En el laboratorio se realizaron análisis de la morfología externa y los *genitalia* de todos los individuos recolectados. En total se capturaron 572 drosófilas, pertenecientes a ocho especies del género, de las cuales cinco son nuevas para la ciencia. Estos descubrimientos nos indicarían la inmensa diversidad que encierran los páramos del Ecuador. *Drosophila* 5 sp. nov. es la especie más abundante (226 individuos) y se encuentra distribuida en los tres parches. Las especies de *Drosophila* del páramo muestran ciertas adaptaciones a la altura, éstas son: el alargamiento de sus ciclos biológicos, el aumento del tamaño del cuerpo y la disminución en el vuelo. No se comprobó si existe un efecto de borde en las comunidades de drosofilídeos, sin embargo éstas pueden estar condicionadas por la vegetación asociada a los bosques de *Polylepis*.

Palabras clave: adaptaciones, diversidad, *Drosophila*, efecto de borde, *Polylepis*.

2. ABSTRACT

Several studies in biological taxa confirm Ecuador as a megadiverse country. An example of this is the research on the genus *Drosophila* over the past ten years. In Ecuador there are 112 species of the genus, approximately 50% of there were new species. The objectives of this study were to evaluate *Drosophila* diversity, to detect the existence of endemic species of this genus and to study the “edge effect” in three *Polylepis* patches with anthropogenic influences in the Papallacta páramo. For each patch, a 120 m transect was established going from the edge to the center with 28 traps. These transects were sampled four times during 2009. All fruit flies were analyzed by their external morphology and *genitalia*. A total of 572 drosophilids were captured, belonging to eight species of *Drosophila*; five were new to science. These discoveries show the immense diversity of the páramos of Ecuador. The species recorded as “*Drosophila* 5 sp. nov.” was the most abundant (226 individuals) and was distributed on the three patches. *Drosophila* species have shown adaptations to highlands such as the lengthening of their life cycles, increased body size and the decrease in flight. Edge effect influence was not confirmed in these drosophilid communities; however, they may be conditioned by the associated flora of *Polylepis* forests.

Key words: adaptations, diversity, *Drosophila*, edge effect, *Polylepis*.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. TAXONOMÍA Y DIVERSIDAD DEL GÉNERO *Drosophila*

La familia Drosophilidae está compuesta por 73 géneros y 3950 especies descritas y distribuidas en los numerosos ecosistemas del planeta (Brake y Bächli, 2008). El género más abundante es *Drosophila* con el 53% del total de especies (Mateus *et al.*, 2006).

El género *Drosophila* fue descrito por primera vez en el siglo XVIII por Scopoli, Linné y Fabricius (Mateus *et al.*, 2006). Los primeros estudios sobre la sistemática del género fueron realizados por Duda (1925) y Sturtevant (1921, 1939 y 1942). Taxonómicamente el género está incluido en el orden Díptera, suborden Brachycera, división Schizophora, sección Acalyptratae, superfamilia Ephydroidea, familia Drosophilidae, subfamilia Drosophilinae (Wheeler, 1981).

La mayoría de los géneros de la familia Drosophilidae se encuentran en las regiones tropicales del mundo. En la región Neotropical, el género *Drosophila* está altamente diversificado, con numerosas especies aún por descubrirse (De Medeiros y Klaczko, 2004). Las investigaciones sobre la biodiversidad de la flora y fauna han revelado que el Ecuador es uno de los países biológicamente más diversos del planeta (Vela y Rafael, 2003). La enorme biodiversidad del país se debería principalmente a su ubicación en la región Neotropical y a otros factores como la presencia de la Cordillera de Los Andes y el

fenómeno de El Niño (GAIA, 2007). Este conjunto de características geográficas y climáticas han contribuido a la existencia de una gran variedad de ecosistemas que favorecen el proceso de diversificación de las especies (Rafael, 1992).

En el Ecuador los primeros estudios con *Drosophila* fueron realizados por Becker en 1919, quién reportó *D. mellea*, *D. dilacerata* y *D. griseicollis* en Carchi, y a *D. ferruginea* en Chimborazo; sin embargo las investigaciones sobre su diversidad se iniciaron a finales de la década de los años 80 (Vela y Rafael, 2003). Durante los últimos 20 años se han obtenido una gran cantidad de datos sobre la distribución y taxonomía del género, incluyendo las descripciones de numerosas especies nuevas (Rafael y Arcos, 1988, 1989; Rafael *et al.*, 2000a, 2000b; Rafael y Vela 2000, 2003; Vela y Rafael, 2001, 2003, 2004a, 2004b, 2004c, 2005a, 2005b; Rafael, 2007; Acurio y Rafael, 2009; Acurio *et al.* 2010).

Hasta el momento, en el Ecuador, se han reportado 112 especies (Acurio y Rafael, 2009). Entre ellas hay especies endémicas de hábitat restringido y especies cosmopolitas que utilizan una diversidad de hábitats. La colonización de nuevos ambientes por parte de ciertas especies de *Drosophila* se facilita gracias a que ellas aprovechan las alteraciones de los ecosistemas que produce el hombre (Vela y Rafael, 2003).

Drosophila ha sido utilizado en innumerables estudios como organismo modelo en diversos campos de la biología, con mayor énfasis en genética y biología molecular (Mateus *et al.*, 2006). Si comparamos la cantidad de estos estudios con los ecológicos, podemos afirmar que son pocos los trabajos realizados en el ámbito de la ecología y la distribución geográfica (Rafael, 1992); especialmente en las regiones tropicales.

3.2. *Drosophila* COMO BIOINDICADOR

Los insectos ocupan una posición central en estudios dirigidos a la diversidad de las comunidades y la conservación de los ecosistemas (Cavasini *et al.*, 2008). El interés por utilizar insectos en los estudios de distribución de la diversidad biológica y sus causas ha aumentado en los últimos años (De Medeiros y Klaczko, 2004), ya que estos desempeñan en los bosques funciones muy diversas e importantes tales como fitófagos, descomponedores, polinizadores, depredadores, parásitos, o vectores de organismos patógenos (Dajoz y Alvarez, 2001), y como centinelas de los mismos (Vela y Rafael, 2003).

La biodiversidad según Magurran (2005) se define como “la variedad de especies y sus abundancias en diferentes hábitats”. Otras definiciones; como la descrita por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (UNEP, 1992) dice que “la diversidad biológica es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, tales como los ecosistemas terrestres, marinos, acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. Por último, la definición de biodiversidad dada por la Estrategia Global es “la totalidad de los genes, las especies y los ecosistemas de una región” (UNEP, 1992). Estas definiciones son objeto de debates debido a las connotaciones sociales y económicas que emanan de su enunciado (Del Pino, *et al.* 2004). Existe una amplia variedad de métodos desarrollados para evaluar la biodiversidad, cada uno de éstos se restringe a resaltar aspectos biológicos concretos, y la selección de cualquiera de los métodos está determinada por el interés que se tenga en resaltar ciertos aspectos (Moreno, 2001). Todas estas medidas de diversidad son de gran importancia ya que nos sirven como guía al momento de tomar decisiones en cuanto a la conservación de los ecosistemas (Jost, 2009).

Por ello es importante el estudio de las comunidades de *Drosophila* en los remanentes forestales. Además las especies del género *Drosophila* pueden ser excelentes indicadoras

para medir el grado de alteración de los ecosistemas (Vela y Rafael, 2003; Acurio *et al.*, 2010).

Varios estudios han propuesto al género *Drosophila* como bioindicador (Van der Linde, 1997; Van der Linde y Sevenster, 2002; Ferreira y Tidon, 2005; Tidon, 2006; Gottschalk *et al.*, 2007; Alves da Mata *et al.*, 2008; Cavasini *et al.*, 2008). Los bioindicadores son de gran importancia y muy utilizados en la ecología de la conservación ya que su presencia o ausencia pueden indicar rápidamente el estado de conservación de los ecosistemas, sobre todo de las áreas protegidas. El género *Drosophila* presenta una serie de atributos para ser considerado un buen bioindicador: su ciclo de vida es relativamente corto, son móviles y numerosas; además son fáciles de capturar, tienen un número conocido de especies y estas difieren en su grado de vulnerabilidad (Van der Linde y Sevenster, 2002). Por ejemplo las especies cosmopolitas, como las del grupo *melanogaster*, indican alteraciones mientras que las endémicas, indican la existencia de factores ecológicos excepcionales y un ecosistema único (Vela y Rafael, 2003).

3.3. EFECTO DE BORDE

El uso de los recursos naturales en todo el mundo ha cambiado el paisaje terrestre en las últimas décadas, esto no sólo ha ocasionado una fuerte disminución en toda la cobertura forestal, sino también una distribución asimétrica de parches con tamaños y formas variadas (Didhan *et al.*, 1996).

Actualmente la fragmentación de los bosques es un proceso importante que contribuye a la pérdida de biodiversidad aumentando las tasas de extinción de las especies. Debido al aumento en la destrucción de los hábitats globales, estudios sobre la diversidad son de gran

importancia para comprender el rol de las comunidades biológicas y su conservación (Pérez, 2007).

Un fenómeno muy estudiado en hábitats fragmentados es el efecto de borde. Es decir, los cambios en la distribución de las especies cerca de los bordes de un ecosistema (Ries y Sisk, 2004), como pueden ser una carretera o el límite natural de un parche de bosque. Las respuestas de los bordes son un componente clave para entender la influencia de la estructura de los paisajes en la calidad del hábitat (Ries y Sisk, 2004). Los bordes pueden ser definidos como la unión de dos parches con diferentes cualidades, por lo tanto, la identificación de los bordes dependerá de cómo el investigador define a los parches (Strayer *et al.*, 2003).

Los resultados de docenas de estudios de campo, confirman que muchas especies responden a los bordes de hábitat en una variedad de formas. Las especies pueden mostrar un aumento, disminución o ningún cambio en su abundancia, dependiendo del tipo específico de borde con el que se encuentren (Ries y Sisk, 2004). Muchos factores afectan la habilidad de las especies para sobrevivir y reproducirse en suficiente número como para persistir en una localidad (Tidon, 2006). Los cambios producidos en los bordes pueden deberse a cambios bióticos o abióticos del ambiente causados por flujos ecológicos a través de los bordes, cambios en las interacciones interespecíficas, o una combinación de estos y otros factores (Ries y Sisk, 2004).

3.4. BOSQUES DE *Polylepis*

Los bosques de *Polylepis* son ecosistemas únicos en el mundo, su distribución en los páramos es en parches y se extienden desde Venezuela hasta Argentina; se encuentran entre los 3000 y 4000 msnm, formando parte de los bosques siempre verde montano y el

páramo herbáceo (Sierra, 1999). Estos bosques se caracterizan porque el suelo tiende a estar cubierto por una densa capa de musgo pantanoso y los árboles crecen de forma irregular con sus troncos ramificados y muy inclinados.

Los árboles de *Polylepis* representan la vegetación leñosa predominante de los páramos andinos, forman ecosistemas asociados a las laderas rocosas y muy pendientes de los páramos, y ríos o riachuelos (Fjeldså, 2000). Estos bosques son fundamentales en los ecosistemas de altura ya que actúan como barreras contra el viento, son captadores de lluvia y son esenciales para la conservación de las microcuencas así como para la protección de las vertientes. Además proveen de refugio a plantas y animales (Batallas *et al.*, 2004) y soportan una gran diversidad biológica con un alto porcentaje de endemismo (Segovia-Salcedo y Zapata-Ríos, 2007). Estos bosques han sido poco explorados por lo que la posibilidad de encontrar nuevas especies tanto de plantas como de animales, es alta.

En Ecuador se encuentran siete especies del género *Polylepis*, estas son: *P.incana*, *P.microphylla*, *P.pauta*, *P.sericea*, *P.weberbaueri*, *P.lanuginosa* y *P.reticulata*. Las dos últimas son especies endémicas y presentan una distribución sumamente restringida. Estos árboles están severamente afectados por la actividad humana, en particular por la tala y quema, por lo que todas las especies tienen la categoría de vulnerables (Romoleroux, 2000). *Polylepis incana* y *P. pauta* son las especies de mayor distribución en el país (Troya, 2006). Así mismo, en el Ecuador podemos encontrar una especie introducida, *P. racemosa*.

Debido a la fuerte presión sobre estos relictos boscosos, el riesgo de su desaparición es cada vez mayor (Herzog *et al.*, 2002) siendo uno de los ecosistemas forestales más amenazados del planeta. Por lo tanto, la búsqueda de estrategias eficientes para la

conservación de estos bosques es urgente ya que su desaparición también implicaría la extinción de la fauna asociada.

El objetivo del presente estudio fue analizar la diversidad del género *Drosophila* en tres parches de bosque de *Polylepis*, detectar la existencia de especies endémicas del género y estudiar el efecto de borde en los parches aislados y con influencias antrópicas, lo que nos permitirá conocer la salud de los bosques.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

Los parches de bosque estudiados, se encuentran ubicados en la Provincia de Pichincha, en la vía Pifo - Páramo de Papallacta. Estos parches se componen principalmente de árboles del género *Polylepis*, y forman parte de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca y la Reserva Ecológica Antisana, ubicadas en la parte occidental de la cordillera oriental.

Se escogieron tres parches de bosque: A, B y C de aproximadamente 500 m². Entre parche y parche existe una distancia de no menos de 3 km.

El parche A es un relicto boscoso homogéneo de *Polylepis incana* y *Gynoxys* (Asteraceae). Se encuentra a 3731 msnm y sus coordenadas son 00°19'13.5''S, 78°13'28,1''W. Este bosque está situado en la parte baja de la Cordillera Yanahurcu en el sector de Peñas Blancas (Figura 1). El parche está delimitado por la línea de flujo del EMAAP-Q al noreste y por límites naturales de la montaña en los otros costados. Hacia el lado este del parche hay un riachuelo pequeño que nace en la montaña.

El parche B presenta una composición mixta de plantas de páramo pero en su mayoría está compuesto por *Polylepis pauta*. Está ubicado a 4014 msnm; sus coordenadas son 00°20'09.4''S, 78°12'32.1''W. Este parche se encuentra en la vía Pifo-Papallacta a pocos kilómetros antes del Páramo de la Virgen (Figura 1). El parche está delimitado por la carretera en su lado sur, el resto del bosque se eleva y desciende a través de quebradas naturales siendo bastante irregular y poco homogéneo.

El parche C se encuentra colindando con la Reserva Cayambe-Coca (Figura 1). Su composición es homogénea y principalmente de *Polylepis pauta*. Se encuentra a 4005 msnm y sus coordenadas son 00°19'24.8''S, 78°12'42.8''. El bosque se ubica en una pendiente medianamente regular; todos los límites del parche son naturales y se componen de pajonal.

4.2. FASE DE CAMPO

Se muestreó en tres parches, uno de *Polylepis incana* y dos de *Polylepis pauta*. En cada uno de los bosques se estableció un transecto dividido en siete estaciones. En cada estación se colocaron dos trampas a cada lado del transecto, en total cuatro botellas por estación. Las trampas se prepararon según se describe en Céspedes (2010), con cebo de plátano y levadura.

Las estaciones se separaron por una distancia de 20 metros. Para medir el efecto de borde la primera estación se colocó al borde del límite natural o antrópico, dependiendo del bosque el borde fue la carretera, la línea de flujo o el pajonal, a este lugar se denominó estación 1. La segunda estación se estableció a 20 metros de la primera en línea recta hacia

el interior del bosque y se denominó estación 2. Así sucesivamente hasta la séptima estación ubicada a 120 metros del borde del bosque. Las distancias se midieron con una cinta métrica de 100 metros y se tomaron las coordenadas y alturas de las estaciones en cada transecto con un GPSmap Garmin 60CSx. Además se colocó un *data logger*, HOBO Pro v2 (U23-001), en cada una de las estaciones para obtener datos de temperatura y humedad cada tres horas durante los días de muestreo. Los datos se bajaron con el adaptador HOBO Waterproof Shuttle y fueron analizados con HOBO Ware Pro para Windows. En total se colocaron 28 trampas y 7 *data loggers* por transecto (Anexo 1).

Se realizaron dos capturas, una a las dos semanas y otra a las tres semanas de colocado el cebo. Las moscas fueron recogidas en tubos individuales etiquetados y con medio de cultivo. La recoleta se realizó principalmente con aspiradores entomológicos debido a la poca cantidad de individuos encontrados en cada trampa. Las trampas se retiraron en la tercera semana. Las colectas se realizaron en los meses de febrero, abril, julio y septiembre del 2009. Estos meses corresponden a las épocas más secas (julio, septiembre) y más lluviosas (febrero, abril) durante el año en el Páramo de Papallacta (Bendix y Rafiqpoor, 2001).

Por último se realizó una caracterización de hábitat, para ello se colectaron las plantas de cada estación en los tres parches en un transecto de 5m x 2m, se realizó un dibujo por cada estación en el campo, con la cobertura que ocupaba cada especie de planta colectada en el transecto.

4.3. FASE DE LABORATORIO

Una vez colectados los individuos se los transportó al laboratorio en cajas térmicas con refrigerantes para evitar que el cebo transpire y las moscas se peguen. Además los

refrigerantes mantienen a la caja a una temperatura ideal para las moscas de altura. También es recomendable no colocar más de 15 moscas en cada tubo ya que su respiración puede provocar que el cristal del tubo se humedezca y sus alas se peguen (Carson y Heed, 1981).

Una vez en el laboratorio se separaron las hembras para fundar isolíneas, cuya filial (F1) permitió identificar algunas de las especies nuevas. La crianza en laboratorio se realizó en tubos con medio de cultivo y uvilla. Al inicio del estudio, todas las isolíneas fueron colocadas en un cuarto frío a 18°C, sin embargo esta temperatura resultó ser muy alta para las especies de páramo, por lo tanto se empezó a criar a las moscas en una refrigeradora con una temperatura promedio de 8°C y una humedad relativa del 72%.

Todos los individuos fueron observados con un estereoscopio marca Olympus, modelo SZ2-ILST. Se realizó la extracción de los *genitalia* tanto de machos y de hembras, conservados en placas escavadas con glicerol. Las observaciones fueron realizadas en un microscopio marca Olympus, modelo CX31RBSFA. Los machos y algunas hembras fueron identificados mediante el análisis de su morfología externa y los *genitalia* externa (ver De Medeiros y Klaczko, 2004). Los datos de todos los individuos colectados se registraron en una matriz de especies.

Se tomaron fotos de la morfología externa y las alas con un estereoscopio marca Zeiss Discovery V8 y de los *genitalia* externa con un microscopio Zeiss Imager.A2 con cabezal para cámara digital Carl Zeiss, AxionCam MRc con Software Carl Zeiss AxioVision. Los dibujos de los *genitalia* externa de los machos y hembras fueron realizados en un microscopio Zeiss con una cámara lúcida.

Se realizó la descripción del holotipo y alotipo de las especies nuevas encontradas y se montaron junto a los paratipos para su conservación en el QCAZ (Museo Quito Católica

Zoología) en triángulos con sus respectivos *genitalia* en microtubos con glicerol. Además se realizó el montaje de las alas para comparación morfológica en placas con Permout SP15-500.

La nomenclatura de las estructuras mencionadas en las descripciones de las especies, fue tomada de Bächli *et al.*, 2004 (Figura 2). Los índices de las espermatecas son los propuestos por Rafael y Arcos, 1989 (Figura 2 F). Los índices alares utilizados fueron tomados de Bächli *et al.*, 2004 (Anexo 2) y las cerdas gruesas de las alas se contaron del ala derecha desde la vena radial R2+3 (Anexo 2). Para contar las cerdas de la parte baja del epandrio se tomó como referencia una línea imaginaria que nace en la parte inferior donde la placa anal se liga al epandrio (Anexo 3).

Las plantas colectadas fueron prensadas, secadas e identificadas. Se escanearon los dibujos realizados en el campo y con la ayuda de una cuadrícula en photoshop CS se midió la cobertura de cada especie en porcentaje. Los datos se registraron en una matriz de vegetación.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS EXPLORATORIOS

Se realizaron Escalamientos Multidimensionales No Métricos (NMDS) y Análisis de Similitud (ANOSIM) de cada parche, entre lugares (estaciones), para ver si las estaciones son significativamente diferentes en su composición de especies o en la abundancia de individuos del género *Drosophila*. Es decir cambios en la composición espacial de las especies. También se realizaron estos análisis entre los cuatro meses de colecta, para ver diferencias en la composición temporal de las comunidades de moscas. Para las plantas se realizaron los mismos análisis pero únicamente para ver la distribución espacial, además de un Análisis Cluster (Cluster Analysis) para observar si las estaciones eran similares en su

flora. Todo esto se realizó usando el software estadístico © PAST (Palaentiological Statistics) versión 1.79 para Windows.

Se realizaron gráficos de los cambios en temperatura diaria en cada parche durante 5 días con el software R, versión 2.10.1 para Windows.

Se calculó la diversidad beta (β_w) de cada parche para observar diferencias en el hábitat. La diversidad beta, es esencialmente una medida que permite ver que tan diferentes o similares son varios hábitats o muestras en relación a la variedad o abundancia de especies que se encuentran en ellos. La forma más común de enfocar la diversidad β es mediante la observación de cómo la diversidad de especies cambia a lo largo de un gradiente. Otra manera de observación de la diversidad β es comparando la composición de especies de las diferentes comunidades. Mientras menos especies compartan las comunidades, más alta será la diversidad β .

Se calculó la diversidad beta de Wittaker con la siguiente fórmula;

$$\beta_w = (S / \alpha) - 1$$

donde S= número total de especies encontradas en el sistema (diversidad gama) y α = el promedio de la diversidad encontrada (Magurran, 2005).

En cada estación se calculó el índice de diversidad de Simpson, este es un índice heterogéneo denominado medida dominante, ya que se inclina por las abundancias de las especies más comunes en vez de proveer una medida de riqueza de especies (Magurran, 2005). El índice de Simpson se calculó en cada estación para las drosófilas y para las plantas con el software © PAST (PALaentiological STATistics) versión 1.79 para Windows; después se comprobó la normalidad de los datos (diversidad) mediante la prueba de

Kolmogorov-Smirnov de una muestra y se ejecutó la regresión lineal de los datos, todo con el programa estadístico PASW (Predictive Analytics SoftWare) versión 18.0 para Windows.

Por otro lado se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (Canonical Correspondence- CCA). Un análisis que soporta gráficamente la hipótesis ecológica del control ambiental sobre la distribución de las especies o describe en que manera las especies están relacionadas a las variables ambientales (Legendre y Legendre, 2003). En este caso trata de explicar la relación de las especies de *Drosophila* con las variables ambientales (hospederos-plantas; temperatura y humedad). Todo esto se realizó usando el software estadístico © PAST (Palaentological Statistics) versión 1.79 para Windows. Para este análisis fue necesaria la transformación de datos tanto de las variables ambientales, como de los datos del número de individuos de *Drosophila* de cada especie. Todo se transformo a rangos de 0-9 mediante dos métodos.

Para las variables ambientales de transformaron los datos mediante la fórmula:

$$x' = 9*(x-\text{min}) / (\text{Max}-\text{min});$$

para las drósofilas se realizó la transformación mediante la obtención de la raíz cuadrada (Sánchez, 2006).

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS TAXONÓMICO

Se realizaron cuatro colectas en tres parches de *Polylepis* del Páramo de Papallacta durante los meses de febrero, abril, julio y septiembre del 2009. En total se capturaron 572 individuos pertenecientes a ocho especies del género *Drosophila*. Cinco de las especies capturadas corresponden a especies nuevas descritas en el presente trabajo y una especie nueva descrita por Céspedes (2010), capturada durante su trabajo de tesis en el 2009 en la Quebrada de Cruz Loma, al norte del Teleférico de Quito, la que será denominada *Drosophila rucu* especie nueva (en preparación). Las especies nuevas son *Drosophila* 1 sp. nov.; *Drosophila* 2 sp. nov.; *Drosophila* 3 sp. nov.; *Drosophila* 4 sp. nov. y *Drosophila* 5 sp. nov.

Todas las especies capturadas pertenecen al subgénero *Drosophila* y se las puede agrupar de la siguiente manera:

Subgénero *Drosophila*

Grupo *flavopilosa*

Drosophila 1 sp. nov.

Grupo *guarani*

Drosophila ecuatoriana Vela y Rafael, 2004c.

Grupo *mesophragmatica*

Drosophila 2 sp. nov.

Grupo *onycophora*

Drosophila 3 sp. nov.

Drosophila 4 sp. nov.

Grupo *polychaeta*

Drosophila rucu Céspedes, 2010 (en preparación)

Grupo *tripunctata*

Drosophila pasochoensis Vela y Rafael, 2001.

No agrupadas

Drosophila 5 sp. nov.

5.1.1. DESCRIPCIÓN DE CINCO NUEVAS ESPECIES DEL GÉNERO *Drosophila*

Descripción de las cinco especies nuevas encontradas en los parches de *Polylepis* (A, B y C) recolectadas durante el 2009.

5.1.1.1. Grupo *flavopilosa*

Los miembros de este grupo se encuentran asociados con flores, especialmente del género *Cestrum* (Solanaceae). Estas especies presentan características que les han permitido adaptarse a los hábitats de flores. Las hembras presentan un ovipositor con formas alargadas y muy quitinizado; mientras que los machos, presentan un falo bastante largo y delgado (Vela y Rafael, 2004b).

***Drosophila* 1 sp. nov.** (Figura 3 y Anexos 4A, 5A, 6A)

Material examinado: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) y 20 paratipos (10 ♂♂ y 10 ♀♀) que serán depositados en el Museo QCAZ, Sección Invertebrados.

Localidad tipo: Ecuador, Pichincha, Páramo de Papallacta. Altitud: 4.013 - 4.023 msnm. Coordenadas: 00°20'10,7"S; 78°12'32,1"W.

Descripción del macho (muerto, conservado en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 5,5 mm. Color del cuerpo marrón amarillento brillante.

Cabeza: primer y segundo segmentos de las antenas color amarillo; arista negra con dos ramas ventrales y tres dorsales (en otros individuos hasta cuatro ramas dorsales), más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza color marrón amarillenta con placa orbital marrón; la cerda orbital media ligeramente hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón, ocelos rojizos; triángulo frontal de color marrón, *frontal vitta* marrón amarillento. Una cerda oral prominente. Carina prominente de color amarillo, ligeramente surcada. Prosbocis y palpos amarillentos. Ojos de color rojo vinoso.

Tórax: color marrón amarillento con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. A lo largo de todo el tórax se encuentra una línea ligeramente más oscura. Escutelo del mismo color que el tórax con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/2 de la anterior. Patas de color amarillo, los dos últimos segmentos tarsales ligeramente más oscuros. Alas amarillentas. Longitud del ala 5 mm. Índices alares: alar=2,21; C=4,25; ac=2; hb=0,15; 4c=0,53; 4v=1,28; 5x=1,09; M=0,32 y Prox x=0,37.

Abdomen: de color amarillo gris; del primer al cuarto tergito amarillos con una línea tenue en la borde inferior; parte terminal del quinto tergito con una línea más ancha en el borde inferior, sexto tergito color marrón oscuro sin línea oscura. Testículos de color amarillo.

Genitalia externa: placa anal micropubescente con cerdas largas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio micropubescente con cerdas largas, parte baja en punta y quitinizada. Surestilos rectangulares y micropubescentes en la parte externa de los dientes primarios. En el surestilo derecho 11 dientes primarios, con 16 cerdas marginales, en el surestilo izquierdo 11 dientes primarios con 17 cerdas marginales (en otros individuos de 8 a 12 dientes primarios y de 11 a 19 cerdas marginales; además algunos individuos presentan los dientes primarios separados por un espacio).

Genitalia interna: falo quitinizado, alargado, en forma de C con una abertura central; cabeza del falo quitinizada y curvada dorsalmente. La punta termina en dos estructuras separadas membranosas con la parte ventral aserrada y quitinizada; además presenta estrías. Pie del falo rudimentario membranoso; paráfisis con rama ventral corta, en forma rectangular y estriadas a todo lo largo; además presentan dos cerdas en el extremo distal. Índice del falo=0,95. Hipandrio más grande que el epandrio, con borde externo quitinizado,

en forma triangular, alargado y abierto en la parte posterior, conchas del hipandrio membranosas con una cerda en la parte baja; arco del hipandrio estrecho.

Descripción de la hembra (muerta, conservada en alcohol). **Morfología externa:**

Longitud total (cuerpo + alas) 6 mm. Color del cuerpo amarillo.

Cabeza: primer y segundo segmento de las antenas de color amarillo; arista con dos ramas ventrales y cuatro dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza amarilla, la placa orbital marrón claro; la cerda orbital media hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón claro, ocelos color amarillo, triángulo frontal marrón claro, *frontal vitta* amarillo, gena amarilla. Una cerda oral prominente. Carina prominente de forma triangular, ligeramente surcada. Prosbocis y palpos de color amarillo claro. Ojos de color rojo vinoso.

Tórax: color amarillo con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. A lo largo del tórax se encuentra una línea ligeramente más oscura que se va ensanchando a la altura de las cerdas dorso centrales dando la apariencia de un tridente; escutelo de color amarillo, con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/3 de la anterior. Patas de color amarillo, los dos últimos segmentos tarsales ligeramente más oscuros. Alas amarillentas. Longitud del ala 5 mm. Índices alares: alar=2,36; C=4,55; ac=2; hb=0,2; 4c=0,53; 4v=1,42; 5x=1,08; M=0,34 y Prox x=0,39.

Abdomen: de color amarillo, tergitos amarillos con una línea oscura y delgada en la borde inferior.

Genitalia: ovipositor ligeramente quitinizado, de color amarillo; en el lado derecho posee cinco dientes discales, 17 cerdas marginales, una espina larga y dos cortas más delgadas; en el lado izquierdo presenta cinco dientes discales, 17 cerdas marginales, una espina larga y tres cortas más delgadas (otros individuos presentan de cuatro a seis dientes discales, de 14-20 cerdas marginales, una espina larga y de dos a tres espinas cortas). Espermateca ligeramente quitinizada en forma de avellana; en la parte media presenta un doblez como faja dividiendo a la espermateca en dos partes: la parte superior presenta poros y es de forma semiesférica, la parte inferior presenta estrías y es de forma triangular. Índice de la espermateca= 1,03.

Relación de parentesco: Posiblemente *Drosophila* 1 sp. nov. es hermana o subespecie de *Drosophila korefae* (Vela y Rafael, 2004b). *D. korefae* presenta la vena transversal posterior del ala ligeramente sombreada mientras que en *Drosophila* 1 sp. nov. la vena transversal posterior no presenta pigmentación.

5.1.1.2. Grupo *mesophragmatica*

Las especies pertenecientes a este grupo presentan antenas con una arista de aproximadamente ocho ramas. La carina es prominente y surcada; las cerdas escutelares anteriores divergentes. El abdomen es amarillo con diseño y línea media dorsal. (Vilela y Bächli, 1990).

***Drosophila* 2 sp. nov.** (Figura 4 y Anexos 4C, 4B, 6C, 7B, 8B)

Material examinado: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) y 10 paratipos (5 ♂♂ y 5 ♀♀) que serán depositados en el Museo QCAZ, Sección Invertebrados.

Localidad tipo. Ecuador, Pichincha, Páramo de Papallacta. Altitud: 3.994 - 4.013 msnm. Coordenadas: 00°19'27,6"S; 78°12'42,1"W.

Descripción del macho (muerto, conservado en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 5,5 mm. Color del cuerpo marrón claro.

Cabeza: primer y segundo segmento de las antenas color marrón claro; arista con dos ramas ventrales y tres dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza marrón claro (otros individuos presentan la cabeza más oscura). La placa orbital marrón claro; la cerda orbital media más cerca al borde ocular y cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón, ocelos de color amarillo. Triángulo frontal de color marrón, *frontal vitta* marrón claro. Una cerda oral prominente. Carina poco prominente, ligeramente surcada de color marrón claro, en las partes más prominentes de la carina presenta una franja oscura. Prosbocis y palpos amarillentos. Ojos de color marrón rojizo.

Tórax: marrón claro sin diseño con seis o siete hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. Escutelo del mismo color que el tórax con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/3 de la anterior. Patas de color amarillo, los dos últimos segmentos tarsales marrón oscuro. Alas de color marrón claro; casi a todo lo largo de la vena radial, la parte distal de la primera celda basal, la mitad inferior de la celda discal y la segunda y tercera celda posterior son zonas más claras; la vena transversal posterior sombreada. La vena costal III presenta 15-16 cerdas gruesas. Longitud del ala 4,7 mm; índices alares: alar=2,15; C=5; ac=1,25; hb=0,5; 4c=0,5; 4v=1,38; 5x=0,78; M=0,3 y Prox x=0,66.

Abdomen: de color amarillo, tergitos con diseño oscuro de forma rectangular (a veces como “reloj de arena”) en la parte media (en algunos individuos se presenta un línea oscura en la parte inferior de cada tergito).

Genitalia externa: placa anal muy micropubescente con cerdas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio muy micropubescente, con tres cerdas en la parte dorso lateral de cada lado; en la parte posterior inferior se agrupan más de 20 cerdas y presenta una estructura quitinizada y desnuda que se proyecta sobre los surestilos. Decasterno rectangular con la parte anterior curva y la parte posterior muy quitinizada. Surestilos rectangulares y micropubescentes en la cara externa de los dientes primarios; presentan 12 dientes primarios y numerosas cerdas marginales muy largas, aproximadamente 30 en ambos lados (algunos individuos presentan los dientes primarios separados por un espacio).

Genitalia interna: falo quitinizado. Parte distal de la cabeza del falo es de forma triangular en vista frontal, con la punta ligeramente bífida y ligeramente curvada dorsalmente. En vista lateral se observa unas pequeñas proyecciones puntiagudas quitinizadas en los extremos laterales de la cabeza y en la parte dorsal presenta una estructura que se asemeja a una joroba (proceso dorsal), cóncava, quitinizada. Rama ventral del falo, corta y muy quitinizada. Paráfisis circular con una cerda y tres pequeñas espinas en la parte media (en otros individuos se observó de una a dos cerdas y de una a tres espinas). Apodema del falo quitinizado excepto en su parte distal. Hipandrio del mismo tamaño que el epandrio, en forma de V, quitinizado en la parte anterior. Gonopodios de forma ovalada, en su parte anterior presentan una cerda con la punta curvada; en la parte posterior interior profundamente estriada.

Descripción de la hembra (muerta, conservada en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 6 mm. Color del cuerpo marrón claro.

Cabeza: primer segmento de las antenas marrón claro, segundo segmento de las antenas color marrón; arista con dos ramas ventrales y tres dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza marrón, la placa orbital marrón; la cerda orbital más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar y triángulo frontal marrón oscuro, ocelos de color amarillo. *Frontal vitta* marrón claro. Una cerda oral prominente. Carina prominente, ligeramente surcada de color marrón claro, en las partes más prominentes de la carina presenta una franja oscura. Prosbocis y palpos de color amarillento.

Tórax: color marrón claro, ligeramente más oscuro en la parte externa de las dorsocentrales anteriores, con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. Escutelo marrón claro. Cerda esternopleural media es 1/3 de la anterior. Patas de color amarillo, penúltimo tarso ligeramente más oscuro, último tarso marrón oscuro. Alas de color marrón claro; casi a todo lo largo de la vena radial, la parte distal de la primera celda basal, la mitad inferior de la celda discal y la segunda y tercera celda posterior son zonas más claras; la vena transversal posterior sombreada. La vena costal III presenta 10 cerdas gruesas. Longitud del ala 4,5 mm. Índices alares: alar=2,07; C=4,47; ac=1,18; hb=0,34; 4c=0,57; 4v=1,42; 5x=0,89; M=0,37 y Prox x=0,69.

Abdomen: de color amarillo; primer segmento abdominal con la parte media en forma de “reloj de arena”, en los demás segmentos se observa una zona oscura en la parte media a manera de rectángulo (otros individuos presentan el diseño de reloj de arena en más de un segmento abdominal). Además presenta una línea delgada oscura en el borde inferior.

Genitalia: ovipositor alargado y quitinizado de color amarillo. Los dientes discales y las cerdas marginales son difíciles de diferenciar, sin embargo se puede decir que el ovipositor presenta 12 dientes discales, 14 cerdas marginales, una cerda larga y tres espinas cortas más delgadas, o que se observaron 26 dientes-cerdas. (otros individuos presentan de 22-28

dientes-cerdas, una cerda larga y de una a cuatro espinas cortas). Espermateca quitinizada, redondeada, con invaginación que alcanza 3/4 de la espermateca. En la parte proximal es más estrecha y presenta pliegues; en la parte distal se observan pequeñas porosidades. En la parte media distal presenta una depresión membranosa dando la apariencia de un hueco; a esta depresión se le une una membrana interna que se extiende hacia la parte proximal uniéndose a la invaginación. Índice de la espermateca= 0,93.

5.1.1.3. Grupo *onycophora*

Este grupo se caracterizan por tener cuerpos de colores más oscuros (pardo); algunas de las cerdas, especialmente las de la arista, son más cortas de lo usual. Las hembras presentan un ovipositor con la mayor parte de su superficie cubierta por numerosos dientes, cortos y engrosados. Las especies de este grupo están asociadas a flores. (Vilela y Bächli, 1990).

Drosophila 3 sp. nov. (Figura 5 y Anexos 4D, 5C, 6D, 7C, 7D, 8C)

Material examinado: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) y 20 paratipos (10 ♂♂ y 10 ♀♀) que serán depositados en el Museo QCAZ, Sección Invertebrados.

Localidad tipo: Ecuador, Pichincha, Páramo de Papallacta. Altitud: 4.023. Coordenadas: 00°20'10,7"S; 78°12'32,1"W.

Descripción del macho (muerto, conservado en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 4 mm. Color del cuerpo marrón.

Cabeza: primer segmento de las antenas ligeramente oscuras en la parte dorsal y más claro en la parte ventral; segundo segmento de las antenas con una línea ligeramente oscura en la parte dorsal, el resto del segmento de color blanco. Arista negra con dos ramas ventrales y dos dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza con placa orbital marrón claro; la cerda orbital media ligeramente hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón oscuro, ocelos amarillos; triángulo frontal de color marrón oscuro, *frontal vitta* marrón oscuro, gena y postgena blancas. Una cerda oral prominente. Carina prominente triangular, surcada y de color blanco. Prosbocis y palpos blancos. Ojos de color rojo vinoso.

Tórax: color marrón oscuro con seis hileras de pelos acrosticales entre las cerdas dorsocentrales anteriores. Parte central del tórax con una línea clara que llega hasta el escutelo. Bordeando las cerdas dorsocentrales se observan dos franjas ligeramente más claras que se prolongan hasta las suturas transversales y se extienden centralmente; además debajo y a lo largo de las suturas transversales presenta una línea más clara. Escutelo del mismo color que el tórax con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/2 de la anterior. Primer par de patas con el fémur blanco, la tibia ventralmente blanca y el resto blanco amarillenta; el resto de la pata es amarillenta con los dos últimos segmentos tarsales de color marrón. Segundo par de patas con el fémur blanco en la parte ventral resto de la pata amarillenta con los dos últimos segmentos tarsales marrones. Tercer par de patas amarillentas con dos últimos segmentos tarsales marrones. Alas marrón amarillento; parte distal de la celda marginal y submarginal más oscuro, vena transversal posterior rodeada por un halo ligeramente más oscuro. En la celda costal III

presenta nueve cerdas gruesas. Longitud del ala 3,3 mm. Índices alares: alar=2,28; C=3,66; ac=2, hb=0,19; 4c=0,68; 4v=1,47; 5x=1,22; M=0,41 y Prox x=0,41.

Abdomen: de color marrón claro sin ningún diseño, otros individuos presentan una franja oscura en la parte inferior de cada tergito.

Genitalia externa: placa anal micropubescentes con cerdas largas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio micropubescente, la parte baja con 20 cerdas en cada lado. Surestilos ovalados con base quitinizada y micropubescentes en la cara externa de los dientes primarios; en el surestilo derecho 13 dientes primarios, con 14 cerdas marginales, en el surestilo izquierdo 13 dientes primarios con 13 cerdas marginales.

Genitalia interna: falo quitinizado, cabeza del falo en forma de J; la parte baja de la cabeza del falo se curva formando dos ramas simétricas como paráfisis, alcanzando más de 1/2 del largo de la cabeza. Entre la cabeza y estas dos ramas hay una estructura larga membranosa, casi del mismo tamaño que la cabeza, abierta en la parte ventral. La punta de la cabeza es bifurcada en vista frontal y en vista lateral es de forma cóncava con dos puntas. El pie del falo no es quitinizado y en la unión con la cabeza es bifurcado. Paráfisis poco quitinizadas de forma rectangular con una espina casi imperceptible. Índice del falo: 1,18. Hipandrio más grande que el epandrio en forma de V, brazo del hipandrio ligeramente quitinizado, arco membranoso, gonopodios en forma rectangular con una cerda larga y quitinizada en la parte inferior.

Descripción de la hembra (muerta, conservada en alcohol). **Morfología externa:** Color del cuerpo marrón.

Cabeza: primer segmento de las antenas ligeramente oscuras en la parte dorsal y más claro en la parte ventral; segundo segmento de las antenas con una línea ligeramente oscura en la parte dorsal, el resto del segmento de color blanco. Arista negra con 2 ramas ventrales y 2 dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza oscura, la placa orbital marrón; la cerda orbital media ligeramente hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Toda la cara marrón oscuro y más clara hacia el nacimiento de las antenas, ocelos color amarillo, gena marrón claro. Una cerda oral prominente. Carina marrón prominente surcada, hacia los bordes de los surcos más oscura. Proboscis blanca, palpos dorsalmente grises y el resto del palpo blanco. Ojos de color rojo vinoso.

Tórax: color marrón oscuro sin diseño con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorso- centrales anteriores. Escutelo de color marrón con dos bandas longitudinales ligeramente más claras, presenta una zona oscura en forma de uña en la parte posterior (otros individuos con el escutelo del mismo color que el tórax); cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/2 de la anterior. Primer par de patas con el fémur blanco, la tibia ventralmente blanca y el resto blanco amarillento, el resto de la pata amarillento con los dos últimos segmentos tarsales de color marrón; segundo par de patas con el fémur blanco en la parte ventral resto de la pata amarillento con los dos últimos segmentos tarsales marrones; tercer par de patas amarillentas con dos últimos segmentos tarsales marrones. Alas marrón amarillento; parte distal de la celda marginal y submarginal más oscura, vena transversal posterior rodeada por un halo ligeramente más oscura. En la celda costal III presenta seis cerdas gruesas. Índice alares: $alar=2,09$; $C=4,48$; $ac=1,83$; $hb=0,18$; $4c=0,55$; $4v=1,45$; $5x=1,2$; $M=0,4$ y $Prox\ x=0,3$.

Abdomen: de color gris amarillento sin ningún diseño, otros individuos presentan una franja oscura en la parte inferior de cada tergito.

Genitalia: ovipositor quitinizado, de color marrón oscuro; en el lado derecho posee 85 dientes discales, cuatro espinas pequeñas, una cerda en la parte ventral y tres en la parte dorsal a continuación de las espinas; en el lado izquierdo presenta 84 dientes discales, cuatro espinas pequeñas, una cerda larga en la parte ventral y tres en la parte dorsal a continuación de las espinas (otros individuos presentan de 95-97 dientes discales). Espermateca ovalada muy quitinizada. Índice de la espermateca= 1,25.

***Drosophila* 4 sp. nov.** (Figura 6 y Anexos 4E, 6E, 7E)

Material examinado: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) y 4 paratipos (3 ♂♂ y 1 ♀) que serán depositados en el Museo QCAZ, Sección Invertebrados.

Localidad tipo: Ecuador, Pichincha, Páramo de Papallacta. Altitud: 4.013. Coordenadas: 00°20'10,1"S; 78°12'32,1"W.

Descripción del macho (muerto, conservado en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 3 mm. Color del cuerpo marrón.

Cabeza: primer y segundo segmento de las antenas oscuros. Arista negra con tres ramas ventrales y una dorsal, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza con placa orbital marrón amarillento; la cerda orbital media ligeramente hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón claro, ocelos amarillos; triángulo frontal de color marrón claro, *frontal vitta* marrón oscuro, gena y postgena blancas. Una cerda oral prominente. Carina prominente de color blanco. Prosbocis y palpos blancos. Ojos de color rojo vinoso.

Tórax: color marrón amarillento con seis hileras de pelos acrosticales entre las cerdas dorsocentrales anteriores. El tórax presenta una franja oscura entre las dorsocentrales, que

se prolonga hasta el escutelo; en la mitad de la franja hay un área longitudinal ligeramente más clara. En el área donde nacen las dorsocentrales se observa un área más clara, seguida hacia los extremos, por un área más oscura y otra amarilla. Escutelo del mismo color que el tórax con un área oscura como triángulo; cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerdas esternopleural media es 1/4 de la anterior. Primer par de patas con el fémur blanco, el resto de la pata de color amarillo con el cuarto y quinto tarsómeros marrones. Segundo y tercer par de patas amarillas con cuarto y quinto tarsómeros marrones. Alas amarillentas; la celda marginal, submarginal y primera celda posterior con la parte distal más oscura. Primera celda basal marrón; Vena media III ligeramente sombreada y vena transversal posterior muy sombreada. Tercera celda posterior transparente. En la celda costal III presenta seis cerdas gruesas. Longitud del ala 3 mm. Índices alares: alar=2,05; C=4,38; ac=1,62, hb=0,24; 4c=0,55; 4v=1,4; 5x=1,06; M=0,34 y Prox. x=0,51.

Abdomen: de color marrón claro con un área ligeramente más oscura en la parte central de cada tergito.

Genitalia externa: placa anal micropubescentes con cerdas largas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio micropubescente, con tres cerdas en ambos lados dorso laterales superiores que llegan hasta la unión del epandrio con la placa anal; tres cerdas en la parte dorso lateral media. Parte baja del epandrio desnuda con seis a nueve cerdas largas seguida por una zona con muchas microproyecciones a modo de espinas. Surestilos rectangulares y con micropubescencia a modo de espinas abundante en la parte externa; presenta una fila en S de dientes primarios; en el surestilo derecho 21 dientes primarios, con 12 cerdas marginales, en el surestilo izquierdo 22 dientes primarios con 13 cerdas marginales.

Genitalia interna: falo quitinizado, cabeza del falo en forma de J; la parte baja de la cabeza se curva formando dos ramas simétricas alargadas como paráfisis, puntiagudas muy

quitinizadas, alcanzando más de 1/2 del largo de la cabeza. Entre la cabeza del falo y estas dos ramas hay una estructura larga membranosa ligeramente quitinizada y más estrecha en la parte distal; esta estructura es casi del mismo tamaño que la cabeza y es acanalada. La punta de la cabeza del falo es alargada y termina en dos proyecciones laterales bifurcadas en vista frontal y en vista lateral tiene la forma de cuña. El pie del falo es membranoso y en la unión con la cabeza es bifurcado y quitinizado. Paráfisis alargadas y poco quitinizadas en forma rectangular. Índice del falo: 0,95. Hipandrio más grande que el epandrio en forma de V, brazo del hipandrio muy quitinizado, arco muy delgado membranoso. Gonopodios ligeramente quitinizados, de forma rectangular con una proyección lateral estriada y una cerda larga en la parte interna.

5.1.1.4. Especies no agrupadas

Drosophila 5 sp. nov. (Figuras 7, 9C, 9E, 9G y Anexos 4F, 4G, 5D, 6F, 7F, 8D)

Material examinado: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) y 20 paratipos (10 ♂♂ y 10 ♀♀) que serán depositados en el Museo QCAZ, Sección Invertebrados.

Localidad tipo: Ecuador, Pichincha, Páramo de Papallacta. Altitud: 3.994 – 4.030 msnm. Coordenadas: 00°19'27,6"S; 78°12'42,2"W.

Descripción del macho (muerto, conservado en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 6 mm, longitud del cuerpo 4 mm. Color del cuerpo amarillo polinoso.

Cabeza: primer y segundo segmento de las antenas color amarillo; arista con tres ramas ventrales y cuatro dorsales (en otros individuos con dos ramas ventrales y cuatro dorsales), más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza amarilla de aspecto polinoso. La placa orbital amarilla; la cerda orbital media, hacia el exterior de la placa orbital y ubicada

más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón, triángulo frontal de color amarillo polinoso, *frontal vitta* ligeramente anaranjado. Una cerda oral prominente. Carina prominente ligeramente surcada. Prosbocis y palpos de color amarillo, palpos con tres cerdas (en otros individuos con dos cerdas). Ojos de color marrón rojizo.

Tórax: color amarillo polinoso. Presenta seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. En la parte central y a lo largo de todo el tórax se encuentra una franja delgada ligeramente más oscura. Escutelo del mismo color que el tórax, con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es 1/3 de la anterior. Patas de color amarillo, los tres últimos segmentos tarsales ligeramente más oscuros. Alas amarillentas con la vena transversal posterior ligeramente más oscura. La vena costal III presenta ocho cerdas gruesas. Longitud del ala 4,8 mm; índices alares: alar=2,1; C=4,5; ac=1,14; hb=0,25; 4c=0,42; 4v=1,28; 5x=1,54; M=0.44 y Prox x=0,47.

Abdomen: de color amarillo polinoso, sin línea media dorsal; primer y segundo tergito amarillos y ligeramente más oscuros en la parte media; tercer y cuarto tergito ligeramente más oscuros en la parte media con un diseño semejante a un reloj de arena; quinto y sexto tergito amarillos sin diseño. Además la parte inferior de cada tergito presenta una línea delgada oscura. Testículos de color amarillo.

Genitalia externa: placa anal micropubescente con cerdas largas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio micropubescente; parte baja del epandrio desnuda quitinizada y en punta con 20 cerdas en el lado izquierdo y 18 en el derecho, (en otros individuos de 14 a 20 cerdas). Surestilos rectangulares y micropubescentes en la cara externa; en el surestilo derecho 10 dientes primarios, con 15 cerdas marginales, en el surestilo izquierdo 11 dientes primarios con 13 cerdas marginales, (en otros individuos de ocho a 12 dientes primarios a veces separados, y de 12 a 19 cerdas marginales).

Genitalia interna: cabeza del falo quitinizada ancha aserrada lateralmente con la punta ondulada (en otros individuos en punta lisa), con dos proyecciones dorso-laterales como cuernos muy quitinizados; entre estos cuernos se observa digitaciones (dg) y una proyección laminar larga, curva y quitinizada hacia la parte anterior. Pie del falo 1,5 veces más grande que la cabeza; las paráfisis casi circulares con una cerda larga y tres espinas (en otros individuos dos cerdas y de dos a tres espinas), además presenta nueve microproyecciones en la parte ventral. Índice del falo=0,67; relación entre el tamaño de la cabeza del falo y la distancia entre la punta de la cabeza y las proyecciones (cuernos)=2,48. Hipandrio del mismo tamaño que el epandrio con borde quitinizado, en forma de escudo y abierto en la parte posterior. Gonopodios pequeños con una cerda larga; arco del hipandrio triangular con una punta membranosa.

Descripción de la hembra (muerta, conservada en alcohol). **Morfología externa:** Longitud total (cuerpo + alas) 6 mm. Color del cuerpo amarillo polinoso.

Cabeza: primer segmento de las antenas amarillo, segundo segmento de las antenas color amarillo con borde sombreado; arista con dos ramas ventrales y cuatro dorsales, más la bifurcación terminal y con pequeños pelos. Cabeza marrón claro, la placa orbital marrón claro; la cerda orbital media hacia el exterior de la placa orbital y ubicada más cerca de la cerda orbital anterior. Triángulo ocelar marrón, triángulo frontal y *frontal vitta* marrón claro. Una cerda oral prominente. Carina prominente ligeramente surcada de color marrón en la parte superior. Prosbocis y palpos de color amarillo claro.

Tórax: color marrón claro con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. A lo largo de todo el tórax se encuentra una línea ligeramente más oscura que ocupa tres hileras de pelos acrosticales; la línea se extiende hasta el escutelo que es del

mismo color que el tórax. Escutelo con cerdas escutelares anteriores divergentes. Cerda esternopleural media es $1/6$ de la anterior (otros individuos presentan una cerda esternopleural media $1/4$ de la anterior). Patas de color amarillo, los dos últimos segmentos tarsales ligeramente más oscuros. Alas amarillentas con la vena transversal posterior ligeramente más oscura. La vena costal III presenta 11 cerdas gruesas. Longitud del ala 5 mm. Índices alares: $alar=2,30$; $C=5,05$; $ac=1,12$; $hb=0,26$; $4c=0,48$; $4v=1,35$; $5x=1$; $M=0,32$ y $Prox\ x=0,5$.

Abdomen: de color amarillo, tergitos amarillos ligeramente más oscuros en la parte media con un diseño semejante a un reloj de arena; además la parte inferior de cada tergito, presenta una línea delgada oscura en el borde inferior. Espermatecas muy quitinizadas (visibles a través del abdomen).

Genitalia: ovipositor quitinizado, de color amarillo; en el lado derecho posee cinco dientes discales, 19 cerdas marginales, una espina larga y tres cortas más delgadas; en el lado izquierdo presenta cuatro dientes discales, 19 cerdas marginales, una espina larga y dos cortas más delgadas (otros individuos presentan de cuatro a cinco dientes discales, de 17-27 cerdas marginales, una espina larga y de dos a tres espinas cortas). Espermateca pequeña muy quitinizada, redonda con una invaginación que alcanza $3/4$ de la espermateca. Índice de la espermateca=1,4.

Huevo: mide aproximadamente 0,7 mm, es ovalado con cuatro filamentos largos (Figura 8A).

Larva: mide aproximadamente 6 mm y presenta la parte terminal caudal oscura (Figura 8B).

Biología: de varias isolíneas fundadas, solo una dejó descendencia. El ciclo de vida de esta especie es de aproximadamente tres meses: de huevo a larva nueve días, de larva a pupa 40

días y de pupa a adulto 45 días. Los adultos viven aproximadamente tres meses (Tabla 1). Esta especie fue criada en laboratorio con uvilla (*Physalis peruviana*), a una temperatura promedio de 8,32°C y una humedad relativa promedio de 72,63%.

Relación de parentesco: esta especie se encuentra muy relacionada a *Drosophila asiri* (Vela y Rafael, 2001) y *Drosophila yuracyacu* (Céspedes, 2010. En preparación).

5.1.2. REDESCRIPCIÓN DE *Drosophila asiri* (Figura 9A y Anexos 4H, 6G)

Se redescrive a *D. asiri* para completar datos no mencionados en la descripción original de la especie (Vela y Rafael, 2001). Con la redescrípción se enfatiza la relación de esta especie con *Drosophila* 5 sp. nov y *Drosophila yuracyacu*.

Material examinado: holotipo ♂ (montado y guardado en microtubo) etiquetado: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. Jun 1996, D.Vela col. / *D. asiri*, holotipo ♂. D.Vela det. 2004 / Tipos QCAZI 1704. Paratipo ♂ (montado y guardado en microtubo) etiquetado: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. 20 Oct 2001, V.Rafael, D.Vela / *D. asiri*, paratipo ♂. D.Vela det. 2004 / Tipos QCAZI 1705. Dos topotipos ♂ (montados y guardados en microtubos) etiquetados: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. Jul y Abr 2001. V.Rafael, D.Vela / *D. asiri*, ♂, D.Vela det. 2004; depositados en la colección del Laboratorio de Genética Evolutiva, PUCE. Un ecotipo ♂ (guardado en microtubo) etiquetado: Ecuador, Pichincha, Cruz Loma. 3325m. 0°1'19''S; 78°31'25.1''W. Oct. 2008, D.Céspedes col. / *D. asiri*, ecotipo ♂. D.Céspedes det. 2008; depositado en la colección del laboratorio de Genética Evolutiva, PUCE.

Localidad tipo: (holotipo, paratipo y topotipos): Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa, 35 km. al sur de Quito (Vela y Rafael, 2001).

Localidad ecotipo: Ecuador, Pichincha, Quebrada de Cruz Loma (Céspedes, 2010).

Descripción del macho (individuos muertos y montados). **Morfología externa:** longitud total (cuerpo + alas) 6,1 mm, longitud del cuerpo 3,3 mm. Color del cuerpo marrón.

Cabeza: arista con cuatro ramas dorsales y dos ramas ventrales más la bifurcación terminal. Cabeza de color marrón oscuro polinoso. Placa orbital marrón; con cerda orbital media $\frac{2}{3}$ de la anterior y más cerca al borde ocular. Triángulo ocelar marrón oscuro; ocelos de color amarillo. Triángulo frontal marrón, *frontal vitta* ligeramente anaranjado. Una cerda oral prominente. Carina prominente y surcada. Ojos de color marrón oscuro rojizo.

Tórax: color marrón oscuro polinoso. Presenta seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales anteriores. En la parte central presenta una franja oscura longitudinal. Escutelo del mismo color que el tórax con cerdas escutelares anteriores convergentes. Cerda esternopleural media $\frac{1}{4}$ de la anterior. Patas de color amarillo. Alas marrón claro, ligeramente ensombrecidas en la celda marginal, submarginal y en la vena transversal posterior. La vena costal III presenta siete cerdas gruesas. Longitud del ala 4,8 mm; índices alares: $alar=2,39$; $C=4,7$; $ac=1,66$; $hb=0,17$; $4c=0,54$; $4v=1,48$; $5x=1,36$; $M=0,4$ y $Prox. x=0,48$.

Abdomen: color amarillo, sin línea media dorsal; patrón de pigmentación en forma de rectángulo central en cada tergito, los límites inferiores de cada tergito oscurecidos, las zonas laterales de cada tergito claras.

Genitalia externa: placa anal micropubescente, con cerdas largas y parcialmente unida al epandrio. Epandrio micropubescente; parte baja del epandrio desnuda quitinizada y en punta. Surestilos micropubescentes en la cara externa; con 12 dientes primarios (en otros individuos de nueve a 18); de uno a cuatro dientes inferiores se encuentran separados del resto. Presentan 15 cerdas marginales (en otros individuos de 12 a 23).

Genitalia interna: cabeza del falo quitinizada, ancha y aserrada lateralmente; en vista lateral de forma globosa. En la parte ventral de la cabeza presenta dos proyecciones laterales como cuernos muy quitinizados que nacen en la parte más alta y están dirigidos hacia la parte anterior; en vista dorsal se observa una abertura desde el nacimiento de los cuernos hasta la unión con el pie del falo; frontalmente presenta una estructura membranosa. Paráfisis pequeña de forma redonda con una cerda larga y dos espinas cortas, además presenta más de 20 microproyecciones en la parte ventral. Índice del falo=0,81. Hipandrio más grande que el epandrio, en forma de escudo, abierto en la parte posterior, gonopodios con una cerda.

Descripción de la hembra se desconoce.

5.2. EFECTO DE BORDE

Para medir el efecto de borde sobre los parches de *Polylepis*, se tomaron en cuenta tanto los factores abióticos como bióticos. Dentro de los factores abióticos se registró la temperatura y la humedad relativa en cada una de las estaciones; mientras que los factores bióticos fueron la diversidad y abundancia de las especies del género *Drosophila* y la composición florística del parche en cada una de las estaciones.

5.2.1. FACTORES ABIÓTICOS

5.2.1.1. Temperatura

Parque A

La temperatura en este parque no es diferente entre estaciones, es decir que la temperatura del borde del parque es similar a la de las otras estaciones. En cuanto a la desviación estándar, se esperaba observar una mayor variación de temperatura en el borde del parque, es decir temperaturas más altas y más bajas que en el centro del bosque, sin embargo esto no ocurrió.

La temperatura media en este relicto boscoso fue de 6,1°C, la más alta registrada en comparación a los otros parques. El mes más frío corresponde al mes de julio con una temperatura promedio de 5,6°C y el más caliente fue febrero con 6,4°C. Aunque no se registraron diferencias en la temperatura entre estaciones, se observa una variación alta durante el día, donde las temperaturas más altas se registran al medio día y en la tarde (12:00 h y 15:00 h) con picos de hasta 20°C y las más bajas en la madrugada y amanecer (3:00 h y 6:00 h) con temperaturas inferiores a 0°C (Figura 10).

Parque B

Al igual que en el parque A, en este parque, la temperatura entre las estaciones no es diferente, ni la variación es significativa; sin embargo se observó la misma variación diaria, con temperaturas máximas de hasta 20°C y mínimas de -2 °C (Figura 10).

La temperatura media registrada en el parche B fue de $4,1^{\circ}\text{C}$, la más baja registrada entre todos los parches. El mes más frío corresponde al mes de septiembre con una temperatura promedio de $3,5^{\circ}\text{C}$ y el más caliente fue abril con $4,8^{\circ}\text{C}$.

Parche C

Como en los dos parches anteriores (A y B), tampoco se observó un cambio en la temperatura entre estaciones, ni en la variación; pero si existe una variación diaria con temperaturas máximas de hasta 21°C y mínimas bajo 0°C (Figura 10).

La temperatura media registrada en el parche C fue de $4,5^{\circ}\text{C}$. La temperatura más baja se registro en el mes de julio con $4,3^{\circ}\text{C}$ y la más alta fue de 5°C en el mes de abril.

5.2.1.2. Humedad Relativa

La humedad relativa entre las estaciones es similar, aunque en términos generales la humedad es inversamente proporcional a la temperatura y existe una variación diaria como en el caso de la temperatura, esta variación no es tan marcada. El porcentaje más alto de humedad relativa en el parche A es de 98% y el más bajo de 23%. En el parche B, el porcentaje más alto fue de 98% y el más bajo de 39%; por último en el parche C el porcentaje más alto registrado fue de 98% y el más bajo fue del 30%.

La humedad relativa promedio más alta se registró en el parche B con un porcentaje de 93,6%, mientras que en el parche A el promedio fue de 90% y en el parche C de 90,9%.

5.2.2. FACTORES BIÓTICOS

5.2.2.1. Diversidad y Abundancia

En total se capturaron 572 individuos pertenecientes a ocho especies del género *Drosophila*. Las especies colectadas fueron: *D. ecuatoriana*, *D. paschoensis*, *D. rucu*, *Drosophila* 1 sp. nov., *Drosophila* 2 sp. nov., *Drosophila* 3 sp. nov., *Drosophila* 4 sp. nov., *Drosophila* 5 sp. nov. No se colectaron individuos pertenecientes a especies consideradas cosmopolitas, como son: *D. ananassae*, *D. busckii*, *D. hydei*, *D. immigrans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. repleta* y *D. simulans* (Patterson y Stone, 1952).

De los cuatro meses de colecta, abril fue el mes de mayor captura en el parche A (27 individuos), (Tabla 2); en los parches B y C, febrero fue el mes donde se recolectó un mayor número de individuos, 160 y 44 respectivamente (Tabla 3 y 4). El mes de julio fue el de menor diversidad con un bajo número de individuos y de especies en los tres parches.

Drosophila 5 sp. nov., es la especie más abundante en los parches A y C con 52 (81%) y 94 (77%) individuos respectivamente, recolectados a lo largo de todo el año y en todas las estaciones de ambos parches (Tabla 2 y 4). Aunque *Drosophila* 5 sp. nov. es abundante en el parche B (80 individuos, 20%), la especie *Drosophila* 3 sp. nov. es la más representativa en este lugar con 150 individuos (39%), seguida de *Drosophila* 1 sp. nov. con 117 (30%) (Tabla 3).

Parque A

En este parche se recolectaron un total de 64 individuos, pertenecientes a cuatro especies: *Drosophila ecuatoriana*, *Drosophila paschoensis*, *Drosophila rucu* y *Drosophila* 5 sp. nov.. Esta última es la especie más abundante en el parche, con un total de 52 individuos recolectados, es decir más del 80% del total de individuos recolectados (Tabla 2). La distribución espacial en el transecto, tanto de los individuos, como de las especies, no presenta ninguna tendencia hacia el borde, ni hacia el centro del bosque. Esto es

corroborado por los análisis estadísticos exploratorios realizados (NMDS y ANOSIM), donde las diferencias entre estaciones no son significativas. Al realizar estos análisis para la distribución temporal de las especies, los resultados son similares y nos indican que no hay diferencias significativas entre los meses de colecta. Se observó que abril fue el mes con más abundancia de individuos recolectados y más diversidad, mientras que julio fue el mes donde se recolectaron menos individuos (Figura 11). Por último, al realizar una regresión lineal con el índice de diversidad de Simpson se observa una tendencia negativa; sin embargo la regresión no es significativa ($p > 0,05$), (Figura 12).

Parche B

Se recolectaron un total de 386 individuos, pertenecientes a ocho especies: *Drosophila ecuatoriana*; *Drosophila* 1 sp. nov.; *Drosophila* 2 sp. nov.; *Drosophila* 3 sp. nov.; *Drosophila* 4 sp. nov.; *Drosophila* 5 sp. nov. y dos hembras no determinadas. En este parche se recolectó el mayor número de individuos y fue el lugar más diverso. La especie más abundante fue *Drosophila* 3 sp. nov. con un total de 150 individuos, es decir casi el 39% del total de los individuos (Tabla 3). Como en el caso del parche A, no se establece una relación entre la distancia del borde al centro del parche y la abundancia o diversidad de individuos, los análisis estadísticos exploratorios realizados (NMDS y ANOSIM) resultaron no significativos. A diferencia del parche A, en el parche B, febrero fue el mes con más individuos recolectados y más diversidad, pero julio sigue siendo el mes con menor número de individuos recolectados (Figura 13). Se observa una distribución temporal en la especies más abundantes, donde *Drosophila* 1 sp. nov. casi no se encuentra en septiembre, *Drosophila* 3 sp. nov. no es abundante en julio y *Drosophila* 5 sp. nov.

disminuye su población en los meses de abril y julio (Tabla 3 y Figura 13). La regresión lineal realizada con el índice de diversidad de Simpson no fue significativa ($p > 0,05$), y al igual que en el parche A, la tendencia es negativa (Figura 14).

Parche C

En el parche C se recolectaron 122 individuos, distribuidos en tres especies: *Drosophila* 1 sp. nov.; *Drosophila* 2 sp. nov., y *Drosophila* 5 sp. nov. La especie más abundante en este parche fue *Drosophila* 5 sp. nov., y representa el 77% del total de individuos recolectados (Tabla 4). Así como en los parches A y B, no existe una relación entre la distancia del borde al centro del parche y la abundancia o diversidad de individuos, los análisis estadísticos exploratorios realizados (NMDS y ANOSIM) resultaron no significativos. Al igual que en el parche A, febrero fue el mes en el que se recolectó el mayor número de individuos, sin embargo abril fue el mes en el que se encontró mayor diversidad, en cambio en julio se encontraron menos individuos (Tabla 4 y Figura 15). La regresión lineal con el índice de diversidad de Simpson, no fue significativa ($p > 0,05$), y al contrario que en los dos parches anteriores presenta un tendencia positiva (Figura 16).

Por último al calcularse la diversidad alfa (α), beta (β) y gamma (γ) del género *Drosophila*, de los bosques de *Polylepis* del Páramo de Papallacta con los datos de los tres parches muestreados, se observa que el parche B es el que presenta una diversidad beta más alta ($\beta_w = 1$); siendo este relicto boscoso más diverso y único en su composición de especies; seguido por el parche A ($\beta_w = 0,86$); mientras que en el parche C el valor es el menor ($\beta_w = 0,62$) (Figura 17).

5.2.2.2. Vegetación

Parche A

Se identificaron 25 especies de plantas a lo largo de todo el transecto; la estación 1 con 11 especies, y la estación 2 con 12 especies, presentaron la mayor diversidad vegetal. La especie con más porcentaje de cobertura fue *Lachemila orbiculata* en la estación 1 con el 70% (Tabla 5). Con el cálculo del índice de diversidad de Simpson y la obtención de la regresión lineal, se observó que no hay ninguna tendencia y que la regresión no es significativa ($p > 0,05$) (Figura 18).

Parche B

El parche B tiene la mayor diversidad de plantas, con un total de 37 especies identificadas. Tanto el borde del parche, estación 1, como el centro, estación 7, presentaron la diversidad vegetal más alta con 14 especies; la especie con más cobertura en todas las estaciones fue *Polylepis pauta*, seguida de *Miconia* sp.1 con el 20% en la estación 5 (Tabla 6). La regresión lineal elaborada con el índice de diversidad de Simpson no fue significativa ($p > 0,05$), sin embargo indica una tendencia negativa hacia el centro del parche (Figura 19).

Parche C

Se identificaron un total de 29 especies de plantas; las estaciones con más diversidad vegetal fueron la estación 1 con 11 especies y la estación 4 con 10 especies. *Sibthorpia repens* es la especie que presentó el mayor porcentaje de cobertura, con el 63% en la

estación 6 (Tabla 7). La regresión lineal realizada con el índice de diversidad de Simpson no fue significativa ($p > 0,05$), sin embargo, al igual que en el parche B, existe una tendencia negativa (Figura 20).

5.2.2.3. *Drosophila* y factores ambientales

Para el análisis de Correspondencia Canónica (CCA) los hospederos o plantas, fueron agrupados por familias y no por especies, a excepción de las especies del género *Polylepis* que se agruparon fuera de la familia Rosaceae (Tablas 5, Tabla 6 y Tabla 7).

Parche A

En el CCA obtenido se observa que *Drosophila* 5 sp.nov está altamente influenciada por la presencia de la planta 13, que corresponde a *Sibthorpia repens*, perteneciente a la familia Scrophulariaceae. *Drosophila rucu* estaría relacionada a las plantas 1 y 15 (*Aetheoleanae* sp. y Urticaceae); *D. paschoensis* a la planta 3 (*Butleja incana*) y *D. ecuatoriana* a la planta 6 (*Hidrocotile* sp.). Otros factores ambientales, tales como la temperatura (T°) y la humedad relativa (HR), no influyen en la abundancia de las especies de drosofilidios como se puede observar en la figura 21.

Parche B

El gráfico obtenido mediante el CCA muestra que *Drosophila* 1 sp. nov está altamente influenciada por la planta 13 (*Sibthorpia repens*); así mismo esta planta influencia a

Drosophila 5 sp. nov., pero en menor medida. *Drosophila* 2 sp. nov. estaría relacionada a la planta 9 (*Monina* sp.); la planta 6 (*Gunnera magellanica*) influye altamente a *Drosophila* 3 sp. nov., mientras que *Drosophila* 4 sp. nov. presenta afinidad con *Polylepis* (11). Por último, *D. ecuatoriana* está influenciada en gran medida por la planta 16 que corresponde al género *Valeriana*. Al igual que en el parche A, la temperatura y la humedad relativa no afectan la abundancia de las especies de drosófilas (Figura 22).

Parche C

El CCA presenta un gráfico, donde *Drosophila* 1 sp. nov. se encuentra relacionada a la humedad relativa (HR), mientras que *Drosophila* 2 sp. nov. está influenciada por la planta 1 que corresponde a la familia Asteraceae. Por otro lado; *Drosophila* 5 sp. nov. presenta una alta afinidad con varias plantas (3, 4, 5 y 7): *Carex pichinchensis*, familia Ericacea, *Galium* sp. y *Miconia* sp. respectivamente (Figura 23).

6. DISCUSIÓN

6.1. RECONOCIMIENTO DEL GÉNERO *Drosophila*

6.1.1. TAXONOMÍA

De las ocho especies encontradas, tres fueron identificadas y presentaron un bajo número de individuos (*D. ecuatoriana*, *D. pasochoensis* y *D. rucu*). En su mayoría capturadas a 3731 msnm en el parche A (Tabla 2). Las otras cinco especies, se presume que son nuevas. Estos datos nos indicarían el desconocimiento respecto a la diversidad del género *Drosophila* en los bosques de *Polylepis* y el alto endemismo que potencialmente puede existir en los páramos del Ecuador, por consiguiente se debe considerar a esta zona prioritaria para futuros estudios de diversidad.

Las nuevas especies colectadas se dividieron en los siguientes grupos:

Drosophila 1 sp. nov (Grupo *flavopilosa*)

Drosophila 2 sp. nov (Grupo *mesophragmatica*)

Drosophila 3 sp. nov y *Drosophila* 4 sp. nov (Grupo *onycophora*)

Drosophila 5 sp. nov (Sin agrupar- Complejo *asiri*)

El grupo *flavopilosa* fue establecido por Wheeler, Takada y Brncic en 1962 para reunir a trece nuevas especies encontradas en la región neotropical (Brncic, 1978). Las especies de este grupo presentes en Sudamérica se encuentran asociadas exclusivamente a flores del género *Cestrum* (Solanaceae) tanto para la alimentación como para la reproducción. Mientras que las especies presentes en América Central pueden estar relacionadas a otros géneros de flores (Ludwing, *et al.*, 2002). Sin embargo fueron las características morfológicas de los *genitalia* del macho y de la hembra lo que permitió proponer a *Drosophila* 1 sp. nov. como una nueva especie de este grupo. El falo y la espermateca (Figura 3 y Anexos 4A, 5A, 6A) de esta especie al igual que los *genitalia* de las especies de este grupo presentan características singulares que las diferencian de otros grupos (Vela y Rafael, 2004b; Wheeler, *et al.*, 1962). *Drosophila* 1 sp. nov. podría ser una especie hermana de *Drosophila korefae*, principalmente debido a la similitud en su *genitalia* masculina, después de evaluar la morfometría de los falos de ambas especies, no se encontraron diferencias. Sin embargo existe una diferencia en la pigmentación del ala y de la vena transversal posterior. *Drosophila korefae* presenta alas más oscuras y la vena transversal posterior sombreada, mientras que las alas de *Drosophila* 1 sp. nov. no son pigmentadas (Anexo 6A y 6B). La pigmentación de las alas en insectos es un carácter poligenético (Futuyma, 2005) por lo tanto se considera que *Drosophila* 1 sp. nov. no sería un morfotipo de *D. korefae*, sino que es una especie hermana. Únicamente futuros estudios

a nivel molecular o la realización de cruces entre estas dos especies podrían garantizar que son especies diferentes.

El grupo *mesophragmatica* consta de 13 especies neotropicales endémicas de Sudamérica, principalmente de las zonas andinas (Vela y Rafael, 2004a; Mota, *et al.*, 2008). Las especies pertenecientes a este grupo presentan antenas con una arista de aproximadamente 8 ramas, carina prominente y surcada; las cerdas escutelares anteriores divergentes. El abdomen amarillo con diseño y línea media dorsal. (Vilela y Bächli, 1990). En el Ecuador existen siete especies del grupo (más del 50%) y varias especies nuevas descubiertas recientemente (en proceso de estudio). Estos hallazgos permitirían la afirmación de que la Cordillera de los Andes, particularmente los andes ecuatorianos, serían un centro de diversificación de las especies de este grupo. En el presente estudio se propone a *Drosophila* 2 sp. nov. como una especie del grupo *mesophragmatica*, principalmente por la forma del falo, que es un caracter diagnóstico. Las características principales del falo son la forma triangular de la cabeza con la punta bífida y la presencia de un proceso dorsal (Figura 4 y Anexos 4C, 5B, 6C, 7B, 8B).

El grupo *onychophora*, propuesto inicialmente por Vilela y Bächli en 1990, reúne especies cuya alimentación, reproducción y desarrollo ocurre casi exclusivamente en flores (Hunter, 1992). El grupo también presenta características morfológicas únicas y determinantes; una de ellas es la morfología del ovipositor (Vilela y Bächli, 1990), por lo que es necesaria la identificación de la hembra para establecer a las especies dentro del grupo. En el caso de *Drosophila* 3 sp. nov. (Figura 5 y Anexos 4D, 5C, 6D, 7C, 7D, 8C) la hembra fue identificada debido a la similitud morfológica con el macho, y aunque *Drosophila* 4 sp. nov. (Figura 6 y Anexos 4E, 6E, 7E) no tenía una hembra identificada se la estableció como miembro del grupo por el parecido de la morfología externa y los *genitalia* con *Drosophila* 3 sp. nov. (Anexo 4D, 4E, 7C y 7E). Posteriormente la hembra de *Drosophila*

4 sp. nov. pudo ser identificada (un espécimen), sin embargo por hallarse en mal estado de conservación no se la describió, esta hembra se confunde con las hembras de *Drosophila* 3 sp. nov., ya que su morfología externa e interna son muy similares, lo que corrobora que ambas especies pertenecen al grupo. Las dos especies presentan diferencias en las alas, *Drosophila* 3 sp. nov. tiene alas sin pigmentación mientras que *Drosophila* 4 sp. nov. si las tiene pigmentadas (Anexo 6D y 6E). Esta característica es una herramienta útil y fácil para una rápida identificación y diferenciación de ambas especies.

Drosophila 5 sp. nov. forma parte de las especies sin agrupar ya que no presentó características que pudieran establecer su cercanía con los grupos del género *Drosophila* existentes. Sin embargo muestra un gran parecido con *Drosophila asiri* y *Drosophila yuracyacu* (en preparación). *D. asiri* fue descrita por Vela y Rafael (2005b), quienes agruparon a la especie dentro del grupo *onycophora*, principalmente por las características del falo. Posteriormente, Céspedes (2010) también agrupa a *D. yuracyacu* dentro de *onycophora*, debido al parecido de los *genitalia* con *D. asiri*. En ambas especies, la descripción corresponde al macho únicamente, ya que se desconocía a la hembra. En el presente estudio se consiguió la reproducción de *Drosophila* 5 sp. nov. en el laboratorio. Se pudo determinar la hembra y con ello se descubrió que *Drosophila* 5 sp. nov. no pertenecía al grupo *onycophora*, ya que las características del ovipositor no concordaban con las del grupo (Figura 7H). De este modo se llegó a la conclusión de que *D. asiri* y *D. yuracyacu* no pertenecían a *onycophora*, sino que están relacionadas con *Drosophila* 5 sp. nov. por las características del falo (Figura 9 y Anexo 4F, 4H y 4I). Posiblemente los *genitalia* de las hembras de las especies descritas son muy parecidas a los de *Drosophila* 5 sp. nov. Se propone el complejo de especies *asiri*, que agrupa a *D. asiri*, *D. yuracyacu* y *Drosophila* 5 sp. nov. Estas tres especies viven en los andes ecuatorianos.

6.1.1.1. Propuesta del complejo *asiri*

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se propone la creación de un nuevo complejo de especies.

El complejo *asiri* estaría formado por tres especies: *D. asiri* que es la especie que daría el nombre al complejo, *Drosophila yuracyacu*, (Céspedes, 2010) y *Drosophila* 5 sp. nov.

Las hembras de *D. yuracyacu* (Figura 9C y 9D) y *Drosophila* 5 sp. nov. (Figura 9F y 9G) son conocidas, sin embargo la hembra de *D. asiri* es desconocida por lo que no se toma en cuenta en la descripción del complejo.

El complejo *asiri* presenta varias características comunes que se describen a continuación, sin embargo las tres especies que lo forman, presentan diferencias a nivel de su *genitalia* y su distribución (Tabla 8).

6.1.1.2. Descripción del complejo *asiri* (Figura 9)

Material examinado: *D. asiri*: holotipo ♂ (montado y guardado en microtubo) etiquetado: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. Jun 1996, D.Vela col. / *D. asiri*, holotipo ♂. D.Vela det. 2004 / Tipos QCAZI 1704. Paratipo ♂ (montado y guardado en microtubo) etiquetado: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. 20 Oct 2001, V.Rafael, D.Vela / *D. asiri*, paratipo ♂. D.Vela det. 2004 / Tipos QCAZI 1705. Dos topotipos ♂ (montados y guardados en microtubos) etiquetados: Ecuador, Pichincha, Volcán Pasochoa. Jul y Abr 2001. V.Rafael, D.Vela / *D. asiri*, ♂, D.Vela det. 2004. Depositados en la colección del Laboratorio de Genética Evolutiva, PUCE. Un ecotipo ♂ (guardado en microtubo) que será depositado en la colección del laboratorio de Genética Evolutiva, PUCE. *Drosophila yuracyacu*: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubos) que serán depositados en el QCAZ,

sección invertebrados. *Drosophila 5 sp. nov.*: holotipo ♂ y alotipo ♀ (montados y guardados en microtubo) que serán depositados en el QCAZ, sección invertebrados.

Morfología externa machos y hembras: las especies de este complejo son moscas de tamaño grande de aproximadamente 6 mm de longitud total (cuerpo+alas). El cuerpo mide aproximadamente 4 mm y son moscas de color amarillo o marrón. Carina prominente y surcada. En el tórax presentan una franja longitudinal más oscura; sin cerdas preescutelares. Las alas miden de 4,1 a 4,8 mm con la vena transversal posterior sombreada. El abdomen presenta una zona oscura en cada tergito de forma rectangular (trapecio) y la parte inferior de los tergitos presenta una línea delgada oscura.

Genitalia externa machos: la placa anal es micropubescente con cerdas largas y está parcialmente fusionada al epandrio. Surestilo con dientes primarios que varían de nueve a 18 (a veces separados), sin dientes secundarios; con 12 a 23 cerdas marginales y micropubescente en la parte externa de los dientes primarios. Epandrio micropubescente con cerdas; la parte baja del epandrio es desnuda y termina en una punta quitinizada.

Genitalia interna machos: falo quitinizado, con dos proyecciones laterales a manera de cuernos muy quitinizados. Cabeza del falo ancha y aserrada lateralmente.

Genitalia hembras: ovipositor quitinizado, de color amarillo con una espina larga y de dos a tres espinas cortas. Espermateca pequeña muy quitinizada, redonda y con una invaginación que alcanza casi todo el largo de la espermateca.

6.1.2. ADAPTACIONES DE LAS MOSCAS DE ALTURA

En el presente estudio, realizado en los parches de bosque de *Polylepis*, en el sector del Páramo de Papallacta, se colectaron un total de 572 individuos pertenecientes a ocho

especies del género *Drosophila*. El número de moscas colectadas en éste páramo es bajo en comparación a otros estudios realizados en los últimos años en el Ecuador, tomando en cuenta el número de lugares muestreados y la metodología aplicada (Vela, 1999; Acurio, 2007; Céspedes, 2010; León, 2010). Hay que resaltar que los bosques muestreados en el presente trabajo se encuentran sobre los 3700 msnm; Céspedes (2010) a 3700 m de altura encontró un total de 11 individuos del género *Drosophila*, mientras que a 4000 msnm no capturó ningún individuo de un total de 713 drosófilas.

A continuación se discutirán varias de las adaptaciones que presentan los insectos a la altura y que se han observado en las moscas recolectadas en el páramo de Papallacta. Aunque este tema no es objetivo del estudio, mediante la discusión de las adaptaciones se intenta explicar porque se colectaron tan pocos individuos en relación a otros trabajos.

Los ciclos biológicos son etapas por las que atraviesan los diferentes grupos biológicos para alcanzar el estadio adulto. Existen varios estudios sobre ciclos biológicos de algunas especies del género *Drosophila*. Shorrocks (1972) observa que la temperatura juega un rol muy importante en la duración del ciclo de vida. Por ejemplo *D. melanogaster* presenta ciclos de vida de alrededor de 18 a 20 días a 18°C y de ocho a 10 días a 25°C. Es decir la duración del ciclo de vida es de menor tiempo a mayor temperatura. Existen otros ejemplos como el caso de *D. buskii* que tiene ciclos de vida de 21 días a 18°C y de 12 días a 25°C y *D. simulans* que presenta ciclos de vida de 16 a 18 días a 18°C y de 9 días a 25°C. James *et al.* (1997) encuentran resultados similares en experimentos realizados en laboratorio con *D. melanogaster*; donde observan que las larvas criadas a temperaturas más altas, forman pupa más pronto y presentan un estadio pupal más corto.

Sin embargo no existe ningún estudio sobre ciclos biológicos de drosófilas de altura, se desconoce totalmente la duración de cada estadio y las estrategias que estarían en juego.

Como resultados preliminares sobre la crianza en laboratorio de *Drosophila* 5 sp. nov. se tienen los siguientes datos: el ciclo de vida a 8,32°C de temperatura promedio y con humedad relativa del 72,63%, dura tres meses y su longevidad también es de tres meses (Tabla 1). Los individuos que llegaron al estadio adulto fueron pocos (8 individuos). Esto podría de alguna manera explicar la poca cantidad de individuos capturados en el presente estudio. Hoffmann (2010) afirma que cuando el tamaño de las poblaciones es muy pequeño y fluctúa, existe la posibilidad de que la población se extinga por estocasticidad ambiental o demográfica y que esto puede ocurrir probablemente en poblaciones que se encuentran cerca de límites fisiológicos, como en el caso de las drosófilas de altura que se encuentran a muy bajas temperaturas. La temperatura afecta en la fertilidad y la viabilidad de las drosófilas y por ende en la cantidad de descendencia que estas son capaces de dejar. Los estudios realizados por David *et al.* (2005), Hoffmann *et al.* (2003) y Rako y Hoffmann (2006) demuestran que la fertilidad de *D. melanogaster* es nula a 12°C y a 30°C, mientras que la viabilidad es nula a 10°C y a 33°C. Por último una población de moscas mantenida en laboratorio en una botella varía en tamaño dependiendo de ciertas variables ambientales, como son la cantidad de comida, el espacio disponible, la humedad y la temperatura (Shorrocks, 1972). El alargamiento de los ciclos de vida y la poca progenie que dejan las moscas de altura podría depender principalmente de las bajas temperaturas a las que se encuentran expuestas.

Otro carácter de las moscas de altura es el aumento del tamaño corporal en comparación con especies de altitudes más bajas. Por ejemplo *D. melanogaster* y *D. simulans* miden 3 mm. aproximadamente; *D. hydei* 3,5 mm.; *D. mulleri* 2,8 mm. y *D. virilis* 4 mm. (*Drosophila* Stock Center, México. 2010). Las especies descritas en el presente estudio miden desde 4 mm. hasta 6 mm. de longitud total (cuerpo+alas). Estudios como el de Atkinson (1994) afirman que a menor temperatura los organismos ectotermos, incluidos las

drosófilas, presentan un aumento en el tamaño del cuerpo; James *et al.* (1997) observan el aumento de tamaño del cuerpo en *D. melanogaster* a mayor latitud.

Dillon y Frazier (2006) indican que las bajas temperaturas pueden comprometer el vuelo de los insectos alterando su metabolismo y su fisiología muscular. Efectivamente se ha observado en el Páramo de Papallacta, que las drosófilas son poco activas al momento de ser colectadas.

En conclusión, las drósofilas del páramo estarían adaptadas a las bajas temperaturas, debido a los cambios que presentan en su fisiología como son el alargamiento de sus ciclos de vida, el aumento de su tamaño corporal y su poca movilidad (Van der Linde, 2005; Dillon, *et al.*, 2006). La crianza de las drosófilas de altura en laboratorio resulta sumamente difícil debido al poco conocimiento sobre sus hábitos alimenticios y por las bajas temperaturas a las que deben ser criadas.

6.1.3. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN LAS POBLACIONES DE *Drosophila*

En el presente estudio, se realizaron cuatro colectas en los meses de febrero, abril, julio y septiembre del 2009. Febrero fue en general el mes donde se recolectó el mayor número de individuos (233), mientras que julio fue el mes con menor número de individuos recolectados (57). Los datos de temperatura y humedad no esclarecen este tipo de resultados, sin embargo existen datos del INAMHI que indican el mes de febrero como el más seco (< 100 mm) mientras que julio es el mes más lluvioso del año (> 200 mm) (Bendix y Rafiqpoor, 2001) además de ser un mes con vientos fuertes (obs. pers.) Se recolectaron más individuos de ciertas especies que otras dependiendo del mes (Figuras 11,

13 y 15), por lo que podría existir una distribución temporal de las especies, aunque esto no se pudo comprobar con el ANOSIM.

Drosophila 5 sp. nov. es una de las especies más representativa de los bosques de *Polylepis*, cabe resaltar que es la especie más abundante en dos de los tres parches muestreados (Tabla 2 y 4). Esta especie fue la única que se reprodujo en laboratorio a temperaturas bajas, su alimentación consistió en uvilla (*Physalis peruviana*), familia Solanaceae. Se sabe que las especies de la familia Solanaceae se encuentran altamente relacionadas con los páramos, en especial con los bosques de *Polylepis* (Cierjacks, *et al.* 2007).

Parche A

La estación que presentó mayor abundancia de drosófilas fue las estación 3, seguida de la 4 y 5. Esta abundancia se debe principalmente a la presencia de *Drosophila* 5 sp. nov. Al analizar la matriz de vegetación (Tabla 5) se observa que en las estaciones 3 y 4 hay presencia de *Solanum* sp.1, cosa que no ocurre en las demás estaciones, lo que puede ser un factor para la presencia de la especie antes mencionada. Sin embargo el CCA nos muestra la asociación de la especie con *Sibthorpia repens*, debido al alto porcentaje de abundancia que esta planta presenta en la estación 6. Esta planta pertenece a la familia Scrophulariaceae y no existen datos que relacionen a las drosófilas con plantas del género o de la familia (Figura 21).

Parche B

La estación que presentó mayor abundancia en este relicto boscoso fue la estación 4 con una gran diferencia en relación a los otros puntos muestreados. En febrero el pico de abundancia en esta estación se debe principalmente a la presencia de *Drosophila* 1 sp. nov.; especie que pertenece al grupo *flavopilosa* asociado a flores de la familia Solanaceae, del género *Cestrum*, sin embargo el CCA muestra que *Drosophila* 1 sp. nov. y *Drosophila* 5 sp. nov. están relacionadas a *Sibthorpia repens* igual que en el parche A. En los demás meses los picos se dan debido a la presencia abundante de *Drosophila* 3 sp. nov., *Drosophila* 4 sp. nov. y *Drosophila* 5 sp. nov.; las dos primeras son especies de flores del grupo *onycophora*. Las especies de este grupo están muy relacionadas a flores de la familia Asteraceae (Hunter, 1979). Al analizar la matriz de vegetación (Tabla 6), se observó que *Diplostephium* sp.2 es más abundante en esta estación que en el resto del bosque, siendo esta flor probablemente el sustrato de ambas especies; sin embargo esto no se corresponde con el CCA que indica asociaciones con diferentes plantas de las que no se poseen datos que aseguren su relación con las drosófilas (Figura 22).

Parche C

En este parche, la estación con más abundancia de individuos de drosófila fue la 6; la mayoría de los individuos en este punto pertenecen a *Drosophila* 5 sp. nov., aunque en este punto no se observó presencia de plantas de la familia Solanaceae, en la siguiente estación la especie *Solanum* sp.2 es abundante, lo que concuerda con lo encontrado en el parche A. Sin embargo, una vez más, el CCA indica asociaciones con plantas diferentes que no pueden ser corroboradas con la bibliografía (Figura 23).

6.2. EFECTO DE BORDE

6.2.1. FACTORES ABIÓTICOS

La variación de la temperatura y la humedad relativa suele indicarnos algunas de las consecuencias del efecto de borde; es decir que la variación de estos dos factores suele ser mayor en los bordes de los parches que en el centro del mismo (Iglesias, 2007). Varios estudios confirman la importancia de los factores ambientales en la supervivencia de las especies del género *Drosophila* (Rodríguez, *et al.*, 1998; Dillon y Frazier, 2006; Hoffmann, 2010). Por ejemplo la mayoría de especies del género *Drosophila* son inactivas por debajo de los 10°C y sobre los 30°C (Starmer *et al.*, 2000), y la humedad relativa también es muy importante para evitar la desecación (Hoffmann, 2010). Sin embargo la variación de estos factores no es evidente en los parches muestreados durante este estudio. Existen estaciones dentro del parche del bosque que presentan igual o mayor variación que el borde, esto se puede deber a la ubicación de los data logger así como a la presencia de claros dentro del parche. Es decir que los factores abióticos tomados en cuenta para este estudio no son de gran influencia en la composición y abundancia de especies de *Drosophila* en un gradiente de disturbio de un parche de bosque.

6.2.2. FACTORES BIÓTICOS

Una consecuencia directa de la fragmentación de los bosques son los cambios en la abundancia y composición de especies (Bustamante y Grez, 1995). Por otro lado para que un taxón determinado sea un buen indicador, debe incluir tanto especies especialistas de hábitat como especies sensibles a estrés y disturbios humanos como en el caso del género *Drosophila* (Alves da Mata, *et al.*, 2009; Patterson y Stone, 1952). En el presente estudio no se encontraron especies del género *Drosophila* en calidad de cosmopolitas o invasivas. Por lo que en el caso de los bosques de altura estas especies no son buenas indicadoras de

disturbio o intervención. Una de las razones principales para que no se hayan encontrado especies invasoras pueden ser las bajas temperaturas del páramo, ya que existen estudios que confirman la poca adaptabilidad, en especial de *D. melanogaster*, a temperaturas muy bajas (Dillon y Frazier, 2006; Hoffmann, 2010). En el año 2004 Rafael capturó varios individuos de *D. malerkotliana*, especie del grupo *melanogaster*, en el parche B (Rafael, 2007), durante el presente estudio no se capturó ningún individuo de esta especie, esto corroboraría que las poblaciones de *D. malerkotliana* llegaron al páramo pero no se establecieron probablemente debido a las bajas temperaturas. Este sería un factor limitante de la distribución de un gran número de especies de *Drosophila*. Otra razón para que especies invasoras no se hayan establecido en el sitio de estudio puede ser que, las drosófilas de altura se han adaptado muy bien a este tipo de ecosistemas, de manera que presentan estrategias como alargar sus ciclos biológicos; esto tal vez puede estar relacionado con la disponibilidad de alimento en los parches; Rafael *et al.* (2000a) en un estudio realizado en el valle de Guayllabamba, encontraron que la cantidad de individuos recolectados estaba relacionado con la disponibilidad de frutos. Según Gibert y colaboradores (2001) y Kellermann y colaboradores (2009), los niveles de desecación y frío que las especies pueden resistir están directamente relacionados con el clima original de la especie. Las especies tropicales son muy sensibles a estrés por temperatura y humedad, mientras que las especies adaptadas al frío no resisten la desecación y las especies del desierto sí. En términos usados por Deutsch *et al.* (2008), las especies de lugares templados tienen rangos de temperatura y humedad más amplios en comparación a las especies tropicales. Es decir que las especies de lugares templados pueden vivir a temperaturas y humedades más bajas y más altas que una especie tropical.

Al contrario de los resultados obtenidos por Acurio y colaboradores (2010), donde se encuentra una alta tasa de invasión de drosófilas en los bosques tropicales lluviosos del

Ecuador, en el presente estudio no se encontró ninguna *Drosophila* invasora. Este resultado es muy alentador en cuanto al estado de conservación de estos lugares únicos en el mundo. Sin embargo existe la posibilidad de que las especies encontradas en el presente estudio no sean endémicas o nativas de los lugares de colecta ya que no existe información histórica sobre estos insectos en el área de estudio. Por esta razón es necesario realizar más estudios en los páramos del Ecuador, principalmente para determinar especies bioindicadoras de ecosistemas de altura.

Las pruebas estadísticas exploratorias (NMDS y ANOSIM) así como las regresiones lineales nos indican que no existen diferencias significativas entre el borde del parche y las estaciones del centro. Sin embargo existen tendencias negativas en el parche A y B (Figura 12 y 14) y una tendencia positiva en el parche C (Figura 16). En el caso de los dos primeros parches, puede ser que al disminuir la diversidad de plantas a medida que nos adentramos en el bosque, la diversidad de drosófilas también baja, por lo que las moscas estarían condicionadas por las especies de plantas que existen en el bosque y no debido a su cercanía al borde. En el caso del parche C, puede que en algunas estaciones existan claros con alta diversidad en vegetación debido al apareamiento rápido de especies de plantas pioneras haciendo que la regresión presente una tendencia positiva aunque en este caso no es concordante con la regresión de la vegetación que presenta una tendencia negativa.

Por lo tanto se podría decir que no existe un efecto de borde en los bosques de *Polylepis* que afecte la diversidad del género *Drosophila*. El simple hecho de que existe la división física de los bosques en parches por carreteras, caminos o líneas de flujo, provoca un efecto de borde en cuanto a la flora. Una mayor diversidad florística indica un mayor ingreso de especies invasoras o generalistas, ubicadas preferentemente en el borde del parche, donde las condiciones de luz, viento y espacios disponibles son propicias

(Fernández *et al.*, 2001). Aunque las regresiones realizadas con la diversidad de la vegetación en los parches muestreados no son significativas, existe una mayor diversidad en los bordes del bosque. Esto podría estar atrayendo a especies de moscas que no son nativas o endémicas de este tipo de ecosistemas.

6.2.3. *Drosophila* Y LOS BOSQUES DE *Polylepis*

La mayoría de las especies de drosófilas de páramo se encuentran en asociación con flores por lo que estas poblaciones se verían afectadas por la desaparición de los bosques en sí. Esto es importante ya que las moscas a la vez que se alimentan de flores, también estarían actuando como polinizadoras en los páramos. En el estudio realizado por León (2010) en drosófilas de flores, se encontró alta asociación y especificidad de algunas especies de *Drosophila* a un hospedero. Es decir si las moscas del páramo están actuando como polinizadoras (por ejemplo especies del grupo *onycophora* con especies de la familia Asteraceae) la desaparición de una sola especie de mosca, si ésta es específica, provocaría la disminución de la población de la planta hospedera o viceversa.

Se realizó un muestreo exploratorio en un basurero cerca del parche A, estos datos no se presentan dentro de este trabajo como resultados debido a que la metodología y los objetivos eran inconsistentes con el resto del estudio. Sin embargo los datos recolectados nos mostraron que una de las especies presentes en el bosque no se encontraban en el basurero (*Drosophila* 5 sp. nov.) y especies del basurero nunca se encontraron en el parche. Este descubrimiento arroja nuevas dudas, por ejemplo ¿Qué mantiene alejadas o que barrera existe para que las especies del basurero no invadan al parche o viceversa?, ¿Estaría sugiriendo que las especies encontradas en el parche son únicas de los ecosistemas de bosque de *Polylepis*?, ¿Las especies del basurero serían especies introducidas tolerantes

a bajas temperaturas?, probablemente son especies nativas del sector que se encuentran normalmente en frecuencias muy bajas y que aún no tiene la capacidad de aprovechar los recursos que ofrece un parche de *Polylepis* incluida *Drosophila ecuatoriana*. Por otro lado existe un riachuelo natural que separa al parche del basurero, el riachuelo podría estar actuando como una barrera para que las especies no migren ya que como se sabe las especies de altura pierden habilidad en el vuelo.

Drosophila 5 sp. nov. es la especie que se encuentra en los tres parches, mientras que el parche B y C comparten también a *Drosophila* 1 sp. nov. y *Drosophila* 2 sp. nov. (Tablas 2, 3 y 4). Estas especies pueden estar bien adaptadas a este tipo de ecosistemas. Al sugerirse que las moscas de páramo no son grandes voladoras, sino más bien insectos pasivos durante toda su vida; es poco probable que estas especies hayan conseguido esta amplia distribución mediante la movilidad por el vuelo y en muy pocos casos la dispersión por viento hubiera sido exitosa. ¿Cómo se explicaría que los tres parches muestreados comparten especies de *Drosophila*? Existen teorías que sugieren que los bosques de *Polylepis*, en el principio de los tiempos, cuando aparecieron, formaban bosques continuos y no parches como los conocemos ahora. Esta teoría es sugerida y casi corroborada por varios científicos (Ellenberg, 1979; Kessler, 2002); los datos presentados en este estudio serían un apoyo más de que esta hipótesis sea cierta aunque serían necesarios estudios más exhaustivos.

Otro hecho que vale destacar es que los bosques de *Polylepis* están fragmentados en parches aislados. La habilidad de un organismo para moverse entre estos parches depende de la distancia entre los fragmentos de bosque y la forma de dispersión del organismo (Ramirez y Haakonsen, 1999) aunque los drosófilideos son organismos voladores y por ende tienen la habilidad física de cruzar barreras fácilmente. Las drosófilas de altura, como ya se mencionó, tienen poca movilidad lo que conllevaría al corte del flujo genético entre

las poblaciones de una misma especie reduciendo así la variabilidad genética de las especies. La fragmentación de los bosques puede modificar la abundancia y composición de especies, así como los patrones de abundancia relativa de los gremios de las especies del género *Drosophila* (Bustamante y Grez, 1995, Ramirez y Haakonsen, 1999, Grez y Zaviezo, 2002, Martins, 2002). Por ejemplo Mader (1984) comprobó que campos de agricultura de 100 m. son una barrera para la dispersión de algunas especies de escarabajos y arañas. Así mismo, algunas comunidades de mariposas muestran una gran disminución en la riqueza de especies en pequeños parches de bosque (Shreeve y Mason, 1980). También existen estudios donde la fragmentación de los bosques en parches provoca un aumento en la riqueza de especies debido a la invasión de otras especies en los bosques tropicales lluviosos (Bierregaard *et al.*, 1992). La fragmentación de los bosques nativos puede facilitar la invasión de nuevas especies a los fragmentos, debido a los cambios microclimáticos que ocurren en ellos (Bustamante y Grez, 1995). Sin embargo el desconocimiento que se tiene sobre los drosofilídeos del Páramo de Papallacta no nos permite aseverar que la fragmentación del bosque haya permitido la invasión por parte de especies no nativas.

Por otro lado, la división de los bosques en un futuro puede repercutir en las poblaciones de *Drosophila*. La migración entre parches (poblaciones) puede ser responsable de los cambios de las frecuencias alélicas, mientras que la inmigración puede resultar en la adición de nuevos alelos a una población. Hay varios factores que afectan el flujo génico entre poblaciones, es decir, la transferencia de genes o alelos de una población a otra; uno de los factores más significativos es la movilidad de los individuos (Campbell, 1996). Como ya se explicó anteriormente, las moscas del páramo vuelan poco y distancias muy cortas, por lo que les sería difícil pasar barreras antrópicas, esto conllevaría a reducir la variación genética de las poblaciones dada por flujo génico o deriva génica. La reducción

de la variabilidad genética en las poblaciones naturales puede tener consecuencias importantes, tales como reducción en la supervivencia y reproducción así como la extinción; además el corte en el flujo génico entre poblaciones puede desencadenar en procesos de especiación (Futuyma, 2005).

7. RECOMENDACIONES

El conocimiento de los ciclos biológicos de las especies es el primer paso en el estudio de la ecología de los organismos; la duración de los ciclos de vida de las drosófilas de altura es desconocida, por ello es urgente abordar este tema ya que permitirá identificar las estrategias de supervivencia de las especies de altura en todos los estadios del desarrollo.

En el presente trabajo se tomaron datos de la temperatura y la humedad como variables ambientales. Es necesario tomar en cuenta otras variables que pueden estar produciendo cambios en la composición de drosófilas en los bosques muestreados. Es importante tomar datos de la pluviosidad, velocidad del viento e intensidad de luz en futuros muestreos en los páramos.

Drosophila ecuatoriana fue capturada en dos de los tres parches muestreados, por lo tanto podría ser candidata para estudios futuros como una especie que se encuentra en varios

sectores de la Cordillera de los Andes (Vela, 1999; Céspedes, 2010), en rangos amplios de altura y en lugares intervenidos. Esta especie podría ser una especie indicadora del mal estado de conservación de ecosistemas de altura, sin embargo hacen falta más datos.

Tres de las cinco especies nuevas descubiertas en el presente estudio estarían relacionadas con flores, por lo que es necesario hacer muestreos de drosófilas de flores sobre los 3500 metros de altura ya que es muy probable que los periodos de floración influyan en la abundancia de especies (Pipkin, 1953; Tidon, 2006).

Estudios de diversidad y análisis moleculares de las frecuencias génicas de las poblaciones de las especies de *Drosophila* del páramo son indispensables, con énfasis en las zonas con barreras naturales como ríos y con barreras antrópicas. Es importante ver la diferencia en la composición de las comunidades de drosófilas de un lado y otro de una barrera, ya que la división en parches de los bosques de *Polylepis* puede estar afectando la evolución y supervivencia de las especies de drosófilas.

Finalmente, es importante y prioritario seguir realizando estudios en los páramos ecuatorianos ya que la aparición de los Andes creó muchos ecosistemas únicos y probablemente actuó en la diversificación de las especies. Por otro lado los bosques de *Polylepis* son ecosistemas únicos y deben ser conservados por su gran importancia para el recurso hídrico de las poblaciones humanas así como por sus altos niveles de endemismo y diversidad de flora y fauna.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, A. E. 2007. Diversidad del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en seis diferentes hábitats del Parque Nacional Yasuní y clave taxonómica multimedia de *Drosophila* para Ecuador. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Acurio, A. E. y Rafael, V. L. 2009. Inventario taxonómico de Drosophilidae (Diptera) en el parque Nacional Yasuni, Amazonia Ecuatoriana. Acta Amazonica 39 (3): 713-718.
- Acurio, A., Rafael, V. y Dangles, O. 2010. Biological invasions in the amazonian tropical rain forest: The case of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in Ecuador, South America. Biotropica DOI: 10.1111/j.1744-7429. Pp.1-7.

- Alves da Mata, R., Fonseca de Oliveira, S. C. y Tidon, R. 2009. Drosophilídeos como indicadores ecológicos. Resumos. Mesa Redonda. Taxonomía e Ecología I. VI Simpósio de Ecología, Genética e Evolução de *Drosophila*. USFC.
- Alves da Mata, R., McGeoch, M. y Tidon, R. 2008. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian savanna. *Biodiversity and Conservation* 17: 2899-2916.
- Atkinson, D. 1994. Temperature and organism size-a biological law of ectotherms? En: James, A., Azevdo, R. y Partridge, L. 1997. Genetic and environmental responses to temperature of *Drosophila melanogaster* from a latitudinal cline. *Genetics* 146: 881-890.
- Bächli, G., Vilela, C. R., Andersson, S. y Saura, A. 2004. The Drosophilidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. Vol. 39. Ed. Brill. Leiden; New York.
- Batallas, R., Villegas, M. y Padilla, C. 2004. Micobiota registrada en el bosque de *Polylepis* del Páramo de la Virgen en la Provincia de Napo. I Taller Nacional. Estrategias de Conservación de los Bosques de *Polylepis* en el Ecuador. Quito-Ecuador.
- Becker, T. 1919. Dipteres brachyceres. En: Mission du service géographique de l'armée mesure d'un arc de merdien equatorial en amerique du sud 10(2): 143-211.
- Bendix, J. y Rafiqpoor, M.D., 2001. Studies on the thermal conditions of soils at the upper tree line in the paramo of Papallacta (Eastern cordillera of Ecuador). *Erdkunde* 55: 257- 276.
- Bierregaard Jr., R. O., Lovejoy, T. E., Kapos, V., dos Santos, A. A. y Hutchings, R. W. 1992. The biological dynamics of tropical rain forest fragments. Citado en: Watt A.

- D., Stork, N. E. y Hunter, M. D. 1997. Forests and insects. Ed. Chapman & Hall. London. pp. 305.
- Brake, I. y Bächli, G. 2008. World catalogue of insects. Volume 9. Drosophilidae (Diptera). Apollo Books. Stenstrup, Denmark.
- Brcic, D. 1978. A note of the flavopilosa group of species of *Drosophila* in Río Grande do Sul, Brazil, with the description of two new species (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Biología* 38: 647-651.
- Bustamante, R. y Grez, A. A. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y desarrollo* XI (2): 58-63.
- Campbell, N. A. Biology. Cuarta Edición. Ed. Addison Wesley. EEUU y Canadá.
- Carson, H. L. y Heed, W. B. 1981. Methods of collecting *Drosophila*. En: *The Genetics and Biology of Drosophila*. Volumen 3d (M. Ashburner, H. L. Carson y J. L. Thompson, eds) pp. 1-28. Academic Press, London, England.
- Cavasini, R., Mateus, R. P. y Tunes B., M. L. 2008. Caracterização da assembléia de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) em dois fragmentos florestais na região sul do Brasil. *Revista Eletrônica Lato Sensu – Ano 3, nº1*. [en línea] <http://www.unicentro.br>.
- Céspedes, D. 2010. Análisis de la diversidad del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en función de un gradiente altitudinal en la Quebrada de Cruz Loma, Pichincha, Ecuador. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Cierjacks, A., Iglesias, J. E., Wesche, K. y Hensen, I. 2007. Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of two *Polylepis* species at upper tree lines in central Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 23: 309-318.
- Dajoz, R. y Alvarez, C. S. 2001. *Entomología Forestal: Los insectos y el bosque: papel y diversidad de los insectos en el medio forestal*. Mundi-Prensa Libros.
- David, J. R., Araripe, L. O., Chakir, M., Legout, H., Lemos, B., Petavy, G., Rohmer, C., Joly, D. y Moreteau, B. 2005. Male sterility at extreme temperatures: a significant but neglected phenomenon for understanding *Drosophila* climatic adaptations. Citado en: Hoffman, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. *The Journal of Experimental Biology* 213: 870-880.
- Del Pino, J.O. Zamora, R. Oliet, J.A. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba.
- De Medeiros, H. F. y Klaczko, L. B. 2004. How many species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) remain to be described in the forest of São Paulo, Brazil? Species list of three forest remnants. *Biota Neotropica*. 4(1): 1-12.
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C. and Martin, P. R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 105(18): 6668-6672.
- Didhan, R. K., Ghazoul J., Stork, N. E. y Davis, A. J. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Tree* 11: 255-260.
- Dillon, M. y Frazier, M. 2006. *Drosophila melanogaster* locomotion in cold thin air. *Journal of Experimental Biology* 209: 364-371.

- Dillon, M., Frazier, M. & Dudley, R. 2006. Into thin air: Physiology and evolution of alpine insects. *Integrative and Comparative Biology* 46(1): 49-61.
- Drosophila Stock Center. 2010. Familia Drosophilidae. México. [en línea] <http://bancodemoscas.fcencias.unam.mx/Drosophilidae.htm>
- Duda, O. 1925. Die südamerikanischen Drosophiliden (Dipteren) unter Berücksichtigung auch der anderen neotropischen sowie der neraktischen Arten. *Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte (A)* 91 (11/12): 1-229.
- Ellenberg, H. 1979. Man's influence on tropical mountain ecosystems in South America: The second Tansley Lecture. *The Journal of Ecology* 67(2): 401-416.
- Fernández, M., Mercado, M., Arrázola, S., Martínez, E. 2001. Structure and floral composition of one forest fragment of *Polylepis besseri* Hieron. ssp. *besseri* in Sacha Loma (Cochabamba). *Rev. Bol. Ecol.* 9: 15-27.
- Ferreira, L. B. y Tidon, R. 2005. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. *Biodiversity and Conservation* 14: 1809-1821.
- Fjeldså, J. 2000. Bosques de *Polylepis* – Vestigios de un ecosistema Andino en desaparición. I Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosques de *Polylepis*. Resúmenes. Cochabamba, Bolivia.
- Futuyma, D.J. 2005. *Evolution*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, U.S.A.
- GAIA. 2007. Ecuador Megadiverso. N°9. [en línea] <http://simbioe.org/ecuadormegadiverso.html>

- Gibert, P., Moreteau, B., Petavy, G., Karan, D. y David, J. R. 2001. Chill-coma tolerance, a major climatic adaptation among *Drosophila* species. En: Hoffmann, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. The Journal of Experimental Biology 213: 870-880.
- Gottschalk M. S., De Toni D. C., Valente, V. L.S. y Hofmann, P. R.P. 2007. Changes in Brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. Neotrop. entomol. 36(6): 848-862.
- Grez, A. A. y Zaviezo, T. 2002. Efectos inmediatos de la fragmentación del hábitat sobre la abundancia de insectos en alfalfa. Ciencia e Investigación Agraria 29 (1): 29-34.
- Herzog, S. K., Cahill, J., Fjeldsa, J., Kessler, M., Yensen, E., Tarifa, T., Capriles, J., Fernández T., E., Hensen, I., Ibish, P., Loayza, I., Renison, D., Dellacassa, E., Flores B., E., Cingolani, A., Lorenzo, D., Matthysen, E., Schinner, D., Soria, R., Troncoso, A., Stahl, B. y Vilaseca, A. 2002. Ecology and conservation of high-andean *Polylepis* forests. Ecotropica 8: 93-95.
- Hoffmann, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. The Journal of Experimental Biology 213: 870-880.
- Hoffmann, A. A., Sorensen, J. G. y Loeschcke, V. 2003. Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. Citado en: Hoffmann, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. The Journal of Experimental Biology 213: 870-880.
- Hunter, A. S. 1979. New anthophilic *Drosophila* of Colombia. Annals of the Entomological Society of America. 72: 372-383.

- Hunter, A. S. 1992. Flower-breeding *Drosophila* of Bogota, Colombia: New species (Diptera, Drosophilidae). *Pan-Pacific Entomologist* 68: 192-199.
- Iglesias, J. 2007. Germinación de *Polylepis incana* Kunth. y *Polylepis pauta* Hieron. en vivero y en el límite altitudinal superior del bosque. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- James, A., Azevdo, R. y Partridge, L. 1997. Genetic and environmental responses to temperature of *Drosophila melanogaster* from a latitudinal cline. *Genetics* 146: 881-890.
- Jost, L. 2009. Reply. *D* vs. *GST*: Response to Heller and Siegmund (2009) and Ryman and Leimar (2009). *Molecular Ecology* 18: 2088-2091.
- Kellermann, V. M., van Heerwaarden, B., Sgrò, C. M. y Hoffmann, A. A. 2009. Fundamental evolutionary limits in ecological traits drive *Drosophila* species distributions. Citado en: Hoffmann, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. *The Journal of Experimental Biology* 213: 870-880.
- Kessler, M. 2002. The "Polylepis problem": Where do we stand? *Ecotropica* 8:97-110.
- Legendre, P. y Legendre, L. 2003. *Developments in Environmental Modelling, 20. Numerical Ecology. Second English Edition.* Elsevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands.
- León, R. 2010. Análisis de la diversidad del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) asociadas a flores de *Verbesina sodiroi* y *Pappobolus imbaburensis* (Asteraceae), en el Parque Arqueológico Rumipamba, Pichincha, Ecuador. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Ludwing, A., Vidal, N. M., Loreto, E. L. S. y Sepel I. M. N. 2002. *Drosophila incompta* development without flowers. *Drosophila Information Service* 85: 40-41.
- Mader, H. J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agriculture fields. Citado en: Watt A. D., Stork, N. E. y Hunter, M. D. 1997. *Forests and insects*. Ed. Chapman & Hall. London. pp. 305.
- Magurran, A. E. 2005. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Tercera edición.
- Martins, M. B. 2002. Drosophilid fruit-fly guilds in forest fragments. Citado en: Acurio, A., Rafael, V. y Dangles, O. 2010. Biological invasions in the amazonian tropical rain forest: The case of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in Ecuador, South America. *Biotropica* (en publicación).
- Mateus, R.P., Buschini, M.L.T. & Sene F.M. 2006. The *Drosophila* community in xerophytic vegetations of the upper Parana-Paraguay River Basin. *Brazilian Journal of Biology* 66 (2B): 719-729.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Mota, N. R., Robe, L. J., Valente, V. L., Budnik, M. y Loreto, E. L. 2008. Phylogeny of the *Drosophila mesophragmatica* group (Diptera, Drosophilidae): an example of Andean evolution. *Zoological Science* 25(5): 526-532.
- Patterson, J. T. & Stone, W. S. 1952. *Evolution in the genus Drosophila*. Macmillan. New York.

- Pérez, A. 2007. El efecto de borde y su acción sobre la ecología forestal en un bosque disturbado de la Amazonía ecuatoriana. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Pipkin, S. B. 1953. Fluctuation in *Drosophila* populations in a tropical area. *American Naturalist* 87: 317-322.
- Rafael, V. 1992. Ecología y distribución del género *Drosophila* en el Ecuador. *Revta. Bras. Genética* 15(1), Supplement 2, pág.213.
- Rafael, V. 2007. *Drosophila malerkotlina* y *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) invaden poblaciones ecuatorianas de *Drosophila*. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* XXVIII(1 y 2): 30-43.
- Rafael, V. y Arcos, G. 1988. *Drosophila guayllabambae* n. sp., un nuevo miembro del grupo *repleta*, subgrupo *hydei* (Diptera, Drosophilidae). *Evolución Biológica (Revista Internacional de la Asociación Iberoamericana de Biología Evolutiva)* 2: 167-176.
- Rafael, V. y Arcos, G. 1989. Subgrupo *inca*, un nuevo subgrupo del grupo *repleta*, con descripción de *Drosophila huancavilcae* n.sp. (Diptera, Drosophilidae). *Evolución Biológica (Revista Internacional de la Asociación Iberoamericana de Biología Evolutiva)* 3: 233-243.
- Rafael, V., Arcos, G. y Terán, A. L. 2000a. Ecología y distribución del género *Drosophila* en Guayllabamba y el Quinche, provincia de Pichincha – Ecuador. *Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador* 65: 130-155.

- Rafael, V., Arcos, G. y Terán, A. L. 2000b. El género *Drosophila* en tres provincias de la costa del Ecuador y el registro de *Drosophila malerkotliana*. Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador 65: 156-175.
- Rafael, V. y Vela, D. 2000. *Drosophila* distribution in Ecuador. *Drosophila* Information Service 83: 85-88.
- Rafael, V. y Vela, D. 2003. *Drosophila yangana* sp. nov. Un nuevo miembro del grupo *repleta*, subgrupo *inca* (Diptera, Drosophilidae). Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador 71: 129-139.
- Rako, L. y Hoffmann, A. A. 2006. Complexity of the cold acclimation response in *Drosophila melanogaster*. Citado en: Hoffmann, A. A. 2010. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. The Journal of Experimental Biology 213, 870 – 880.
- Ramirez, M. G. y Haakonsen, K. E. 1999. Gene flow among habitat patches on a fragmented landscape in the spider *Argiope trifasciata* (Araneae: Araneidae). Heredity 83: 580-585.
- Ries, L. y Sisk, T. D. 2004. A predictive model of edge effects. Ecology 85(11): 2917-2926.
- Rodríguez-Trelles, F., Rodríguez, M. A. y Scheiner, S. M. 1998. Tracking the genetic effects of global warming: *Drosophila* and other model systems. Conservation Ecology [en línea] 2 (2):2. Disponible en internet. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss2/art2/>

- Romoleroux, K. 2000. Taxonomía, Distribución y Estado de Conservación de *Polylepis* en el Ecuador. En: Resúmenes del I Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosque de *Polylepis*. pp. 33, Cochapamba, Bolivia.
- Sanchez O., J. 2006. Introducción a la estadística en las ciencias biológicas. Quality Print. Quito, Ecuador.
- Segovia-Salcedo, M.C. & Zapata-Ríos, G. 2007. Distribución Potencial del Yagual (*Polylepis* spp) en los Andes Ecuatorianos: una Herramienta para su Conservación. I Taller Nacional. Estrategias de Conservación de los Bosques de *Polylepis* en el Ecuador. Quito- Ecuador.
- Shorrocks, B. 1972. Invertebrate Types. *Drosophila*. Ed. Ginn & Company. Pergamon Press, pp. 144. London, England.
- Shreeve, T. G. y Mason, C. F. 1980. The number of butterfly species in woodlands. Citado en: Watt A. D., Stork, N. E. y Hunter, M. D. 1997. Forests and insects. Ed. Chapman & Hall. London. pp. 305.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Quito: GEF. 194 p.
- Starmer, W., Wolf, L. y barker, J. 2000. Reproductive characteristics of the flower breeding *Drosophila hibisci* Bock (Drosophilidae) along a latitudinal gradient in eastern Australia: relation to flower and habitat features. *Evolution* 52(3): 806-815.
- Strayer, D. L., Power M. E. y Fagan W. E. 2003. A classification of ecological boundaries. Citado en: Ries, L. y Sisk, T. D. 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology* 85(11), pp. 2917-2926.

- Sturtevant, A. H. 1921. Genetic studies on *Drosophila simulans*. II. *Genetics* 6: 43-64.
- Sturtevant, A.H. 1939. On the subdivision of the genus *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 3: 137-141.
- Sturtevant, A. H. 1942. The classification of the genus *Drosophila*, with descriptions of nine new species. *University of Texas Publications*. 4213: 6-51.
- Tidon, R. 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. Citado en: Acurio, A., Rafael, V. y Dangles, O. 2010. Biological Invasions in the Amazonian Tropical Rain Forest: The Case of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in Ecuador, South America. *Biotropica* (en publicación)
- Troya A. M. 2006. Diversidad genética de poblaciones de *Polylepis incana* Kunth en el centro-norte del Ecuador mediante AFLP'S: una aproximación a su manejo y conservación. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- UNEP. 1992. Citado en: Del Pino, J.O. Zamora, R. Oliet, J.A. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. pp. 4.
- Van der Linde, K. 1997. Linking land use and biodiversity: an introduction and some prospects for *Drosophila* species. (sin publicar)
- Van der Linde, K. 2005. Testing *Drosophila* life-history theory in the field: Local adaptation in body size, development time and starvation resistance. Tesis de Doctorado, Universidad de Leiden, Nederland.

- Van der Linde, K. y Sevenster, J. 2002. *Drosophila* diversity over a disturbance gradient. Proceedings Experimental and Applied Entomology 13: 51-56.
- Vela, D. 1999. Descripción taxonómica de especies del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) colectadas en una hectárea del Bosque Protector Pasochoa. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Vela, D. y Rafael, V. 2001. Ocho nuevas especies del grupo *tripunctata*, género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae), y el registro de *Drosophila paraguayensis* en el Bosque Protector Pasochoa, Pichincha-Ecuador. Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador 66: 92-120.
- Vela, D. y Rafael, V. 2003. Estudios sobre la diversidad del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en el Bosque Pasochoa de la Provincia de Pichincha – Ecuador. Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. No. 71. Pág. 117-127.
- Vela, D. y Rafael, V. 2004a. Three new andean species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) of the *mesophragmatica* group. Iheringia, Ser. Zool. 94: 295-299.
- Vela, D. y Rafael, V. 2004b. Dos nuevas especies del grupo *flavopilosa*, género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en el Bosque Pasochoa, Provincia de Pichincha. Revista de Medicina y Ciencias Biológicas. 26: 7-13.
- Vela, D. y Rafael, V. 2004c. Tres nuevas especies del grupo *guarani*, género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en el Bosque Pasochoa, Provincia de Pichincha-Ecuador. Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador 26: 14-21.
- Vela, D. y Rafael, V. 2005a. Catorce nuevas especies del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en el bosque húmedo montano del Volcán Pasochoa, Pichincha, Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 27: 27-41.

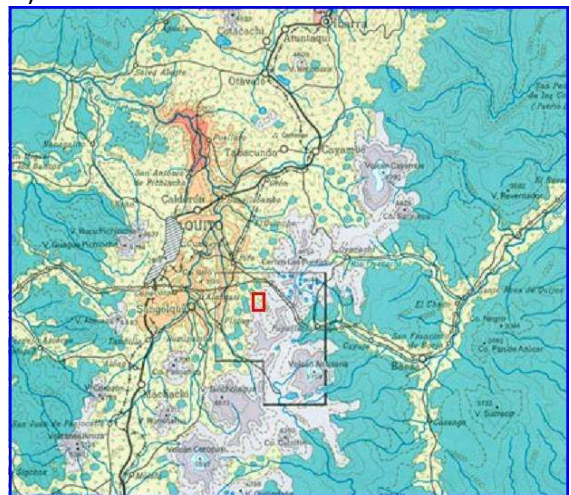
- Vela, D. y Rafel, V. 2005b Nuevas especies de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en el Bosque Pasochoa, Pichincha-Ecuador. *Revta. Pont. Univ. Católica Ecuador* 75: 69 – 80.
- Vilela, C.R. y Bächli, G. 1990. Taxonomic studies on neotropical species of seven genera of Drosophilidae (Diptera). *Bulletin of the Entomological Society of America*, Supplement 63.
- Wheeler, M. R. 1981. The Drosophilidae: A Taxonomic Overview. En: *The Genetics and Biology of Drosophila*. Volumen 3a (M. Ashburner, H. L. Carson y J. L. Thompson, eds) pp. 1-97. Academic Press, London, England.
- Wheeler, M. R., Takada, H. y Brncic, D. 1962. XIV. The Flavopilosa Species Group of *Drosophila*. Reprint from *Studies in Genetics II*, N° 1781. The University of Texas Publication. 395-413.

9. FIGURAS

A)



B)



C)

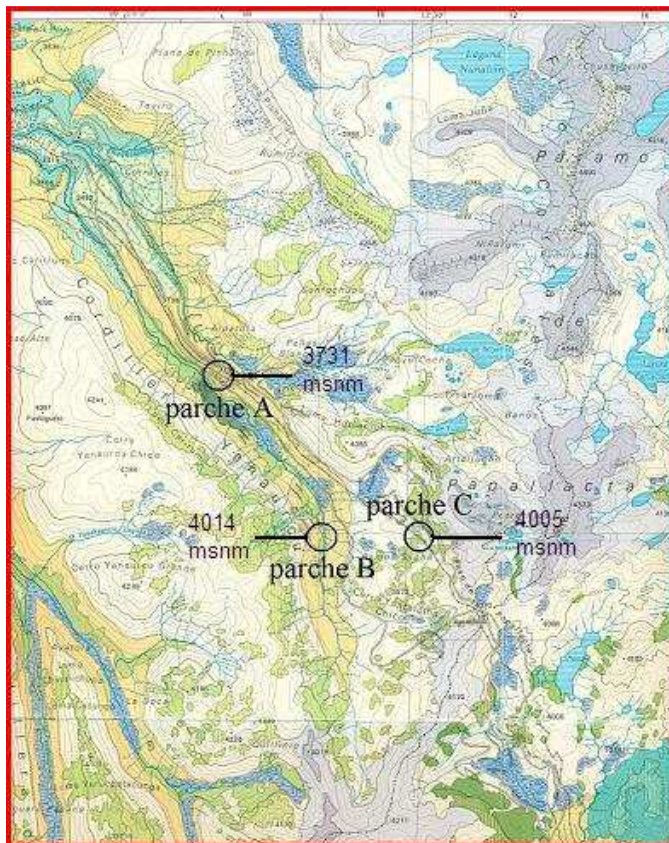


Figura 1: mapas del área de estudio; A) mapa de Ecuador; B) ampliación del área de estudio; C) ubicación de los tres parches de bosque. Tomado de Lauer, W. y Rafiqpoor, M. D. 2000. Mapa de Vegetación alrededor del Antisana. Páramo de Papallacta.

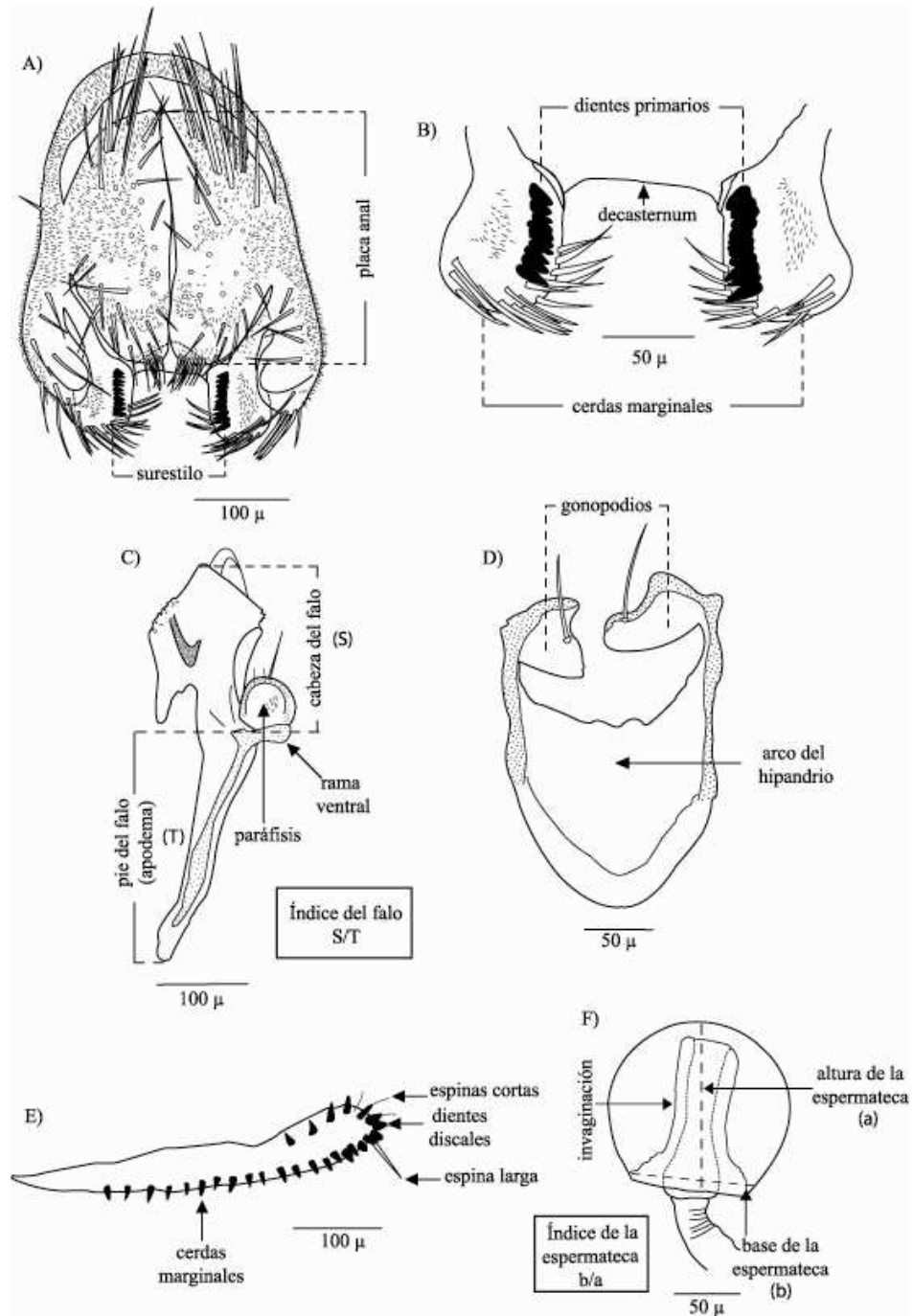


Figura 2: Nombres de las estructuras presentes en la terminalia de *Drosophila*; A) arco genital o epandrio; B) surestilo; C) fallo; D) hipandrio; E) ovipositor; F) espermateca.

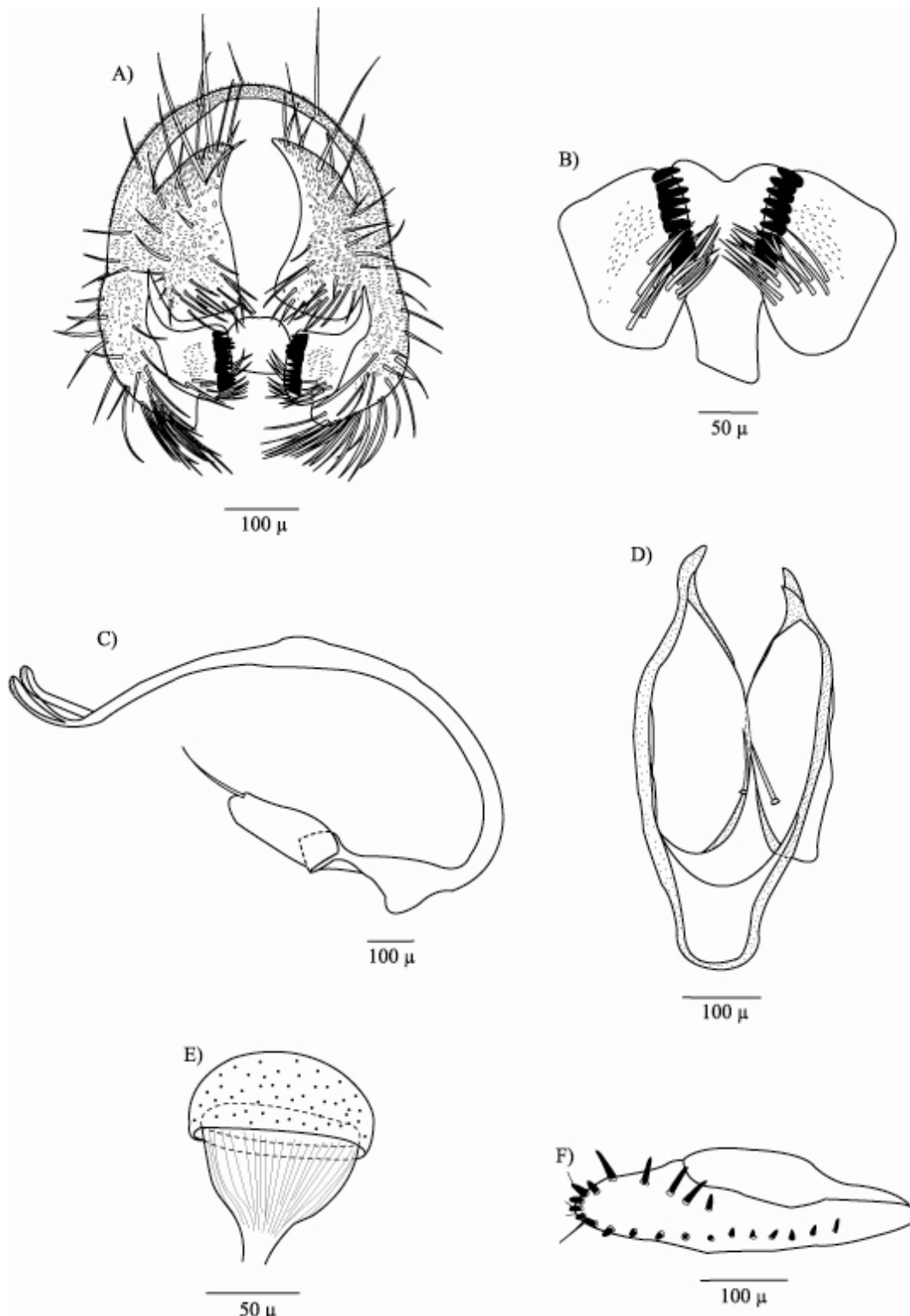


Figura 3: *Drosophila* 1 sp. nov. Holotipo ♂; A) arco genital; B) surestilo; C) falo vista lateral; D) hipandrio. Alotipo ♀; E) espermateca; F) ovipositor.

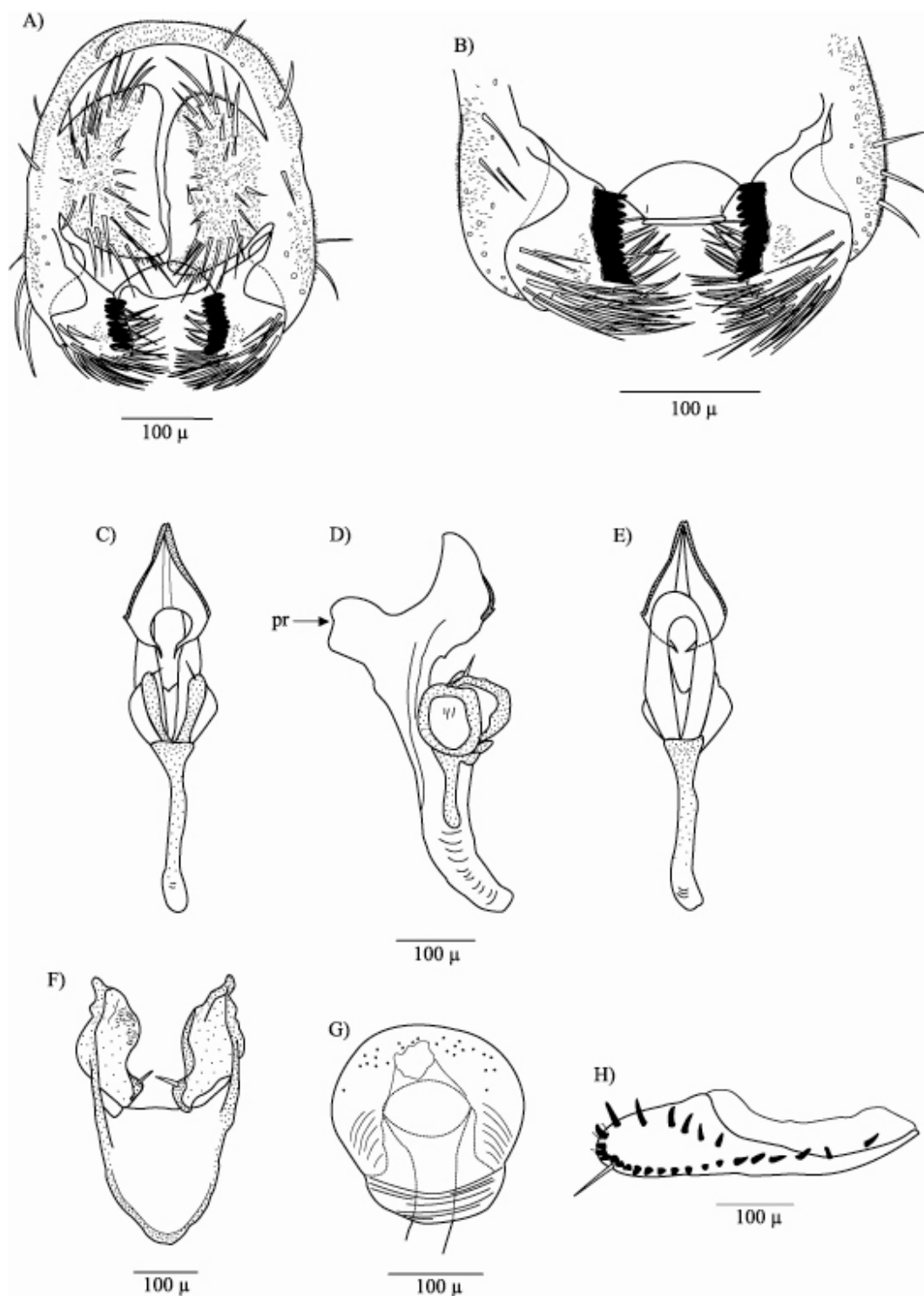


Figura 4: *Drosophila 2* sp. nov. Holotipo ♂; A) arco genital; B) surestilo; C) falo vista ventral; D) falo vista lateral; E) falo vista dorsal; F) hipandrio. Alotipo ♀; G) espermateca; H) ovipositor. pr= proceso dorsal.

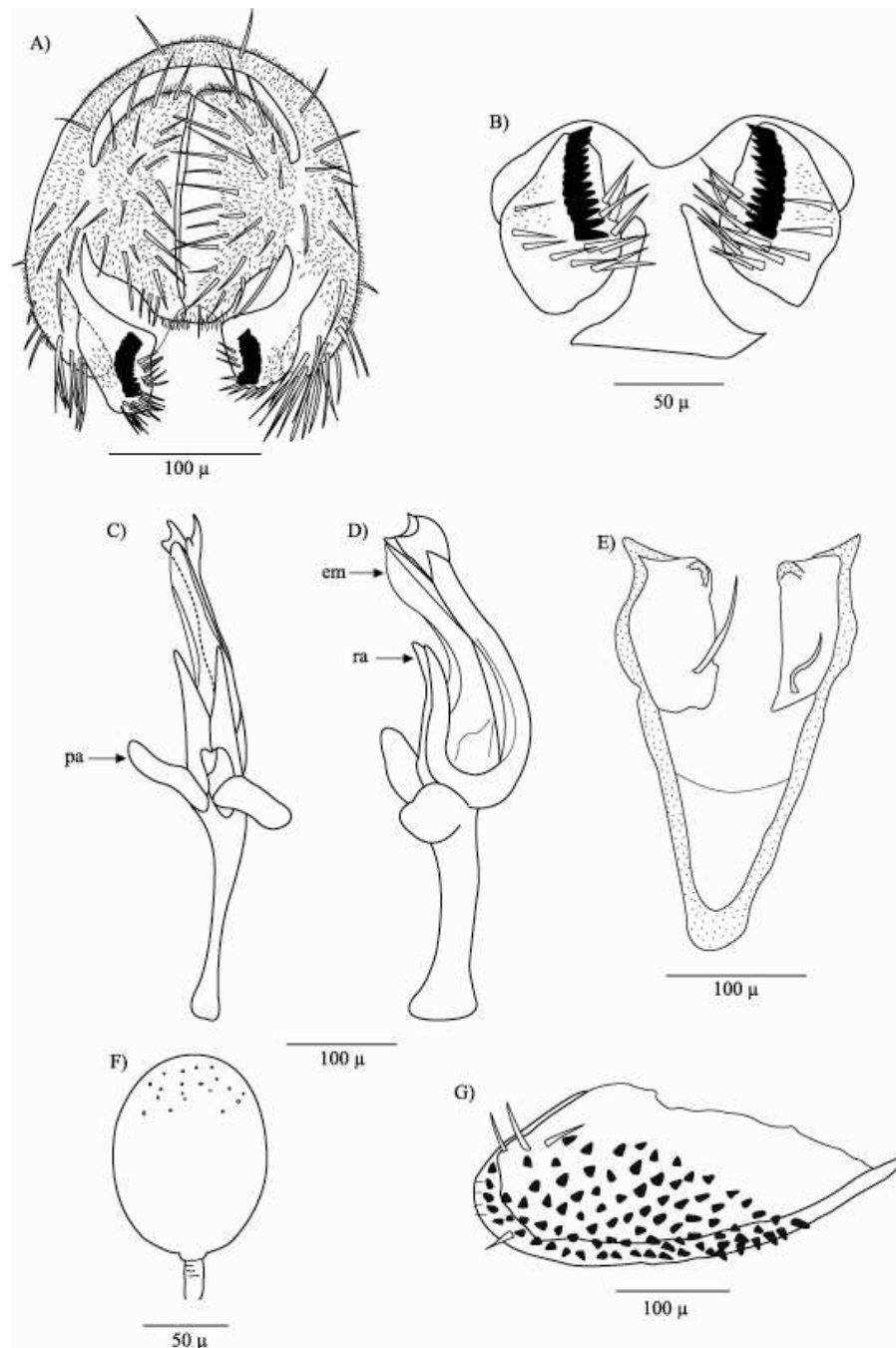


Figura 5: *Drosophila* 3 sp. nov. Holotipo ♂; A) arco genital; B) surestilo; C) fallo vista ventral; D) fallo vista lateral; E) hipandrio. Alotipo ♀; F) espermateca; G) ovipositor. pa= paráfisis, ra= rama, em= estructura membranosa.

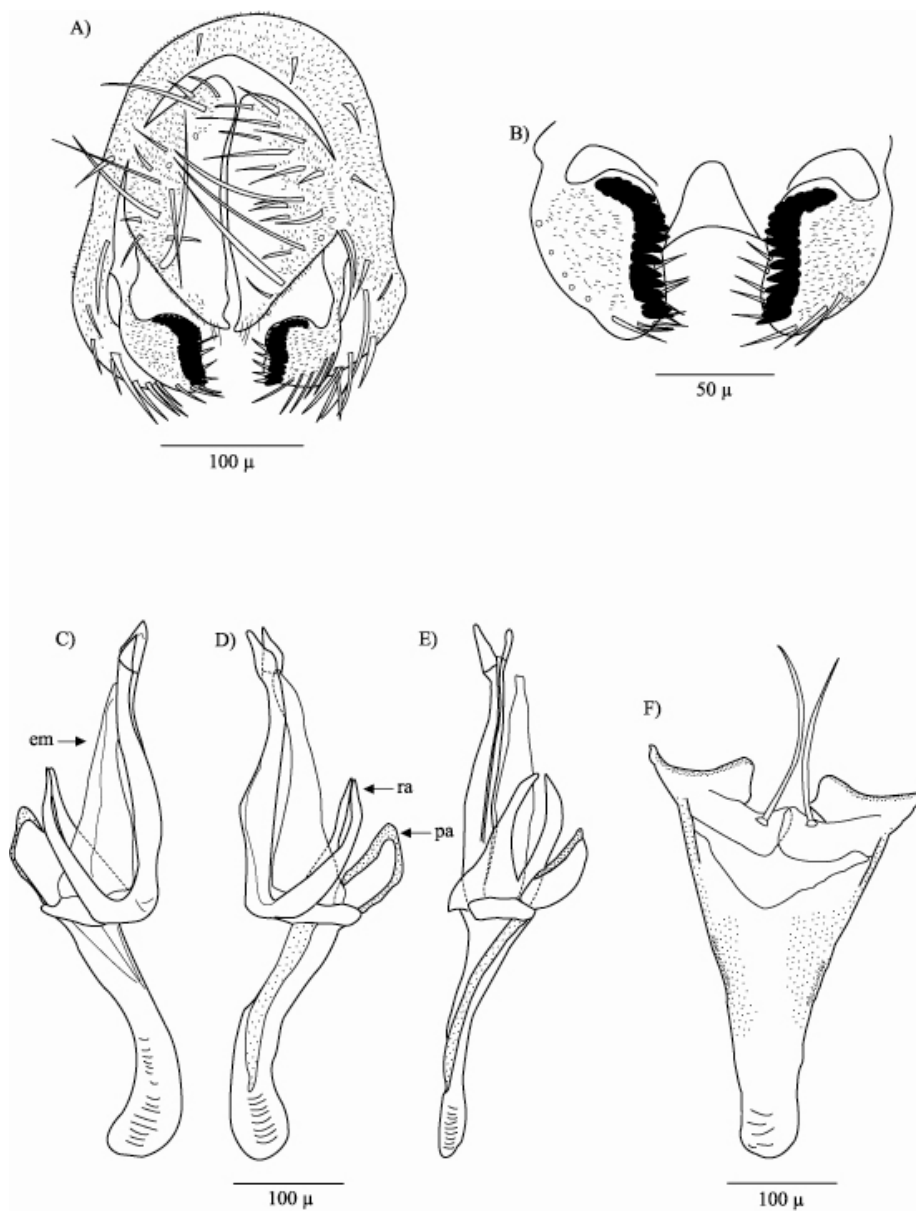


Figura 6: *Drosophila* 4 sp. nov. Holotipo ♂; A) arco genital; B) surestilo; C) falo vista lateral derecha; D) falo vista lateral izquierda; E) falo vista ventral; F) hipandrio. pa= paráfisis, ra= rama, em= estructura membranosa.

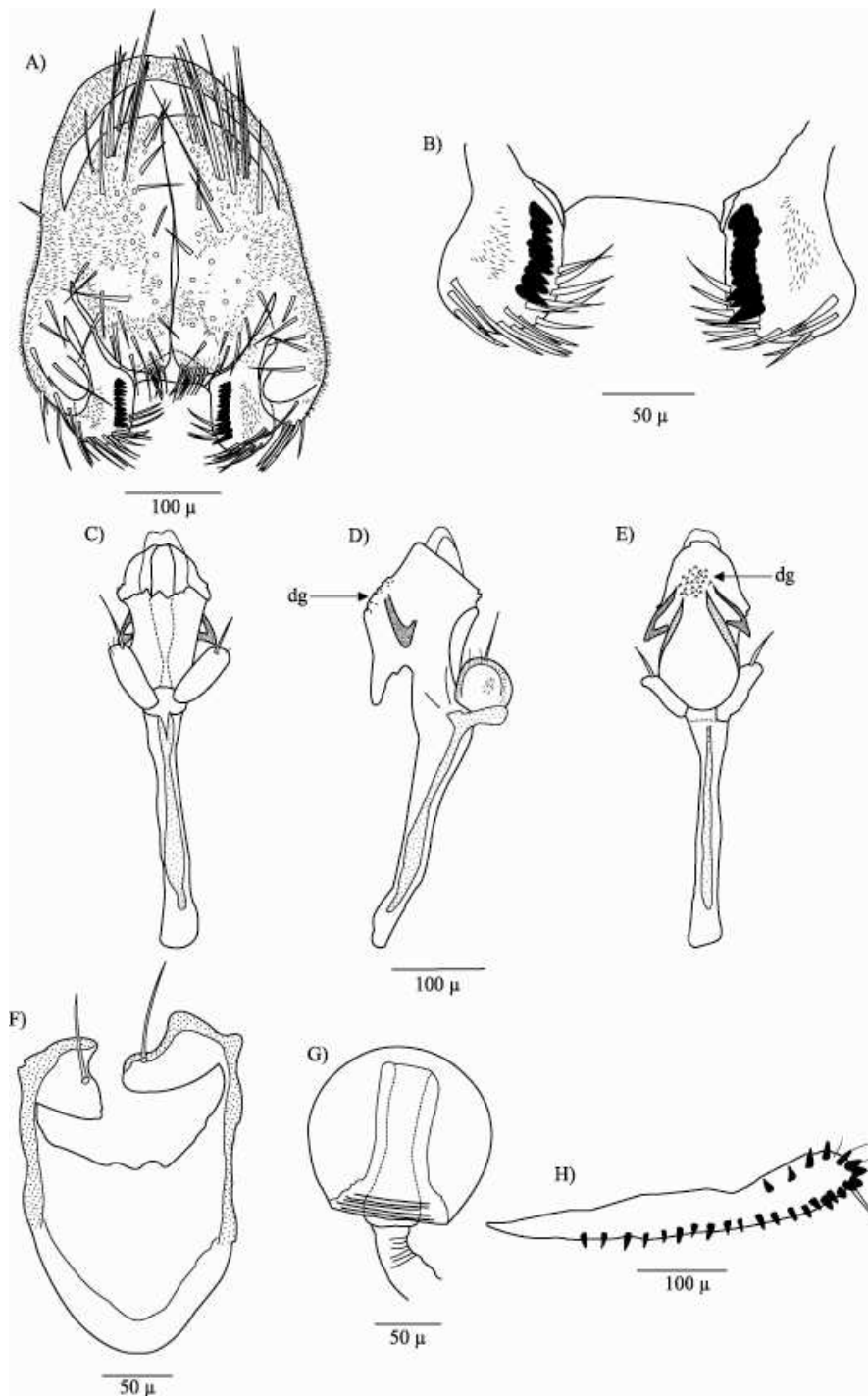


Figura 7: *Drosophila 5* sp. nov. Holotipo ♂; A) arco genital; B) surestilo; C) fallo vista ventral; D) fallo vista lateral; E) fallo vista dorsal; F) hipandrio. Alotipo ♀; G) espermateca; H) ovipositor. dg= digitaciones.

A)



B)



Figura 8: *Drosophila 5* sp. nov.; A) huevo; B) larva de tercer estadio en vista dorsal.

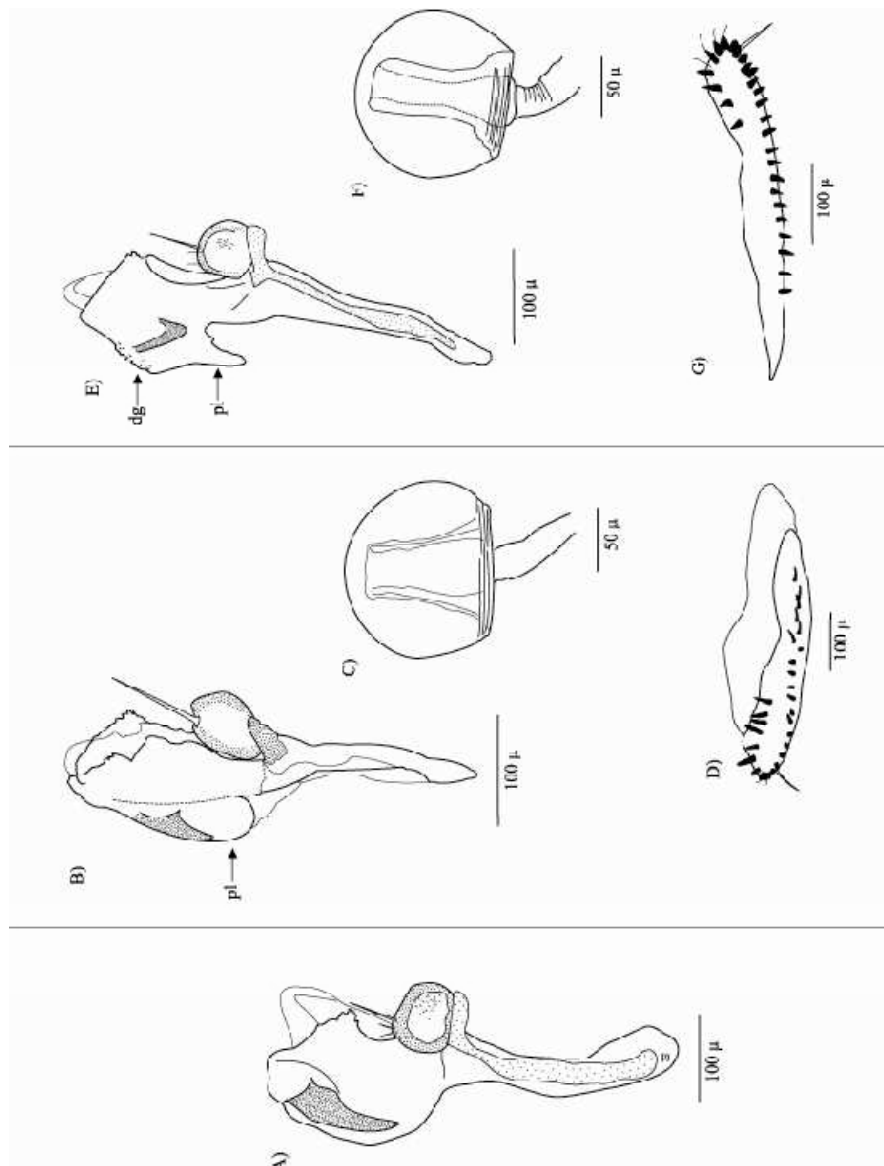


Figura 9: Complejo *asiri*: *Drosophila asiri*. Ecotipo ♂ (Cruz Loma); A) falo vista lateral. *Drosophila yuracyacu*. Holotipo ♂; B) falo vista lateral. Alotipo ♀; C) espermateca; D) ovipositor. *Drosophila 5* sp. nov. Holotipo ♂; E) falo vista lateral. Alotipo ♀; F) espermateca; G) ovipositor. pl= proyección laminar; dg= digitaciones.

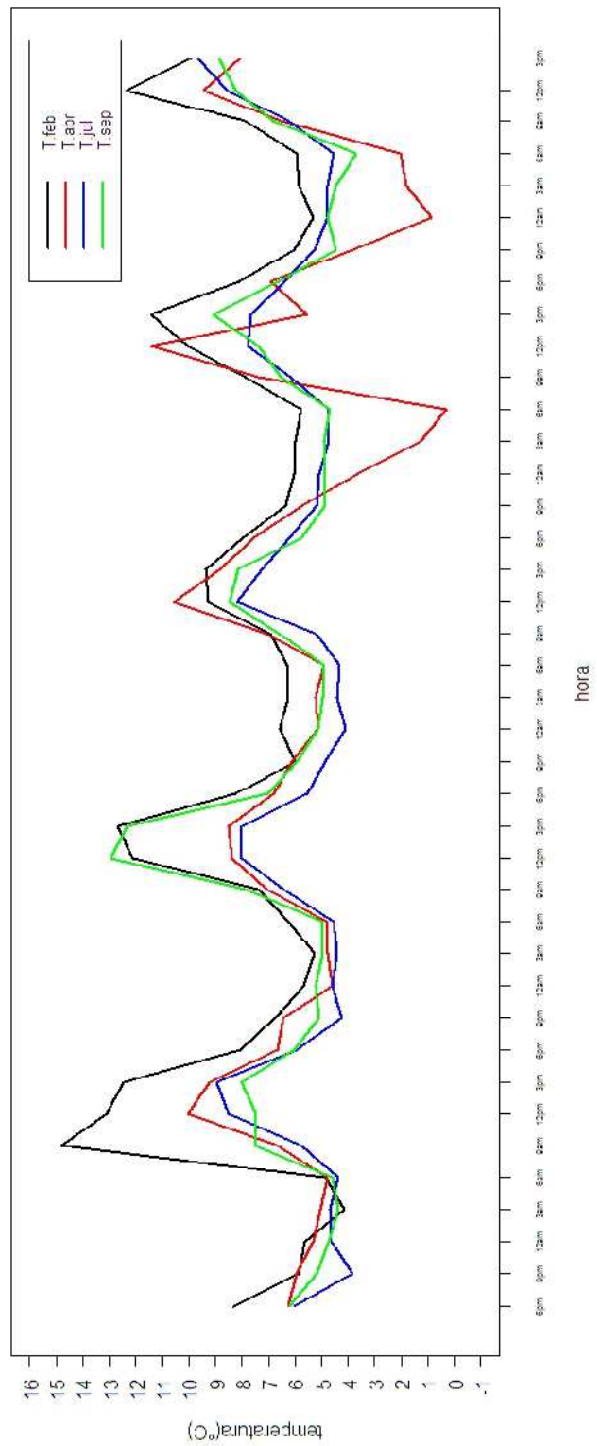


Figura 10: Ejemplo de la variación de temperatura en los cuatro meses de colecta, durante cinco días en el parche A, estación 1.

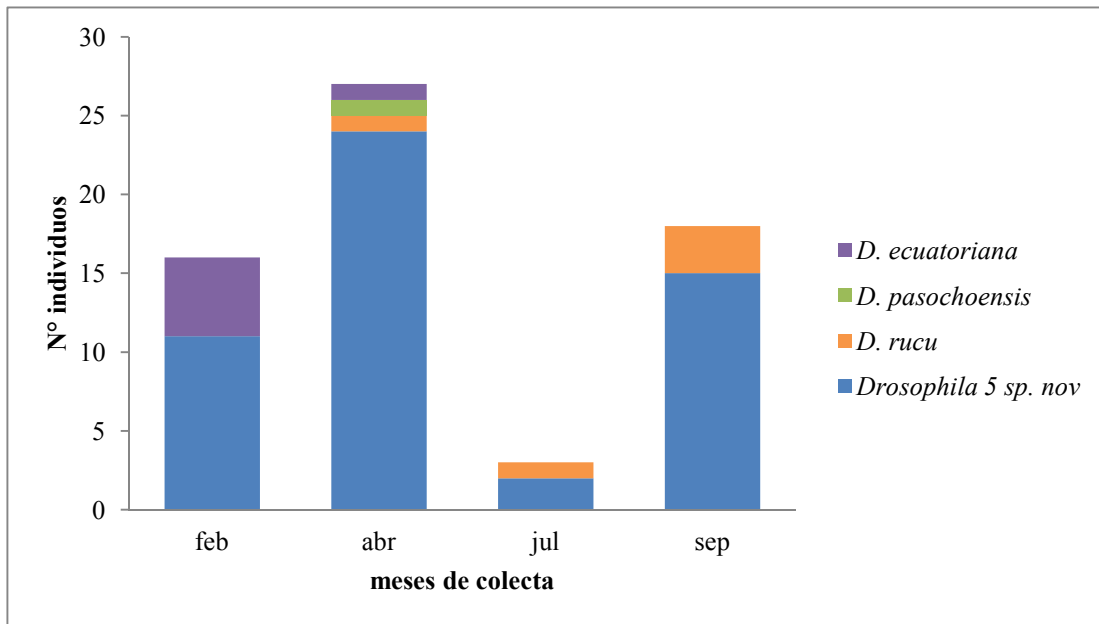


Figura 11: Diversidad y abundancia de las especies del género *Drosophila* en el parche A, durante los cuatro meses de colecta.

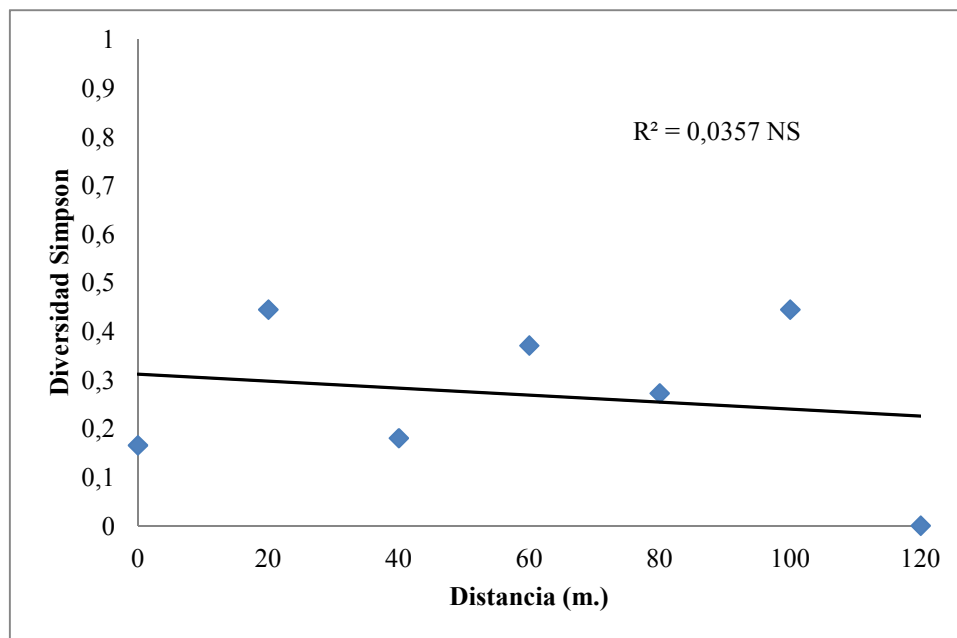


Figura 12: Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche A.

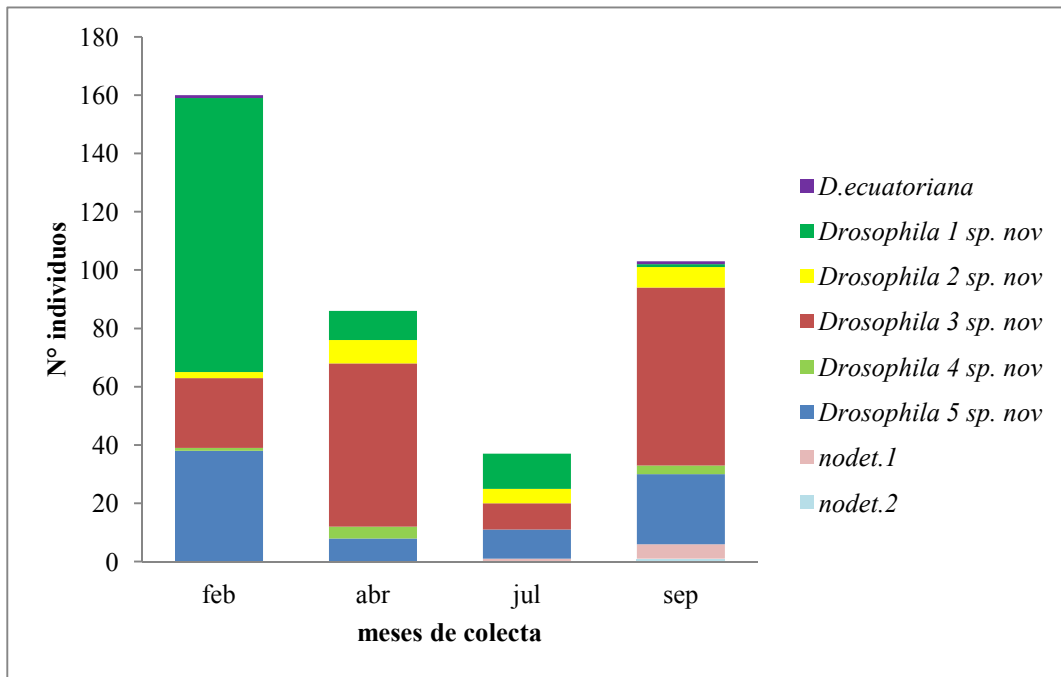


Figura 13: Diversidad y abundancia de las especies del género *Drosophila* en el parche B, durante los cuatro meses de colecta.

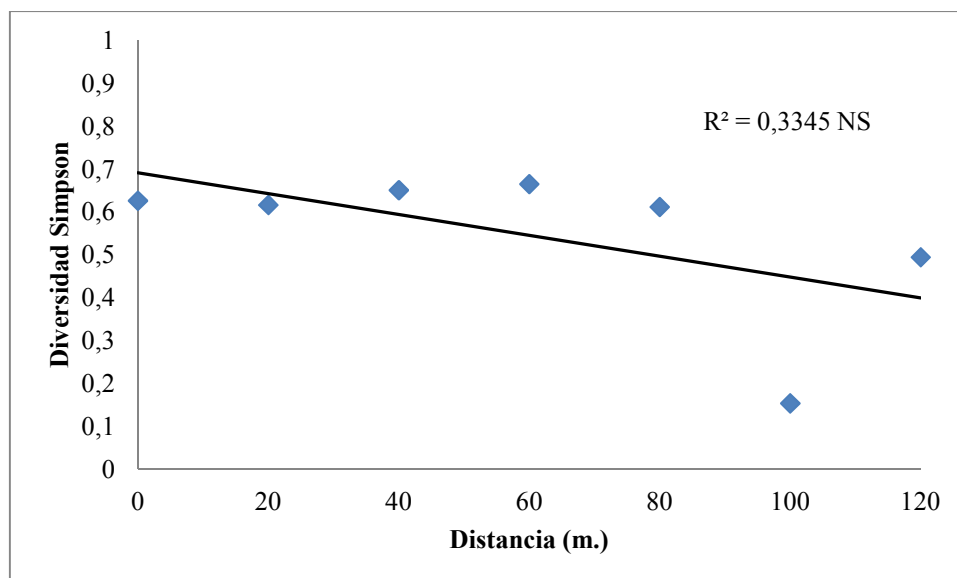


Figura 14: Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche B.

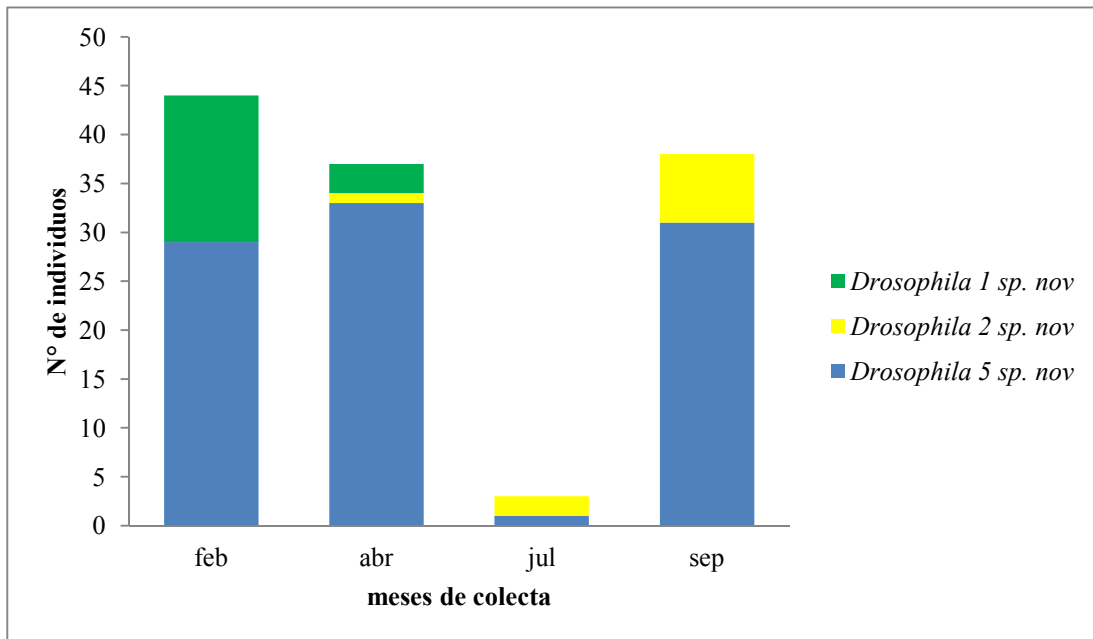


Figura 15: Diversidad y abundancia de las especies del género *Drosophila* en el parche C, durante los cuatro meses de colecta.

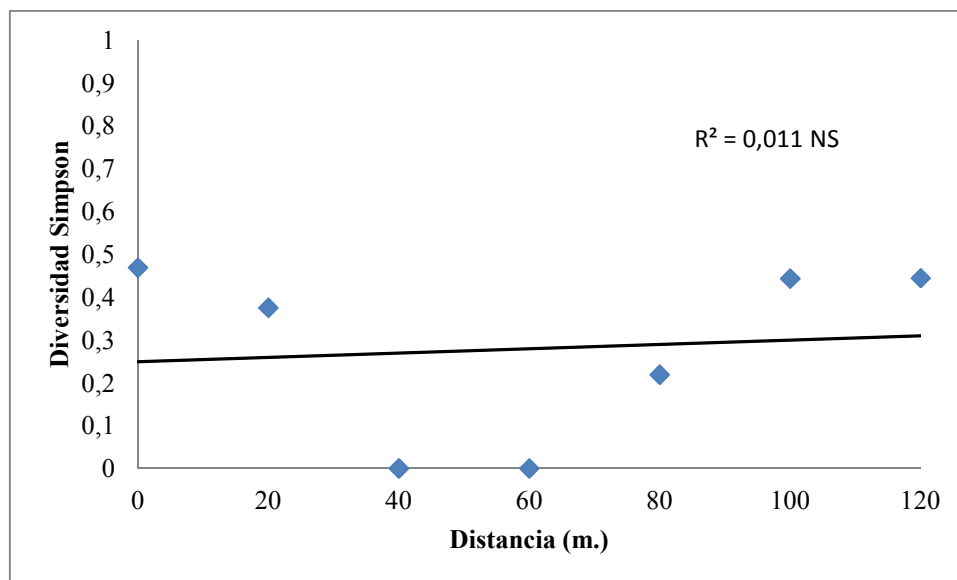


Figura 16: Índice de diversidad de Simpson de la composición de drosófilas y regresión lineal de las estaciones del parche C.

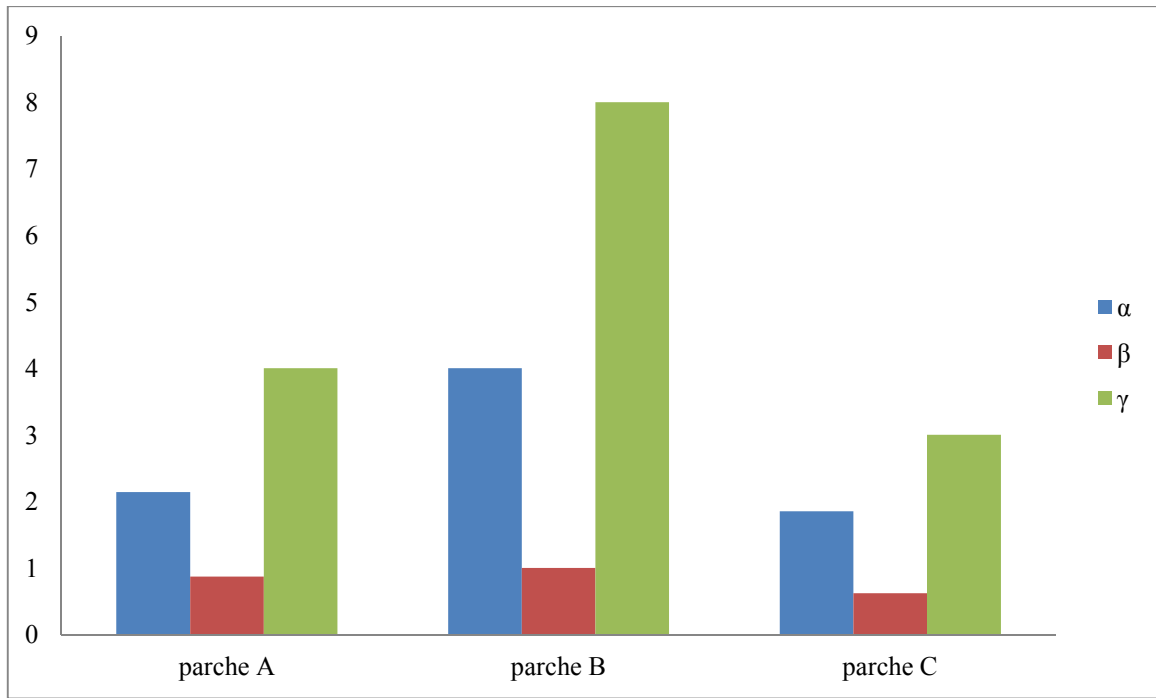


Figura 17: Diversidad α , β y γ de drosófilas en los tres parches de bosque de *Polylepis* muestreados en el Páramo de Papallacta.

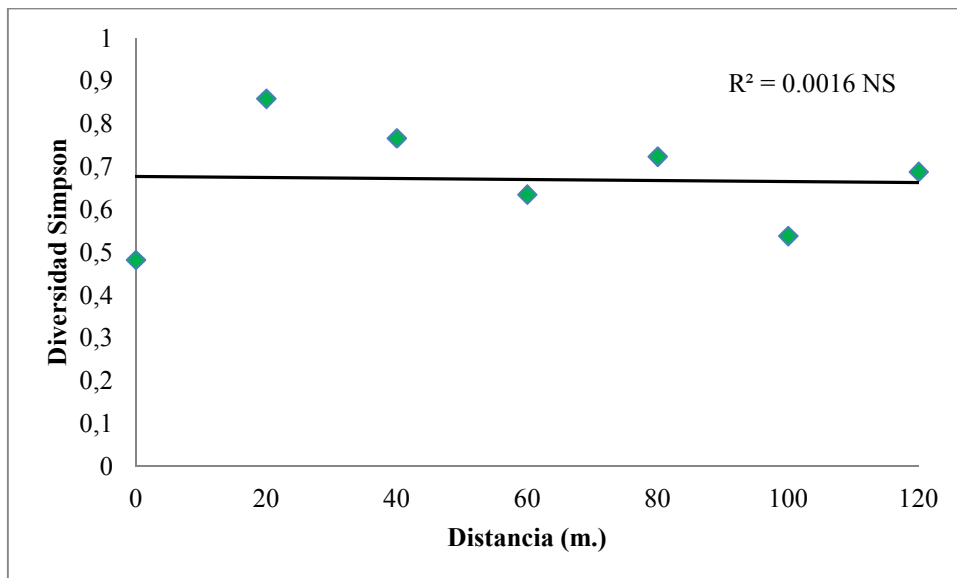


Figura 18: índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal de las estaciones del parche A.

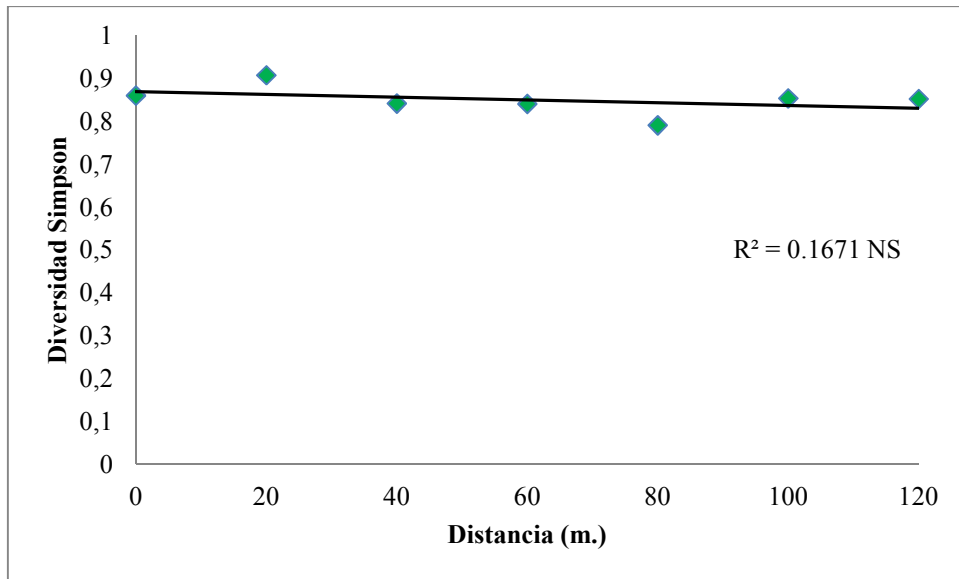


Figura 19: índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal de las estaciones del parche B.

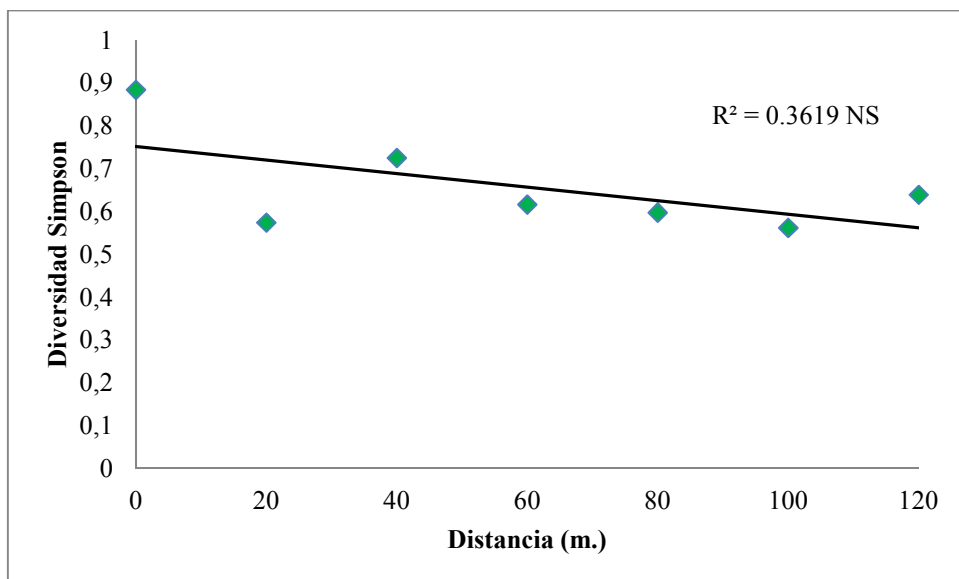


Figura 20: índice de diversidad de Simpson de la composición vegetal y regresión lineal de las estaciones del parche C.

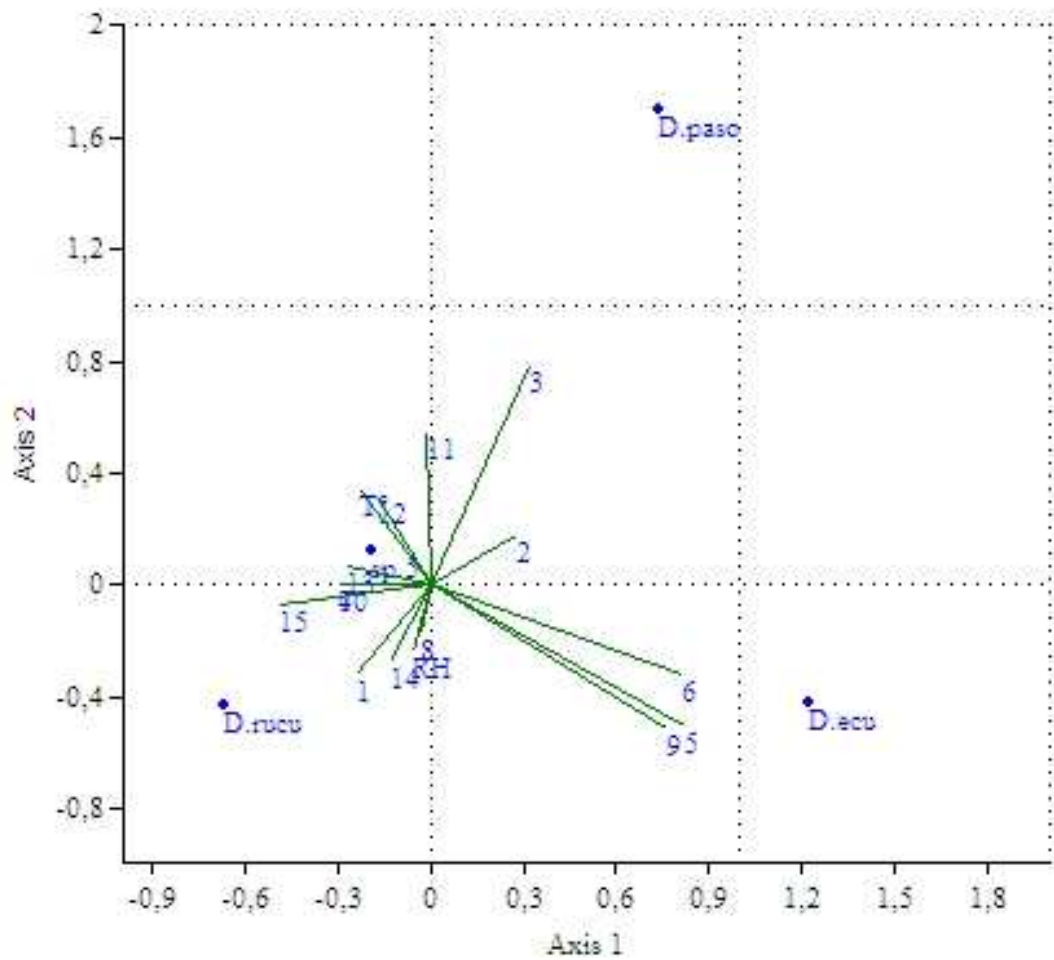


Figura 21: Análisis de Correspondencia Canónica entre las factores ambientales (T° , HR y vegetación) y las especies del género *Drosophila* en el parche A.

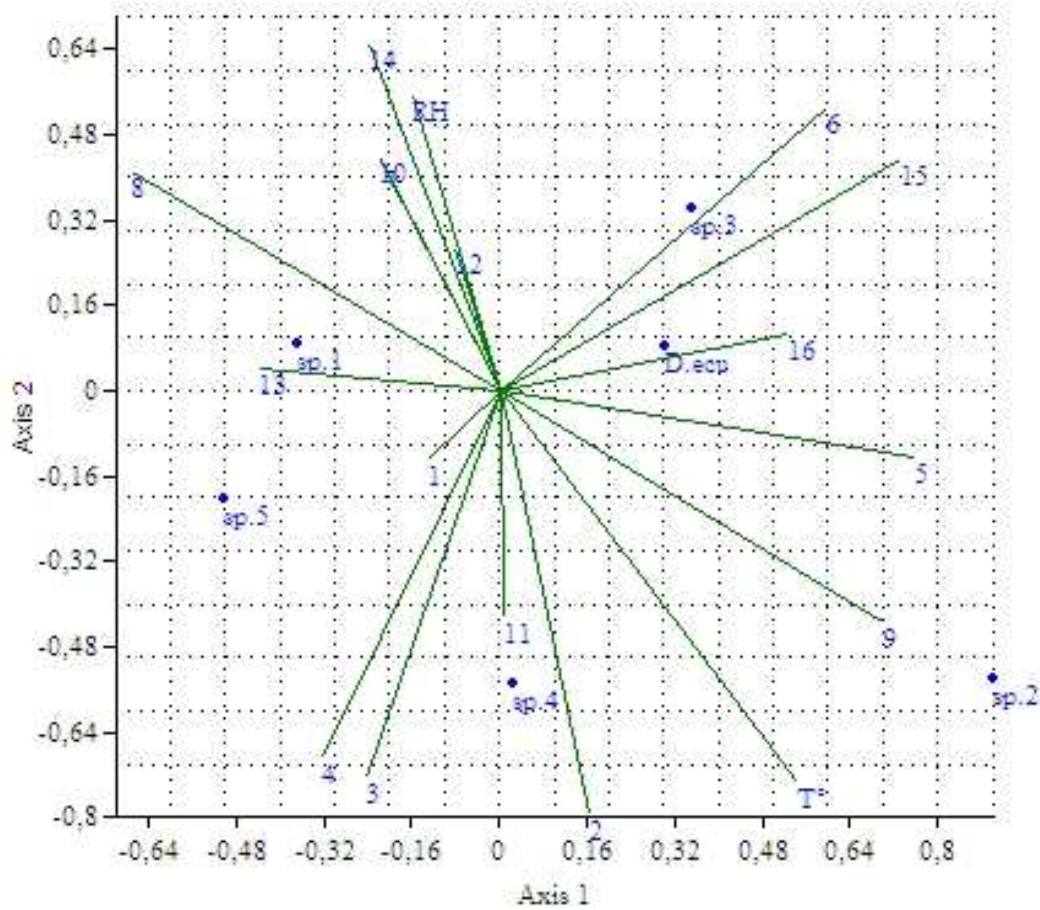


Figura 22: Análisis de Correspondencia Canónica entre las factores ambientales (T° , HR y vegetación) y las especies del género *Drosophila* en el parche B.

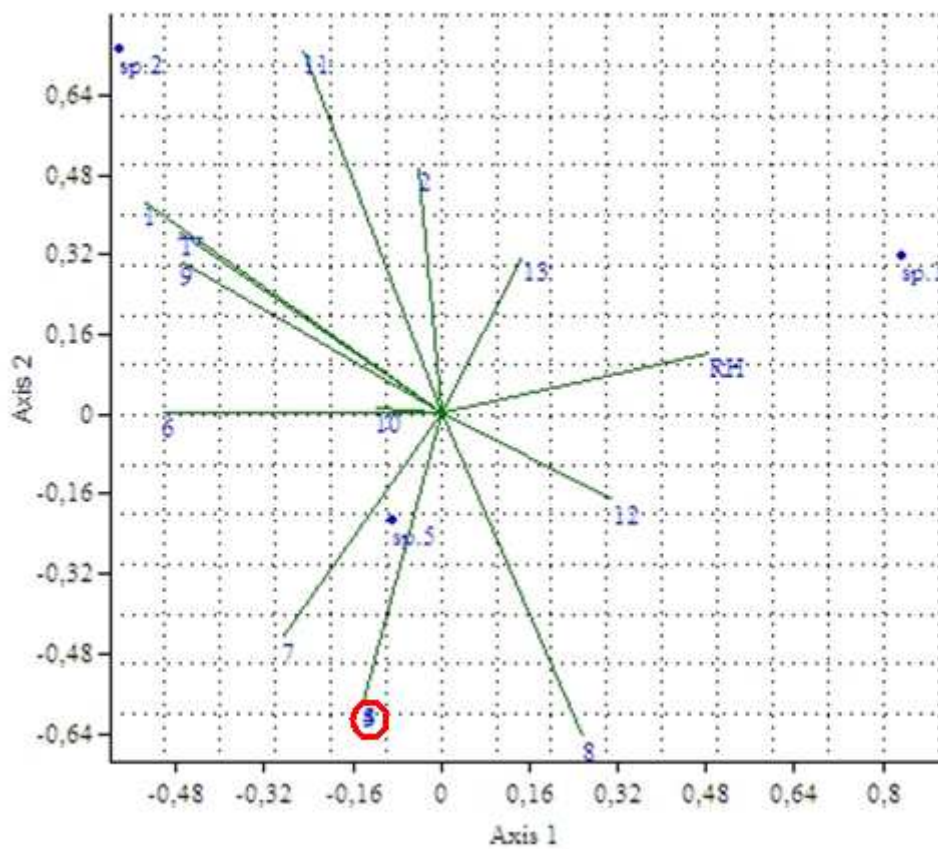


Figura 23: Análisis de Correspondencia Canónica entre las factores ambientales (T° , HR y vegetación) y las especies del género *Drosophila* en el parche C. En el círculo rojo están las plantas 3, 4 y 5.

10. TABLAS

Tabla 5: Especies vegetales presentes en el parche A, en la Cordillera Yanahurcu a 3731 msnm en las siete estaciones del transecto. Los valores están dados en porcentaje (%).

Planta	especie	A1 (0m.)	A2 (20m.)	A3 (40m.)	A4 (60m.)	A5 (80m.)	A6 (100m.)	A7 (120m.)
1	<i>Aetheoleanae</i> sp.	3	16	0	0	11	66	9
2	Asteraceae sp.1	0	0	11	39	0	0	0
2	Asteraceae sp.2	4	6	0	0	0	0	0
2	Asteraceae sp.3	0	3	0	0	0	0	0
2	Asteraceae sp.4	1	0	0	0	0	0	0
2	Asteraceae sp.5	0	0	0	0	24	0	19
3	<i>Butleja incana</i>	0	0	0	0	14	0	0
4	<i>Calamagrostis intermedia</i>	1	0	0	0	0	0	0
5	<i>Gunera magenlica</i>	0	8	0	0	0	0	0
6	<i>Hidrocotile</i> sp.	0	15	0	0	3	0	5
7	<i>Hypericum laricifolium</i>	1	0	0	0	0	0	0
8	<i>Lachemila orbiculata</i>	70	25	0	0	0	0	0
8	<i>Lachemila</i> sp.	0	6	0	0	0	0	0
9	<i>Luzula gigantea</i>	1	4	0	0	0	0	0
10	<i>Pernetia postrata</i>	1	0	0	0	0	0	0
11	<i>Polylepis incana</i>	16	12	21	44	43	12	48
11	<i>Polylepis pauta</i>	0	0	0	0	0	6	0
12	<i>Ribes</i> sp.	1	2	0	0	0	0	19
8	Rosaceae sp.1	0	0	5	0	0	0	0
13	<i>Sibthorpia repenes</i>	0	0	38	0	0	0	0
14	<i>Solanum</i> sp.1	0	0	14	14	0	3	0
14	<i>Solanum</i> sp.2	1	3	0	0	0	0	0
15	<i>Urtica</i> sp.1	0	0	0	0	0	7	0
15	<i>Urtica</i> sp.2	0	0	0	0	5	6	0
15	<i>Urtica</i> sp.3	0	0	11	3	0	0	0

Tabla 6: Especies vegetales presentes en el parche B, Páramo de Papallacta a 4014 msnm en las siete estaciones del transecto. Los valores están dados en porcentaje (%).

planta	especie	B1 (0m.)	B2 (20m.)	B3 (40m.)	B4 (60m.)	B5 (80m.)	B6 (100m.)	B7 (120m.)
1	Asteraceae sp.3	0	0	2	0	0	0	0
1	Asteraceae sp.4	2	0	6	0	0	0	0
1	Asteraceae sp.6	0	2	0	0	3	0	3
1	Asteraceae sp.7	0	2	0	0	2	0	0
1	Asteraceae sp.8	0	0	0	2	0	0	0
2	<i>Azorella</i> sp.	2	0	0	3	0	0	2
1	<i>Baccharis</i> sp.	0	0	0	0	4	0	0
3	<i>Calamagrostis intermedia</i>	14	0	0	0	0	0	0
2	<i>Daucus</i>	1	0	0	0	0	0	0
1	<i>Diplostephium rupestre</i>	0	0	0	0	0	0	4
1	<i>Diplostephium</i> sp.1	0	0	4	7	0	11	0
1	<i>Diplostephium</i> sp.2	10	7	7	19	0	0	5
1	<i>Diplostephium</i> sp.3	0	4	0	0	2	5	0
4	<i>Galium canescens</i>	9	0	0	3	2	0	0
5	<i>Geranium diffusum</i>	3	2	4	1	2	6	6
6	<i>Gunnera magellanica</i>	2	11	9	7	3	15	10
1	<i>Gynoxis monophylla</i>	7	0	0	0	0	0	0
1	<i>Gynoxis</i> sp.2	0	7	0	0	0	6	0
1	<i>Gynoxis</i> sp.3	0	0	0	3	0	0	10
1	<i>Gynoxis</i> sp.4	0	0	0	4	0	0	6
1	<i>Gynoxis</i> sp.5	0	0	0	0	18	0	0
1	<i>Gynoxis</i> sp.6	3	0	12	0	0	3	0
1	<i>Loricaria thuyoides</i>	3	0	0	0	0	0	0
7	<i>Luzula gigantea</i>	2	10	2	0	2	2	2
8	<i>Miconia</i> sp.1	0	11	18	0	20	0	0
9	<i>Monina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	3
10	<i>Pernettya</i> sp.	0	3	0	0	0	0	0
11	<i>Polylepis pauta</i>	28	14	30	28	36	25	32
12	<i>Rubus</i> sp.	0	4	2	0	2	0	3
13	<i>Sibthorpia repens</i>	0	0	2	0	0	0	0
14	<i>Solanum</i> sp.3	0	0	0	0	4	0	0
14	<i>Solanum</i> sp.5	0	8	0	0	0	2	0
15	<i>Stellaria</i> sp.	0	2	0	0	0	4	2
16	<i>Valeriana microphylla</i>	12	13	0	7	0	2	2
16	<i>Valeriana</i> sp.	0	0	0	16	0	19	10
1	<i>Werneria</i> sp.	0	0	2	0	0	0	0
X	nodet.	2	0	0	0	0	0	0

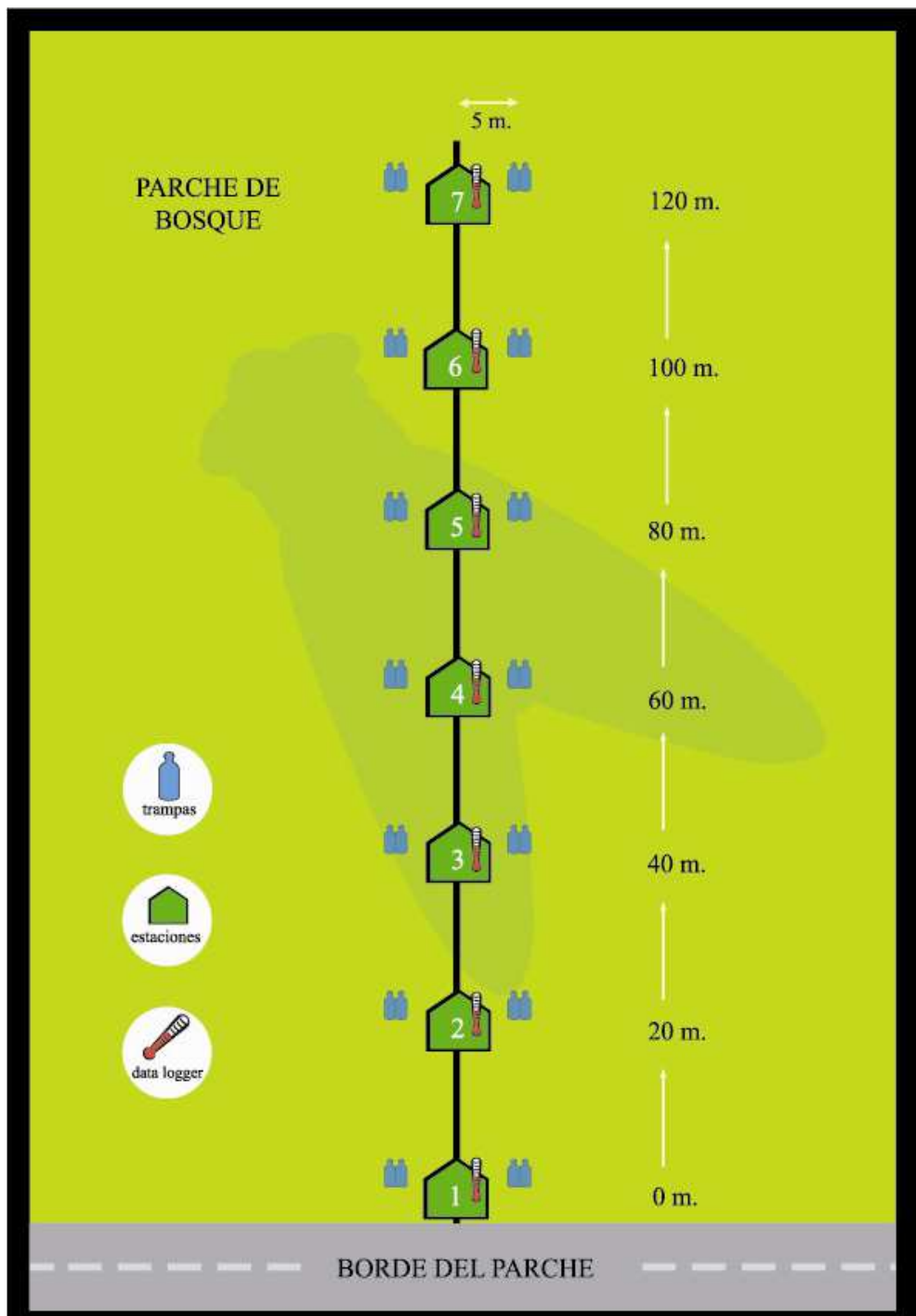
Tabla 7: Especies vegetales presentes en el parche C, en el Páramo de Papallacta a 4005 msnm en las siete estaciones del transecto. Los valores están dados en porcentaje (%).

planta	especies	C1 (0m.)	C2 (20m.)	C3 (40m.)	C4 (60m.)	C5 (80m.)	C6 (100m.)	C7 (120m.)
1	Asteraceae sp.1	8	0	0	0	0	0	0
1	Asteraceae sp.2	5	0	0	0	0	0	0
1	Asteraceae sp.3	20	1	2	0	0	4	3
1	Asteraceae sp.4	0	0	4	6	0	0	3
1	Asteraceae sp.5	4	3	0	0	0	3	0
1	Asteraceae sp.8	0	0	0	0	0	1	0
2	<i>Azorella</i> sp.	2	0	0	2	0	0	0
3	<i>Carex pichinchensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
1	<i>Diplostephium</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	3
4	Ericaceae sp.1	0	0	0	7	0	0	0
5	<i>Galium</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0
1	<i>Gynoxis</i> sp.1	0	4	0	0	0	0	0
1	<i>Gynoxis</i> sp.2	10	0	5	0	2	5	4
2	<i>Hidrocotile</i> sp.	0	62	36	0	0	0	0
6	<i>Luzula gigantea</i>	3	0	0	2	0	0	0
7	<i>Miconia</i> sp.1	8	3	0	3	10	0	7
7	<i>Miconia</i> sp.2	0	0	18	0	0	0	0
1	<i>Monticalia andicola</i>	11	0	0	0	0	0	0
8	<i>Polylepis pauta</i>	16	17	33	16	35	19	9
9	<i>Rubus</i> sp.	3	0	0	1	0	1	0
10	<i>Sibthorpia repenes</i>	0	0	0	59	52	63	57
11	<i>Solanum</i> sp.1	0	10	0	0	0	0	0
11	<i>Solanum</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	14
11	<i>Solanum</i> sp.3	10	0	0	0	0	0	0
11	<i>Solanum</i> sp.4	0	0	2	0	0	0	0
11	<i>Solanum</i> sp.5	0	0	0	0	0	2	0
12	<i>Stellaria</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0
13	<i>Urtica</i> sp.2	0	0	0	0	0	2	0
X	nodet.	0	0	0	2	0	0	0

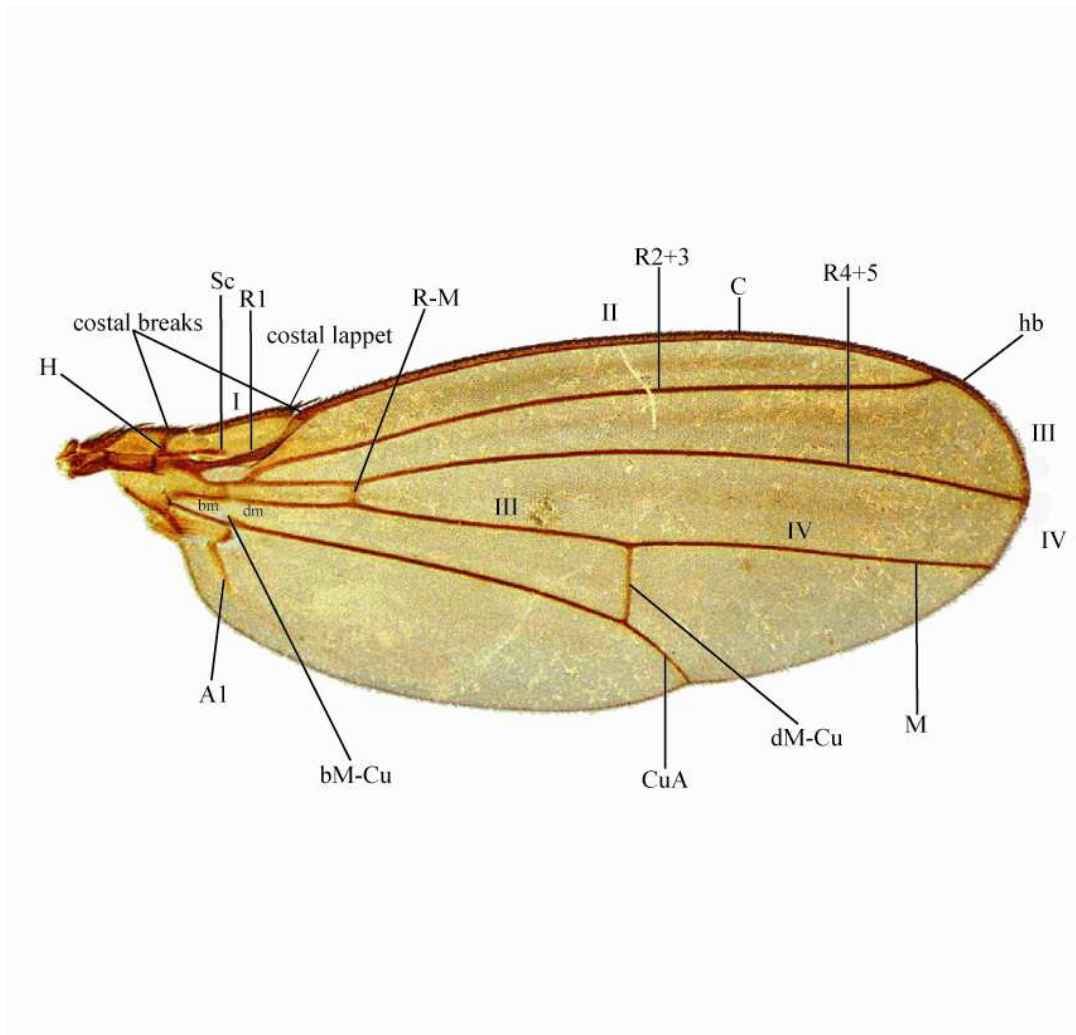
Tabla 8: Comparación de la distribución y de algunos caracteres taxonómicos de los *genitalia* interna de *Drosophila asiri* Vela y Rafael, 2005; *Drosophila yuracyacu* Céspedes, 2010; y *Drosophila* 5 sp. nov.

Genitalia interna	Estructura	<i>D. asiri</i>	<i>D. yuracyacu</i>	<i>Drosophila</i> 5 sp. nov.
falo	cabeza (vista lateral)	forma globosa	forma romboidal	forma romboidal
	cuernos	nacen en la parte más alta de la cabeza y son largos	nacen en la parte media dorsal de la cabeza y son más cortos que en <i>D. asiri</i>	nacen en la parte media de la cabeza y son más cortos que en <i>D. asiri</i> y que en <i>D. yuracyacu</i>
	proyección laminar	Ausente	presente, pequeña	presente, grande
	parte dorsal de la cabeza	sin digitaciones	sin digitaciones	con digitaciones
	abertura dorsal	Presente	ausente	ausente
	aserrado lateral	irregular y muy pronunciado	regular y menos pronunciado	irregular y menos pronunciado
	paráfisis	1 cerda larga, 2 espinas y + de 20 microproyecciones	1 cerda larga y sin microproyecciones	1 cerda larga, 3 espinas y 9 microproyecciones
Localidad (altitud)	Volcán Pasochoa (3.260 – 3.310 msnm)	Quebrada de Cruz Loma (3.550 msnm)	Páramo de Papallacta (3.731 - 4.014 msnm)	
Hábitat	Bosque andino	Bosque alto andino	Páramo, bosque de <i>Polylepis</i>	

11. ANEXOS



Anexo 1: Diagrama del transecto en los parches de bosque.



ALA

Índice alar: largo del ala entre la bifurcación de M basal y el tope del ala / el máximo ancho

Índice C: C-II / C-III

Índice ac: C-III / C-IV

Índice hb: C-III con "heavy bristles" / C-III total

Índice 4C: C-III / M-III

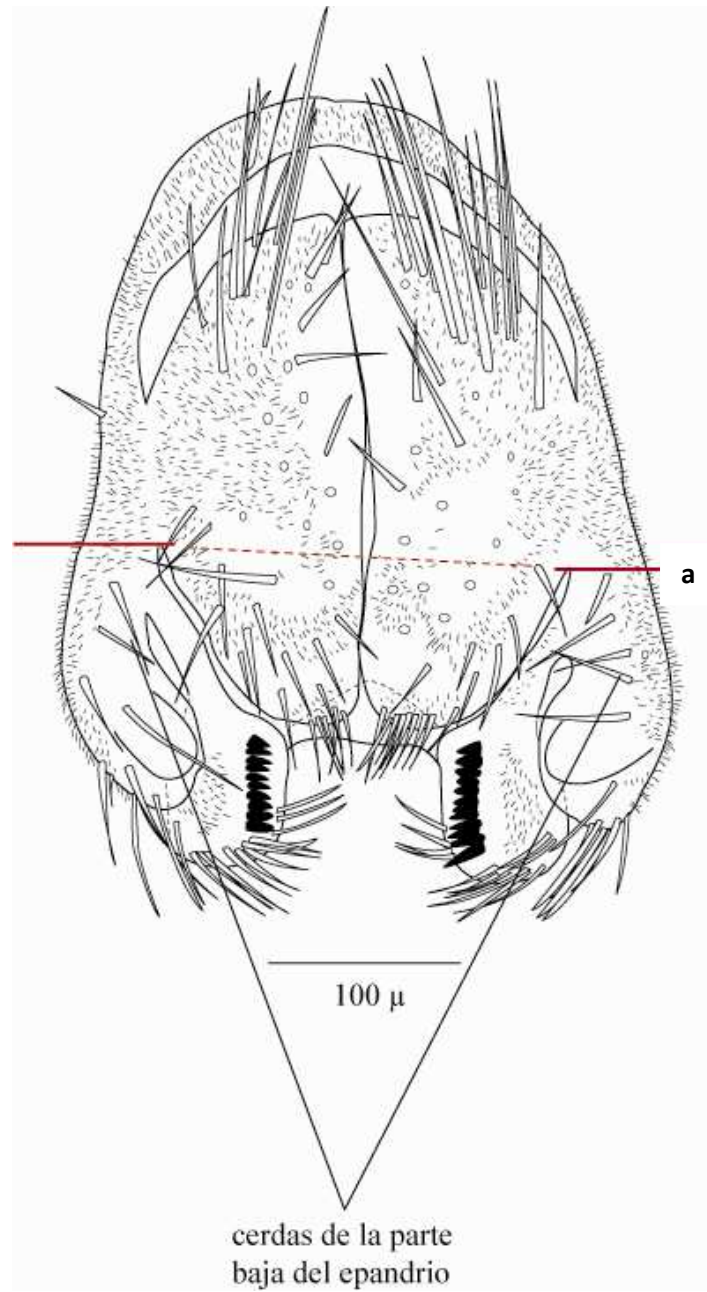
Índice 4v: M-IV / M-III

Índice 5x: CuA (sección apical) / dM-Cu

Índice M: CuA (sección apical) / M-III

Prox x: Basal R4+5 / M-III

Anexo 2: Índices alares del género *Drosophila*. Baechli, G., Vilela, C. R., Escher, S. A., Saura, A. 2004. *Drosophilidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark*, Editorial Brill, New York. USA.

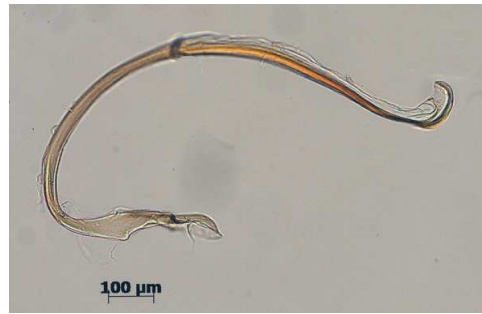


Anexo 3: Diagrama de la línea imaginaria (a) trazada para contar las cerdas de la parte baja del epandrio.

A)



B)



C)



D)



E)



Anexo 4: falos en vista lateral; A) *Drosophila* 1 sp. nov.; B) *Drosophila korefae*; C) *Drosophila* 2 sp. nov.; D) *Drosophila* 3 sp. nov.; E) *Drosophila* 4 sp. nov.

F)



G)



H)

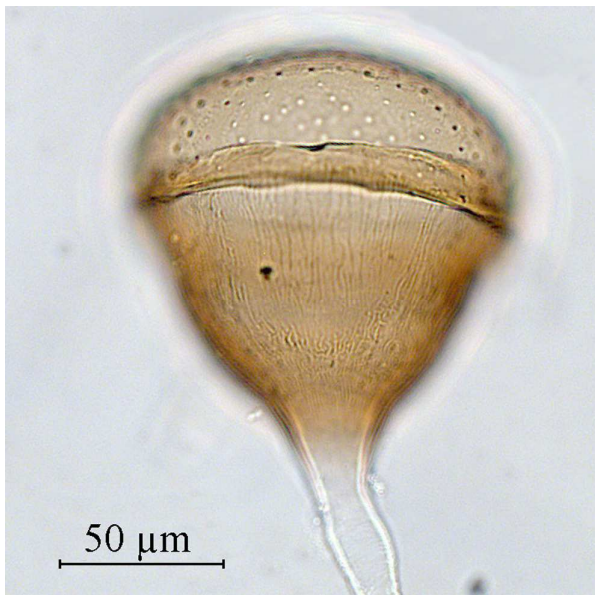


I)

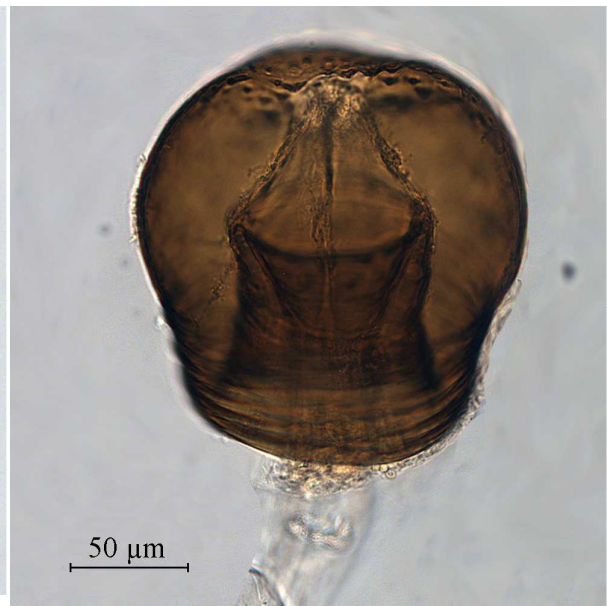


Anexo 4 (continuación): F) falo en vista lateral de *Drosophila 5 sp. nov.*; G) detalle de las digitaciones presentes en el dorso de la cabeza del falo de *Drosophila 5 sp. nov.*; H) falo en vista lateral de *Drosophila asiri*; I) falo en vista lateral de *Drosophila yuracyacu* (en preparación).

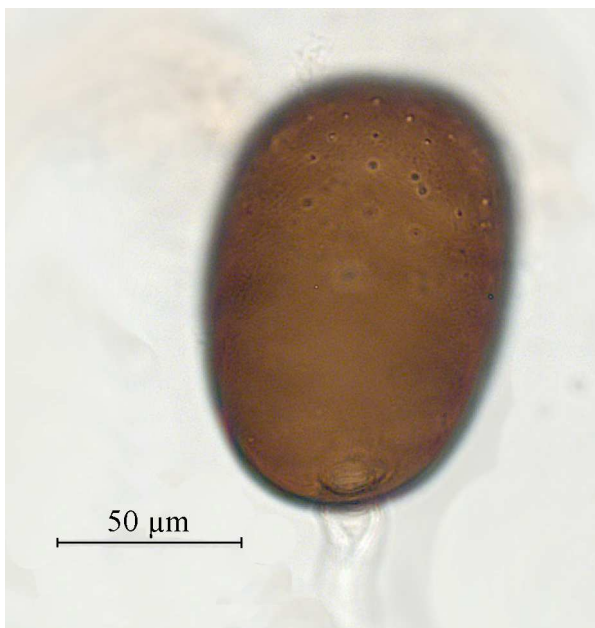
A)



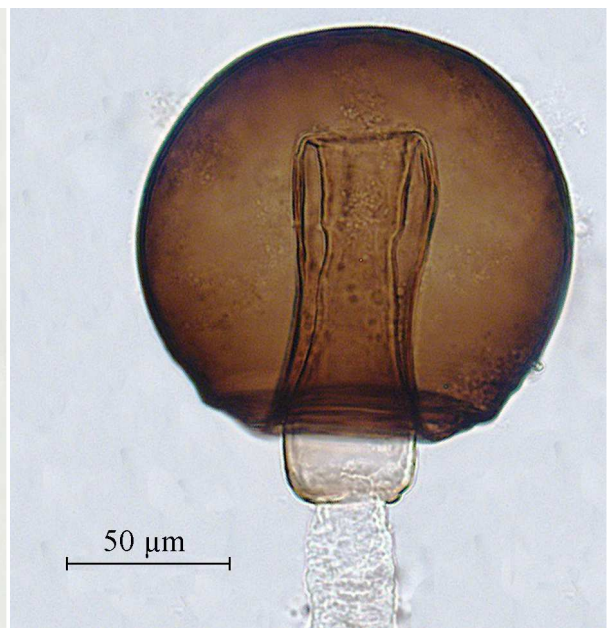
B)



C)

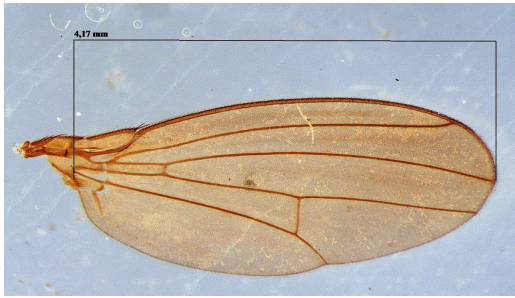


D)

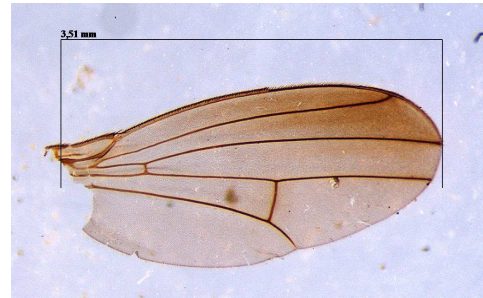


Anexo 5: espermatecas; A) *Drosophila* 1 sp. nov.; B) *Drosophila* 2 sp. nov.; C) *Drosophila* 3 sp. nov.; D) *Drosophila* 5 sp. nov.

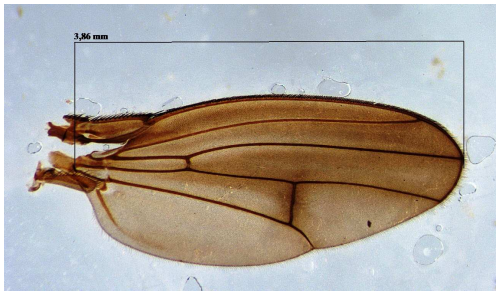
A)



B)



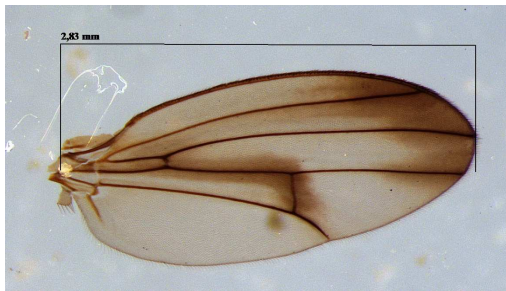
C)



D)



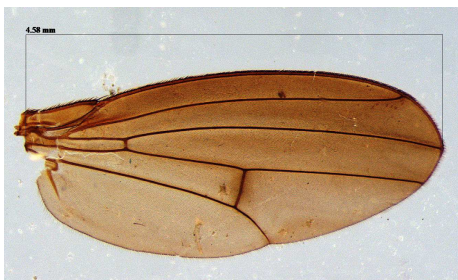
E)



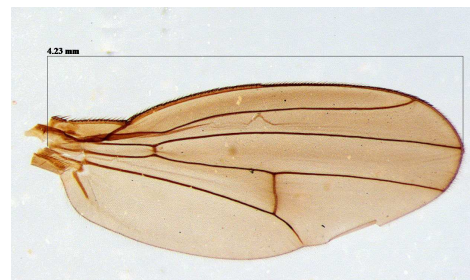
F)



G)



H)



Anexo 6: ala derecha; A) *Drosophila* 1 sp. nov.; B) *Drosophila korefae*; C) *Drosophila* 2 sp. nov.; D) *Drosophila* 3 sp. nov.; E) *Drosophila* 4 sp. nov.; F) *Drosophila* 5 sp. nov.; G) *Drosophila asiri*; H) *Drosophila yuracyacu* (en preparación).

A)



B)



C)



D)



E)



F)



Anexo 7: cuerpos; A) *Drosophila ecuatoriana* ♀; B) *Drosophila 2 sp. nov.* ♂; C) *Drosophila 3 sp. nov.* ♂; D) *Drosophila 3 sp. nov.* ♀; E) *Drosophila 4 sp. nov.* ♂; F) *Drosophila 5 sp. nov.* ♂.

A)



B)



C)



D)



Anexo 8: Abdomen en vista dorsal de: A) *Drosophila ecuatoriana* ♀; B) *Drosophila 2 sp. nov.* ♂; C) *Drosophila 3 sp. nov.* ♀; D) *Drosophila 5 sp. nov.* ♀.