



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

***DIVERSIDAD DE INSECTOS ACUÁTICOS DEL BOSQUE
MESÓFILO DE MONTAÑA EN TLANCHINOL, HIDALGO***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

CLAUDIA IBETH GARCÍA RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ATILIANO CONTRERAS RAMOS

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por haberme dado ¡a familia que tengo...

A mis padres, Javier y Doris (papito y mamita) ustedes son quienes me han guiado y de quienes he aprendido tantas cosas, este logro es principalmente suyo... Gracias por estar siempre a mi lado, por cuidarme, por traerme a este mundo, por la infinita paciencia que Dios les dio, por todo el esfuerzo. Pero sobre todo por la confianza que día a día depositan en mi; sus desvelos y preocupaciones espero recompensarlos algún día...

A mi hermano, Juan Manuel, donde quiera que estés, por todo el tiempo que nos faltó por compartir.

A mis hermanas, Yaz y Mony, por existir y quererme, por extrañarme cuando no estoy en casa, por ayudarme... Por compartir conmigo gran parte de su vida y llenar la mía, por todo el tiempo vivido.

A mi Kucha y a mi Pika, porque creo que me entienden y que sienten cuando estoy feliz o triste, por formar parte de mí existir.

"Ustedes han sido mi apoyo y mi fortaleza y lo serán siempre"

¡¡¡Los quiero mucho!!!!

AGRADECIMIENTOS

Al director de este trabajo, Dr. Atilano Contreras Ramos, por esa enorme paciencia que tuvo conmigo, el tiempo dedicado y aún más por creer en mi para realizar este trabajo; gracias por todo el apoyo, pero sobre todo por involucrarme en el mundo de los insectos.

Al Profr. Edmundo Castillo*, por todas las facilidades otorgadas para trabajar en "La Cabaña", sin su ayuda no hubiese sido posible este trabajo.

A los revisores de esta tesis: Dra. Katia González Rodríguez, Dr. Carlos Esquivel Macías, Dr. Alberto Rojas Martínez, Dra. Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, Dr. Juan Márquez Luna y Dr. Ignacio Castellanos Sturemark; por el tiempo y dedicación para leer este trabajo, sus observaciones y comentarios ayudaron a mejorarlo en gran medida.

Al Dr. Roberto Arce Pérez (Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz) por el envío de literatura, la cual fue de gran ayuda para este trabajo.

Al Dr. Jon Gelhaus (Academy of Natural Sciences of Philadelphia), a Daniel Reynoso e Imelda Menchaca, por el tiempo y la ayuda que me brindaron en el trabajo de campo.

A la M en C. Magdalena Meza Sánchez por su ayuda al facilitarme las cartas de información geográfica del municipio de Tlanchinol, agradezco su accesibilidad y su confianza.

Al Biól. Ulises Iturbe Acosta, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por confiar en mí; por su buen humor y por estar siempre accesible. ¡Gracias por todo!

Al Dr. Juan Márquez Luna y a la M en C. Julieta Asiain Álvarez, por darme ánimo, por la ayuda brindada, por su amistad.

Al Dr. Aurelio Ramírez Bautista, por que de usted aprendí mucho más que Ecología, por su sencillez, por su calidad humana, por aquellos momentos en que solíamos platicar, por darme consejos, gracias por su amistad.

A mis compañeros y amigos de la quinta generación: Melany, Aarón, Ari, Efraín, Sergio, Lalo, Rafa, Claudia, Sonia, Karina, Chañes, Jessy, Pablo... por todos aquellos momentos que compartimos juntos dentro y fuera de clase platicando, bromeando, riendo...en fin, por su compañía y su amistad la cual deseo que perdure por mucho, mucho tiempo más. ¡Gracias!

A mis compañeros del laboratorio de Sistemática Animal, Imelda, Elsa, Daniel, Jorge, Carmen, Froy Julio y Gerardo "Chino", por hacer agradables tantas horas y horas en el laboratorio, trabajando (siempre), platicando (sólo a veces), por aquéllas tardes de té y galletas... por todo lo que compartimos y sabemos... ¡Gracias!

¡Gracias Melany!... Sabes que eres una personita súper importante para mi, me has escuchado y apoyado en todo momento (momentos buenos, malos y demás...). Ya son años de conocernos y lo que nos falta, gracias por la confianza, por tu sinceridad, por tus consejos, por tu ayuda incondicional, pero sobre todo por tu amistad... TQM!!!!!!

!Aaroncito¡... gracias por ser quien eres, por tu amistad, por estar siempre, por esos abrazos **tan** fuertes y por tantos momentos que hemos compartido.... Ah! Y por todos aquellos "ceros" TQM!!!!!!

ÍNDICE

Agradecimientos.....	i
Lista de figuras	iii
Lista de cuadros.....	v
1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
3. Antecedentes.....	4
3.1 Los grupos de insectos acuáticos.....	4
3.2 El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM).....	5
3.3 Trabajos de insectos acuáticos en México.....	7
3.4 Trabajos de insectos acuáticos en Hidalgo.....	9
3.5 Trabajos de insectos acuáticos con sustratos artificiales	9
4. Objetivos	10
4.1 Objetivos generales	10
4.2 Objetivos particulares.....	10
5. Método.....	11
5.1 Área de estudio	11
5.2 Trabajo de campo	13
5.2.1 Calidad del agua	17
5.3 Trabajo de laboratorio	18
5.4 Registro de datos	19
6. Resultados y discusión	24
6.1 Riqueza.....	24
6.2 Curvas de acumulación.....	31
6.3 Abundancia al nivel de orden.....	32
6.4 Abundancia de géneros.....	40
6.5 Abundancia de Chironomidae	45
6.6 Diversidad	50
7. Conclusiones	53
8. Literatura citada.....	55

Anexo I. Registro de los ejemplares recolectados en el sitio 1 con red de bentos y sustratos artificiales 61

Anexo II. Registro de los ejemplares recolectados en el sitio 2 con red de bentos y sustratos artificiales 64

Lista de Figuras

Figura 1. Localización del área de estudio, ubicada en el municipio de Tlanchinol.....	12
Figura 2. Sitio de muestreo 1, sustrato con rocas grandes y corriente visible.....	15
Figura 3. Sitio de muestreo 2, sustrato lodoso con hojarasca y corriente no visible.....	16
Figura 4. Sustratos artificiales de tipo muestreador de placas múltiples.....	16
Figura 5. Red de bentos, utilizada durante el muestreo.....	17
Figura 6. Náyade de <i>Cordulegaster</i> sp. (Odonata: Cordulegastridae)	27
Figura 7. Náyade de <i>Paraleptophlebia</i> sp. (Ephemeroptera: Leptophlebiidae).....	27
Figura 8. Náyade de <i>Amphiagrion</i> sp. (Odonata: Coenagrionidae)	27
Figura 9. Náyade de <i>Argia</i> sp. (Odonata:Coenagrionidae)	27
Figura 10. Náyade de <i>Anacroneuria</i> sp. (Plecoptera: Perlidae)	27
Figura 11. Ninfa de <i>Abedus</i> sp. (Hemiptera: Belostomatidae).....	27
Figura 12. Larva de <i>Corydalus</i> sp. (Megaloptera: Corydalidae).....	28
Figura 13. Larva de <i>Hydropsyche</i> sp. (Trichoptera: Hydropsychidae)	28
Figura 14. Larva de <i>Polycentropus</i> sp. (Trichoptera: Polycentropodidae)	28
Figura 15. Larva de <i>Lepidostoma</i> sp. (Trichoptera: Lepidostomatidae)	28
Figura 16. Larva de <i>Liodessus</i> sp. (Coleoptera: Dytiscidae).....	28
Figura 17. Adulto de <i>Liodessus</i> sp. (Coleoptera: Dytiscidae)	28
Figura 18. Larva de <i>Cylloepus</i> sp. (Coleoptera: Elmidae)	29
Figura 19. Larva de <i>Stenelmis</i> sp. (Coleoptera: Elmidae)	29
Figura 20. Adulto de <i>Stenelmis</i> sp. (Coleoptera: Elmidae)	29
Figura 21. Larva de <i>Cyphon</i> sp. (Coleoptera: Elmidae).....	29
Figura 22. Larva de <i>Simulium</i> sp. (Diptera: Simuliidae).....	29
Figura 23. Larva de <i>Hexatoma</i> sp. (Diptera: Tipulidae)	29
Figura 24. Larva de <i>Molophilus</i> sp. (Diptera: Tipulidae).....	30
Figura 25. Larva de <i>Corethrella</i> sp. (Diptera: Corethrelidae).....	30
Figura 26. Larva de <i>Dixella</i> sp. (Diptera: Dixidae).....	30
Figura 27. Larva de <i>Bezzia</i> sp. (Diptera: Ceratopoginade)	30
Figura 28. Larva de <i>Culex</i> sp. (Diptera: Culicidae).....	30
Figura 29. Larva de Chironomidae (Diptera)	30

Figura 30. Géneros observados (Sobs) y estimador de la riqueza (Chao 1) para el sitio 1 con red de bentos.....	31
Figura 31. Géneros observados (Sobs) y estimador de la riqueza (Chao 1) para el sitio 2 con red de bentos.....	32
Figura 32. Abundancia bimensual de los órdenes de insectos acuáticos recolectados con red de bentos en el sitio 1	36
Figura 33. Abundancia bimensual de los órdenes de insectos acuáticos recolectados con red de bentos en el sitio 2	37
Figura 34. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos para el sitio 1 con sustratos artificiales	38
Figura 35. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos en el sitio 2 con sustratos artificiales	39
Figura 36. Abundancia de ejemplares (porcentaje), en los sitios de estudio mediante cada 1 de los métodos de recolecta.....	40
Figura 37. Porcentaje de ejemplares recolectados en cada 1 de los sitios de muestreo	41
Figura 38. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 1 con red de bentos.....	41
Figura 39. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 2 con red de bentos.....	42
Figura 40. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 1 con sustratos artificiales	43
Figura 41. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 2 con sustratos artificiales	44
Figura 42. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de red de bentos, sitio 1	46
Figura 43. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de red de bentos, sitio 2	47
Figura 44. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de sustratos artificiales, sitio 1.....	48
Figura 45. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de sustratos artificiales, sitio 2.....	48

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Estados con mayor superficie de bosque mesófilo de montaña en el territorio nacional..... 7

Cuadro 2. Estudios sobre insectos acuáticos que se han realizado en la República Mexicana.... 8

Cuadro 3. Fechas de recolecta para cada uno de los sitios con sus réplicas..... 15

Cuadro 4. Parámetros físico-químicos del agua en los sitios de recolecta..... 18

Cuadro 5. Literatura que se utilizó para la identificación de los ejemplares recolectados..... 19

Cuadro 6. Géneros registrados en los sitios de muestreo, mediante los dos métodos de recolecta utilizados 26

1. RESUMEN

Se estudió la diversidad de insectos acuáticos en una localidad dentro del Bosque Mesófilo de Montaña en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Para ello se realizaron muestreos bimensuales durante un año en dos arroyos de una localidad denominada "La Cabaña". El primer arroyo (sitio 1) presentó una velocidad de corriente aproximada de 0.27 m/seg, además de un substrato con rocas grandes y fijas; el segundo arroyo (sitio 2) presentó una velocidad de corriente de 0.026 m/seg, con un fondo lodoso. Además, se midieron los parámetros físico-químicos de los arroyos (pH, concentración de oxígeno y temperatura). Se recolectaron 1,222 ejemplares pertenecientes a 21 géneros de 18 familias y ocho órdenes, con dos métodos de recolecta, red de bentos y sustratos artificiales, sin incluir los ejemplares de la familia Chironomidae que sumaron un total de 5,079. Uno de los taxones más diversos fue el orden Díptera, con siete géneros distribuidos en seis familias (sin incluir Chironomidae). Los grupos menos diversos fueron los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Hemiptera y Megaloptera, con una familia y un género cada uno. Se aplicó el estimador Chaol mediante el cual se determinó que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para conocer la riqueza del sitio 1, mientras que para el sitio 2, el método estimó un mayor número de géneros; por lo que sólo faltaría incrementar el número de muestras de siete a 11. En cuanto a la diversidad, al utilizar el índice de Shannon-Wiener, se observó que el sitio 2 con red de bentos fue el más diverso, mientras que para los sustratos artificiales el sitio 1 presentó el valor más alto. En general, la comunidad de insectos acuáticos en el área de estudio puede considerarse poco diversa, lo cual podría deberse a que los arroyos presentan valores bajos de oxigenación y temperatura, que son condiciones que alteran la calidad del agua y se refleja en las comunidades de insectos acuáticos.

2. INTRODUCCIÓN

Los insectos son la forma de vida animal más amplia de nuestro planeta, pues ocurren en gran abundancia en prácticamente cualquier tipo de hábitat. No existe otro grupo de animales que muestre dicha diversidad en estructuras y hábitos (Pennak, 1978). Dentro de los hábitats que ocupan los insectos se encuentran los ambientes acuáticos, que están considerados entre los de mayor diversidad biológica; este tipo de hábitat ofrece a los insectos una alta variedad de microambientes en los que han tenido un gran éxito en la explotación de los recursos, por lo que son de interés para su estudio (Merritt y Cummins, 1996; Rodríguez y León, 2003).

El conocimiento de los insectos acuáticos es importante para detectar el grado de perturbación que pueden sufrir los cuerpos de agua por las actividades humanas como la tala de árboles, que altera las propiedades físicas como temperatura y turbidez, los cuales son factores limitantes en los sistemas acuáticos pues dependiendo de estos, la riqueza y composición de organismos que habitan este ambiente se van a ver afectados (Bueno-Soria y Márquez-Mayaudón, 1975; Rodríguez y León, 2003).

Por otra parte, la fuerte amenaza que presentan varios tipos de hábitats revelan la importancia de estudiar por lo menos una pequeña parte de lo que aún existe, en este caso el bosque mesófilo de montaña (BMM), en el que la mayor amenaza es la acelerada tasa de deforestación que es ocasionada por la acción antropogénica debido a la tala de árboles para su uso como combustible, la introducción de cultivos y como zonas de pastoreo para el ganado (Martínez-Morales, 2004).

Por lo tanto, es interesante realizar estudios sobre la ecología de las comunidades de insectos acuáticos, sobre todo en hábitats que se encuentran en riesgo, de esta manera se

aporta información que será de utilidad para conocer el papel que juegan los organismos dentro de ambientes perturbados, en este caso el de los insectos acuáticos.

Es así como este trabajo se enfoca a conocer los diferentes grupos de insectos acuáticos que habitan en dos diferentes arroyos en una localidad del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo para conocer la diversidad de las comunidades de dichos organismos, así como describir los parámetros físico-químicos que son característicos en los arroyos.

3. ANTECEDENTES

3.1 Los grupos de insectos acuáticos

Aunque la mayoría de los insectos son terrestres, también han sido exitosos en los ambientes de agua dulce, lo cual se puede observar en la diversidad, abundancia, amplia distribución y habilidad de explotar este tipo de hábitat (Wallace y Anderson, 1996).

Los insectos acuáticos son importantes para detectar los grados de contaminación que pueden sufrir los ríos, generalmente por las actividades humanas, como la tala de árboles que altera propiedades físicas como la temperatura y la turbidez, las cuales son factores muy limitantes en los sistemas acuáticos (Wallace y Anderson, 1996).

De los 30 órdenes de la clase Insecta, 13 tienen representantes acuáticos o semiacuáticos. Cinco órdenes de insectos son completamente acuáticos y los ocho restantes contienen familias o géneros con algún estado acuático (Ross, 1959). Entre los insectos primitivos ametábolos, el orden Collembola es el único que cuenta con representantes asociados al medio acuático, encontrándose en la superficie de charcas, estanques o remansos de agua (Pennak, 1978). De acuerdo con Ross (1959), a dicho orden se le considera semiacuático. Ephemeroptera, Odonata y Plecoptera son tres de los órdenes en los que todas las especies tienen estados acuáticos. Estos órdenes comprenden insectos hemimetábolos cuyos adultos son terrestres, encontrándose una gran cantidad de náyades que presentan branquias anales como sistema de respiración. Hemiptera y Orthoptera son órdenes paurometábolos y sus estados inmaduros son llamados ninfas; en los Hemiptera muchas especies ocurren bajo el agua, lo mismo como ninfas que como adultos, mientras que otras son neustónicas o de litoral (Pennak, 1978). Las especies de Orthoptera, relacionadas con el medio acuático, son semiacuáticas, viven principalmente sobre plantas flotantes o sobre

aquellas que se encuentran arraigadas a suelos cubiertos por aguas poco profundas (Carbonell, 1982).

Los 7 órdenes restantes son holometábolos y tienen representantes acuáticos y semiacuáticos, por lo menos durante los estados inmaduros (Daly, 1996): Megaloptera (todas las especies), Neuroptera (sólo la familia Sisyridae), Trichoptera (todas las especies), Lepidoptera (sólo ciertas familias de palomillas), Hymenoptera (sólo algunas avispas parásitas tienen hospederos acuáticos), Coleoptera (varias familias) y Diptera (muchas familias).

El hábitat acuático se puede dividir en aguas estancadas (léntico) y de corriente (lótico) con el fin de indicar las diferencias físicas y biológicas de los cuerpos de agua. Muchos insectos están adaptados a cualquiera de los dos hábitats, por lo que es común que coincidan en los grandes ríos (Merritt y Cummins, 1996). A pesar de su éxito en la explotación de muchos tipos de ambientes acuáticos, los insectos están primaria o secundariamente adaptados para la vida acuática, por lo que casi siempre son directamente dependientes del ambiente terrestre en parte de su ciclo de vida (Wallace y Anderson, 1996). Dichas adaptaciones varían según el sitio donde los organismos se encuentren, pero la presencia de oxígeno y la temperatura son siempre factores importantes en el desarrollo de las comunidades de insectos acuáticos.

3.2 El bosque mesófilo de montaña

Este tipo de vegetación es también conocido como bosque de niebla. Existen diversas apreciaciones en cuanto a la superficie que ocupa en el territorio nacional. Leopold (1950) consideró que este tipo de bosque ocupa el 0.5% del territorio nacional; mientras que Rzedowski (1996) y Chaverri-Polini (1998) le atribuyen un 0.2%, aunque con una diversidad florística 8.3 veces superior a la de los bosques de coníferas y encinos que ocupan grandes

extensiones del territorio mexicano (Valdez *et al.*, 2003). En México, el bosque mesófilo de montaña (BMM) se encuentra principalmente en el Eje Volcánico Transversal y en el Valle de México, en la vertiente del Atlántico y, en la Sierra Madre Oriental, como una banda angosta y discontinua de fragmentos de bosque que se extiende desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas; mientras que en la vertiente del Pacífico su presencia es aún más dispersa (Ortega y Castillo, 1996; Martínez-Morales, 2004). Dentro del territorio nacional, el estado de Hidalgo ocupa el tercer lugar en superficie de BMM (Cuadro 1).

Martínez-Morales (2004) señala que en el estado de Hidalgo, el BMM se localiza entre los 1000 y 2000 msnm, mientras que Luna-Vega *et al.* (2000) indican que este tipo de bosque se encuentra entre los 750 y 2400 msnm en 13 de los municipios del Estado (Tlanchinol, Tenango de Doria, Chapulhuacán, Eloxochitlán, Zacualtipán, Molango, Xochicoatlán, Pisaflores, San Bartolo Tutotepec, Agua Blanca, Calnali, La Misión y Tepehuacán de Guerrero) y que alberga una gran cantidad de especies de plantas y animales que se encuentran amenazados.

Entre sus características destaca la alta abundancia y diversidad de epífitas, trepadoras leñosas y pteridofitas en general, que en su conjunto llegan a formar parte importante de la biomasa de la comunidad (Rzedowski, 1996). A pesar de su fragmentación natural debido a su historia geológica, en el pasado el BMM presentaba una distribución más amplia y continua. Ahora se encuentra fragmentado y ocupa una superficie limitada, pues en el país son pocos los lugares que presentan las características apropiadas de temperatura y humedad para que se desarrolle este tipo de ecosistema (Rzedowski, 1996). Si la humedad no es lo suficientemente alta para que se desarrolle el BMM puede existir bosque de Pino-encino y

pino dentro de ese rango altitudinal, y al bajar de dicho rango, el BMM es sustituido por vegetación tropical (Martínez-Morales, 2004).

Cuadro 1. Estados con mayor superficie de bosque mesófilo de montaña en el territorio nacional.

Estado	Extensión
Oaxaca	35,217 ha
Chiapas	27,562 ha
Hidalgo	21,641 ha
San Luís Potosí	17,184 ha
Guerrero	14,156 ha
Veracruz	12,325 ha
Puebla	7,452 ha
Colima	6,870 ha

La mayor amenaza que presenta el BMM es la deforestación, que incluye la acción antropogénica que se origina por la tala de árboles para la obtención de madera y combustible, además de la sustitución del bosque por cultivos como el café y el maíz, entre otros; además se utilizan grandes extensiones como zonas de pastoreo para el ganado bovino (Martínez-Morales, 2004).

3.3 Trabajos de insectos acuáticos en México

En México son pocos los estudios sobre entomofauna acuática, particularmente aquellos que involucren todos o la mayoría de los grupos de insectos acuáticos. El investigador mexicano Leopoldo Ancona H. fue pionero en realizar estudios de este tipo en la década de los 30 del siglo pasado, de manera que inicio el estudio de la entomofauna acuática en México. En el cuadro 2 se muestra un listado cronológico de los principales estudios de insectos acuáticos que se han realizado en la República Mexicana (la lista no pretende ser exhaustiva).

Cuadro 2. Estudios sobre insectos acuáticos que se han realizado en la República

Mexicana

Localidad	Tipo de estudio	Autor
Actopan, Hidalgo	General	Ancona (1936)
Valle de Bravo, Estado de México	General	Bueno-Soria (1972)
Valle de Bravo, Estado de México	General	Bueno-Soria y Márquez-Mayaudón (1975)
Río Lerma, Estado de México	General	Bueno-Soria <i>et al.</i> (1981)
Río Amacuzac, Morelos	General	Castrejón y Porras-Díaz (1981)
Lago Coatetelco, Morelos	General	Vázquez y Verduzco (1982)
Potrero Redondo, Santiago, Nuevo León	General	Contreras-Ramos (1987)
“La Michilía”, Durango	Coleoptera	Arce-Pérez y Novelo-Gutiérrez (1991)
Morelos	Coleoptera	Arce-Pérez (1995)
Cajititlán, Jalisco y Zirahuen, Michoacán	Chironomidae	Salazar (1995)
Zimapán, Hidalgo	Coleoptera	Arce-Pérez <i>et al.</i> (1996)
Zimapán, Hidalgo	Odonata	Gómez-Anaya <i>et al.</i> (2000)
Región occidental, Hidalgo	Odonata	Peña (2001)
Zimapán, Hidalgo	Coleoptera	Arce-Pérez <i>et al.</i> (2002)
Metztitlán, Hidalgo	General	Juárez e Ibáñez (2003)
Zimapán, Hidalgo	Coleoptera	Gómez-Anaya <i>et al.</i> (2004)
Querétaro e Hidalgo.	Odonata	Alonso (2004)
Querétaro	General	Hurtado <i>et al.</i> (2005)

3.4 Trabajos de insectos acuáticos en Hidalgo

En el estado se han realizado algunos estudios sobre insectos acuáticos, en particular por el grupo de trabajo del Dr. Rodolfo Novelo (Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz) relacionados con la construcción de la presa de Zimapán, los cuales incluyeron a los órdenes Odonata y Coleoptera. Cabe destacar que de los estudios faunísticos que se han realizado en el estado de Hidalgo, en especial en el bosque mesófilo de montaña, ninguno incluye todos o la mayoría de los grupos de insectos acuáticos. Sólo se tiene conocimiento de los estudios pioneros de Leopoldo Ancona (1936) en Actopan y el de Juárez e Ibáñez (2003) en Metztitlán, los cuales involucran varios grupos de insectos acuáticos pero no en regiones con bosque mesófilo de Montaña (Cuadro 2).

3.5 Trabajos de insectos acuáticos con sustratos artificiales

El uso de determinados métodos de muestreo depende de los objetivos de cada estudio y de las características del hábitat donde se realizan los muestreos (Merritt *et al.*, 1996). Los sustratos artificiales proveen un método de muestreo útil para áreas con fondo duro y aportan muestras que son comparables cuantitativamente, además de que pueden obtenerse en cualquier tipo de río. Los sustratos artificiales son colocados en el río y después de un periodo de tiempo considerable para dar tiempo a que los organismos construyan sus refugios, son retirados y los insectos y otros macroinvertebrados son recolectados y contados (Hilsenhoff, 1969).

Cabe destacar que no se tiene conocimiento de estudios sobre entomofauna acuática que se hayan realizado con este tipo de método en México.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Describir la diversidad de los insectos acuáticos (en su fase de desarrollo acuático) en una localidad del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo.

4.2 Objetivos particulares

- Registrar los grupos de insectos acuáticos al nivel de género que se encuentran en el área de estudio, tanto en un sitio de muestreo lótico (sitio 1), como en uno primordialmente léntico (sitio 2).
- Estimar la riqueza, abundancia y diversidad de insectos acuáticos al nivel de género, bimestral y anualmente, mediante dos técnicas de recolecta (red de bentos y sustratos artificiales) para ambos sitios de muestreo.
- Medir la calidad de los muestreos realizados mediante curvas de acumulación.

5. MÉTODO

5.1 Área de estudio

De acuerdo con el INEGI (1996) y la SEGOB (1988), Tlanchinol es un municipio con una superficie cercana a 370 Km². Se encuentra en la porción norte de Hidalgo y representa el 1.88% de la superficie del estado. Pertenece a la región de Molango, integrada por 11 municipios, la cual presenta influencia tropical proveniente de la región de las huastecas y en su territorio está bien representado el bosque mesófilo de montaña. Las mismas fuentes bibliográficas lo ubican geográficamente entre los paralelos 21° 00' y 21° 10' de latitud Norte y 98° 30' y 98° 45' de longitud Oeste, a una altitud de 1,589 msnm, de manera que colinda con el estado de San Luis Potosí al norte, al sur con Calnali, al este con San Felipe Orizatlán, Huazalingo y Huejutla y al oeste con Lolotla (Fig. 1).

La localidad en la que se realizó el estudio, conocida como “La Cabaña”, es una propiedad privada que se encuentra a 3.4 Km. al norte de la cabecera municipal sobre la carretera 105 que va a Huejutla de Reyes. La propiedad se encuentra rodeada por una cerca de alambre, la cual indica los límites de la misma. En la zona se encuentran dos arroyos; 1 de ellos (sitio 1) se caracteriza por encontrarse en el límite Este de la propiedad, al otro lado de la cerca el terreno está completamente talado, por lo que el sustrato parece recibir sedimentos arrastrados por las lluvias, además de tener hojarasca y rocas grandes y que componen dicho sustrato. Las aguas son poco profundas (aproximadamente 35 cm) y claras, la corriente es visible y la velocidad estimada corresponde a 0.27 m/seg. El otro arroyo (sitio 2) se ubica más cerca de la entrada a la propiedad, presenta un sustrato lodoso con hojarasca, aguas turbias con una profundidad aproximada de 40 cm y aunque la corriente en este sitio no es evidente la mayor parte del año, se estimó en 0.026 m/seg.

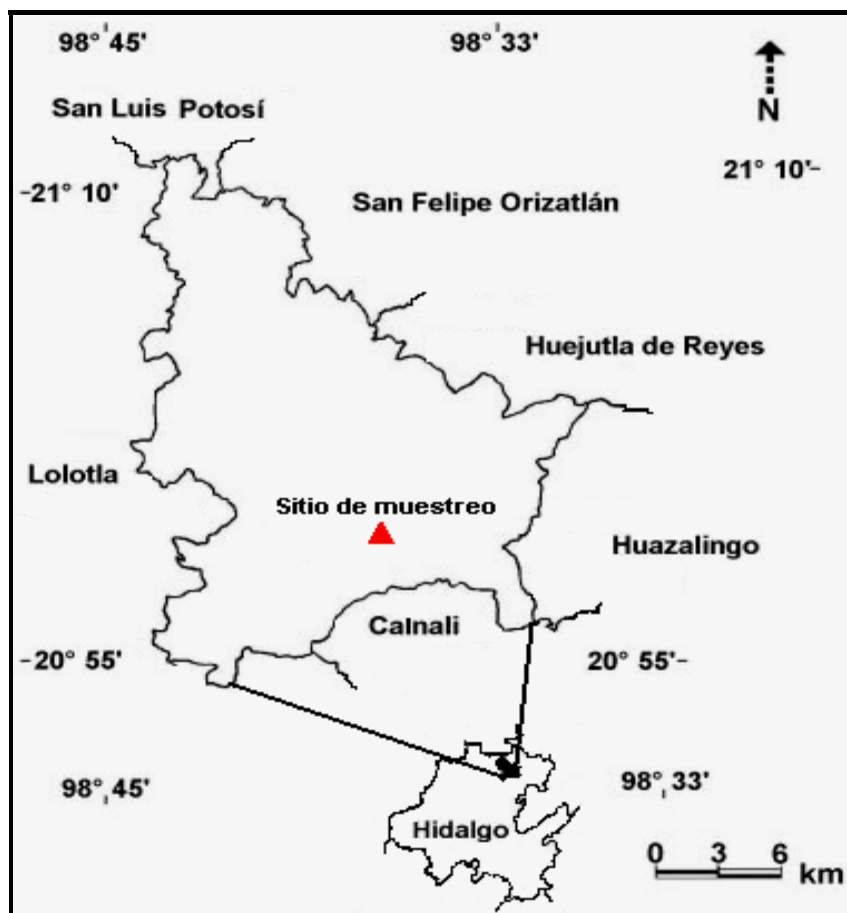


Figura 1. Localización del área de estudio, ubicada en el municipio de Tlanchinol. Modificado de Cervantes *et al.*, (2002).

Clima. El clima que predomina en el municipio es templado con una temperatura media anual de 18.9°C y una precipitación pluvial de 2,601 mm por año, con período de lluvias en los meses de mayo a septiembre (SEGOB, 1988).

Flora. *En Tlanchinol el tipo de vegetación dominante es el bosque mesófilo de montaña, con presencia de árboles como Liquidambar macrophyla, Pinus greggi y Quercus eugenifolia, entre otros; helechos arborescentes como Cyathea mexicana y C. fulva; así como abundantes bromeliáceas y orquidáceas epífitas (Rzedowski, 1981; Luna-Vega et al., 1994). El hábitat primario es bosque denso, pero se acompaña de áreas modificadas por actividades*

humanas que generan vegetación abierta como acahuales, potreros, áreas cultivadas y zonas perturbadas, entre las que predominan arbustos y pastos cortos. La humedad de la región permite la formación de arroyos en el interior y exterior del bosque (INEGI, 1992).

Fauna. De acuerdo con los reportes de Cervantes *et al.* (2002), la fauna de mamíferos perteneciente a este municipio incluye 12 especies de murciélagos (mormópidos, filostómidos y verpertiliónidos), además de roedores (sciúridos y múridos), tlacuaches (marmósidos y didélfidos) y musarañas (sorícidos); también, la SEGOB (1988) reporta que se encuentran otros mamíferos como el tigrillo y el gato montés (félidos), jabalí, conejos (lagomorfos) y reptiles como la víbora de cascabel, coralillo y mazacuata, aunados a una gran variedad de insectos, como la mariposa blanca, la mariposa reina; y entre otros invertebrados, los crustáceos, representados por la acamaya y el axil.

Uso de suelo. Según la SEGOB (1988), Tlanchinol cuenta con suelos del Terciario, Cuaternario y Mesozoico, arcillosos y de regular calidad, en un 60% de tipo litosol. Agrega que de acuerdo con la superficie utilizada para cada actividad su orden es el siguiente: pecuario (superficie de agostadero), agrícola y forestal. Finalmente, la tenencia de la tierra ocupa el primer lugar, enseguida el uso comunal, ejidal y por último la pequeña propiedad.

5.2 Trabajo de campo

Se realizó el muestreo durante un año mediante recolectas bimensuales, de enero de 2005 a enero de 2006 (Cuadro 3). Para ello se eligieron dos arroyos como sitios de muestreo, denominados sitio 1 (arroyo con las aguas rápidas y cristalinas; Fig. 2) y sitio 2 (arroyo con las aguas turbias y casi estancadas; Fig. 3). En ambos sitios se determinaron tres puntos de recolecta para obtener réplicas. El muestreo de los insectos fue realizado mediante dos

técnicas, con red de bentos y con sustratos artificiales, de tipo muestreador de placas múltiples (Figs. 4 y 5).

Con la red de bentos se obtuvieron siete muestras durante todo el año, cada una con tres réplicas que se tomaron separadas aproximadamente tres metros una de la otra. La red de bentos posee una forma de D, con un diámetro de 19 cm y 33 cm de longitud en su lado plano (que es el que se coloca sobre el sustrato). Cada réplica se tomó recorriendo aproximadamente 50 cm, de manera que el área aproximada por réplica fue de 1,650 cm².

Los sustratos artificiales fueron colocados al tomar la primera muestra con red de bentos y permanecieron sumergidos en los arroyos durante los dos meses en que se regresaba por las siguientes muestras de red. Se tomaron durante el año seis muestras con sus tres réplicas. Cada réplica individual de una muestra consistió en los ejemplares capturados por un juego de placas o muestreador (*multi-plate sampler*). Un muestreador consistió en 9 placas cuadradas cada una con una superficie doble de 57.7 cm².

El material recolectado se colocó en bolsas de plástico con alcohol al 70% para su preservación y posterior identificación en el laboratorio.

Cuadro 3. Fechas de recolecta para cada uno de los sitios con sus réplicas.

Fecha de recolecta	Red						Sustrato					
	Sitio 1			Sitio 2			Sitio 1			Sitio 2		
21 enero 2005	X	X	X	X	X	X	colocación de sustratos artificiales					
15 marzo 2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16 mayo 2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21 julio 2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21 septiembre 2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
24 noviembre 2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21 enero 2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

- Ausencia de réplica por pérdida del muestreador.



Figura 2. Sitio 1 de muestreo, sustrato con rocas grandes y corriente visible.



Figura 3. Sitio 2 de muestreo, sustrato lodoso con hojarasca y corriente no visible.



Figura 4. Sustratos artificiales de tipo muestreador de placas múltiples.



Figura 5. Red de bentos, utilizada durante el muestreo.

5.2.1 Calidad del agua

Durante algunas de las recolectas realizadas se midieron parámetros físico-químicos del agua tales como temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH (Cuadro 4). Para la toma de estos datos se utilizó un medidor de oxígeno disuelto (Termo Orion 810) y un termómetro de mercurio; para medir la velocidad de corriente se utilizó una cinta métrica de 150 cm, un flotador y un cronómetro.

Cuadro 4. Parámetros físico-químicos del agua en los sitios de recolecta.

Fecha	Sitio 1				Sitio 2			
	pH	°C	Conc. O ₂ ppm	Vel. Corriente m/seg	pH	°C	Conc. O ₂ ppm	Vel. Corriente m/seg
21 julio 2005	6.4	22	1.4	-----	6.6	23	2.3	-----
21 septiembre 2005	5.83	17.2	4.67	0.28	5.31	16.7	4.26	0.033
21 noviembre 2005	-----	15	-----	0.35	-----	15	-----	0.025
24 enero 2006	5.55	14.7	7.43	0.25	5.16	14.5	4.61	0.022

5.3 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, el material recolectado se separó en charolas de peltre de fondo blanco y cajas de Petri, con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Olympus SZX12). Posteriormente, los ejemplares fueron colocados en frascos viales con alcohol al 70% con su etiqueta de localidad y fecha de recolecta. Para la identificación de los ejemplares se utilizó el microscopio estereoscópico y la literatura que se presenta en el cuadro 5. Los ejemplares fueron depositados en la colección de invertebrados del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CIB-UAEH).

Cuadro 5. Literatura que se utilizó para la identificación de los ejemplares recolectados.

Orden	Literatura consultada
Ephemeroptera	Edmunds <i>et al.</i> (1976) Merritt y Cummins (1996)
Odonata	Merritt y Cummins (1996) Needham <i>et al.</i> (2000) Westfall y May (1996)
Plecoptera	Merritt y Cummins (1996)
Hemiptera	Merritt y Cummins (1996)
Trichoptera	Merritt y Cummins (1996) Wiggins (1996)
Coleoptera	Arce y Roughley (1999) Merritt y Cummins (1996)
Megaloptera	Merritt y Cummins (1996)
Diptera	Merritt y Cummins (1996) McAlpine <i>et al.</i> (1981)

5.4 Registro de datos

Una vez que los ejemplares se encontraban separados, identificados y etiquetados en frascos viales con alcohol, se cuantificaron y registraron en una base de datos de Excel® que incorporó los datos de recolecta (fecha, sitio, método de recolecta, número de réplica y colectores), así como el número de ejemplares recolectados (Anexos I y II).

Los ejemplares de la familia Chironomidae (Diptera) se separaron del resto de los ejemplares recolectados sin que fueran identificados al nivel de género debido a la alta

cantidad que se obtuvo de este grupo. Por lo tanto, los análisis que fueron realizados sobre este grupo sólo lo discriminaron como Chironomidae. Con la base de datos completa se realizaron los análisis descritos a continuación.

Riqueza

La riqueza de especies es el número de especies que están presentes en una comunidad (Begon *et al.*, 2006). Por lo tanto, el número de especies registrado depende del número de muestras que hayan sido tomadas o del tamaño del área que haya sido estudiada.

Como indica Moreno (2001), la riqueza de una comunidad únicamente se basa en un conteo de los ejemplares recolectados para conocer el número de especies presentes. De esta manera se realizó un conteo de los géneros encontrados en cada sitio de muestreo con ambos métodos de recolecta. Por lo tanto, en este estudio se habla de riqueza de géneros.

Curvas de acumulación al nivel de género

Uno de los métodos que se utiliza con más frecuencia para conocer la riqueza de especies total en una comunidad son las curvas de acumulación de especies. Escalante (2003) comenta que estas curvas muestran el número de especies acumuladas (Sobs) conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota.

De esta manera, para poder valorar la calidad del esfuerzo de muestreo realizado y estimar la riqueza de géneros esperados en el área de estudio del bosque mesófilo de montaña

de Tlanchinol se utilizó el modelo de curvas de acumulación de especies. Como indican Moreno y Halffter (2000), este modelo nos permite medir la eficacia dentro de un inventario y obtener un estimador de la riqueza de especies (en este caso genérica) el cual se basa en una medida estandarizada del esfuerzo de muestreo. Así se validan las comparaciones entre inventarios y se estima el esfuerzo mínimo de muestreo requerido para alcanzar un nivel satisfactorio de eficacia dentro del inventario.

De esta manera, se realizaron curvas de acumulación de géneros para los insectos capturados, con red de bentos en los dos sitios de muestreo, ya que las muestras obtenidas con este método se consideraron más representativas, es decir fueron más efectivas y estimaron mejor la riqueza genérica.

Se utilizó el estimador Chao 1, que es un estimador del número de especies en una comunidad y se basa en el número de especies raras que están presentes en la muestra (Moreno, 2001). Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Chao 1} = S + a^2 / 2b$$

Donde:

S = número de especies en una muestra

a = número de especies representadas solamente por un único individuo en esa muestra (“*singletons*”)

b = número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (“*doubletons*”).

Abundancia al nivel de orden

Se graficó el número de individuos recolectados de cada orden mediante ambos métodos de recolecta y en cada sitio de muestreo a lo largo del año; de esta manera se pudo observar cómo se comportó la abundancia de órdenes entre meses de muestreo.

Dado que la familia Chironomidae se analizó por separado, sus números también se excluyeron del análisis de abundancia al nivel de orden.

Abundancia de géneros

Para conocer la abundancia, sólo se cuantificó el número de individuos recolectados por sitio con ambos métodos de recolecta y se representó en porcentaje, para que de esta manera se pudiera determinar el género que fue el más abundante para cada uno de los sitios y métodos de recolecta durante todo el año de muestreo.

La familia Chironomidae del orden Diptera no se identificó al nivel de género. Por ello se excluyó del cálculo de géneros registrados en cada uno de los sitios y por métodos de recolecta y sólo se registraron sus ejemplares al nivel de familia.

Diversidad

Para estimar la diversidad de la comunidad de los insectos acuáticos se utilizó el índice de Shannon-Wiener. Este es un valor que toma en cuenta dos componentes de la diversidad que son: el número de taxones y la igualdad o desigualdad de la distribución de los individuos en cada taxón. Se estima con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

H' = diversidad de Shannon

p_i = proporción de número de individuos del taxa i *con respecto al total*.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') es útil para comparar la diversidad en diferentes tipos de hábitats; el valor de este índice varía de 1.5 a 3.5 y raramente sobrepasa de 4.5. Este índice asume que todas las especies están representadas en una muestra (Moreno, 2001).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Riqueza

Se recolectaron 1,222 ejemplares en total (excluyendo Chironomidae) distribuidos en 21 géneros, pertenecientes a 18 familias y 8 órdenes. En el sitio 1 se recolectaron 18 géneros de 16 familias, mientras que en el sitio 2 se recolectaron 18 géneros de 17 familias.

Con el método de recolecta de red de bentos, en el sitio 1 se obtuvieron ejemplares de 18 géneros y 16 familias, mientras que para el sitio 2 se recolectaron 17 géneros de 16 familias. Con el método de sustratos artificiales, para el sitio 1 se recolectaron 5 géneros de 5 familias y para el sitio 2 se obtuvieron 6 géneros de 6 familias (Cuadro 6).

La riqueza de géneros para cada uno de los sitios de muestreo es muy parecida, pues sólo varía en un género. Igualmente se registra el mismo número de familias para cada uno de los sitios. No obstante, existen géneros que no se comparten y sólo se encuentran en uno u otro de los dos sitios de recolecta; este es el caso de los géneros *Stenelmis*, *Hexatoma* y *Molophilus* que sólo fueron registrados para el sitio 1, así como de los géneros *Amphiagrion*, *Corethrella* y *Culex* que sólo fueron registrados para el sitio 2. Bueno-Soria *et al.* (1981) señalan que se deben tomar en cuenta las características del medio ambiente en cada estación de muestreo, como son el tipo de sustrato ya que éste es un factor muy importante en la distribución de los organismos, de esta manera se puede sugerir que la presencia o ausencia de los grupos que sólo fueron encontrados en uno u otro de los sitios de muestreo puede deberse a requerimientos que estos organismos obtienen en su hábitat, pues ambos sitios presentan características particulares como el tipo de sustrato y la velocidad de corriente, la cual va de la mano con la oxigenación del agua que es un parámetro muy importante para algunos organismos que dependen de ella. Además, por lo que muestran los resultados de los

análisis físico-químicos del agua (Cuadro 4), se observa que la concentración de oxígeno disuelto presenta niveles que van de 1.4 a 7.4 ppm en el sitio 1 y de 2.3 a 4.6 ppm para el sitio 2, estos niveles de oxigenación en los cuerpos de agua son parecidos a los que indica Bueno-Soria *et al.* (1981), los cuales son considerados bajos.

Mediante los métodos de recolecta utilizados para el sitio 1, con red de bentos se recolectaron 18 de los géneros registrados; los géneros *Amphiagrion*, *Corethrella* y *Culex* fueron los que no se recolectaron con este método. Para el sitio 2 se recolectaron 17 de los 21 géneros que se registraron en el área de estudio; *Corydalus*, *Stenelmis*, *Hexatoma* y *Molophilus* fueron los géneros que no se recolectaron con la red de bentos.

Con los sustratos artificiales se recolectaron cinco géneros en el sitio 1. Mientras que para el sitio 2, con este método de recolecta, se registraron seis géneros. El uso de distintos métodos de recolecta nos da a conocer su eficiencia en el muestreo de los grupos de insectos acuáticos, aunque no se tiene conocimiento de estudios realizados en México donde se hayan utilizado sustratos artificiales. Los resultados obtenidos sugieren que la red de bentos es un buen método para la obtención de la mayoría de los grupos, como lo reportan algunos estudios en los que se ha utilizado este método (Bueno-Soria *et al.*, 1981; Contreras-Ramos, 1987).

En general, los resultados de riqueza obtenidos en el área de estudio son menores comparados con los trabajos de Contreras-Ramos (1987), Bueno-Soria *et al.* (1981) y Bueno-Soria (1972), en los que se registraron una mayor cantidad de géneros (67, 31 y 29, respectivamente) en cada uno de los sitios de recolecta. Además, es importante señalar que dichos estudios no fueron realizados en áreas con bosque mesófilo.

Cuadro 6. Géneros recolectados en los sitios de muestreo, mediante los dos métodos de recolecta utilizados.

Orden	Familia	Género	Red		Sustrato	
			sitio 1	sitio 2	sitio 1	sitio 2
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> (Fig. 6).	X	X	X	X
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i> (Fig. 7).	X	X	-	-
	Coenagrionidae	<i>Amphiagrion</i> (Fig. 8).	-	X	-	-
		<i>Argia</i> (Fig. 9).	X	X	-	-
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> (Fig. 10).	X	X	X	X
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus</i> (Fig. 11).	X	X	-	-
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i> (Fig. 12).	X	-	-	X
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> (Fig. 13).	X	X	-	-
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> (Fig. 14).	X	X	-	X
	Lepidostmatidae	<i>Lepidostoma</i> (Fig. 15).	X	X	-	-
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodes</i> (Figs. 16 y 17).	X	X	X	X
	Elmidae	<i>Cylloepus</i> (Fig. 18).	X	X	-	-
		<i>Stenelmis</i> (Figs. 19 y 20).	X	-	-	-
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> (Figs. 21).	X	X	X	-
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> (Fig. 22).	X	X	-	-
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i> (Fig. 23).	X	-	-	-
		<i>Molophilus</i> (Fig. 24).	X	-	-	-
	Corethrelidae	<i>Corethrella</i> (Fig. 25).	-	X	-	-
	Dixidae	<i>Dixella</i> (Fig. 26).	X	X	-	-
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> (Fig. 27).	X	X	X	X
	Culicidae	<i>Culex</i> (Fig. 28).	-	X	-	-



Figura 6. Náyade de *Paraleptophlebia* sp (Ephemeroptera: Leptophlebiidae).



Figura 7. Náyade de *Cordulegaster* sp. (Odonata: Cordulegastridae).



Figura 8. Náyade de *Amphiagrion* sp. (Odonata: Coenagrionidae).



Figura 9. Náyade de *Argia* sp. (Odonata: Coenagrionidae).



Figura 10. Náyade de *Anacroneuria* sp. (Plecoptera: Perlidae).



Figura 11. Ninfa de *Abedus* sp. (Hemiptera: Belostomatidae).



Figura 12. Larva de *Corydalus* sp.
(Megaloptera: Corydalidae).



Figura 13. Larva de *Hydropsyche* sp.
(Trichoptera: Hydropsychidae).



Figura 14. Larva de *Polycentropus*
sp. (Trichoptera: Polycentropodidae).



Figura 15. Larva de *Lepidostoma* sp.
(Trichoptera: Lepidostomatidae).



Figura 16. Larva de *Liodessus* sp.
(Coleoptera: Dytiscidae).



Figura 17. Adulto de *Liodessus* sp.
(Coleoptera: Dytiscidae).



Figura 18. Larva de *Cylloepus* sp.
(Coleoptera: Elmidae).



Figura 19. Larva de *Stenelmis* sp.
(Coleoptera: Elmidae).



Figura 20. Adulto de *Stenelmis* sp.
(Coleoptera: Elmidae).



Figura 21. Larva de *Cyphon* sp.
(Coleoptera: Elmidae).



Figura 22. Larva de *Simulium* sp.
(Diptera: Simuliidae).



Figura 23. Larva de *Hexatoma* sp.
(Diptera: Tipulidae).



Figura 24. Larva de *Molophilus* sp.
(Diptera: Tipulidae).



Figura 25. Larva de *Corethrella* sp.
(Diptera: Corethrellidae).



Figura 26. Larva de *Dixella* sp.
(Diptera: Dixidae).



Figura 27. Larva de *Bezzia* sp.
(Diptera: Ceratopoginade)



Figura 28. Larva de *Culex* sp.
(Diptera: Culicidae).



Figura 29. Larva de
Chironomidae (Diptera).

6.2 Curvas de acumulación

En la curva de acumulación al nivel de género, se observa que para el sitio 1 se tiene una riqueza observada (Sobs) de 18, mientras que el estimador Chao 1 estima una riqueza de 18.25, lo cual indica que el esfuerzo de muestreo que consistió de siete muestras fue suficiente para conocer la riqueza de géneros en dicho sitio de estudio (Fig. 30). Además, cuando el esfuerzo de muestreo es bueno los *doubletons* aumentan y cruzan la curva de los *singletons* y esto ayuda a confirmar que la riqueza observada alcanza a la que se estimó. Para el sitio 2 la riqueza observada (Sobs) fue de 17, mientras que el estimador Chao 1 estima una riqueza de 18.5, por lo que el esfuerzo de muestreo para este sitio fue bueno pues sólo faltaría por registrar un género el cual podría encontrarse con un esfuerzo de muestreo de 11.3 muestras (Fig. 31).

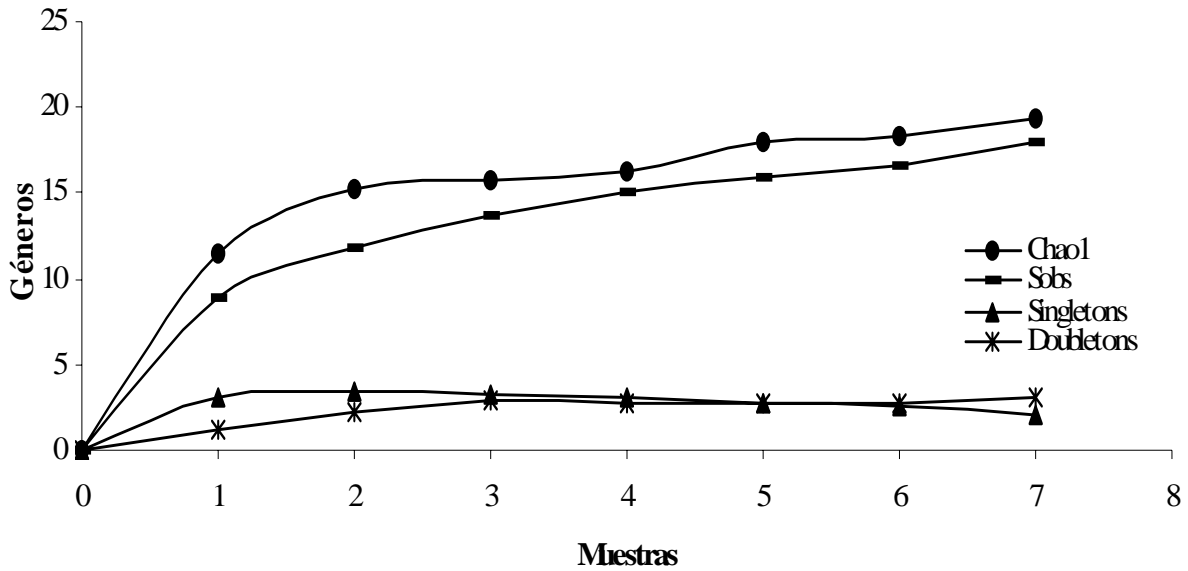


Figura 30. Géneros observados (Sobs) y estimador de la riqueza (chao 1), para el sitio 1 con red de bentos.

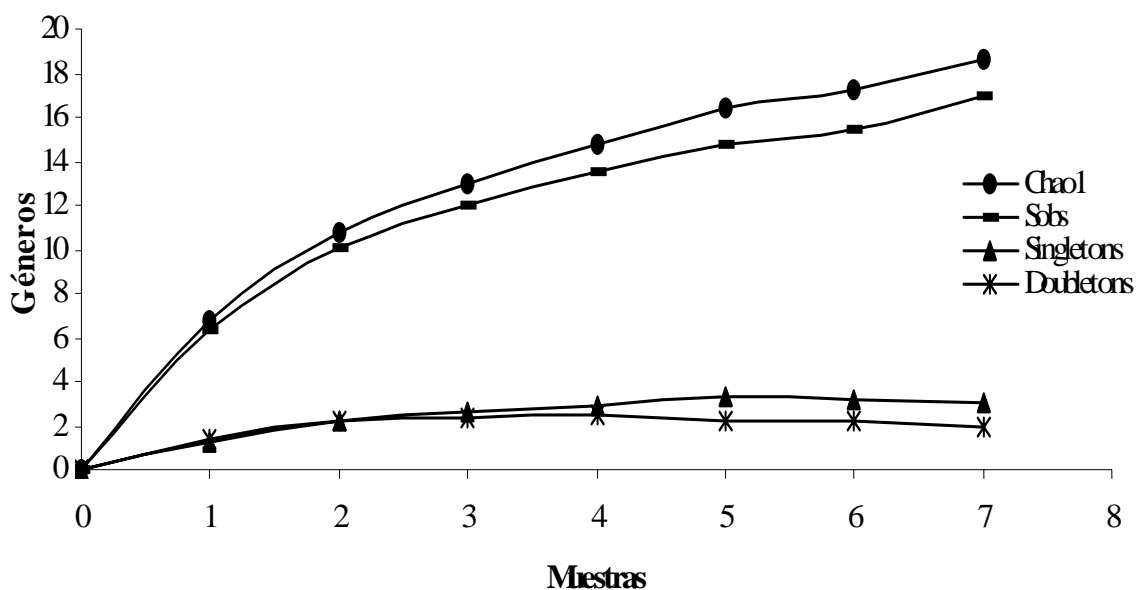


Figura 31. Géneros observados (Sobs) y estimador de la riqueza (Chao 1) para el sitio 2 con red de bentos.

6.3 Abundancia al nivel de orden

Se recolectaron representantes de ocho órdenes de insectos acuáticos durante el año de muestreo. En el sitio 1, con red de bentos, los órdenes Diptera, Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera fueron los que presentaron mayor abundancia a lo largo de los meses de muestreo, además de que se presentaron a lo largo del año, con excepción del orden Ephemeroptera que no se registró en el mes de marzo. Diptera registró mayor cantidad de ejemplares en gran parte del año, con noviembre como el mes con mayor abundancia (184 ejemplares) y marzo con la menor (2 ejemplares). Trichoptera es el orden que presentó mayor estabilidad en número de ejemplares durante el año, con enero como el mes con mayor abundancia (29 ejemplares). Plecoptera presentó el mayor número de ejemplares en noviembre (17 ejemplares) y el mes con menor abundancia fue septiembre (cinco ejemplares).

El orden Ephemeroptera presentó mayor abundancia en enero (24 ejemplares) y en el mes de marzo no se registraron ejemplares. Los órdenes, Odonata, Hemiptera, Megaloptera y Coleoptera fueron los que presentaron menor cantidad de ejemplares a lo largo del año (Fig. 32). En el sitio 2, con red de bentos, se recolectaron siete órdenes de insectos, de los cuales Diptera y Coleoptera fueron los órdenes más abundantes y estuvieron presentes a lo largo del año; mientras que Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera y Hemiptera no se presentaron en todos los meses de muestreo. Diptera es el orden que presentó mayor abundancia a lo largo de los meses de muestreo, con enero como el mes que presentó mayor cantidad de ejemplares (72), mientras que mayo presentó el menor número (10 ejemplares recolectados). Coleoptera fue el siguiente orden con mayor abundancia; éste presentó un mayor número de ejemplares en el mes de julio (28), en tanto que noviembre presentó la menor cantidad (seis ejemplares). El orden Trichoptera presentó un mayor número de ejemplares en el mes de enero (10 ejemplares), mientras que en julio se registraron sólo dos y en el mes de mayo no hubo ejemplares capturados (Fig. 33).

Por medio del método de sustratos artificiales se recolectaron cuatro órdenes de insectos acuáticos en el sitio 1. Diptera presentó la mayor cantidad de ejemplares recolectados a lo largo del muestreo, con el periodo de septiembre a noviembre con la cifra más alta (30 ejemplares), los periodos de marzo a mayo y noviembre a enero con un ejemplar capturado cada uno, mientras que de mayo a julio no se capturaron ejemplares. Ephemeroptera registró la mayor cantidad de ejemplares en el periodo de marzo a mayo (14 ejemplares), mientras que durante noviembre a enero se registraron tres ejemplares y entre mayo y julio sólo se capturó un ejemplar, en los demás meses no hubo ejemplares registrados. El orden Coleoptera solamente se capturó en los periodos de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, con 10 y

un ejemplar, respectivamente. Plecoptera se capturó de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, con dos ejemplares para cada periodo, por lo que este fue el orden con menor cantidad de ejemplares recolectados (Fig. 34).

El sitio 2, con sustratos artificiales, presentó seis órdenes recolectados. Diptera también fue el orden más abundante y se presentó en todos los periodos de muestreo, aunque de septiembre a noviembre es donde se presentó la mayor cantidad de ejemplares recolectados (30), mientras que la menor cantidad se registró en los periodos de enero a marzo y noviembre a enero, con un ejemplar capturado, respectivamente. Coleoptera no se registró para el periodo de enero a marzo, aunque de septiembre a noviembre se presentó la mayor cantidad, con siete ejemplares capturados, y sólo un ejemplar se capturó en los demás periodos de recolecta, respectivamente. Plecoptera sólo se registró para los periodos de enero a marzo y noviembre a enero, con un ejemplar en cada uno, al igual que el orden Ephemeroptera, que se registró para los periodos de septiembre a noviembre y noviembre a enero, con un ejemplar, respectivamente. Megaloptera y Trichoptera se registraron sólo en el periodo de noviembre a enero con un ejemplar recolectado, respectivamente (Fig. 35).

Los resultados obtenidos muestran un patrón general en el que el orden con mayor abundancia a lo largo del año fue Diptera, con ambos métodos de recolecta mientras que los órdenes menos abundantes son Megaloptera, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata y Hemiptera. El estudio realizado por Hurtado *et al.* (2005) indica al orden Diptera como dominante de entre 16 a 19 órdenes que se consideran como raros, entre estos últimos se tiene a Hemiptera, Megaloptera y Plecoptera. En el mismo sentido, Juárez e Ibáñez (2003) en un estudio realizado en el lago de Metztlán indican que el mayor número de organismos recolectados fue para el orden Diptera. De ello puede inferirse que la presencia de este orden

es muy común en los cuerpos de agua, esto probablemente a que algunos organismos del orden Diptera y Coleoptera presentan adaptaciones respiratorias y no toman el oxígeno disuelto en el agua (respiración aérea) cuando esta no presenta las concentraciones adecuadas de oxígeno para los organismos como lo indican Bueno-Soria *et al.* (1981) y Juárez e Ibáñez (2003).

Dentro de los órdenes que se encontraron como poco dominantes o raros se tiene a Megaloptera, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata y Hemiptera, de ellos como se mencionó anteriormente, Hurtado *et al.* (2005) registraron como raros a Hemiptera, Megaloptera y Plecoptera. Aunque los autores no mencionan como raros a los demás grupos que se encontraron para este estudio, es probable que la representación de grupos raros o poco dominantes dependa directamente de las condiciones físico-químicas del agua y de otros factores como la vegetación sumergida y la velocidad de corriente en cada uno de los sitios (Bueno-Soria y Márquez, 1975) ya que para algunos grupos esta última es favorable para su distribución a lo largo de los cuerpos de agua (Bueno-Soria *et al.*, 1981).

Diversos trabajos sustentan que el estudio de las comunidades de insectos acuáticos, incluso al nivel taxonómico de orden, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo, ya que estas comunidades se ven afectadas por diversos factores del medio físico (Hurtado *et al.*, 2005).

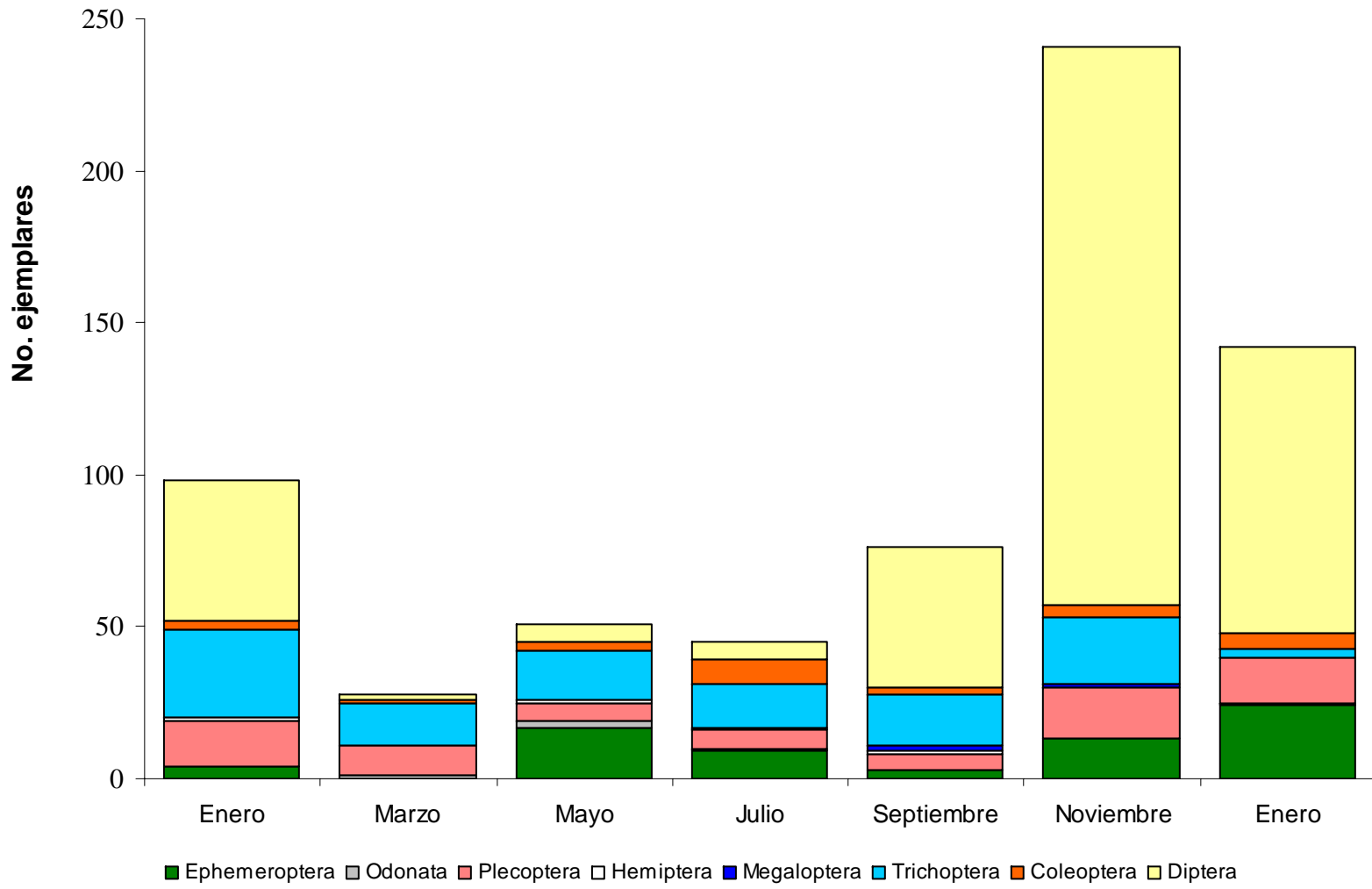


Figura 32. Abundancia bimensual de los órdenes de insectos acuáticos recolectados con red de bentos en el sitio 1.

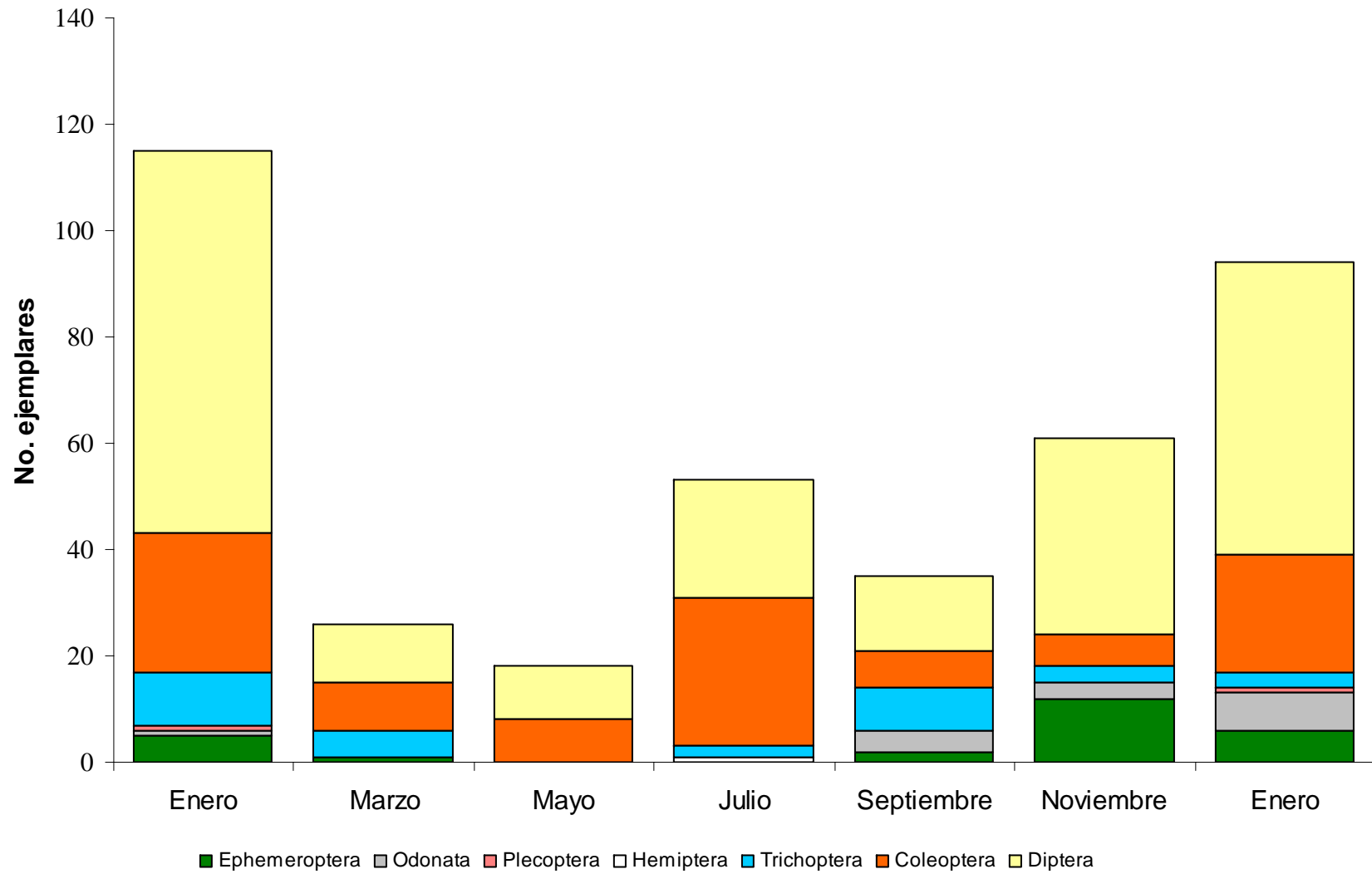


Figura 33. Abundancia bimensual de los órdenes de insectos acuáticos recolectados con red de bentos en el sitio 2.

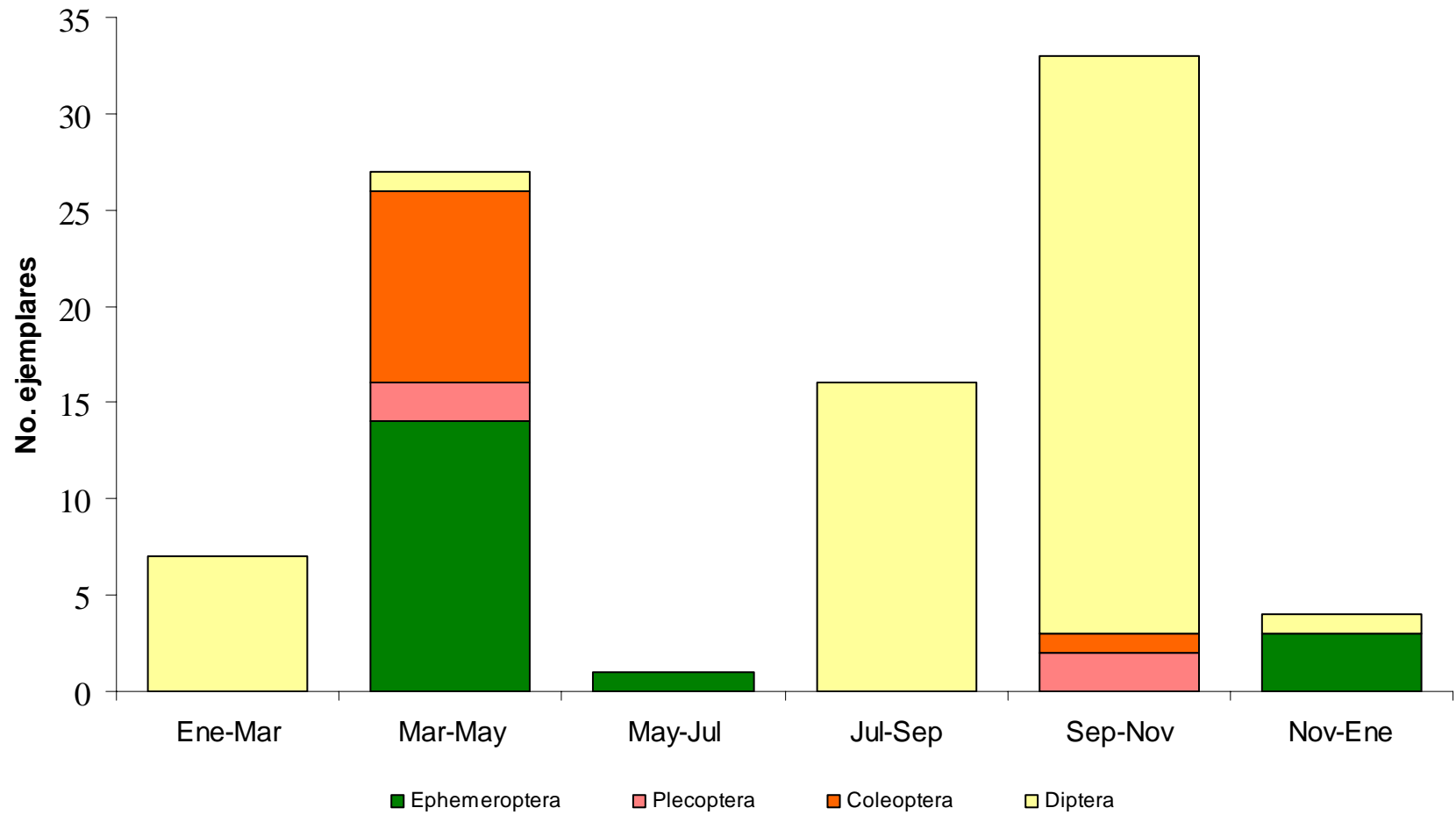


Figura 34. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos para el sitio 1 con sustratos artificiales.

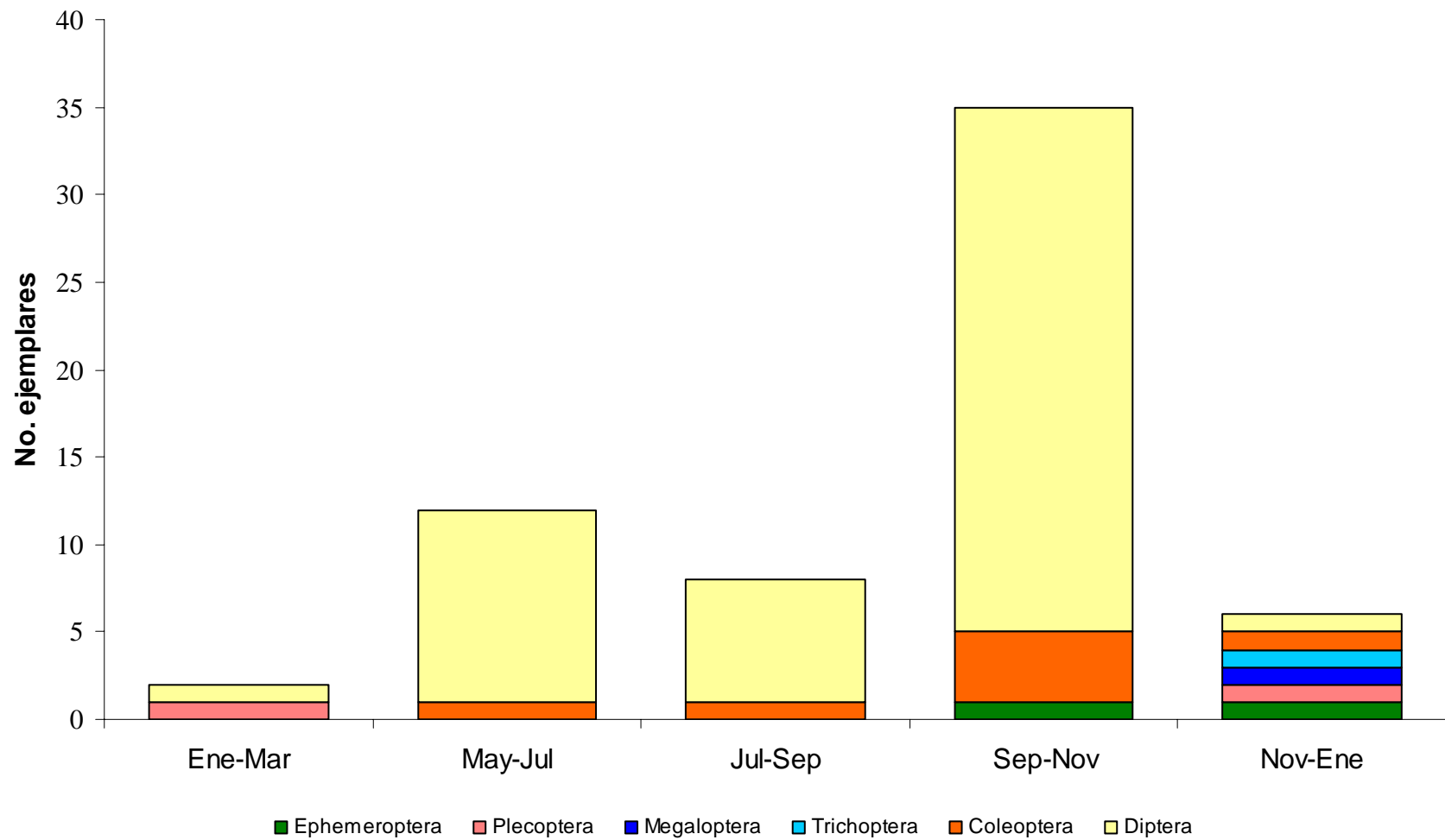


Figura 35. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos en el sitio 2 con sustratos artificiales

6.4 Abundancia de géneros

De los 1,234 ejemplares que se recolectaron en total durante el año de muestreo, en el sitio 1, el 55% representa la captura con red de bentos y el 7% fueron obtenidos con sustratos artificiales. Para el sitio 2, el 33% y 5% corresponden a red de bentos y sustratos artificiales, respectivamente (Fig. 36). El sitio con mayor abundancia fue el sitio 1, representado por el 62% de todos los ejemplares recolectados (769 ejemplares), mientras que el sitio 2 tuvo el 38% (465 ejemplares; Fig. 37). Para ambos sitios, el método de recolecta más exitoso fue el de red de bentos, ya que con este se recolectó un mayor número de ejemplares durante todo el muestreo.

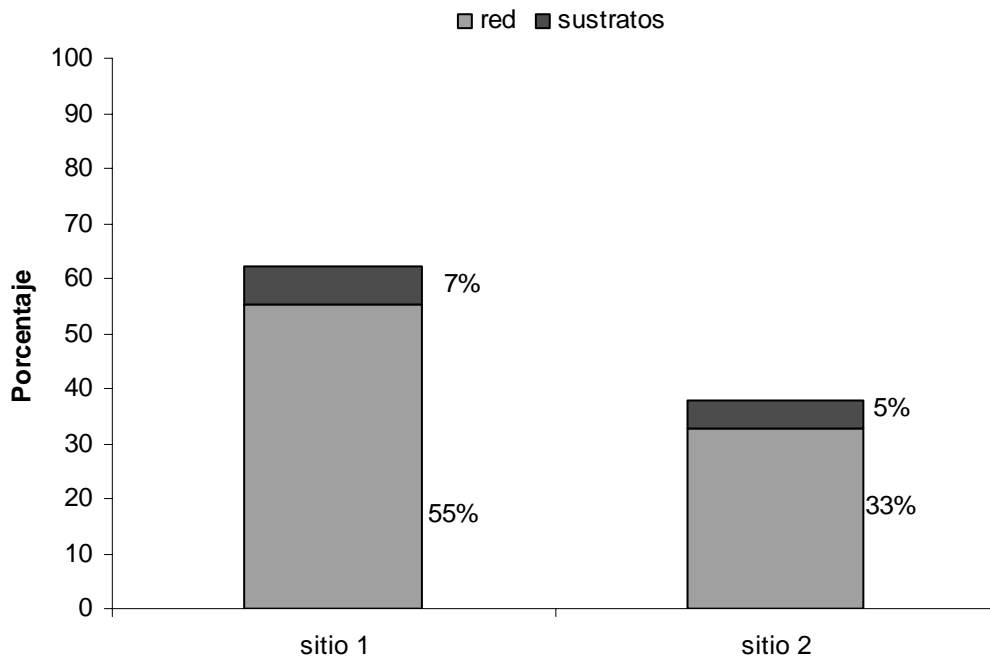


Figura 36. Abundancia de ejemplares (porcentaje), en los sitios de estudio mediante cada uno de los métodos de recolecta.

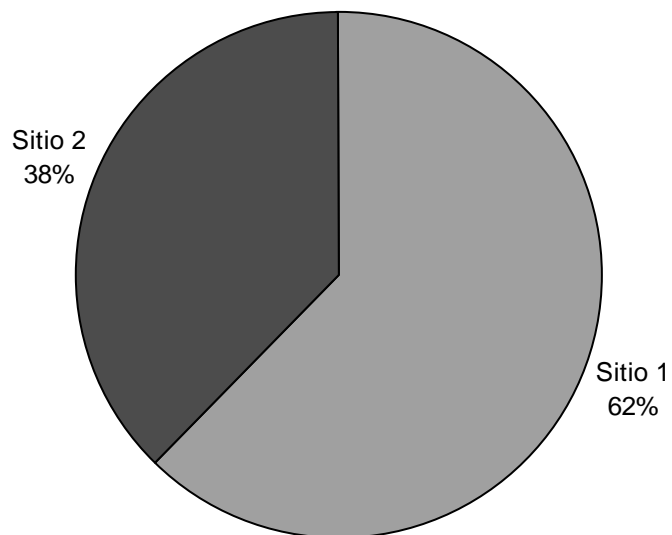


Figura 37. Porcentaje de ejemplares recolectados en cada uno de los sitios de muestreo.

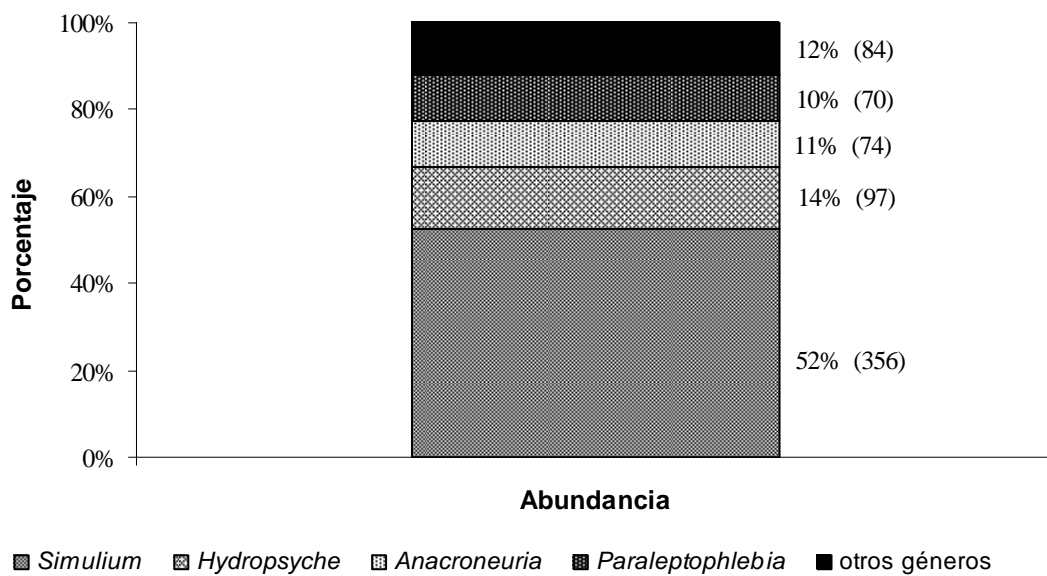


Figura 38. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 1 con red de bentos.

Los géneros más abundantes de los 18 recolectados en el sitio 1 con red de bentos, durante todo el año, fueron *Simulium* con 356 ejemplares, es decir poco más de la mitad de los ejemplares recolectados (52%), seguido de *Hydropsyche* con 97 individuos (14%), *Anacroneuria* con 74 individuos (11%) y *Paraleptophlebia* con 70 individuos (10%; Fig. 38). Para el sitio 2, el género más abundante recolectado con red de bentos fue *Liodessus*, con 100 ejemplares (25%), seguido de *Corethrella* con 85 individuos (21%), *Bezzia* con 67 individuos (17%) y *Culex* con 61 ejemplares (15%; Fig. 39).

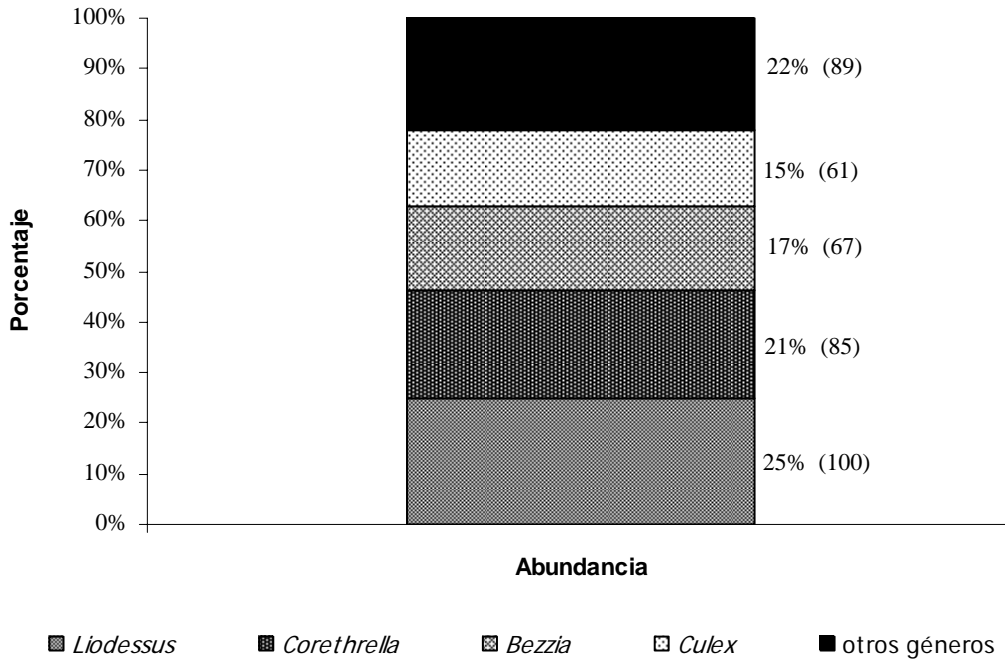


Figura 39. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 2 con red de bentos.

Con respecto al método de sustratos artificiales, los géneros recolectados que representaron los mayores porcentajes de abundancia en el sitio 1 fueron: *Bezzia* con 55 ejemplares (63%), *Paraleptophlebia* con 18 ejemplares (20%) y *Liodessus* con 10 ejemplares

(11%; Fig. 40). El sitio 2 presentó las siguientes abundancias para los géneros con mayores porcentajes, también recolectados con sustratos artificiales: *Bezzia* con 50 ejemplares (79%) y *Liodessus* con 7 ejemplares (11%; Fig. 41).

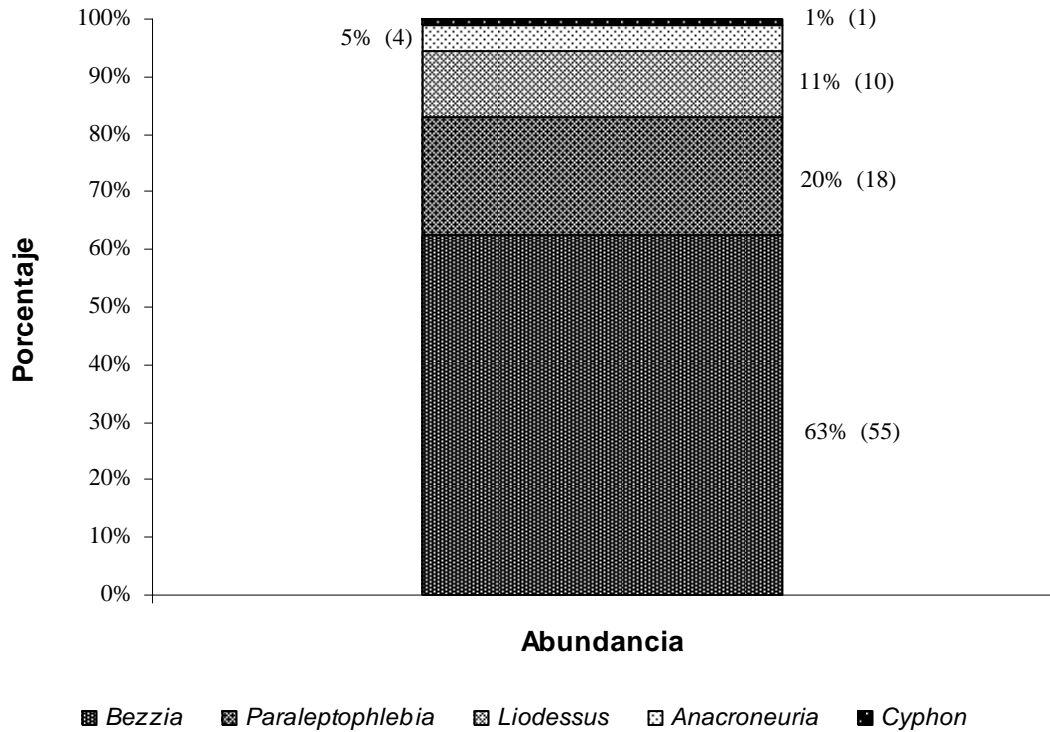


Figura 40. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 1 con sustratos artificiales.

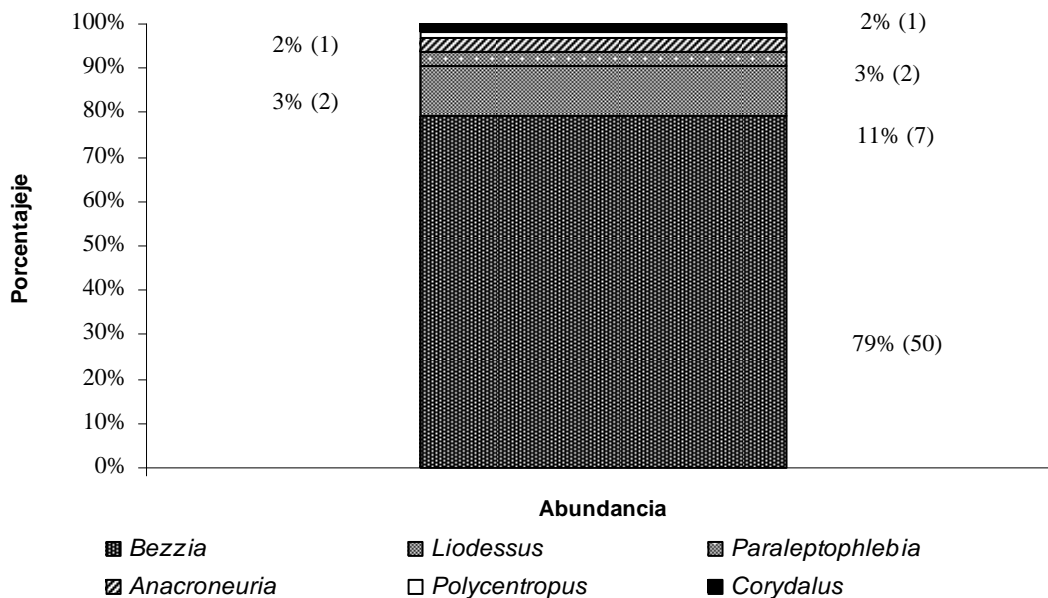


Figura 41. Abundancia de géneros (número de ejemplares entre paréntesis) y porcentaje de individuos recolectados en el sitio 2 con sustratos artificiales.

La mayor cantidad de géneros recolectados pertenecen al orden Diptera (*Simulium*, *Corethrella*, *Bezzia*, *Culex*) esto puede estar relacionado con lo que reportan varios estudios (Hurtado *et al.*, 2005; Juárez e Ibáñez, 2003; Bueno-Soria *et al.*, 1981) en cuanto a que este grupo biológico al igual que Coleoptera, presentan familias y géneros que están adaptados a las bajas concentraciones de oxígeno, lo cual parece ser una característica en los sitios estudiados. En particular, el género *Simulium* fue el que presentó la mayor cantidad de ejemplares recolectados, con un total de 356. Este género fue registrado por Rodríguez y León (2003) en un estudio realizado en Panamá, quienes indican que este género fue encontrado sobre detritos de fondos rocosos en aguas de poca profundidad, lo cual coincide con este estudio, pues el sitio 1 presenta estas características. Además, comentan que el grado de

contaminación de las aguas donde se realizó su estudio es alto, por lo que puede ser que la alta abundancia de este género en Tlanchinol esté relacionada a ello, aunque se necesitaría realizar otro tipo de estudios para confirmarlo. En este estudio, cabe señalar que el aumento del número en algunas poblaciones también puede deberse a la falta de depredadores, mayor disponibilidad de alimento, o una combinación de ambas (Medianero y Samaniego, 2004).

Con respecto a los géneros *Hydropsyche* (Trichoptera), *Anacroneuria* (Plecoptera) y *Paraleptophlebia* (Ephemeroptera), que presentaron porcentajes bajos, es importante señalar lo encontrado por Bueno-Soria y Butze-López (1975) en cuanto a que una asociación de los tres órdenes antes mencionados indican una buena calidad del agua, ya que estos organismos son muy sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno en el agua. Por lo tanto, se puede pensar que el haber obtenido porcentajes bajos para estos grupos está relacionado directamente con las concentraciones de oxígeno que se encuentran en los sitios de estudio.

6.5 Abundancia de Chironomidae

La familia Chironomidae fue la que obtuvo una mayor cantidad de ejemplares recolectados con respecto a los demás taxones (géneros) en el área de estudio y durante el año de muestreo. La abundancia cuantificada para Chironomidae fue de 5,079 ejemplares, de ellos 2,605 fueron capturados en el sitio 1, 1,604 ejemplares con red de bentos y 1,001 con sustratos artificiales, mientras que 2,474 ejemplares fueron capturados en el sitio 2, 1,903 ejemplares con red de bentos y 571 con sustratos artificiales respectivamente.

En síntesis, el sitio de muestreo con mayor cantidad de ejemplares fue el sitio 1 con 2,605 ejemplares recolectados, mientras que en el sitio 2 se recolectaron 2,474 ejemplares.

Con respecto a los métodos de recolecta, se obtuvo una mayor cantidad de ejemplares con red de bentos que con los sustratos artificiales.

Durante los muestreos a lo largo del año, por sitio y método de recolecta, hubo variaciones en cuanto a la abundancia de ejemplares recolectados. En el sitio 1, con red de bentos, el mes con mayor abundancia fue enero, con 302 y 414 ejemplares (en dos ocasiones), mientras que en marzo sólo se obtuvieron 19 ejemplares (Fig. 42). Para el sitio 2, el mes con mayor cantidad de ejemplares recolectados fue enero con 446 (aunque el primer muestreo de enero tuvo 268), mientras que en julio se recolectaron 140, por lo que este mes fue el de menos ejemplares para el sitio (Fig. 43).

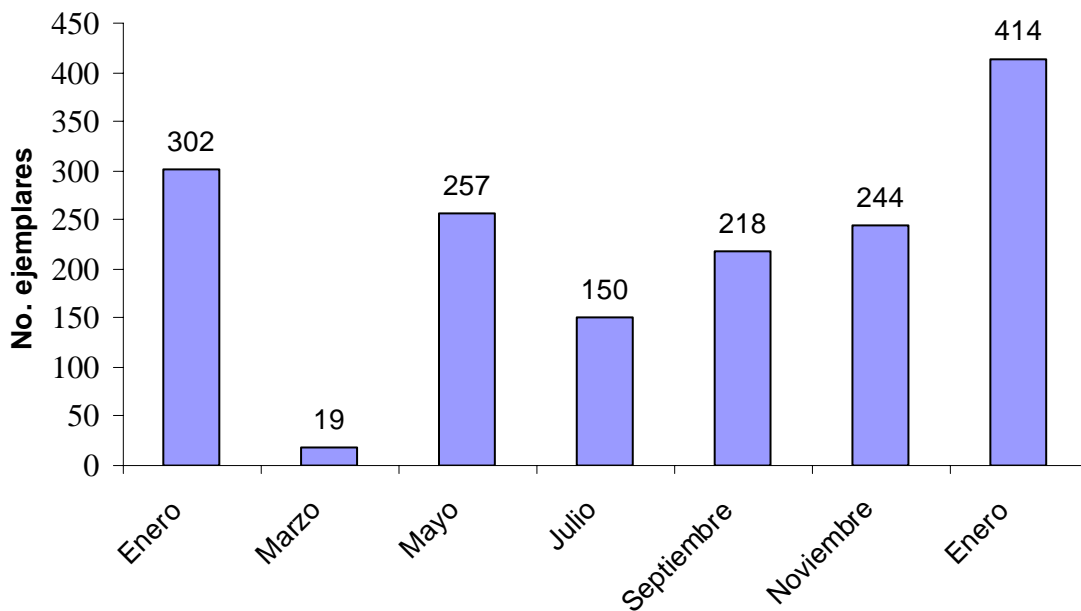


Figura 42. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de red de bentos, sitio 1.

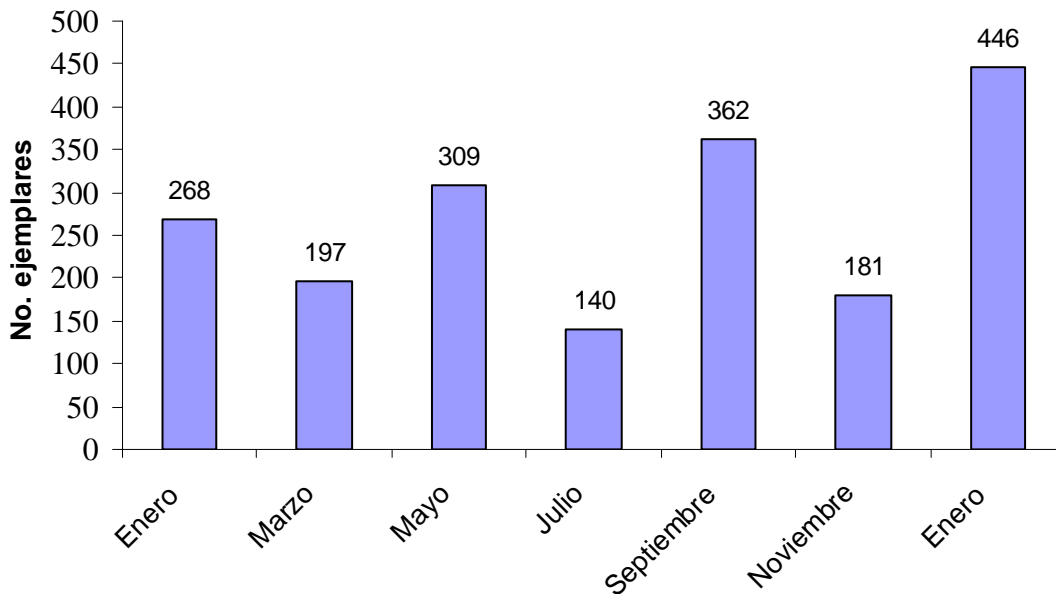


Figura 43. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de red de bentos, sitio 2.

En cuanto al método de sustratos artificiales, los periodos con mayor abundancia de ejemplares recolectados, en el sitio 1, fueron de enero a marzo y de marzo a mayo, con 297 y 291 ejemplares, respectivamente, mientras que los periodos con menor cantidad fueron los de mayo a julio y de septiembre a noviembre con 64 y 57 ejemplares recolectados, respectivamente (Fig. 44). El sitio 2 presentó mayor cantidad de ejemplares en el periodo de noviembre a enero, con 247 ejemplares, mientras que el periodo de marzo a mayo sólo registró 10 ejemplares (Fig. 45).

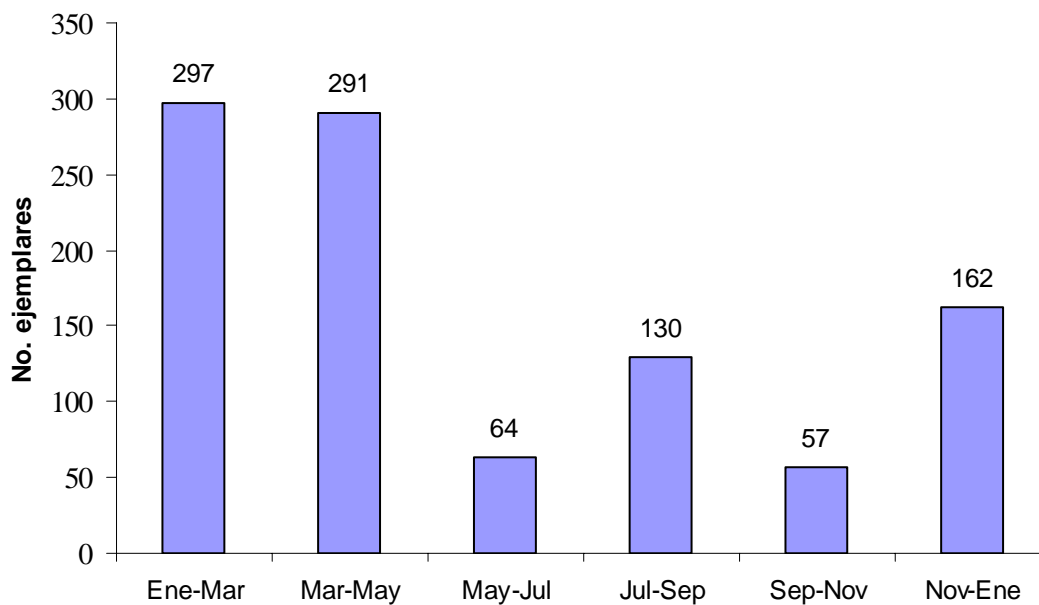


Figura 44. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de sustratos artificiales, sitio 1.

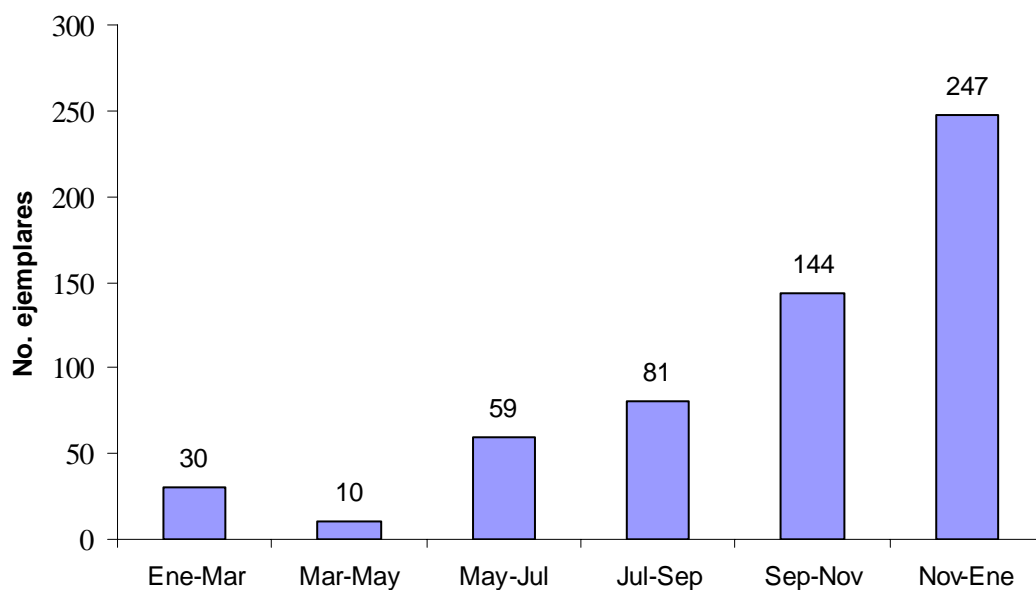


Figura 45. Abundancia de la familia Chironomidae a lo largo del año de muestreo mediante el método de sustratos artificiales, sitio 2.

El orden Diptera de nuevo se ve representado en alto número con los individuos de la familia Chironomidae. Juárez e Ibáñez (2003) en un estudio realizado en Metztlán reportaron a esta familia con un 50% de los géneros recolectados en esa área de estudio. Además, hicieron referencia a que este grupo tiene hemoglobina como adaptación fisiológica, lo cual favorece a los organismos cuando las condiciones de oxígeno son bajas en los cuerpos de agua; esto tal vez puede explicar la gran abundancia de esta familia en los sitios de muestreo, en comparación con los números obtenidos para los demás taxones que fueron registrados. Por otra parte, lo obtenido para este grupo es reforzado con los resultados registrados en el análisis de la calidad del agua (Cuadro 4), donde las concentraciones de oxígeno se estiman entre 1.4 y 7.4 ppm, las cuales de acuerdo a Bueno-Soria *et al.* (1981) son consideradas bajas. Además, Salazar (1995) indica que algunos géneros de la familia Chironomidae se caracterizan por estar presentes en aguas con concentraciones bajas de oxígeno.

Es pertinente hacer mención que el ciclo biológico de este grupo de insectos es particular, pues en estado de larva duran aproximadamente el 90% de su ciclo de vida, además de que el tiempo total de la metamorfosis depende de la especie, la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento para las larvas (Salazar, 1995). Por lo tanto, el haber recolectado una alta cantidad de ejemplares de esta familia a lo largo de todo el estudio puede estar implicado con la baja oxigenación que presentan los cuerpos de agua, así como con factores como la baja temperatura que presentaron dichos cuerpos de agua (Cuadro 4), y tal vez a la disponibilidad de alimento, la cual podría aumentar y disminuir en algunas épocas del año.

6.6 Diversidad

El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue calculado para las muestras recolectadas en los sitios 1 y 2. Con red de bentos se presentaron los siguientes valores para cada uno de los sitios:

$$H'_1 = 1.63$$

$$H'_2 = 2.05$$

De la misma manera, los valores obtenidos para los sustratos artificiales fueron:

$$H'_1 = 1.06$$

$$H'_2 = 0.78$$

Ya con los valores calculados del índice de Shannon-Wiener puede observarse que el valor más alto se obtuvo en el sitio 2 con red de bentos, lo cual indica que este sitio es el más diverso. No obstante, con este método de recolecta se obtuvo un género más para el sitio 1, por lo que el haber obtenido un valor más alto en el sitio 2 puede deberse a la abundancia del género *Simulium* en el sitio 1, lo cual hace que la comunidad de ese sitio de muestreo sea menos equitativa, pues la alta abundancia de uno o más taxones hace que la equidad disminuya.

Respecto a los sustratos artificiales se tiene que el sitio 1 presenta mayor diversidad, pues se obtuvo el valor más alto calculado. Esto indica que aún cuando el sitio 2 presenta seis géneros, y el sitio 1 cinco, este último presenta una abundancia por género mejor distribuida, es decir, la comunidad del sitio 2 es más equitativa.

Se puede notar que con los métodos de recolecta utilizados se obtuvieron valores distintos de diversidad para los dos sitios de muestreo. Esto indica que el uso de distintos métodos es favorable, ya que de esta manera se puede tomar en cuenta cuál de estos es el que

mejor información aporta, además de qué grupos pueden ser los mejor representados por cada método.

Dado que el método de red de bentos parece ser un mejor método de recolecta, y por tanto un buen estimador de la riqueza, es interesante que el índice de Shannon-Winer es menor para el sitio 1. Los ecosistemas lóticos, como arroyos o corrientes de orden bajo, en general, tienen una mayor complejidad de hábitats con respecto a sistemas lénticos (Merritt y Cummins, 1996). El sitio 2, especialmente se comporta como un sistema léntico durante casi todo el año, lo cual puede corroborarse por su fondo lodoso, con sedimentos y hojarasca. Con relación a esto, cabe destacar que Bueno-Soria *et al.* (1981) señalan que existe fauna que se encuentra favorecida por factores tales como la poca velocidad de la corriente, el sustrato de tipo lodoso y la gran cantidad de materia orgánica en suspensión, por lo cual puede considerarse que es debido a estas características que el sitio 2 presenta mayor diversidad en este estudio.

La menor diversidad del sitio 1 podría ser un indicador de perturbación. Dicha alteración puede constatarse, ya que la ladera oriental del arroyo está talada, además de la acumulación de suelo como sedimento en la temporada de lluvias. Finalmente, las rocas en dicho arroyo tienden a ser fijas al sustrato, lo que igualmente disminuye las posibilidades de colonización de microhábitats por parte de los macroinvertebrados. Lo indicado anteriormente puede apoyarse con lo mencionado por Bueno-Soria *et al.* (1981) y Bueno-Soria y Butze-López (1975) quienes indican que las comunidades de insectos acuáticos pueden reflejar en cierto momento las características físicas y químicas del medio acuático. Así mismo, Medianero y Samaniego (2004) indican que la diversidad y la distribución de los insectos acuáticos esta determinada por factores tales como el tipo de sustrato, hábitat, luz, alimento,

oxígeno disuelto, temperatura, patrones de corriente, altitud, ancho del río y vegetación ribereña, entre otros.

En síntesis, se puede argumentar que el hecho de que la diversidad haya sido mayor en el sitio 1 con sustratos artificiales, quizá indique, precisamente, que de haber una disponibilidad de microhabitats, la comunidad del sitio 1 tiende a ser más diversa. Lo cual concuerda con una mayor riqueza en el sitio 1, y el patrón general de mayor diversidad en un ecosistema lótico que en uno léntico, ambos de orden menor y comparable, como es el caso en este estudio.

7. CONCLUSIONES

- Con respecto a la riqueza, en el área de estudio se identificaron 21 géneros pertenecientes a 18 familias y ocho órdenes. Entre sitios de muestreo, se observó la misma riqueza de géneros, que fue de 18 para cada uno. El método de recolecta más exitoso fue el de red de bentos, ya que con éste se recolectó la mayoría de los grupos que se identificaron (18 géneros, sitio 1; 17 géneros, sitio 2). Por tanto, la técnica de sustratos artificiales demostró ser efectiva especialmente para capturar algunos grupos, como los Chironomidae, que fue el grupo mejor representado mediante este método.
- Se obtuvo un total de 1,222 ejemplares (769 ejemplares, sitio 1; 465 ejemplares, sitio 2). Los géneros más abundantes en ambos sitios y con ambos métodos de recolecta fueron *Bezzia*, *Simulium* y *Liodessus*. Al nivel de orden, Diptera fue el grupo que presentó mayor abundancia a lo largo del muestreo.
- La familia Chironomidae registró la mayor cantidad de individuos en ambos sitios de recolecta, como también para los métodos utilizados en este estudio. El número de ejemplares total recolectado fue de 5,079 (2,605 ejemplares, sitio 1; 2,474 ejemplares, sitio 2). La alta cantidad de ejemplares de quironómidos que fueron recolectados puede estar influenciada por su ciclo de vida, del cual el 90% pasan en estado larval, así como por las bajas concentraciones de oxígeno que se presentan en los sitios de recolecta.
- La diversidad en el área de estudio al utilizar el índice de Shannon-Wiener, presentó valores de $H' = 1.63$ y $H' = 2.05$ para los sitios 1 y 2 con el método de red de bentos, respectivamente; y valores de $H' = 1.06$ y $H' = 0.78$ para los sitios 1 y 2 con sustratos artificiales, respectivamente. Así, fue el sitio 2 con red de bentos el más diverso,

mientras que para los sustratos artificiales el sitio 1 presentó el valor más alto. Debido a que los sitios de muestreo presentan características distintas, el utilizar diferentes métodos de recolecta nos permite tener una visión más amplia del comportamiento de las comunidades, como fue el caso de este estudio.

- El estimador Chao 1, indica que los muestreos realizados durante el trabajo de campo fueron suficientes para estimar la riqueza de insectos acuáticos que se encuentran en el sitio de estudio. Sin embargo, para el sitio 2 faltaría un poco más esfuerzo de muestreo, el cual sería cumplido con un total de 11 recolectas, pues las siete que se realizaron no alcanzan la asíntota del número de taxones estimados para el sitio.
- Se puede determinar que la comunidad de insectos acuáticos en el área de estudio es poco diversa de acuerdo con el número de géneros encontrados. Esto puede deberse a factores que están relacionados con la calidad del agua, como la oxigenación, que en este caso es baja, así como la temperatura, los cuales son factores importantes para que se desarrollen y mantengan las comunidades de insectos acuáticos.

8. LITERATURA CITADA

- Alonso, P. E. 2004. Ecología de las asociaciones de Odonata en el área de influencia de las microcuencas afectadas por la presa Zimapán, Querétaro e Hidalgo. Tesis doctorado. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ancona H., L. 1936. Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopan, Hgo. II. Insectos de los manantiales y aguas estancadas de la región de Actopan, Hgo. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 7: 265-267.
- Arce-Pérez, R. y R. Novelo-Gutiérrez. 1991. Coleópteros acuáticos de la reserva de la biosfera “La Michilía”, Durango, México. Folia Entomológica Mexicana, 81: 341-344.
- Arce-Pérez, R. 1995. Lista preliminar de coleópteros acuáticos del estado de Morelos, México. Acta Zoológica Mexicana, 65: 43-53.
- Arce-Pérez, R., R. Novelo-Gutiérrez y J. A. Gómez-Anaya. 1996. Nuevo registro estatal de *Hydroscapha natans*, Leconte, 1874 (Coleoptera: Myxophaga) para México. Folia Entomológica Mexicana, 98: 67-68.
- Arce-Pérez, R., R. Novelo-Gutiérrez y J. A. Gómez-Anaya. 2002. Coleópteros acuáticos de la zona de influencia de la central hidroeléctrica “Ing. Fernando Hiriart Balderrama” (PH Zimapán) Hidalgo, México. I. (Coleoptera: Adepfaga: Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae). Folia Entomológica Mexicana, 41: 229-248.
- Arce-Pérez, R. y E. Roughley. 1999. Lista anotada y claves para los Hydradephaga (Coleoptera: Adepfaga: Dytiscidae, Noteridae, Halipidae, Gyrinidae) de México. Dugesiana, 6: 69-104.
- Bueno Soria, J. 1972. Estudio comparativo de los insectos acuáticos de Valle de Bravo México. Tesis licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

- Bueno Soria, J. y J. Butze López. 1975. Evaluación de la calidad del agua de dos corrientes en México mediante el uso de la fórmula de diversidad de Whilm y Dorris. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 36: 147-156.
- Bueno Soria, J., J. Butze López. y C. Márquez Mayaudón. 1981. Consideraciones preliminares sobre la ecología de los insectos acuáticos del Río Lerma. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México, 8: 175-182.
- Bueno Soria, J. y C. Márquez Mayaudón. 1975. Algunos insectos acuáticos de la presa de Valle de Bravo. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 36: 651-363.
- Begon, M., C. R. Townsend. y J. L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Victoria.
- Carbonell, C. S. 1982. Orthoptera. En: S. H. Hurlbert y A. Villalobos-Figueroa (Eds). *Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies*. San Diego State University, San Diego, p. 283-287.
- Castrejón, O. L y D. Porras Díaz. 1981. Estudio preliminar de los insectos acuáticos del Río Amacuzac (Amacuzac-Huajintlán) Morelos, México. *Resúmenes V Congreso Nacional de Zoología*, p.16.
- Cervantes, F. A., S. Ramírez Vite y J. N. Ramírez Vite. 2002. Mamíferos pequeños de los alrededores del poblado de Tlanchinol, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, (Serie Zoología), 73: 225-237.
- Chaverri-Polini, A. 1998. Las montañas, la diversidad biológica y su conservación. *Unasylva*, 195: 47-54.

- Contreras-Ramos, A. 1987. Contribución al conocimiento de los insectos acuáticos de Potrero Redondo: una localidad de la Sierra Madre Oriental en el municipio de Santiago, Nuevo León, México. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.
- Daly, H. V. 1996. General clasification and key to the orders of aquatic and semiaquatic insects. En: R. W. Merrit y K. W. Cummins (Eds). An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3a ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, p.108-112.
- Escalante E., T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*, 52: 53-56.
- Edmunds, G. F., S.T. Jensen y L. Berner. 1976. The Mayflies of north and Central America. University of Minnessota, St. Paul.
- Gómez-Anaya, J. A., R. Novelo-Gutiérrez y R. Arce-Pérez. 2000. Odonata de la zona de influencia de la central hidroeléctrica “Ing. Fernando Hiriart Balderrama” (PH Zimapán) Hidalgo, México. *Folia entomológica Mexicana*, 108: 1-34.
- Gómez-Anaya, J. A., R. Novelo-Gutiérrez y R. Arce-Pérez. 2004. Estructura y composición de dos ensamblajes de coleópteros acuáticos (insecta: Coleoptera) de ambientes lóticos en Zimapán, Hidalgo, México. *Folia entomológica Mexicana*, 43: 135-153.
- Hilsenhoff, W. L. 1969. An artificial substrate device for sampling benthic stream invertebrates. *Limnology and Oceanography*, 14: 465-471.
- Hurtado, S., F. García-Trejo, y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44: 271-286.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México, D. F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1996. Tlanchinol Estado de Hidalgo, cuaderno estadístico municipal. México, D. F.

Juárez F, J. y A. L. Ibáñez-Aguirre. 2003. Abundancia y primer registro de macroinvertebrados bentónicos en el lago de Metztitlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica*, 13: 137-144.

Leopold S, A. 1950. Vegetation zones of Mexico. *Ecology*, 31: 507-518.

Luna-Vega, I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, (Serie Botánica)*, 65: 31-62.

Luna-Vega, I., O. Alcántara., J.J. Morrone y D. Espinosa. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, México. *Diversity and distributions*, 6: 137-143.

Martínez-Morales, M.A. 2004. Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noroeste de Hidalgo, México. *Huitzil*, 5: 12-19.

McAlpine, J. F., B. V. Peterson., G. E. Shewell., H. J. Teskey., J. R. Vockeroth y D. M. Wood (Coords.). 1981. *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 1. Research Branch, Agriculture Canada, Monograph No. 27, Ottawa.

Medianero, E. y M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 43: 279-294.

- Merritt, R. W. y K. W. Cummins. 1996. Ecology and distribution of aquatic insects. En: Merritt, R. W. y K. W. Cummins (Eds). An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3a ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, p.74-86.
- Merritt, R. W., K. W. Cummins y V. H. Resh. 1996. Design of aquatic insect studies: collecting, sampling and rearing procedures. En: Merritt, R. W. y K. W. Cummins (Eds). An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3a ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, p.12-28.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza.
- Moreno, C. E. y G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat diversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158.
- Needham, J. G., M. J. Westfall y M. L. May. 2000. Dragonflies of North America. Scientific Publishers, Gainesville.
- Ortega, F. y G. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*, 43: 32-39.
- Pennak R, W. 1978. Fresh-water invertebrates of the United states. John Wiley & Sons, New York.
- Peña O, J. 2001. Odonatofauna de la región occidental del estado de Hidalgo (Insecta: Odonata). Tesis maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Rodríguez, V. y H. León. 2003. Insectos acuáticos asociados al río Tríbique, en el Distrito de Soná, provincia de Veraguas. *Tecnociencia*, 5: 51-64.
- Ross, H. H. 1959. Introduction to aquatic insecta. En: W.T. Edmonson (Ed.). *Fresh-water biology*. John Wiley & Sons. New York, p. 902-907.

- Rzedowski, J. 1981. Vegetacion de México. Limusa, México, D. F.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35: 25-44.
- Salazar, L. I. 1995. “Estudio descriptivo y comparativo de las larvas de insecto en la zona profunda de los lagos Chapala, Cajititlán (Jalisco) y Zirahuen (Michoacán)” Tesis licenciatura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado de Hidalgo (SEGOB). 1988. Los municipios de Hidalgo. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. México, D. F.
- Valdez V.,T., R. Foroughbakhch y G. Alanís. 2003. Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia. (Universidad Autónoma de Nuevo León)*, 6: 360-365.
- Vázquez, N. L y B. Verduzco. 1982. Estudio preliminar de insectos acuáticos del lago Coatetelco Morelos, México. Resúmenes VI Congreso Nacional de Zoología. Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán.
- Wallace J, B. y N. H. Anderson. 1996. Habitat, life history and behavioral adaptations of aquatic insects. En: R. W. Merritt y K. W. Cummins (Eds). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa, p. 41-73.
- Westfall, M. J. y M. L. May. 1996. *Damselflies of North America*. Scientific Publishers, Gainesville.
- Wiggins, G. B. 1996. *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. Canada. University of Toronto, Press, Toronto.

Anexo I. Registro de los ejemplares recolectados durante los muestreos realizados en el sitio 1 con red de bentos y sustratos artificiales (R = réplica)

Red de bentos

Orden	Familia	Género	Fecha de recolecta											
			20/enero/2005			15/marzo/2005			16/mayo/2005			21/julio/2005		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	3	1	0	0	0	0	1	8	8	2	1	6
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	6	7	3	4	3	5	1	0	1	3	2
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	3	3	22	8	0	6	9	2	3	2	2	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	5
Trichoptera	Lepidosotmatidae	<i>Lepidostoma</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	2	3	4	0
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	9	6	28	0	0	0	0	0	0	3	2	1
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Diptera	Chironomidae		79	98	125	5	10	4	30	121	106	16	59	75

Anexo I. Continuación

Red de bentos

Orden	Familia	Género	Fecha de recolecta									Total individuos			
			Fecha de recoclecta			21/septiembre/2005			21/noviembre/2005				20/enero/2005		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3				
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	3	4	7	2	1	8	15	70			
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	2	3	5	5	7	11	2	2	74			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4			
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	8	3	6	5	10	1	2	1	0	97			
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	4	0	2	0	0	0	17			
Trichoptera	Lepidosotmatidae	<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodesus</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	3	8			
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	0	15			
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2			
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
Diptera	Simullidae	<i>Simulium</i>	4	18	23	51	58	64	60	23	6	356			
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4			
Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8			
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2			
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	1	0	7	0	0	2	0	2	14			
Diptera	Chironomidae		16	52	150	113	45	86	114	115	185	1604			

Anexo I. Continuación

Sustratos Artificiales

			ene-mar 2005			mar-may 2005			may-jul 2005			jul-sep 2005		
			Fecha de recolecta			Fecha de recolecta			Fecha de recolecta			Fecha de recolecta		
Orden	Familia	Género	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	0	0	11	3	1	0	0	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	6	1	0	0	1	0	0	0	7	2	7
Diptera	Chironomidae		36	178	83	127	46	118	38	20	6	45	56	29

			sep-nov 2005			nov-ene 2005			Total de individuos
			Fecha de recolecta			Fecha de recolecta			
Orden	Familia	Género	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	0	0	1	2	18
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	0	0	0	0	0	4
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	0	0	0	0	0	10
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	30	0	0	0	0	1	55
Diptera	Chironomidae		57	0	0	68	26	68	1001

Anexo II. Registro de los ejemplares recolectados durante los muestreos realizados en el sitio 2 con red de bentos y sustratos artificiales (R = réplica)

Red de bentos

Orden	Familia	Genero	Fecha de recolecta											
			20/enero/2005			15/marzo/2005			16/mayo/2005			21/julio/2005		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Coenagrionidae	<i>Amphiagrion</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	Lepidosotmatidae	<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	4	20	3	1	4	1	3	3	5	9	14
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Corethrelidae	<i>Corethrella</i>	7	3	6	2	0	2	0	0	0	2	7	13
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	17	5	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Culicidae	<i>Culex</i>	16	5	10	0	0	0	8	1	1	0	0	0
Diptera	Chironomidae		69	112	87	100	73	24	117	150	42	53	52	35

Anexo II. Continuación

Red de bentos

Orden	Familia	Género	Fecha de recolecta									Total individuos
			21/septiembre/2005			21/noviembre/2005			20/enero/2005			
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	3	4	7	2	1	8	15	70
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	2	3	5	5	7	11	2	2	74
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	8	3	6	5	10	1	2	1	0	97
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	4	0	2	0	0	0	17
Trichoptera	Lepidosotmatidae	<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	3	8
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	0	15
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	4	18	23	51	58	64	60	23	6	356
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	1	0	7	0	0	2	0	2	14
Diptera	Chironomidae		16	52	150	113	45	86	114	115	185	1604

Anexo II. Continuación

Sustratos Artificiales

Orden	Familia	Género	ene-mar 2005			mar-may 2005			may-jul 2005			jul-sep 2005		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	0	0	11	3	1	0	0	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	0	6	1	0	0	1	0	0	0	7	2	7
Diptera	Chironomidae		36	178	83	127	46	118	38	20	6	45	56	29

Orden	Familia	Género	sep-nov 2005			nov-ene 2005			Total de individuos
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i>	0	0	0	0	1	2	18
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	0	0	0	0	0	4
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	0	0	0	0	0	0	10
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	30	0	0	0	0	1	55
Diptera	Chironomidae		57	0	0	68	26	68	1001