

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Entomofauna acuática (Hexapoda: Insecta) de importancia biológica  
presente en el río Ojo de Agua, Tzimol, Chiapas**

**Por:**

**Luis Alberto Avendaño Álvarez**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre 2023**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**Entomofauna acuática (Hexapoda: Insecta) de importancia biológica  
presente en el río Ojo de Agua, Tzimol, Chiapas**

**Por:**

**Luis Alberto Avendaño Álvarez**

**TESIS**

**Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Aprobada por:**

Dr. Antonio Castillo Martínez  
Presidente

M.C. Sergio Hernández Rodríguez  
Vocal

Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Vocal

M. E. Javier López Hernández  
Vocal suplente

Dr. J. Isabel Márquez Mendoza  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**Entomofauna acuática (Hexapoda: Insecta) de importancia biológica  
presente en el río Ojo de Agua, Tzimol, Chiapas**

**Por:**

**Luis Alberto Avendaño Álvarez**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Aprobada por el comité de asesoría:**



Dr. Antonio Castillo Martínez  
Asesor principal



M.C. Sergio Hernández Rodríguez  
Coasesor



Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Coasesor



M. E. Javier López Hernández  
Coasesor



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023



## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Luis Antonio Avendaño Abadía y Mariola Álvarez Cordero, por cuidarme, por haberme brindado todo su apoyo, por toda su confianza depositada en mi persona, por el esfuerzo que hacen para sacarnos adelante, por guiarme por el buen camino, por sus consejos, su cariño y porque siempre están para mí, este logro es principalmente para ustedes...

### **A mis hermanos**

Juan Carlos, Tere, Vianey por darme siempre su cariño, su apoyo moral, por regalarme esos momentos de felicidad, por compartir su vida conmigo...

### **A mi familia**

Por confiar en mí, a mis abuelitos, tíos y primos, gracias por ser parte de su vida y por permitirme ser parte de su orgullo....

### **A mis amigos**

Por regalarme momentos de felicidad, por su apoyo y consejos que me han dado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por darme la vida, por guiarme por el buen camino y sacarme adelante siempre, por ayudarme a superar todos esos obstáculos que se me han presentado a lo largo de la vida, por poner en mi vida a personas que me hacen muy feliz y por todas esas bendiciones que derrama cada día sobre mí.

Al **Dr. Antonio Castillo Martínez**, por haber confiado y creer en mí para realizar este trabajo, por esa enorme paciencia que tuvo conmigo, gracias por todo el apoyo que me brindó.

A mi **Alma mater**, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por todo lo que me brindó durante mi estancia como estudiante.

A **mis maestros**, por compartir sus conocimientos, porque siempre me apoyaron cuando los necesité.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1. Objetivos generales.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Hipótesis .....</b>	<b>2</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Clase Hexapoda.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Orden Ephemeroptera.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1. Morfología de Ephemeroptera.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2. Ciclo de vida.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Orden Odonata .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1. Morfología de Odonata.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2. Ciclo de vida.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3. Clasificación de odonata .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Orden Plecoptera.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1. Morfología de Plecoptera.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2. Ciclo de vida.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.3. Clasificación de plecoptera .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5. Orden Hemiptera.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5.1. Morfología de los hemípteros.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2. Ciclo de vida.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.3. Clasificación de Hemiptera.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6. Orden Megaloptera .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.1. Morfología del orden Megaloptera .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.2. Ciclo de vida.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6.3. Taxonomía del orden Megaloptera.....</b>	<b>19</b>

2.7.	Orden coleóptera .....	19
2.7.1.	Morfología del orden coleoptera .....	20
2.7.2.	Ciclo de vida del orden Coleoptera .....	21
2.7.3.	Aspectos taxonómicos del orden coleoptera .....	22
2.7.4.	Coleópteros acuáticos .....	22
2.8.	Orden Trichoptera .....	24
2.8.1.	Morfología de los tricópteros .....	24
2.8.2.	Ciclo de vida de los tricópteros.....	25
2.8.3.	Taxonomía de los tricópteros.....	26
2.9.	Orden Díptera.....	27
2.9.1.	Familia culicidae .....	28
2.9.2.	Ciclo de vida.....	28
2.9.3.	Taxonomía.....	30
2.10.	Importancia de los insectos acuáticos .....	30
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1.	Ubicación Geográfica .....	32
3.1.1.	Clima .....	33
3.1.2.	Vegetación .....	33
3.2.	Determinación del área de muestreo .....	33
3.3.	Colecta y preservación de especímenes .....	34
3.4.	Identificación .....	35
IV.	RESULTADOS .....	36
4.1.	Especies encontradas .....	36
4.2.	Descripción de las especies encontradas .....	40
4.2.1.	<i>Basiaeschna janata</i> .....	40
4.2.2.	<i>Calopteryx maculata</i> .....	42
4.2.3.	<i>Hetaerina americana</i> .....	43
4.2.4.	<i>Hetaerina titia</i> .....	44
4.2.5.	<i>Ischnura hastata</i> .....	45
4.2.7.	<i>Telebasis byersi</i> .....	48
4.2.8.	<i>Belostoma testaceum</i> .....	49
4.2.9.	<i>Abedus immaculatus</i> .....	50
4.2.10.	<i>Belostoma spp.</i> .....	51
4.2.11.	<i>Hydrochara caraboides</i> .....	52

4.2.12. <i>Hydrophilus piceus</i> .....	53
4.2.13. <i>Rhantus gutticollis</i> .....	54
4.2.14. <i>Callibatis spp.</i> .....	55
4.2.15. <i>Anacroneuria marca</i> .....	56
V. CONCLUSIÓN.....	59
VI. LITERATURA REVISADA.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nayada de Ephemeroptera (Galan, 2022).	5
Figura 2. Adulto de Ephemeroptera (Flower y De la rosa, 2010).	6
Figura 3. Ciclo de vida de Ephemeroptera (Flower y de la Rosa, 2010).	7
Figura 4. Nayada de Odonata (Bybee, 2021).	7
Figura 5. Adulto de Odonata (Corbet, 2013).	8
Figura 6. Ciclo de vida de Odonata (Corbet, 2013).	9
Figura 7. Adulto del orden Plecoptera (Hadley, 2019).	11
Figura 8. Inmaduro de Plecoptera (Gutiérrez, 2010).	12
Figura 9. Ciclo de vida de Plecoptera (Duarte y calor, 2019).	13
Figura 10. Adulto del orden Hemiptera (Optalov, 2023).	15
Figura 11. Instares del orden Hemiptera (Valvon et al., 2019).	16
Figura 12. Adulto del orden Megaloptera (Castro, 2014).	18
Figura 13. Larva de Megaloptera (castro, 2014).	19
Figura 14. Adulto de escarabajo acuático (Matellanes, 2015).	20
Figura 15. Larva de escarabajo acuático (Galán, 2022).	21
Figura 16. Adulto de frigaena (Galan, 2022).	24
Figura 17. Ciclo de vida de Ephemeroptera (Galán, 2022).	25
Figura 18. Mosquito adulto del orden Diptera (Pradera, 2022).	28
Figura 19. Ciclo de vida de la familia Culicidae (Pradera, 2022).	29
Figura 20. Larva acuática de mosquito (Pradera, 2022).	29
Figura 21. Localización del municipio de Tzimol, Chiapas (INEGI, 2023).	32
Figura 22. Origen del agua “Barrio de San Diego.	33
Figura 23. Sitio 2: Cause de agua en el “Puente de San Diego”.	34
Figura 24. Sitio 3: Parte baja del río “Barrio La Rejoya”	34
Figura 25. Géneros de insectos acuáticos colectados en el río Ojo de Agua, Tzimol, Chiapas.	36
Figura 26. Especies recolectadas en el sitio Barrio de San Diego.	37
Figura 27. Especies recolectadas en el sitio Puente de San Diego.	38
Figura 28. Especies recolectadas en el sitio Barrio La Rejoya.	39
Figura 29. Nayada de <i>Basiaeschna janata</i> .	40
Figura 30. Presenta dos garras que terminan en uñas en el palpo labial.	40

Figura 31. Pata protorácica que muestra el vértice de la tibia, trazos y garras de <i>B. janata</i> (no presenta lóbulo excavador en el vértice de tibia).-----	40
Figura 32. Vista lateral de la cabeza: el labro no está cubierto por el palpo. --	40
Figura 33. Vista dorsal del Prementum: presenta uñas en forma de garra, sin pelecillos.-----	40
Figura 34. Antenas con 6 o 7 segmentos.-----	40
Figura 35. <i>B. janata</i> presenta 3 tarsos a diferencia de la familia Gomphidae que tiene solo 2 tarsos).-----	41
Figura 36. El epiprocto termina en forma de U invertido (dorsal), en la familia Gomphidae termina en forma de cono. -----	41
Figura 37. Apéndices anales en forma de U en <i>B. janata</i> . En <i>Coryphaeschna ingens</i> es recto formando varios picos a su alrededor y en <i>Boyeria vinosa</i> termina en cono. -----	41
Figura 38. Inmaduro de <i>Calopteryx maculata</i> . -----	42
Figura 39. Primer segmento antenal largo en <i>C. maculata</i> , en la familia Coenagrionidae todos los segmentos antenales son cortos. -----	42
Figura 40. Prementum en forma de triángulo entre el labio palpal de <i>C. maculata</i> (en la familia Coenagrionidae está cerrado).-----	42
Figura 41. Lamela caudal lateral de <i>C. maculata</i> formando un triángulo en la sección transversal. -----	42
Figura 42. Margen dorsal de las láminas caudales medias de <i>C. maculata</i> formado por espinas y setas, distinto a <i>Calopteryx dimidiata</i> . -----	42
Figura 43. Nayada de <i>Hetaerina americana</i> . -----	43
Figura 44. Primer segmento antenal tan largo como los segmentos distales combinados, hendidura medial profunda, laminillas laterales caudales y traquetéales.-----	43
Figura 45. Primer segmento antenal izquierdo largo de <i>H. americana</i> distinta de la familia Coenagrionidae con segmentos antenales cortos). -----	43
Figura 46. Prementum en vista ventral de <i>H. americana</i> con forma de triángulo entre el labio palpal.-----	43
Figura 47. Protórax prominente angulado en vista dorsal de <i>H. americana</i> (en <i>Calopteryx dimidiata</i> es recto). -----	43
Figura 48. Nayada de <i>Hetaerina titia</i> .-----	44
Figura 49. El primer segmento antenal es más largo que el resto en <i>H. titia</i> . -	44

Figura 50. Prementum con forma de triángulo entre el labio palpal de <i>H. titia</i> .	44
Figura 51. Esquinas posterolaterales de la cabeza con tubérculo agudo.	44
Figura 52. Lámina media de <i>H. titia</i> no ensanchada en la mitad distal con el ápice puntiagudo (diferente en <i>H. americana</i> ).	44
Figura 53. Nayada de <i>Ischnura hastata</i> .	45
Figura 54. Segmentos antenales cortos en <i>I. hastata</i> .	45
Figura 55. Prementum plano en vista rectal de <i>I. hastata</i> .	45
Figura 56. Lámina caudal lateral de <i>I. hastata</i> ramificada de manera desigual con ángulo oblicuo desde el ramal medio.	45
Figura 57. Reducción del tamaño en el 5° y 6° segmento abdominal formando un cono en vista dorsal de <i>I. hastata</i> .	45
Figura 58. Inmaduro de <i>Libellula semifasciata</i> .	46
Figura 59. Prementum en forma de cuchara (la familia Gomphidae lo presenta de forma plana).	46
Figura 60. Setas gruesas de la cresta frontoclipeal en vista dorsal de <i>L. semifasciata</i> .	46
Figura 61. Prementum triangular de <i>L. semifasciata</i> , el margen de las setas adyacentes con varias almenas diminutas, diferente al del género <i>Plathemis</i> que tiene forma redondeada).	46
Figura 62. El 6° y 7° segmento abdominal de <i>L. semifasciata</i> presenta picos en la parte media del abdomen ( <i>L. pulchella</i> no presenta esta característica).	46
Figura 63. Nayada de <i>Libellula pulchella</i> .	47
Figura 64. Vista lateral del labio en <i>L. pulchella</i> en forma de cuchara.	47
Figura 65. Vista dorsal de la cabeza en <i>L. pulchella</i> .	47
Figura 66. Setas gruesas visibles entre las adyacentes de la cresta frontoclipeal de <i>L. pulchella</i> .	47
Figura 67. Del 6° al 7° segmento abdominal con pelecillos paralelos de <i>L. pulchella</i> .	47
Figura 68. Inmaduro de <i>Telebasis byersi</i> .	48
Figura 69. Antenas con segmentos cortos en vista dorsal de <i>T. byersi</i> .	48
Figura 70. Prementum plano en vista rectal de <i>T. byersi</i> .	48
Figura 71. Lámina caudal lateral en forma de cruz de <i>T. byersi</i> .	48
Figura 72. Presenta 3 garras en el palpo derecho de <i>T. byersi</i> ( <i>E. doubledayi</i> solo presenta 2 garras).	48

Figura 73. Ninfa de <i>Belostoma testaceum</i> .-----	49
Figura 74. No presenta depresiones en cada ojo, con pubescencia en paraterguitos más anchos. -----	49
Figura 75. Tibia y tarsos de las patas traseras de <i>B. testaceum</i> similares a los de las patas medias; pico con segmento basal diferente al segundo).-----	49
Figura 76. Área membranosa de las alas anteriores más grande en <i>B. testaceum</i> . -----	49
Figura 77. Apéndice en vista dorsal de <i>B. testaceum</i> (Pubescencia un poco separada del margen interno del paraterguito VII). -----	49
Figura 78. Ninfa de <i>Abedus immaculatus</i> .-----	50
Figura 79. Antenas lameladas más cortas que el ancho de la cabeza en <i>A. immaculatus</i> . -----	50
Figura 80. Ápice del abdomen con espiráculo en forma tubular en <i>A. immaculatus</i> . -----	50
Figura 81. Tarsos y tibia de las patas traseras similares a los de las patas medias; pico con segmento basal diferente al segundo segmento).-----	50
Figura 82. Área membranosa de las alas anteriores reducida en <i>A. immaculatus</i> . -----	50
Figura 83. Ninfa de <i>Belostoma</i> spp.-----	51
Figura 84. Antenas más cortas que el ancho de la cabeza no visibles desde arriba en <i>Belostoma</i> spp. (Excepto en <i>A. immaculatus</i> ).-----	51
Figura 85. Ápice del abdomen con espiráculos en forma de correa o aparentemente redondeados en <i>Belostoma</i> spp. -----	51
Figura 86. Tibia y tarsos de las patas traseras similares a los de las patas medias, la uña con segmento basal diferente al segundo). -----	51
Figura 87. Escarabajo <i>Hydrochara caraboides</i> .-----	52
Figura 88. Patas medianas y traseras tan largas como las patas delanteras en <i>H. caraboides</i> . -----	52
Figura 89. Antena en forma de maza en <i>H. caraboides</i> más ancho y achatado en la parte terminal. -----	52
Figura 90. Élitro y pronoto sin pelos o con pelos escasos en <i>H. caraboides</i> .--	52
Figura 91. Palpos más largos que las antenas y generalmente visibles. -----	52
Figura 92. Escarabajo <i>Hydrophilus piceus</i> . -----	53

Figura 93. Vista ventral de <i>H. piceus</i> , el tercer par de patas más largas que las segundas. -----	53
Figura 94. Antenas de <i>H. piceus</i> en forma de masa y elipsoide en la parte final. -----	53
Figura 95. Élitros y pronoto sin pelos o con pelos escasos. -----	53
Figura 96. Vista ventral de <i>H. piceus</i> , el aparato bucal en forma de aguja se extiende más allá de las coxas traseras y termina en punta. -----	53
Figura 97. Escarabajo <i>Rhantus gutticollis</i> -----	54
Figura 98. Presenta dos puntos negros en la parte lateral del pronoto inmersas en una mancha café clara. -----	54
Figura 99. Mancha oscura punteada en la parte media basal del pronoto. ----	54
Figura 100. Mancha café oscura con una línea de puntos negros transversales en la parte media superior del pronoto. -----	54
Figura 101. Coloración amarilla en la parte media y lateral del pronoto, los élitros cubiertos de puntos negros y salpicado amarillo. -----	54
Figura 102. Inmaduro de <i>Callibatis</i> spp. -----	55
Figura 103. Branquias abdominales dorsales en los segmentos 1° al 7° o del 2° al 7° en <i>Callibatis</i> spp. -----	55
Figura 104. Uñas tarsales puntiagudas, con o sin dentículos ventrales en <i>Callibaetis</i> spp. -----	55
Figura 105. Dentículos ventrales presentes, fémures con espinas cortas en las caras anteriores. -----	55
Figura 106. Patas con tibias sin abanico de setas largas y finas en <i>Callibaetis</i> spp. -----	55
Figura 107. Inmaduro de <i>Anacroneuria marca</i> . -----	56
Figura 108. Branquias anales ausentes en <i>A. marca</i> . -----	56
Figura 109. Antenas largas de varios segmentos en <i>A. marca</i> . -----	56
Figura 110. Dos ocelos presentes de color negro (el género <i>Perlesta</i> presenta 3 ocelos bien definidos). -----	56
Figura 111. Línea occipital regular y sin espinas. -----	56

## INDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Insectos acuáticos encontrados en el sitio “Barrio de San Diego”... 37	37
Cuadro 2. Insectos acuáticos encontrados en el sitio “Puente de San Diego”. 38	38
Cuadro 3. Insectos acuáticos colectados en el sitio Barrio La Rejoya ..... 39	39

## RESUMEN

Los insectos acuáticos y semiacuáticos tienen importancia como indicadores biológicos de la calidad del agua en los ecosistemas, el índice biótico de Hilsenhoff indica el nivel de contaminación en las porciones altas, medias y bajas de los ríos perennes, considerando la sensibilidad y la tolerancia intrínseca de los insectos acuáticos. Durante el periodo abril-junio del 2023, se recolectaron insectos acuáticos inmaduros y adultos en tres secciones del río Ojo de Agua en Tzimol, Chiapas (16°11'32.99" N, 92°11'46.93" W) (INEGI, 2023); utilizando redes acuáticas de nylon (45 x 90 cm) y trampas tipo deriva de malla Tul (2 x 1 m). Los ejemplares capturados se conservaron en Etanol al 70% y fueron identificados en el Laboratorio de Parasitología de la UAAAN-UL bajo microscopio estereoscopio Luxeo-6Z (LABOMED®). Se recolectaron 113 muestras, resultando cinco órdenes, nueve familias y 13 géneros. Las especies más abundantes fueron *Belostoma* spp. (14.2%), *Callibaetis* spp. (13.3%), *Ischnura hastata* (12.3%), *Hydrophilus piceus* (11.2%), *Hetaerina americana* (10.3%), *Rhantus gutticollis* (8.5%), *Hetaerina titia* (7.5%), *Abedus immaculatus* (6.7%). Las especies *Telebasis byersi* (3.8%), *Hydrochara caraboides* 3.7%, *Libellula pulchella* 1.9% mostraron una abundancia menor al 4% y otras como *Ischnura kellicotti* 0.9%, *Libellula semifasciata* 0.9%, *Belostoma*, *Belostoma testaceum* 0.9%, *Calopteryx maculata* 0.9%, *Basiaeschna janata* 0.9%, *Anacroneuria marca* 0.9% fueron relativamente menores al 1% en abundancia.

**Palabras clave:** Tzimol, *Belostoma*, *Hydrophilus*, *Ischnura*, *Libell*

## I. INTRODUCCIÓN

Los insectos acuáticos y semiacuáticos tienen importancia biológica para determinar la calidad de agua en los ecosistemas dulce acuáticos lenticos y loticos. Los órdenes Ephemeroptera (Domínguez et al., 2006), Hemiptera (Padilla-Gil y Arcos, 2011), Coleoptera (Guareschi et al., 2015), Megaloptera (Contreras-Ramos, 2014), Trichoptera y Plecoptera presentan sensibilidad ante los cambios fisiológicos y químicos del agua o sus alteraciones hidromorfológicas, generados por factores ambientales o como producto de la contaminación (Resh and Jackson, 1993). La mayoría de los insectos acuáticos habitan en medio de agua dulce, pero algunas especies lo hacen en agua salada; la fauna acuática presenta una fase de su metamorfosis en el agua y en algunas especies el adulto es terrestre (Romero, 2022).

Kolkwitz y marsson (1909), estudiaron la respuesta de los organismos que habitan en el medio acuático para evaluar la calidad del agua, estableciendo el concepto de indicador biológico en algunos insectos. Los órdenes de los insectos con importancia ecológica son: Ephemeroptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera y Plecoptera; pueden pasar sus fases inmaduras acuáticas en forma de larva, ninfa o nayada (Flowers y De la Rosa, 2010). La conservación de las especies acuáticas es de vital importancia, pues funcionan como indicadores biológicos del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, al presentar una gran sensibilidad ante los cambios fisiológicos y químicos de las aguas o sus alteraciones hidromorfológicas (Matellanes, 2022).

En la localidad de estudio se ha modificado el cauce natural del Río para desarrollo turístico y el crecimiento poblacional está modificando el uso del agua, alterando la calidad del agua provocando daños o pérdidas de entomofauna acuática. El objetivo de este estudio fue evaluar la riqueza de insectos acuáticos presentes en el río Ojo de Agua de Tzimol (Chiapas) para determinar la calidad del agua con las especies presentes.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivos generales**

Identificar la riqueza de insectos acuáticos presentes en el Río Ojo de agua del municipio de Tzimol, Chiapas para determinar la calidad del agua.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- 1) Diseñar y establecer el área de estudio en el campo.
- 2) Determinar las especies de insectos acuáticos presentes en el río ojo de agua de Tzimol, Chiapas.
- 3) Evaluar la riqueza de especies de insectos acuáticos encontradas en el área de estudio.
- 4) Analizar los datos y establecer los parámetros de la calidad del agua con base a las especies encontradas en cada sitio de muestreo.

## **1.2. Hipótesis**

Ho: La riqueza de especies de insectos acuáticos presentes en aguas limpias es diferente a las encontradas en aguas contaminadas.

Ha: La riqueza de especies de insectos acuáticos presentes en aguas limpias es igual a las encontradas en aguas contaminadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clase Hexapoda

Los insectos son invertebrados que se clasifican dentro del filo Arthropoda y el subfilo Hexapoda, son el grupo de organismos más diversificados en todo el mundo, siendo más de la mitad de los organismos vivos conocidos (Sánchez, 2018); se pueden encontrar desde el nivel mar hasta las montañas más altas. Los hexápodos son artrópodos sin quelíceros, con mandíbulas, antenas, el cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, tres pares de patas en el tórax, abdomen sin patas articuladas a excepción de las formas inmaduras en su fase de larva, ninfas o náyades (Melic, 2015).

La cabeza de los insectos se conforma por un par de antenas, ojos simples o compuestos y el aparato bucal; este último se divide en mandíbulas, labium y maxilas con palpos (Suarez, 2022). El aparato bucal de un hexapoda puede clasificarse según su estructura y función como mordedor-masticador, succionador o chupador; sin embargo, en algunos casos pueden observarse algunas variaciones o combinaciones de los mismos (Moreno, 2019).

El tórax o tagma central está compuesto por tres segmentos: protórax, mesotórax y metatórax; es importante porque sostienen los apéndices motrices como patas y alas, de cada segmento nace un par de patas (Arias, 1985). El aparato digestivo consiste en un tubo continuo que se extiende desde la boca hasta el ano, donde se produce el proceso de digestión a través de la saliva y de las enzimas que ellos mismos producen. Dependiendo de los hábitos alimenticios el sistema digestivo se ha modificado para facilitar la explotación de diferentes fuentes de alimento; pueden ser fitófagos, xilófagos, carnívoros, carroñeros, saprofagos, hematofagos y parásitos (Moreno 2019). El sistema circulatorio consta de un corazón tubular situado en la cavidad pericárdica, cuya función principal es mover la hemolinfa a través de la aorta y órganos accesorios que mueven la hemolinfa en el interior de las alas y patas. La hemolinfa está formada por plasma y células que participan poco en el intercambio de oxígeno.

El sistema nervioso se divide en tres regiones: la región cefálica donde se encuentra el cerebro dorsal y el ganglio subesofágico, una región torácica compuesta de tres segmentos que pueden estar formado por uno o por la fusión

de dos o más neurómeros y varios ganglios ventrales. El aparato respiratorio es traqueal, inhala oxígeno y expulsan dióxido de carbono: poseen respiración aérea mediante varios tubos con la pared muy delgada llamadas traqueidas; todos estos tubos con la pared muy delgada llamados tráqueas, estos comunican con el exterior mediante unos orificios denominados estigmas y luego se unen con los diferentes órganos para oxigenarse. Las branquias se dividen y ramifican en conductos denominados traqueolas (Fernández, 2019).

La mayoría de los insectos tienen sexos separados, son vivíparos, vivíparas y otras se desarrollan por partenogénesis. Algunos tienen metamorfosis incompletas atravesando por una serie de mudas en su ciclo de vida. En la metamorfosis completa los organismos pasan por huevo, larva y pupa antes de alcanzar su estado adulto. Existen insectos de importancia como plagas agrícolas o urbanas, parasitoides, depredadores, polinizadores y de importancia ecológica como bioindicadores de la calidad del agua (Moreno, 2018).

## **2.2. Orden Ephemeroptera**

El orden Ephemeroptera es conocido como mosca efímera, son insectos acuáticos y relativamente primitivos, presentan un estadio denominado subimago previo al adulto sexualmente maduro. Los estados inmaduros (Figura 1) se originan en agua dulce, en la fase adulta las alas no se posan o pliegan contra el abdomen y presentan cercos muy delgados en el extremo del abdomen. Las efímeras son herbívoros, procesadores de materia orgánica y elementos importantes en la transferencia de energía dentro del sistema acuático (Flower y De la Rosa, 2010).



Figura 1. Nayada de Ephemeroptera (Galan, 2022).

Se han realizado diversos estudios experimentales relacionados con la dieta de muchos organismos acuáticos. La principal importancia económica radica en su valor como alimento para peces; tanto ninfas como adultos son alimentos importantes para muchos peces de agua dulce y se han fabricado moscas efímeras para la captura de peces. Cuando se detectan moscas efímeras en un curso de agua es una señal de que son aguas muy poco contaminadas (Domínguez *et al.*, 2006).

### 2.2.1. Morfología de Ephemeroptera

Presentan cabeza hipognata provista de tres ocelos, en la familia Baetidae los ojos compuestos de los machos aparecen divididos en dos porciones, entre los ojos laterales llamados ojos turbante tienen antenas filiformes con longitud variable dependiendo de las especies; el aparato bucal es de tipo masticador atrofiado porque carece de funcionamiento (Alba, 2015).

El tórax de las efímeras está formado por tres partes muy marcadas; el protórax, mesotórax y metatórax. Algunos géneros tienen patas modificadas para filtrar, excavar, limpiar, proteger las agallas o sujetarse al sustrato (Flower y De la Rosa, 2010); las patas en el adulto son más largas y delgadas que las ninfas, mostrando también dimorfismo sexual en algunos grupos, en donde la tibia y el tarso de las patas protorácicas están mucho más desarrolladas que en las patas medias y posteriores (Chacon, 2015).

Las alas son de tipo membranosa y generalmente glabras en el adulto (Figura 2), las alas anteriores de contorno subtriangular y venación primitiva muy

desarrolladas; las posteriores son más pequeñas, en ocasiones ausentes en la familia Ceanidae y en algunos géneros la familia Baetidae (Alba, 2015). El abdomen está compuesto por diez segmentos, observando diez placas esclerosadas en vista dorsal (tergitos) y nueve en vista ventral (esternitos), llevando apicalmente los tres filamentos caudales. En el caso del macho, la genitalia puede ser fácilmente reconocida por la presencia de dos apéndices, por lo general segmentados llamados fórceps o gonostilos, los cuales utiliza el macho como pinzas para sujetar a la hembra durante la cópula (Chacon, 2015).



Figura 2. Adulto de Ephemeroptera (Flower y De la rosa, 2010).

### **2.2.2. Ciclo de vida**

Presenta una etapa de subimago antes de madurar a la fase adulta, las ninfas pueden nadar hacia la superficie, flotar o desplazarse fuera del agua para que emerja el subimago (Figura 3); aunque también puede emerger bajo el agua, nadar hacia la superficie y volar hacia la vegetación tropical (Flower y De la Rosa, 2010). La fase subimago presenta alas de color blanco, permaneciendo en este estado hasta por dos días; tiene colores menos vistosos, ojos y ocelos poco desarrollados e inactivos, pero también pueden originar una reproducción. Machos y hembras presentan alas desarrolladas para volar y los órganos reproductores (gonoporos, edeagos) bien desarrolladas, se reproducen durante todo el año y ponen desde 400 a 1000 huevos aproximadamente (Vázquez *et al.*, 2009).

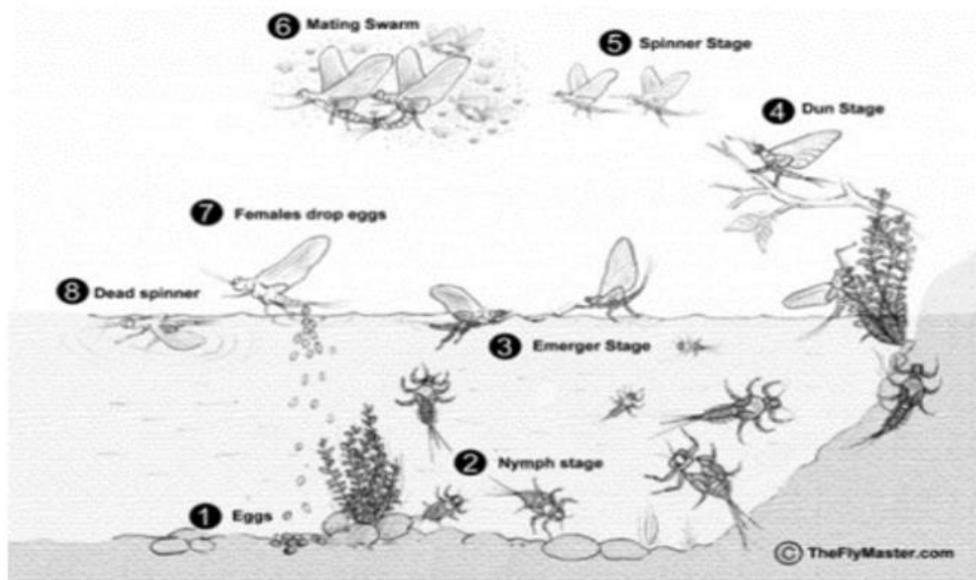


Figura 3. Ciclo de vida de Ephemeroptera (Flower y de la Rosa, 2010).

### 2.3. Orden Odonata

En este orden se ubican las libélulas y caballitos del diablo, son un grupo pequeño ampliamente distribuido de coloración llamativa; la fase inmadura puede ser semiacuática o acuática (Ramirez, 2010). Las nayadas (Figura 4) se desarrollan únicamente en agua dulce, con afluentes muy fuertes de río o arroyos con aguas limpias y mudan de nueve a 17 veces (Corbet, 1999).



Figura 4. Nayada de Odonata (Bybee, 2021).

En la fase adulta son de coloración llamativa, tienen ojos compuestos grandes y antenas reducidas, presentan piezas bucales modificadas con mandíbulas fuertes en forma de pinza (Figura 5). Tienen alas membranosas de venación densa con pterostigma grandes y el abdomen con forma alargada (Torralba, 2015).



Figura 5. Adulto de Odonata (Corbet, 2013).

Los odonatos se dividen en dos subórdenes, el orden Anisoptera incluye las libélulas con alas posteriores más grandes que las anteriores; en reposo las alas se disponen de manera horizontal transversal sin plegarse sobre el cuerpo. Los caballitos del diablo (orden Zygoptera) tienen ojos separados, abdomen más largo que las alas y delgado con alas plegadas verticalmente al cuerpo (Bybee, 2021).

En los ríos la presencia del 2% de odonatos inmaduros representa el 40% de la biomasa considerada para la cantidad de energía que fluye en las cadenas alimenticias acuáticas (Ramirez, 2010). Las nayadas son depredadores que controlan las poblaciones de mosquitos, la reducción poblacional o desaparición de este orden tiene consecuencia sobre el incremento de vectores de enfermedades tropicales como el dengue y la malaria (Carvajal, 2020).

### **2.3.1. Morfología de Odonata**

La cabeza es voluminosa con una notable movilidad y más grande que el tórax, presenta grandes ojos compuestos grandes; en los anisópteros los ojos envuelven casi completamente la cabeza y en los zigópteros están separados hacia los extremos (Torralba, 2015). Tienen antenas minúsculas y aparato bucal masticador bien desarrollado con grandes mandíbulas (Romero, 2022). El tórax se encuentra dividido por un protórax móvil pequeño, seguido de un protórax rígido grande e inmóvil, constituido por la unión del meso y metatórax en donde se insertan las alas. Están provistos de patas adaptadas para recoger sus alimentos (Insectos) en pleno revoloteo. El abdomen es largo y puede ser cilíndrico o aplanado, está formado por diez segmentos más un décimo segmento vestigial y a cada lado pueden observarse ocho aberturas

estigmáticas; el primer segmento abdominal es reducido, por ser el punto de unión entre el tórax y el resto del abdomen (Soriano *et al.*, 2014).

### 2.3.2. Ciclo de vida

Las libélulas son insectos hemimetábolos, poseen las fases de huevo, nayada y adulto en su ciclo de vida (Figura 6). Los huevos inmaduros tienen una fase acuática, la fase de nayada tiene una duración de un año aproximadamente (Ramírez, 2010). Los inmaduros de las libélulas tienen branquias y los caballitos del diablo cuentan con pelillos móviles que les permite respirar, comer y crecer dentro del agua hasta lograr su madurez. Como adultos viven volando, descansando en ramas u otros lugares y pueden vivir aproximadamente 2 meses (CONABIO, 2022).

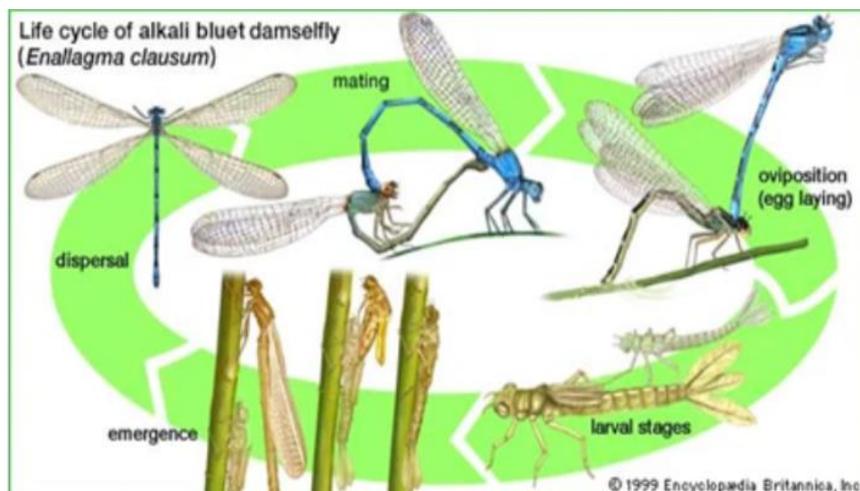


Figura 6. Ciclo de vida de Odonata (Corbet, 2013).

Los huevos son de forma diversa, algunos parecidos a granos de arroz y otros parecidos a mangos minúsculos. La postura de huevos puede ser endofítica (dentro de una planta), epifítica (en la superficie de la planta) y exofítica cuando la puesta se realiza en el agua o en la tierra (Corbet, 1999). Los huevos permanecen latentes hasta que llegan las estaciones de lluvias, cuando aumentan los niveles de agua de los lagos y arroyos permiten que el agua llegue a los huevos e inicia la incubación de los huevos de las libélulas (Serrano, 2008). La forma de los huevos opuestos enfáticamente son alargados, mientras los que son puestos empíricamente y exofíticamente son elípticos o semiesféricos (Corbet, 1999). La fase de huevo en desarrollo directo dura entre una semana y dos meses y varios meses durante el invierno (Torralba, 2015).

Las larvas tienen forma alargada, se caracterizan por presentar una modificación de labio inferior, formando una mandíbula alargada y articulada (submentum y prementum) con palpos en forma de púas prensiles que les permiten capturar a invertebrados acuáticos, alevines de peces, renacuajos y ranas pequeñas (Torralba, 2015). En estado de reposo, el labio alargado se pliega bajo la cabeza formando una máscara en algunas especies; a la hora de atrapar una presa el labio se extiende hacia enfrente para atrapar a su presa (Ramírez, 2010).

Los adultos tienen la cabeza más ancha que el resto del cuerpo, el abdomen largo y delgado con dos pares de alas membranosas transparentes. Se encuentra asociado a los ambientes acuáticos para la puesta de huevos y el desarrollo de náyadas: no tiene fase de pupa y por lo tanto su metamorfosis es hemimetábolo. Depredan insectos de cuerpo blando como moscas, mosquitos, mariposas u otras libélulas (Torralba, 2015). Los machos presentan un saco en el segundo y tercer segmento abdominal formando una estructura en forma de pinzas para sujetar a la hembra durante la cópula. El macho produce el esperma en la punta del abdomen y la transfiere a los genitales secundarios donde la hembra es fecundada (Bybee, 2021).

### **2.3.3. Clasificación de odonata**

El orden Odonata agrupa pocas especies comparado con otros insectos acuáticos, habitan desde el nivel del mar hasta las cumbres de las montañas, se conocen aproximadamente 5600 especies en el mundo que podría extenderse a casi las 9000 especies, considerando las que faltan por descubrirse (Ramírez *et al.*, 2000).

#### **Taxonomía de la división de subórdenes**

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Odonata

Suborden: Anisoptera (Selys, 1854)

Zygoptera (selys, 1854)

## 2.4. Orden Plecoptera

Se ha registrado un fósil que data de hace 263 a 258 millones de años, correspondiente al periodo pérmico temprano (Figuroa *et al.*, 2015). Este orden agrupa a los insectos conocidos como moscas de piedra, es un grupo relativamente pequeño de insectos (Gutiérrez, 2010). Las larvas habitan bajo piedras u otros objetos sumergidos en arroyos de montañas (Morrone *et al.*, 1998), cerca de lagos con variantes caudalosos (Smith *et al.*, 2000); también se encuentran en ríos con corriente fuerte, pero algunas especies se adaptaron para vivir en ambientes lenticos oligotróficos y en sistemas temporales (Gutiérrez, 2010).

Los plecopteros son insectos neópteros y exopterigotos, con inmaduros acuáticos y la mayoría de adultos son voladores terrestres (Smith *et al.*, 2000). Tienen importancia por las funciones ecológicas que desempeñan en las aguas de medios fluviales (Zwick, 2004). La alimentación de las nayadas depende de las especies, del estado de desarrollo y la hora del día; algunas especies en la fase inmadura son primero detritívoras y después adoptan una dieta carnívora. En la fase adulta (Figura 7) la mayoría de las especies no se alimentan, pero pueden ingerir sustancias azucaradas o alimentos sólidos como brotes de hojas, líquenes, hifas de hongos y polen (Tierno *et al.*, 2015). Los plecópteros intervienen en el flujo de energía y reciclaje de nutrientes del sistema terrestre y en las cadenas tróficas acuáticas (Gutiérrez, 2010).



Figura 7. Adulto del orden Plecoptera (Hadley, 2019).

### 2.4.1. Morfología de Plecoptera

La cabeza es de tipo prognata con un par de ojos compuestos en los laterales, generalmente poseen tres ocelos centrales, aunque también puede tener dos y estar ausentes en algunas especies. Tienen antenas filiformes largas de al menos la mitad de la longitud del cuerpo (Tuner, 1996). Las piezas bucales de los inmaduros están adaptadas para ser herbívoros-detritívoros, carnívoros y algunas especies omnívoras (Stewart *et al.*, 2008).

El tórax tiene forma más o menos aplanado dorsoventralmente (Gutiérrez, 2010) con tres metámeros bien diferenciados, posee un par de alas membranosas en el mesotórax y otro par más anchas que las primeras en el metatórax; los tres pares de patas tienen función locomotora (Tierno, 2015). El

El abdomen está provisto de 10 segmentos sin ovipositor; en las ninfas (Figura 8) puede ser cilíndrico o sub cilíndrico cubierto por setas y espinas dispersas en la superficie dorsal y en proporción en la superficie ventral. El abdomen termina en dos cercos compuestos por al menos 25-60 segmentos (Stewart *et al.*, 2008).



Figura 8. Inmaduro de Plecoptera (Gutiérrez, 2010).

Los adultos presentan dos pares de alas membranosas con venación pronunciada, algunas especies pueden ser ápteras o braquépteras. Presentan coloración amarilla, café, verde brillante (*Chloperlidae*), rojo (*Eustheniidae*) o morado. Generalmente las hembras carecen de ovipositor y solo la familia *Notonemouridae* tiene ovipositor desarrollado (Gutiérrez, 2010).

### 2.4.2. Ciclo de vida

Presenta metamorfosis incompleta de tipo hemimetábola (Figura 9), antes de llegar a la fase adulta los inmaduros se arrastran fuera del agua hacia las

rocas, troncos o cualquier otro sustrato y pueden escalar varios metros en los altos de los árboles (Zúñiga *et al.*, 2010). Las hembras depositan sus huevos al revolotear sobre el agua arrojando huevos individuales o en masas, que pueden contener desde 25 hasta 3000 huevos y algunas especies los adhieren sobre algún sustrato sumergido (Zuñiga *et al.*, 2013).



Figura 9. Ciclo de vida de Plecoptera (Duarte y calor, 2019).

El desarrollo de los huevos varía con relación a la especie y la temperatura del agua, algunas especies pueden completar su desarrollo en 3 o 4 meses, prolongarse por 11 meses y en casos extremos hasta 3 años. Los adultos pueden vivir por algunos días o semanas en la vegetación (Gonzales *et al.*, 2012). Las ninfas poseen dos colas, dos antenas largas y carecen de agallas en el abdomen, pueden alcanzar mayor tamaño que las ephemeropteras; su tamaño promedio no supera los tres centímetros, aunque algunas especies alcanzan los 7 centímetros de largo (Ordoñez, 2020).

Los adultos son terrestres, las alas miden entre 7 y 35 mm, se encuentran en la vegetación circundante a los cuerpos de agua, vuelan poco y no viven mucho tiempo. La mayoría de las especies tienen cuatro alas membranosas, aunque otras pueden presentar alas posteriores reducidas o ausentes. Las hembras ovipositan en el agua y los machos de algunas especies atraen a las hembras doblando el abdomen (González *et al.*, 2012).

### 2.4.3. Clasificación de plecoptera

Según Fochetti y Tierno (2015), el orden plecoptera es un grupo reducido de insectos con 3497 especies descritas ubicadas en 16 familias y 286 géneros a nivel mundial.

#### Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Animalia

Superclase: Hexápoda

Clase: Pterygota

Orden: Plecoptera (Burmeister, 1839)

### 2.5. Orden Hemiptera

Los heterópteros presentan más de 40,000 especies a nivel mundial, siendo el grupo de insectos más grande con metamorfosis paurometabola (Henry *et al.*, 2009). Existen tres grandes subórdenes dentro del orden hemiptera catalogados como: Sternorrhyncha (moscas blancas, áfidos o pulgones), Auchenorrhyncha (cigarras, chicharras o chicharritas) y Heteróptera (chinchas verdaderos o asesinos) la mayoría tiene hábitos terrestres y en menor proporción presentan una fase inmadura acuática y otras que son exclusivamente acuáticas (De la Fuente, 1994).

Se encuentran en todo el mundo, habitando en casi todos los tipos de ambientes que existen por su facilidad de adaptación (Briceño, 2021). La mayoría son fitófagos, otros zoófagos y algunas especies son hematófagos (Schaefer, 2000); por lo anterior, se pueden comportar como plagas agrícolas en diversos cultivos o ser vectores de enfermedades (López, 2021). Los hemípteros acuáticos (Figura 10) son insectos depredadores que habitan en ecosistemas dulceacuícolas, estuarinos y marinos (Padilla *et al.*, 2011).



Figura 10. Adulto del orden Hemiptera (Optalov, 2023).

### 2.5.1. Morfología de los hemípteros

Presentan la cabeza más estrecha que el pronoto con poca movilidad, un par de ojos compuestos, con un par de ocelos presentes o ausentes en algunas familias y un surco transversal entre los ojos compuestos y los ocelos (Goula & Mata, 2015). En la parte anterior de la cabeza emerge el aparato bucal en forma de aguja, que se oculta bajo el tórax. La forma alargada del aparato bucal está modificada para succionar sangre de sus huéspedes o la savia de las plantas (López, 2021).

En el dorso del protórax (pronoto) pueden presentar callosidades, surcos longitudinales o transversales. El escutelo puede alcanzar el extremo posterior del abdomen, cubriendo parcial o completamente los hemielitros, pudiendo presentar callosidades oblicuas; en ocasiones el esqueleto queda oculto bajo el pronoto prolongándose hacia atrás. La región lateral de cada segmento torácico (pleural) está muy desarrollada, en las metapleurales se sitúan las aberturas de las glándulas odoríferas (Goula & Mata, 2015).

El primer par de alas cuando están presentes tienen una porción basal engrosada y una porción apical membranosa, siendo de tipo hemielitros el primer par y membranoso el segundo (Zumbado *et al.*, 2018). Las patas en la mayor parte de las especies depredadoras son de tipo raptorial y en los inmaduros acuáticos las patas medias y posteriores son de tipo nadador, con tarsos de dos o tres segmentos (Domínguez, 1996).

El abdomen está formado por siete u ocho segmentos llamados terguitos (dorsal) y esternitos (ventral). El margen del abdomen es ensanchado de forma convexa, en la parte lateral del abdomen se encuentran los estigmas

respiratorios, los últimos segmentos alojan las estructuras reproductoras internas; en los machos constituyen la cápsula genital o piróforo con un par de apéndices quitinosos especializados en la sujeción de la hembra, en la hembra la cámara genital recibe el esperma y forma la estructura del ovipositor (Goula & Mata, 2015).

### 2.5.2. Ciclo de vida

El huevo está protegido por un corion semipermeable a los gases, aunque en algunas especies el oxígeno entra a través de pelos huecos o expansiones en forma de lengüeta (López, 2021). La hembra deposita los huevos sobre las plantas, el suelo, bajo la hojarasca o las piedras; en algunos géneros la hembra entierra la puesta o la introduce en tejidos vegetales con ayuda del ovipositor, depositando entre uno y un centenar aislados o en grupos con secreciones aglutinantes (Bar, 2009).

Los inmaduros emergen del huevo a través del opérculo, eclosionando a través de las diferentes capas del huevo haciendo uso de la presión sobre estas. El individuo que emerge del huevo es el primer estadio ninfal, posteriormente sucede la primera muda y comienza a alimentarse (López, 2021); en el tercer estadio ninfal se observan los primordios alares (estuches alares) en forma de lóbulos por detrás del pronoto, desarrollados en el 4º y 5º estadio (Goula & Mata, 2015). La última muda origina un individuo adulto con las alas desarrolladas y estructuras reproductivas bien formadas (López, 2021), como se muestra en la figura 11.

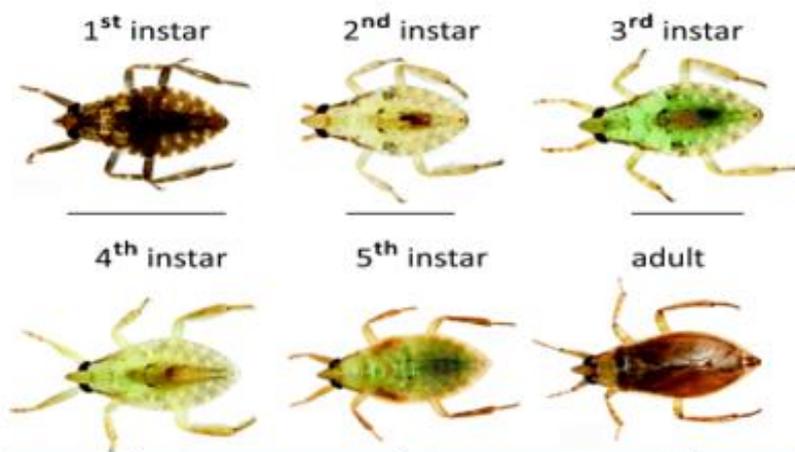


Figura 11. Instares del orden Hemiptera (Valvon et al., 2019).

### 2.5.3. Clasificación de Hemiptera

Las chinches se agrupan en el suborden Heteroptera junto con los del suborden Auchenorrhyncha, Sternorrhyncha y el suborden Coleorrhyncha (Cryan & Urban, 2011).

## 2.6. Orden Megaloptera

Son insectos primitivos endopterigotas, neópteros, con alas subiguales sin pterostigma diferenciado y con venación primitiva muy ramificada; se caracterizan por las alas posteriores que se cierran en abanico (Grustan, 2015). Los machos del género *Corydalus* poseen mandíbulas modificadas en forma de colmillos que aumentan su longitud en función del tamaño del individuo. Algunas especies tienen una longitud alar de 18 cm (*Corydalus magnus*), los adultos de *Platyneuromus* poseen expansiones de la cabeza posteriores a los ojos que le dan un aspecto extraño (machos) e incrementan su tamaño en función del tamaño organismo (Contreras *et al.*, 2014).

Las poblaciones de megalopteros se localizan en ríos y quebradas con flujo de agua continuo y pocos sedimentos. La mayoría prefiere sitios rocosos dentro de las quebradas, aunque algunos pueden encontrarse entre la hojarasca (Ramírez *et al.*, 2018); se pueden utilizar como señuelo para pescar, pueden ser fitófagos de menor importancia agrícola y son excelentes bioindicadores para determinar la calidad de las aguas naturales (Ramírez *et al.*, 2018).

### 2.6.1. Morfología del orden Megaloptera

La cabeza es generalmente aplanada, con un desarrollo variable de los márgenes postoculares del cráneo y con una espina postocular (Glorioso, 1981), las antenas pueden ser aserradas o flabeladas en los machos, ojos compuestos prominentes bien desarrollados y dispuestos lateralmente. Algunas especies pueden tener excrecencias o expansiones de la región postocular, tres ocelos y piezas bucales desarrolladas. Las mandíbulas de algunos machos (*Corydalidae*) son grandes en relación a la cabeza en forma de hoz; presentan palpos maxilares con cinco segmentos y tres segmentos labiales (Figura 12). Los

machos de los géneros *Corydalis* y *Acanthacorydalis*, poseen mandíbulas sumamente grandes en relación a la cabeza (Grustan, 2015).



Figura 12. Adulto del orden Megaloptera (Castro, 2014).

En el tórax se observa el pronoto más ancho que largo, patas caminadoras con coxas alargadas, el cuarto tarsomero bilobulado (Sialidae) y uñas simples. El abdomen se constituye por 10 segmentos y ocho pares de estigmas con consistencia blanda, flexible y pilosa; los tergos y esternos bien definidos con amplias zonas pleurales (Montserrat, 2014).

### 2.6.2. Ciclo de vida

La hembra fecundada pone los huevos por la tarde durante el crepúsculo, la postura de huevos se realiza entre las rocas, la hojarasca o en la vegetación de la orilla de los cuerpos de agua; los cuales tardarán en eclosionar de una a cuatro semanas dependiendo del clima. Cuando eclosionan los huevos y emergen las larvas del primer estadio caen al agua, donde pasan un periodo de desarrollo por un año aproximadamente. Las larvas son depredadoras y también se alimentan de carroña (Figura 13); pueden alcanzar hasta 8 cm de longitud, poseen de 7 a 8 filamentos laterales abdominales y racimos de branquias traqueales bajo los filamentos. También presentan espiráculos para el intercambio gaseoso a partir de aire atmosférico, logrando mayor resistencia ante la desecación temporal del hábitat (Contreras *et al.*, 2014).



Figura 13. Larva de Megaloptera (castro, 2014).

La pupa es terrestre, se ubica en el margen del medio acuático bajo un sustrato como rocas, hojarasca, materia en descomposición, musgos o arena (Grustan, 2015), está provista de mandíbulas conspicuas y funcionales para morder en su defensa (Contreras *et al.*, 2014). Según las condiciones ambientales, pueden permanecer en estado larval o de prepupa algunos meses e incluso años y hasta que existan las condiciones favorables comienza la pupación, que puede durar entre dos y cuatro semanas (Grustan, 2015).

Los adultos son de hábitos nocturnos, no se alimentan y su vuelo es relativamente lento, aunque pueden recorrer largas distancias. Después de la copula, las hembras buscan una pared rocosa por donde corre un río, troncos u hojas de ramas que quedan sobre el agua, para ovipositar masas de huevos blanquecinos. Los adultos poseen un periodo de vida relativamente corto (entre 1 y 2 semanas) y no se alimentan, aunque si beben agua y soluciones dulces en cautiverio (Contreras *et al.*, 2014).

### **2.6.3. Taxonomía del orden Megaloptera**

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subfilo: Hexápoda

Clase: Insecta

Orden: Megaloptera (Eiseman, 2008)

### **2.7. Orden coleóptera**

Los escarabajos pertenecen al orden Coleóptera, caracterizado por sus duras alas de tipo élitros (Koppert, 2022), se conocen 179 familias y casi 400,000

especies (Ribera y Beutel, 2014); es el orden más grande de todos los insectos, presentando variedad de formas, tamaños y hábitos. Varias especies son plagas importantes en cultivos, madera y productos en almacén; pero también hay muchos coleópteros de gran utilidad (Koppert, 2022). Las especies se han encontrado viviendo en variados hábitats terrestres y de agua dulce; se pueden alimentar de flores, frutos, deyecciones, otros animales, semillas, hojas, polen, raíces, etc. (Daly, 2015).

Los escarabajos acuáticos (figura 14) funcionan como indicadores biológicos del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, por su sensibilidad a los cambios físicos y químicos de las aguas o sus alteraciones hidromorfológicas (Matellanes, 2015).



Figura 14. Adulto de escarabajo acuático (Matellanes, 2015).

### **2.7.1. Morfología del orden coleoptera**

La cabeza es comúnmente prognata, aunque existen formas ortognatas y opistognatas; presentan una cápsula cefálica con escleritos difíciles de distinguir, una sutura frontoclipeal más o menos marcada. En las genas se insertan los ojos compuestos de forma y tamaño variable, uno o tres ocelos presentes en el vértice de algunos géneros de las familias Jurodidae (tres), Hydraenidea, Staphylinidae, Derodontidae (dos) y un ocelo visible en Dermestidae (Alonso *et al.*, 1998).

Las antenas están compuestas por 11 segmentos, pueden tener artejos cortos (Paussidae) o muy largos (Cerambycidae), se pueden ubicar de forma proximal o separada articuladas con el epicráneo, en la frente, entre los ojos o entre el ojo y la base de la mandíbula; pueden ser de tipo filiformes, moniliformes, aserradas, pectinadas, flabeladas o bien mazudas o capitadas (Coto, 1998). La mayoría de las especies de coleópteros son alados y ápteras en la familia

Lampyridae. Los élitros son quitinizados y sirven de protección a las alas membranosas, las cuales en reposo se pliegan longitudinal y transversalmente debajo de los élitros (Alonso *et al.*, 1998).

Las piezas bucales se componen de un labro inserto en el borde distal del clípeo, dos mandíbulas, dos maxilas y un labio; las maxilas presentan un palpo maxilar de cuatro artejos, una lacinia y una galea usualmente bisegmentada palpiforme en el suborden Adhepaga y ausente en el suborden Myxophaga. El labio contiene un par de glosas, un par de paraglosas, lígula y un par de palpos labiales con tres artejos (Alonso *et al.*, 2015). En el tórax se encuentran las patas con artejos usuales que pueden presentar modificaciones; en los machos de la familia Cerambycidae las tibias del primer par de patas pueden ser muy largas con respecto a las de los pares restantes. El abdomen se divide entre diez u once segmentos con cinco o seis esternitos visibles (Arias, 2020).

### 2.7.2. Ciclo de vida del orden Coleoptera

Los coleópteros presentan metamorfosis completa, su ciclo de vida consta de larva, pupa y adulto (Koppert, 2022). Las larvas (Figura 15) pasan entre uno y 15 estadios separados por mudas; en los escarabajos acuáticos presentan características diferentes (hipermetamorfosis). Todas las larvas tienen una cápsula cefálica bien diferenciada y provista de piezas bucales de tipo masticador (Coto, 1998).



Figura 15. Larva de escarabajo acuático (Galán, 2022).

Las pupas pueden tener movilidad reducida o ser completamente inmóviles; algunas especies construyen el pupario de materiales diversos o celdas en el mismo sustrato donde se desarrolla la larva, del cual emergerá el adulto para endurecer su cutícula y copular (Triplehorn y Johnson, 2005). El proceso de metamorfosis puede variar desde algunos meses hasta dos o tres

años y su ciclo de vida está en concordancia temporal con el fenómeno climático anual de la región donde se desarrollan (Reyes *et al.*, 2005).

### **2.7.3. Aspectos taxonómicos del orden coleoptera**

El orden coleóptera se divide en cuatro subórdenes: Archostemata (40 especies), Myxophaga (94), Adepfaga (41,000) y Polyphaga con 350 mil especies (Ribera y Beutel, 2014). El suborden Adepfaga se caracteriza principalmente por sus hábitos depredadores en larvas y adultos; incluye 11 familias, de las cuales tres son terrestres y las restantes acuáticas. Las larvas tienen cuatro segmentos antenales y seis segmentos en las patas, los adultos presentan grandes metacoxas fusionadas al tórax (Beutel, 2005). Los escarabajos del suborden Myxophaga miden aproximadamente 2 mm o menos, tanto las larvas como adultos se alimentan de algas y la mayoría de las especies se restringen hacia ambientes higropétricos (familia Torridincolidae e Hydroscaphidae) o a sustratos húmedos como las familias Lepiceridae y Sphaeriusidae (Kodada, 2005).

El suborden Polyphaga incluye numerosas especies en 151 familias, las larvas se caracterizan por tener fusionado el trocánter y la propleura ocultándose para formar una cryptopleura; las metacoxas generalmente están libres y móviles sin dividir el primer ventrito; presentan patas con 5 segmentos y pre tarsos con una sola uña (Kodada, 2005). Las especies del suborden Archostemata se agrupan en cinco familias, muestran una pleura protorácica externa, ausencia de escleritos cervicales y alas posteriores con una celda oblonga donde el pliegue transversal mayor atraviesa la vena medial posterior (Lawrence y Newton, 1995).

### **2.7.4. Coleópteros acuáticos**

Los escarabajos acuáticos manifiestan una riqueza de especies dominante en ambientes dulceacuícolas, por su alta diversidad y participación en las comunidades acuáticas son excelentes indicadores de la calidad del agua (Arce *et al.*, 2022).

#### **2.7.4.1. Biología de los coleópteros acuáticos**

Las larvas obtienen oxígeno a través de un tubo abdominal denominado sifón, mediante branquias y otras toman el oxígeno directamente de las células

parenquimatosas de las plantas hospederas, ya que viven dentro de las hojas, tallos y raíces de plantas acuáticas o semiacuáticas (Arce *et al.*, 2022). Presentan una cápsula esclerotizada en la cabeza con las partes bucales visibles, el abdomen muestra agallas laterales o ventrales y está dividido en esternitos con un opérculo en el último esternito abdominal (Roldan, 1988).

Los adultos se caracterizan por tener un cuerpo compacto, en la cabeza existen partes bucales y mandíbulas visibles, las antenas varían en forma y número de segmentos; el primer par de alas es de tipo élitros cubriendo totalmente el tórax y el abdomen (Roldan, 1988). Habitan una gran diversidad de ambientes, que pueden ser: ríos, arroyos, lagos, lagunas, cascadas, manantiales, charcas temporales, humedales, charcas rocosas, litorales, acuíferos subterráneos y cuerpos de aguas al interior de cavernas (Arce *et al.*, 2022).

#### **2.7.4.2. Familia Elmidae**

Son escarabajos acuáticos muy frecuentes en ambientes lóticos utilizados como bioindicadores de la calidad del agua (Gonzales *et al.*, 2020). Se han descrito 146 géneros con dos subfamilias: Larainae (26 géneros) y Elmidae (120 géneros) que albergan 1330 especies aproximadamente, ya que existen especies sin clasificar en los museos. Las larvas son de cuerpo elongado o cilíndrico que miden de tres a 14 mm de longitud; el abdomen se divide en nueve segmentos con un opérculo en la superficie ventral, donde se ubican las branquias a modo de finas pilosidades (CORTOLIMA, 2009). El segmento abdominal terminal (ápice bífido), carece de urogonfos y puede ser redondeado o con muescas hacia dentro; las cuatro patas presentan una garra en el tarso y los esternitos abdominales carecen de branquias externas (Epler, 2010).

Los adultos presentan consistencia quitinosa, con forma oval-elongados, miden entre 2.5 a 7.0 mm, poseen antenas largas y filiformes; tarsos con 5 tarsómeros donde el 5º tarsómero es tan largo como los 4 primeros combinados (CORTOLIMA, 2009), coxas posteriores transversales sin margen de tomento; los machos de algunas especies poseen una cresta espinosa sobre el margen interno de la tibia media (Epler, 2010).

## 2.8. Orden Trichoptera

Los tricópteros o frigáneas adultos portan alas cubiertas de pilosidades (Figura 16) y la mayoría de las especies dependen del mismo acuático para su desarrollo; pueden habitar en fuentes de agua limpia bien oxigenadas de ríos o arroyos, ambientes lénticos terrestres e incluso marinos (Springer, 2010).



Figura 16. Adulto de frigánea (Galan, 2022).

Las larvas y los adultos tienen importancia ecológica en las cadenas alimenticias de organismos acuáticos o terrestres como: peces, ranas, aves, murciélagos y arañas (Springer, 2010). Por su tipo de alimentación existen varias familias que son raspadores (Hydroptilidae, Glossosomatidae y Xiphocentronidae) y se alimentan de hojarasca sumergida y materia orgánica en descomposición (Calamoceratidae, Lepidostomatidae y Leptoceridae) según Benke & Wallace (1980). Las larvas de los tricópteros construyen refugios o casas utilizando seda producida por una glándula bucal, dependiendo de la familia pueden construir refugios firmemente pegados al sustrato o bien refugios portátiles que les permiten movilizar; los refugios fijados al sustrato se emplean para obtener alimento y las construyen en forma de red como las especies de la familia Hydropsychidae (Wiggins, 2004).

### 2.8.1. Morfología de los tricópteros

La cabeza de las larvas está esclerotizada, de color café claro u oscuro uniforme o con patrones de manchas como en la familia Hydrobiosidae, Polycentropodidae y Leptoceridae (Springer, 2014); las antenas pueden ser tan largas como las mandíbulas en las familias Leptoceridae e Hydroptilidae, pero

también rudimentarias, muy pequeñas o casi invisibles. El aparato bucal de tipo lamedor tiene mandíbulas vestigiales, formando un haustelo o probóscide con las maxilas y el labio para alimentarse de líquidos (Costas, 2016).

El primer segmento del tórax (pronoto) está esclerotizado, el meso y metatórax tienen un grado de esclerotización dependiendo de la familia; estas últimas estructuras podrán ser totalmente membranosos (Philopotamidae e Hydrobiosidae) o completamente esclerotizadas en las familias Hydropsychidae e Hydroptilidae. Presentan patas bien desarrolladas modificadas para la locomoción o el tipo de alimentación (Springer, 2010). El abdomen se divide en 10 segmentos donde los últimos están modificados y constituyen la genitalia externa. Los machos muestran gonoporos frecuentemente segmentados en forma de fórceps (Zamora, *et al.*, 2015).

### 2.8.2. Ciclo de vida de los tricópteros

Presentan metamorfosis holometábola (huevo, larva, pupa y adulto), donde los inmaduros son acuáticos y los adultos terrestres (Figura 17). Manifiesta cinco instares larvales que se pueden mantener desde varios meses hasta años, dependiendo de la especie y los factores ambientales (Resh y Rosenberg, 1993).

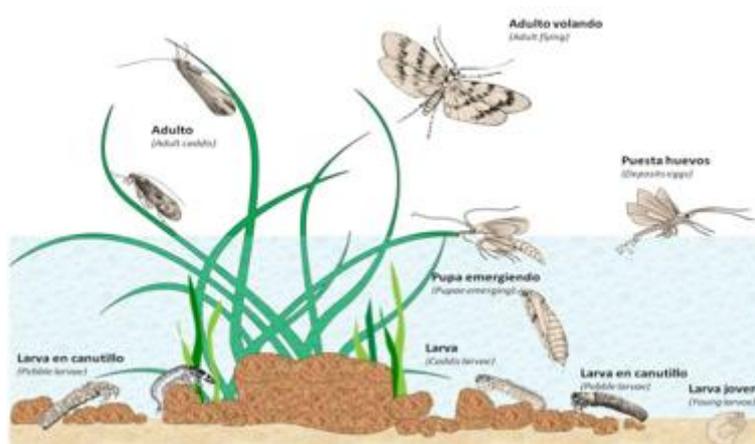


Figura 17. Ciclo de vida de Ephemeroptera (Galán, 2022).

Los huevos los deposita la hembra en masas o hileras dentro o cerca del agua envueltos en una masa gelatinosa. Para ovipositar, las hembras entran en el agua y adhieren sus huevos en objetos sumergidos o sobre objetos fuera del agua y al emerger las larvas caen al agua. Otras especies vuelan sobre la

superficie del agua tocándola intermitentemente para depositar las masas de huevos (McCafferty, 1998).

Las larvas tienen la cabeza, el tórax y las patas bien desarrolladas, un par de propatas anales y una uña en el último segmento abdominal; el abdomen puede tener o carecer de branquias filamentosas. Poseen una glándula salival productora de seda que utilizan para construir casa o refugios con arena, hojas o fragmentos pequeños de piedras y palos; también utilizan la seda para sostenerse en el sustrato, construir redes para filtrar el agua, obtener detritus del agua o capturar presas. Su alimento lo obtienen de algas asociadas a hojas en descomposición, raspan diatomeas de las piedras sumergidas o depredan pequeños invertebrados (Blahnik *et al.*, 2007).

La fase de la pupa es acuática a excepción del género *Ironoquia* (familia *Limnephilidae*) y se desarrolla dentro de un estuche o capullo pupal fijado a las rocas o a la vegetación con distintos materiales (Zamora *et al.*, 2015). Los adultos tienen un aspecto similar a un lepidóptero; la cabeza tiene dos antenas filiformes largas, ojos compuestos bien desarrollados, pueden presentar tres ocelos. El aparato bucal es de tipo lamedor con mandíbulas vestigiales, las maxilas y el labio forman probóscide o haustelo por el que se alimentan de líquidos (Zamora *et al.*, 2015).

### **2.8.3. Taxonomía de los tricópteros**

Se han asignado caracteres sinapomórficos para las larvas acuáticas apnéusticas que carecen de espiráculos abiertos, pueden tener respiración epidérmica mediante filamentos branquiales abdominales del 1º al 9º sin pseudopatas ventrales y en el 9º segmento abdominal muestran un terguito dorsal. El adulto presenta mandíbulas reducidas, carece de articulación mandibular, tiene el prelabium unido con la hipofaringe para formar el haustellum como órgano succionador (Blahnik *et al.*, 2007).

El orden Trichoptera se divide en los subórdenes Annulipalpia, Spicipalpia e Integripalpia. Los annulipalpia agrupan a las familias Ecnomidae, Hydropsychidae, Philopotamidae, Polycentropodidae y Xiphocentronidae; cuyas larvas se movilizan ágilmente mediante propatas anales bien desarrolladas y construyen refugios fijados al sustrato. Las larvas del suborden Spicipalpia son

de vida libre y agrupa a las familias Hydrobiosidae, Glossosomatidae e Hydroptilidae; son estructuras de refugios en forma de concha de tortuga o estuches bivalvos (Ralph *et al.*, 2007).

Las larvas de la familia Glossosomatidae son raspadoras de diatomeas y otras algas sobre sustratos duros y los restantes son depredadores. Los tricópteros de la familia Hydroptilidae presentan una longitud menor, son de vida libre hasta el 5º estadio larval cuando construyen un estuche portátil o se cementan al sustrato; se alimentan colectando materia orgánica fina al raspar perifiton o perforando algas para succionar el contenido celular (Zamora *et al.*, 2015).

## 2.9. Orden Díptera

Se han descrito 125,000 especies de dípteros vivientes, agrupados en dos subórdenes y al menos 130 familias (Yeates y Wiegmann, 1999). En México se conocen 243 especies pertenecientes a 22 géneros, mismas que se incluyen en el catálogo asociando todas las sinonimias conocidas. El registro de algunas especies es dudoso, pero se requiere un mayor número de estudios faunísticos e identificaciones precisas para descartarlas (Ibáñez, 2017). Sus hábitos pueden ser fitófagos, carnívoros, parásitos, saprófagos o una combinación de estas formas de alimentación; en los cultivos agrícolas la larva es quien ocasiona los daños y se puede encontrar en todos los hábitats terrestres y dulceacuícolas de todos los continentes (Daly *et al.*, 1998).

Los adultos (Figura 18) presentan el segundo par de alas modificadas para el equilibrio (halterios), las antenas son variables y los ojos compuestos ocupan gran parte de la cabeza (Daly *et al.*, 1998). Presentan tres regiones corporales (cabeza, tórax y abdomen) con apéndices modificados y caracteres de importancia en la sistemática del orden. Los mosquitos tienen importancia sanitaria por las enfermedades que transmiten, pueden transmitir la encefalitis (género *Culex*), la fiebre amarilla, el dengue, la filariasis (*Aedes*) y el paludismo (*Anopheles*).

La mayoría de las especies tienen hábitos crepusculares y solo las hembras se alimentan de sangre para lograr fertilizar los huevos (McAlpine *et al.*, 1981).



Figura 18. Mosquito adulto del orden Díptera (Pradera, 2022).

### 2.9.1. Familia culicidae

Los adultos miden entre 3 a 9 mm de largo, tienen el cuerpo, las patas y las alas alargadas con colores variables; la superficie corporal está cubierta por escamas, setas finas o pilosidades que ornamentan cada especie. La cabeza es pequeña, semiesférica, ocelos ausentes, ojos reniformes, antenas filiformes; las piezas bucales son de tipo estilete y facetas de igual tamaño similares en ambos sexos. La probóscide es prominente adaptada para picar en la hembra o succionar néctar en los machos (González *et al.*, 2016).

El tórax presenta un par de alas funcionales membranosas largas y angostas, cubiertas de escama en la venación y conformando un fleco en el borde posterior, el segundo par de alas (halterios) actúa como balancín durante el vuelo y en el abdomen muestran espiráculos y la genitalia (González *et al.*, 2016).

### 2.9.2. Ciclo de vida

El ciclo de vida dura entre una y tres semanas (Figura 19), pero puede variar según la especie (Chorda, 2014), los huevos requieren 48 horas en promedio para eclosionar, son pequeños y oblongos, son depositados en grupos o como unidades individuales; permanecen inactivos en bajas temperaturas o de sequía y al cambiar las condiciones se reanuda el desarrollo (Ritacco, 2022).

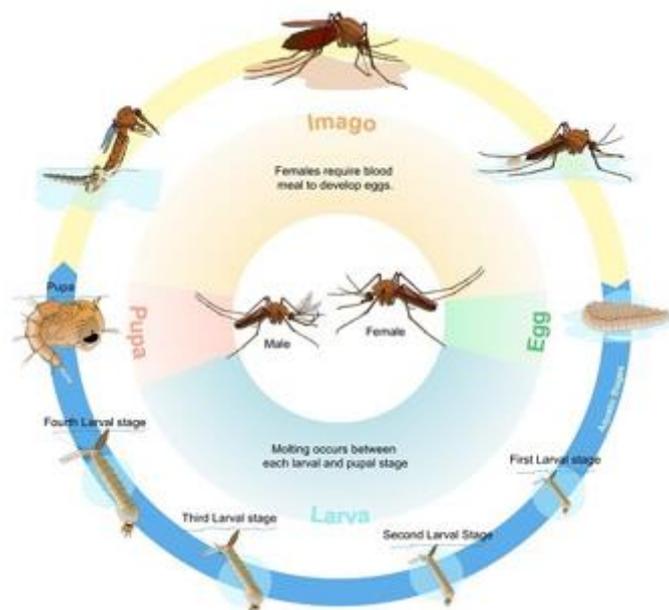


Figura 19. Ciclo de vida de la familia Culicidae (Pradera, 2022).

La larva (Figura 20) es anatómica y fisiológicamente diferente al adulto, respira por un sifón al final del abdomen, de igual manera su hábitat y alimento son distintos; pasa por varias fases (L1-L4) antes de llegar a la pupa, por ello deben de almacenar energía suficiente para el proceso de metamorfosis (Chorda, 2014).



Figura 20. Larva acuática de mosquito (Pradera, 2022).

Las pupas tienen cefalotórax voluminoso con un par de protuberancias para respirar, aletas para nadar y abdomen muy fino, pueden pausar sus hábitos alimenticios y permanecer inactivos durante 48 horas (Ritacco, 2022). En dos días emergen en la superficie del agua como mosquitos adultos, antes de volar reposa unos minutos sobre la superficie del agua para secar sus alas y emprender el vuelo; los mosquitos se alimentan de néctar de frutas, flores y son polinizadores (Johnson, 2022).

### **2.9.3. Taxonomía**

La orden díptera se originó de mecopteros (mosca escorpión) primitivos hace 250 millones de años durante el periodo triásico, se ha dividido tradicionalmente en dos subórdenes: Nematóceras y Brachycera (Carles-Tolra Y Hjorth-Andersen, 2015); los primeros se distinguen de los adultos por presentar antenas multisegmentadas, patas largas y delgadas. Las larvas presentan una cápsula cefálica bien desarrollada, siendo acuáticas o semiacuáticas (McAlpine *et al.*, 1981) e incluyen 40 familias con 52,000 especies conocidas (Brown, 2001). El suborden Nematóceras incluye dípteros con hábitos hematófagos de importancia médica y veterinaria como las familias: Culicidae, Ceratopogonidae, simuliidae y Psychodidae (González, 1995).

Los dípteros del suborden Brachycera presentan antenas cortas (McAlpine & Wood, 1989) e incluye más de 82,000 especies, sus larvas se encuentran en variados ambientes (Brown, 2001). Las familias Tabanidae y Athericidae tienen hábitos hematófagos, las familias Muscidae (mosca doméstica), Fannidae y Calliphoridae (moscos) tienen importancia en salud pública (Gonzales, 1995).

### **2.10. Importancia de los insectos acuáticos**

Los insectos acuáticos permiten evaluar la calidad del agua por su sensibilidad a diversos contaminantes y porque presentan una reacción rápida al verter sustancias contaminantes a los cuerpos de agua (Plafkin *et al.*, 1989). Resh y Jackson (1993) argumentan que el incremento de la riqueza de especies de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera indica un nivel aceptable en la calidad del agua. Los inmaduros de la mosca de mayo (orden Ephemeroptera) indican que son aguas pocas contaminadas cuando se encuentran en su hábitat (Domínguez *et al.*, 2006); por su parte, los tricópteros pueden habitar en fuentes de agua limpia bien oxigenadas de ríos o arroyos, ambientes lénticos terrestres e incluso marinos (Springer, 2010).

Las poblaciones de megalopteros son excelentes bioindicadores para determinar la calidad de las aguas naturales (Ramirez *et al.*, 2018). Las nayadas de Odonata se desarrollan únicamente en agua dulce con afluentes muy fuertes

de ríos o arroyos con aguas limpias (Corbet, 1999); la riqueza de las especies de escarabajos acuáticos manifiesta que son excelentes bioindicadores de la calidad del agua (Arce *et al.*, 2022).

La familia Culicidae es indicadora de aguas mesoeutróficas (Giacometti & Bersosa, 2006), se adaptan en zonas de menor grado de enriquecimiento con nutrientes que el medio les provee. Según Angerilli y Beirne (1980), la población de estos organismos es alta en ambientes que presentan baja vegetación acuática, que influye en la selección de hábitats para ovipositar por parte de las hembras, al producir cambios en la temperatura del agua y en su composición química.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación Geográfica

Tzimol es un municipio asentado en el estado de Chiapas, México. El nombre Tzimol deriva de raíces en lengua náhuatl que significa "Perro viejo"; se localiza en la depresión central, presentando un relieve semiplano con algunas montañas al norte. El asentamiento se ubica entre los paralelos  $16^{\circ}17'$  de latitud norte;  $15^{\circ}56'$  de latitud sur;  $92^{\circ}08'$  de longitud oeste y  $92^{\circ}21'$  de longitud oeste. El municipio colinda al noreste con Comitán de Domínguez, al este con Comitán de Domínguez y La Trinitaria, y al sur y oeste con Socoltenango (INEGI, 2023). La localidad cuenta con un río denominado "Ojo de Agua" donde se han establecido varios centros ecoturísticos, con vegetación de árboles de sabino (*Taxodium mucronatum*) (SEMARNAT, 2009).

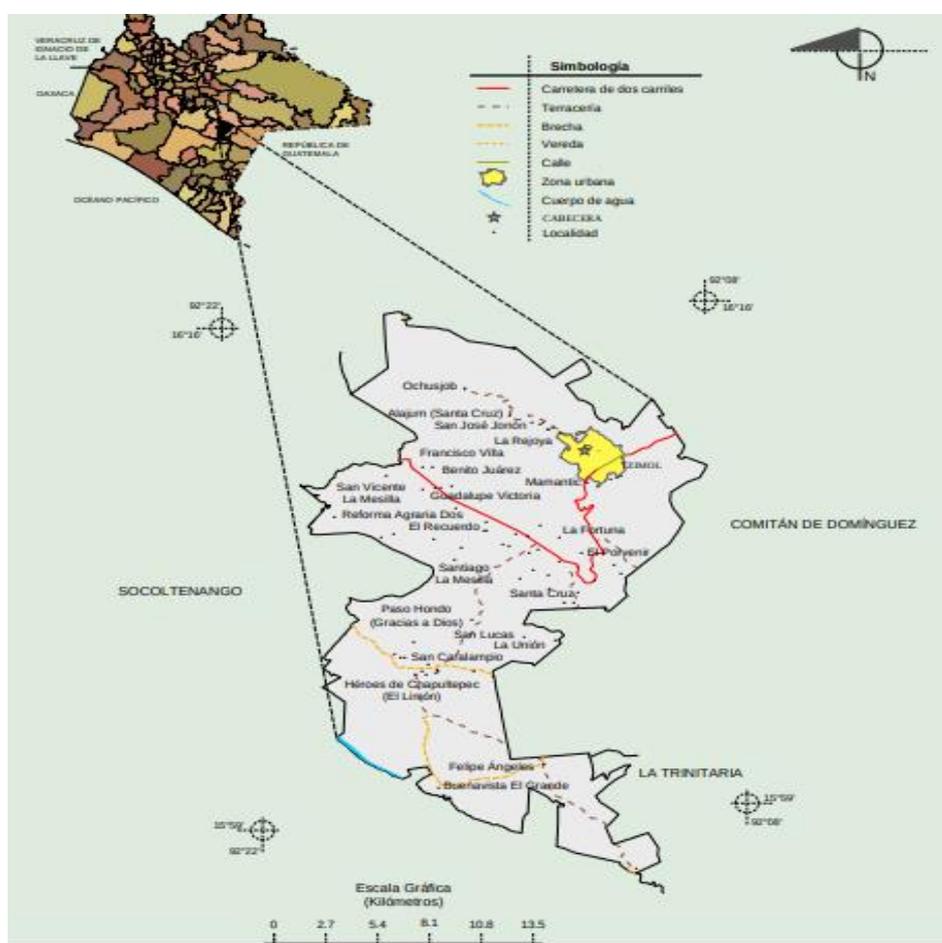


Figura 21. Localización del municipio de Tzimol, Chiapas (INEGI, 2023).

### 3.1.1. Clima

Presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (51.24%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (29.01%) y cálido subhúmedo (19.75%) con lluvias en verano (INEGI, 2023).

### 3.1.2. Vegetación

La vegetación se compone de bosque, selva, pastizal inducido, palmar inducido y vegetación de galería. Un porcentaje de suelo se destina para la agricultura mecanizada continua (15.19%), para agricultura manual estacional (26.59%) y otro porcentaje (58.22%) para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal destinado para el ganado caprino y vacuno (INEGI, 2023).

## 3.2. Determinación del área de muestreo

Se establecieron tres sitios de muestreo dentro de cada sitio se muestrearon 6 puntos tomando en cuenta pequeñas cascadas de agua, arroyos, corrientes, canales, pozos y aguas turbias contaminadas. Para el sitio 1 se consideró la fuente de origen del agua (manantial) ubicada en el “Barrio de San Diego” (Figura 22), para el sitio 2 se estableció el cauce donde se encuentra el área conocida como “Puente de San Diego” (Figura 23) y para el sitio 3 se consideró la parte baja del río (Barrio La Rejoja) donde existe urbanización (Figura 24).



Figura 22. Origen del agua “Barrio de San Diego”.

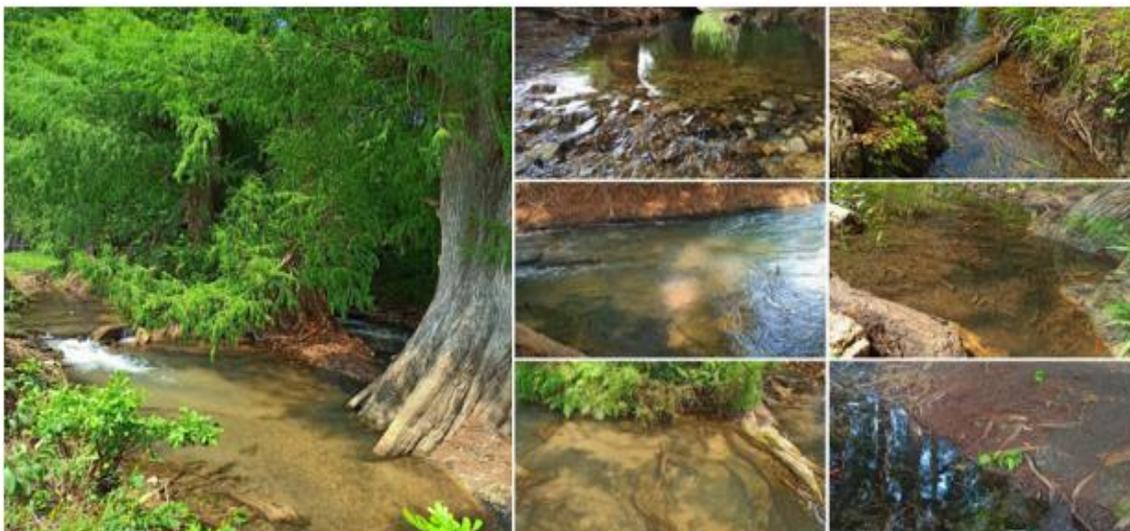


Figura 23. Sitio 2: Cause de agua en el “Puente de San Diego”.



Figura 24. Sitio 3: Parte baja del río “Barrio La Rejoja”

### 3.3. Colecta y preservación de especímenes

La captura de especímenes se desarrolló durante el periodo abril–julio 2023, realizando colectas directas al azar durante tres días por semana, considerando capturar al menos 20 especímenes inmaduros y adultos por sitio. La captura de insectos se desarrolló en cuerpos de agua poco profundas de consistencia cristalina y turbia, ubicados a los márgenes del río Tzimol. Se utilizaron redes acuáticas de nylon con dimensiones de 45 x 90 cm y otras de malla Tul de 2 metros de longitud para hacer trampas de tipo deriva para la colecta de insectos inmaduros y adultos. Los ejemplares se depositaron en frascos con alcohol al 70% y se etiquetaron acorde al sitio de colecta, para su posterior identificación.

### 3.4. Identificación

La identificación de los especímenes recolectados se realizó en el Laboratorio de Parasitología de la UAAAN- UL, empleando microscopio estereoscópico Luxeo-6Z (LABOMED®). Los ejemplares fueron separados por orden taxonómico y depositados en tubos Eppendorf con alcohol al 70%; las muestras se etiquetaron colocando el sitio de colecta y fecha.

Para la identificación de los organismos se utilizaron las siguientes claves taxonómicas:

- 1) Clave para la identificación de especies de Odonata en estado larval de Cuba (Trapero-Quintana y Naranjo, 2009).
- 2) Identification manual for the aquatic and semi-aquatic Heteroptera of Florida (Epler, 2006).
- 3) The Odonata of Florida: an identification manual for the suborders and families (Tennessee, 2021).
- 4) Clave para las ninfas maduras de las familias de Ephemeroptera de Costa Rica (Flowers, Springer y De la Rosa, 2010).
- 5) A key to the adults of british water beetles (Friday, 1988).
- 6) Clave taxonómica para ninfas maduras de los géneros de Perlidae de Costa Rica (Gutiérrez-Fonseca, 2010).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Especies encontradas

Se recolectaron 113 ejemplares en total distribuidos en cinco órdenes, nueve familias, 14 géneros y 17 especies.



Figura 25. Géneros de insectos acuáticos colectados en el río Ojo de Agua, Tzimol, Chiapas.

En el punto 1 se recolectaron 29 ejemplares (Figura 25) distribuidos en cuatro órdenes, cinco familias, ocho géneros y nueve especies. Tres especies registraron frecuencias altas (*Hydrophilus piceus*, *Abedus immaculatus*, *Hetaerina americana*) y el resto frecuencias por debajo del 2% (Cuadro 1).

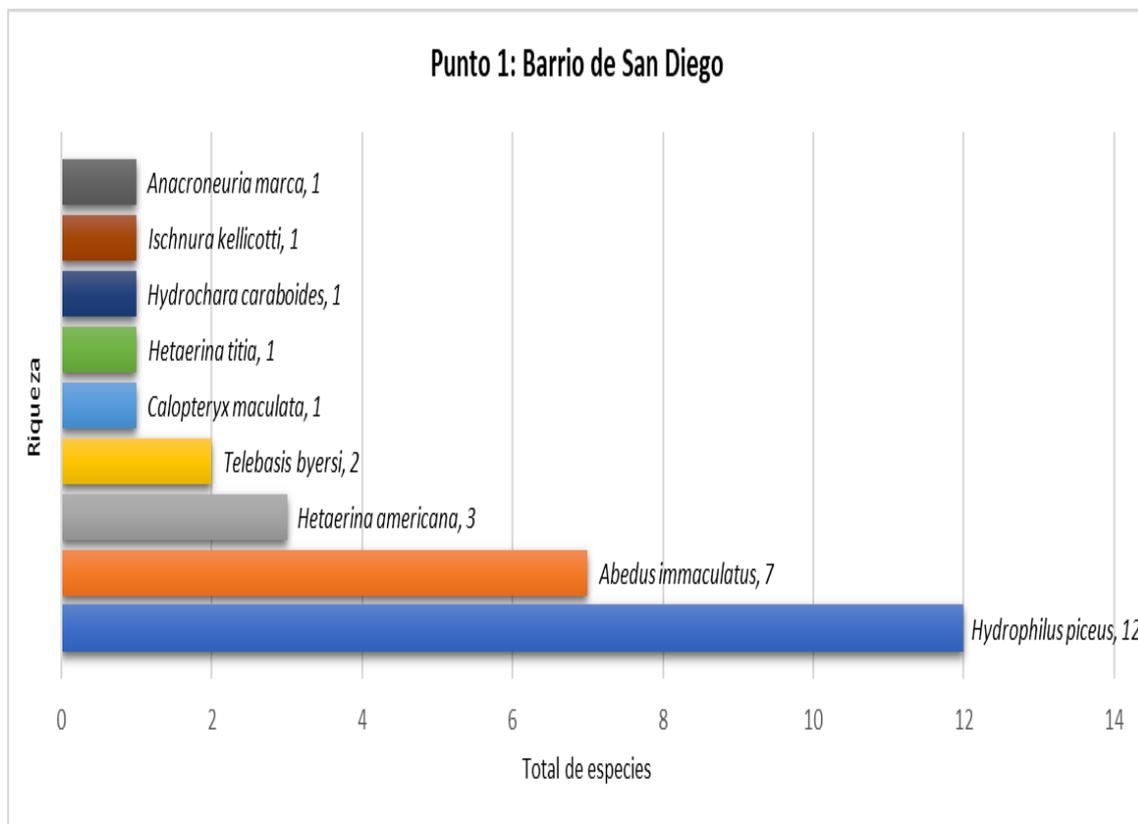


Figura 26. Especies recolectadas en el sitio Barrio de San Diego.

Cuadro 1. Insectos acuáticos encontrados en el sitio “Barrio de San Diego”.

Especies	Frecuencia
<i>Hydrophilus piceus</i>	11.4%
<i>Abedus immaculatus</i>	6.6%
<i>Hetaerina americana</i>	2.8%
<i>Telebasis byersi</i>	1.9%
<i>Calopteryx maculata</i>	0.9%
<i>Hetaerina titia</i>	0.9%
<i>Hydrochara caraboides</i>	0.9%
<i>Ischnura kellicotti</i>	0.9%
<i>Anacroneuria marca</i>	0.9%

En el punto 2 se obtuvieron 54 ejemplares (Figura 26) distribuidos en cuatro órdenes, siete familias, siete géneros y 10 especies. Las especies *Belostoma* spp., *Callibaetis* spp., *Ischnura hastata* y *Hetaerina americana* presentaron mayor frecuencia, las restantes cantidades menores al 4% (Cuadro 2).

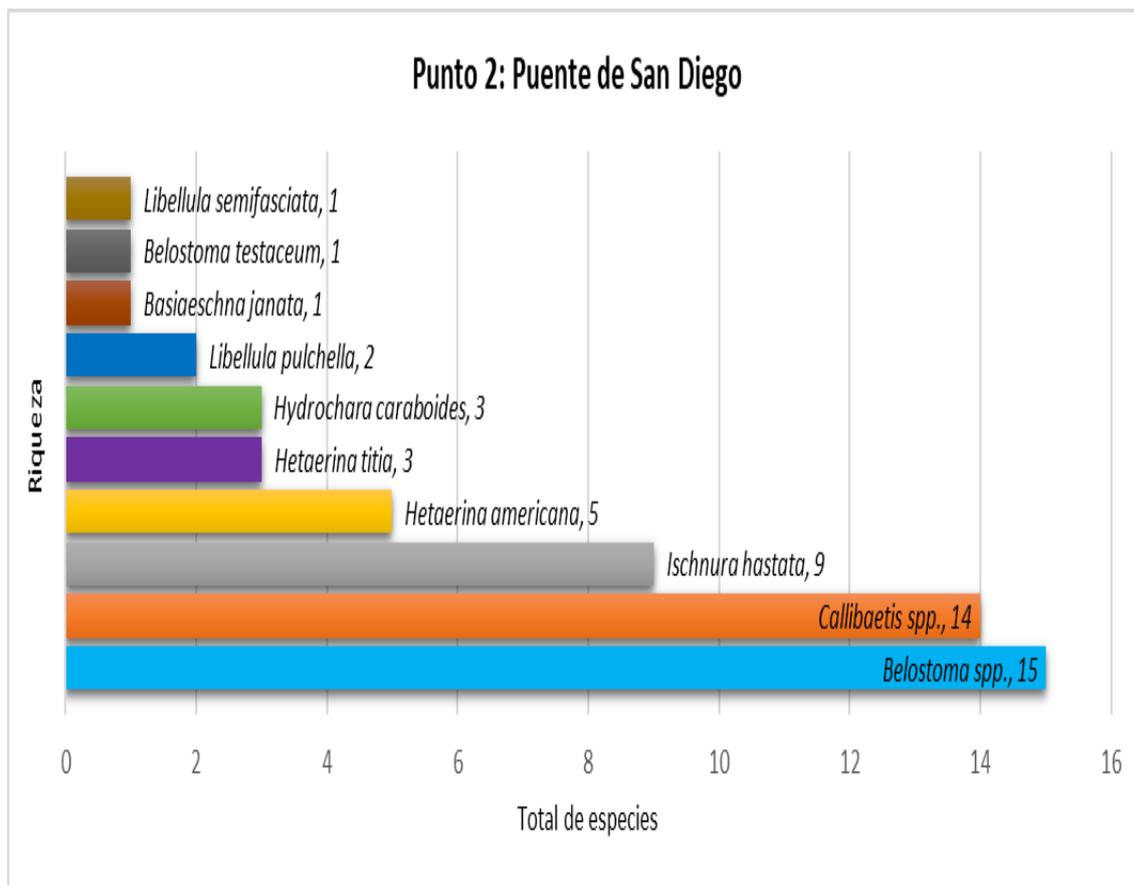


Figura 27. Especies recolectadas en el sitio Puente de San Diego.

Cuadro 2. Insectos acuáticos encontrados en el sitio "Puente de San Diego".

Especies	Frecuencia
<i>Belostoma spp.</i>	14.2%
<i>Callibaetis spp.</i>	13.3%
<i>Ischnura hastata</i>	8.5%
<i>Hetaerina americana</i>	4.7%
<i>Hetaerina titia</i>	2.8%
<i>Hydrochara caraboides</i>	2.8%
<i>Libellula pulchella</i>	1.9%
<i>Basiaeschna janata</i>	0.9%
<i>Belostoma testaceum</i>	0.9%
<i>Libellula semifasciata</i>	0.9%

En el punto 3 se capturaron 22 ejemplares (Figura 27) distribuidos en dos órdenes, cuatro familias, cuatro géneros y cinco especies; en este punto la

especie dominante fue *Rhantus gutticollis* y las otras cuatro especies registraron frecuencias menores al 4%, como se muestra en el Cuadro 3.

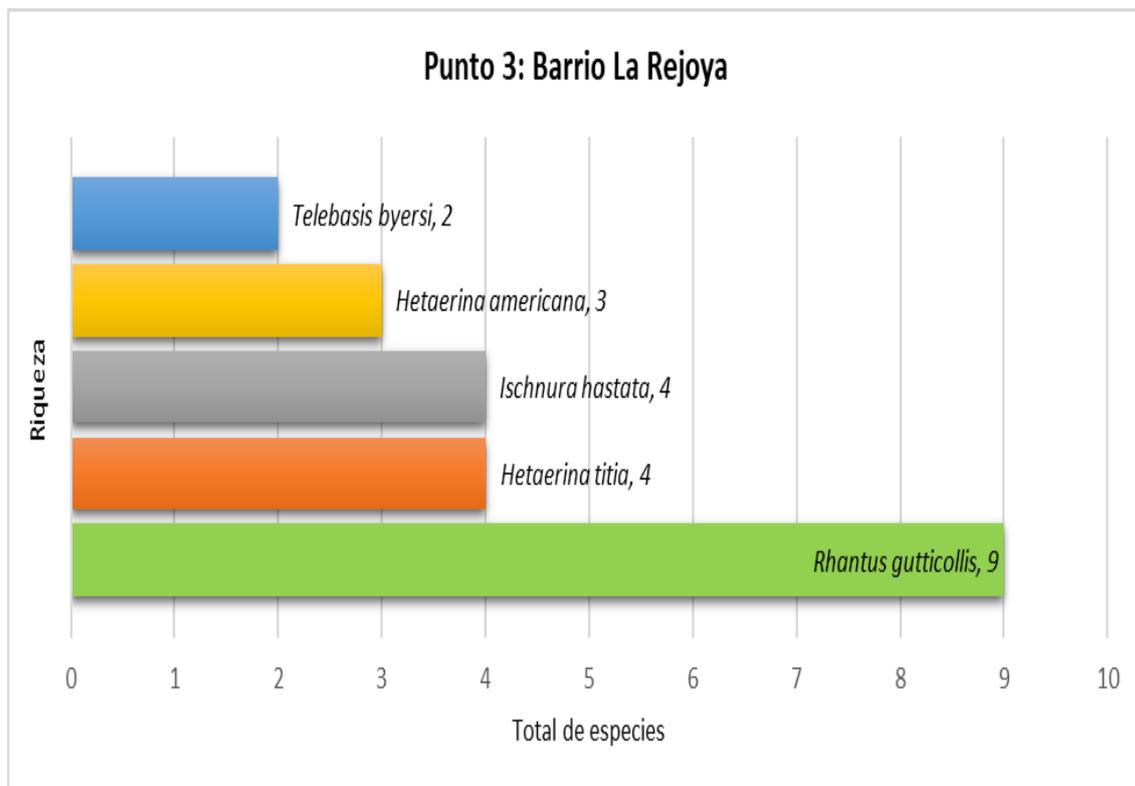


Figura 28. Especies recolectadas en el sitio Barrio La Rejoja.

Cuadro 3. Insectos acuáticos colectados en el sitio Barrio La Rejoja

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia</b>
<i>Rhantus gutticollis</i>	8.5%
<i>Hetaerina titia</i>	3.8%
<i>Ischnura hastata</i>	3.8%
<i>Hetaerina americana</i>	2.8%
<i>Telebasis byersi</i>	1.9%

## 4.2. Descripción de las especies encontradas

### 4.2.1. *Basiaeschna janata*



Figura 29. Nayada de *Basiaeschna janata*.

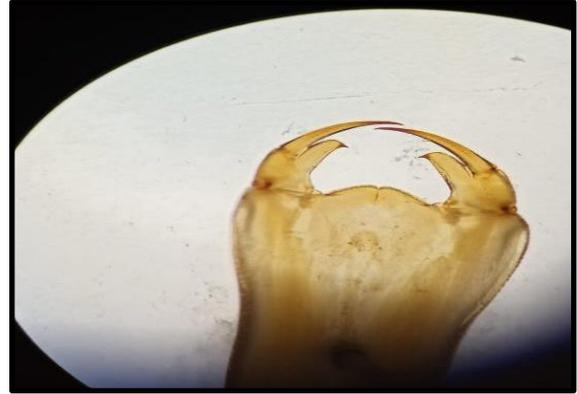


Figura 30. Presenta dos garras que terminan en uñas en el palpo labial.



Figura 31. Pata protorácica que muestra el vértice de la tibia, trazos y garras de *B. janata* (no presenta lóbulo excavador en el vértice de tibia).



Figura 32. Vista lateral de la cabeza: el labro no está cubierto por el palpo.



Figura 33. Vista dorsal del Prementum: presenta uñas en forma de garra, sin pelecillos.



Figura 34. Antenas con 6 o 7 segmentos.



Figura 35. *B. janata* presenta 3 tarsos a diferencia de la familia Gomphidae que tiene solo 2 tarsos).

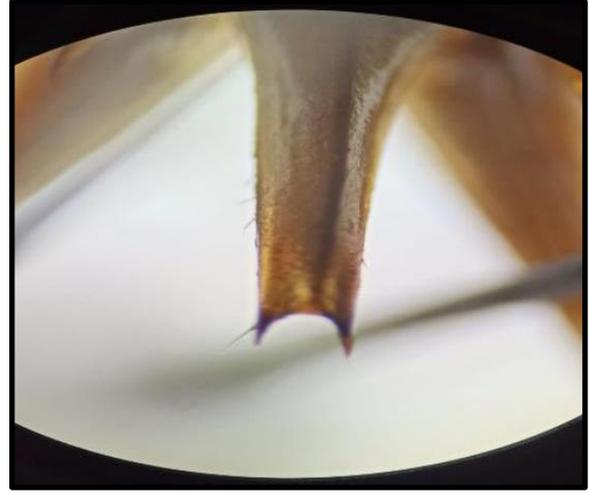


Figura 36. El epiprocto termina en forma de U invertido (dorsal), en la familia Gomphidae termina en forma de cono.



Figura 37. Apéndices anales en forma de U en *B. janata*. En *Coryphaeschna ingens* es recto formando varios picos a su alrededor y en *Boyeria vinosa* termina en cono.

#### 4.2.2. *Calopteryx maculata*



Figura 38. Inmaduro de *Calopteryx maculata*.



Figura 39. Primer segmento antenal largo en *C. maculata*, en la familia Coenagrionidae todos los segmentos antenales son cortos.



Figura 40. Prementum en forma de triángulo entre el labio palpal de *C. maculata* (en la familia Coenagrionidae está cerrado).



Figura 41. Lamela caudal lateral de *C. maculata* formando un triángulo en la sección transversal.



Figura 42. Margen dorsal de las láminas caudales medias de *C. maculata* formado por espinas y setas, distinto a *Calopteryx dimidiata*.

### 4.2.3. *Hetaerina americana*



Figura 43. Nayada de *Hetaerina americana*.



Figura 44. Primer segmento antenal tan largo como los segmentos distales combinados, hendidura medial profunda, laminillas laterales caudales y traquetéales.



Figura 45. Primer segmento antenal izquierdo largo de *H. americana* distinta de la familia Coenagrionidae con segmentos antenales cortos).



Figura 46. Prementum en vista ventral de *H. americana* con forma de triángulo entre el labio palpal.



Figura 47. Protórax prominente angulado en vista dorsal de *H. americana* (en *Calopteryx dimidiata* es recto).

#### 4.2.4. *Hetaerina titia*



Figura 48. Nayada de *Hetaerina titia*.

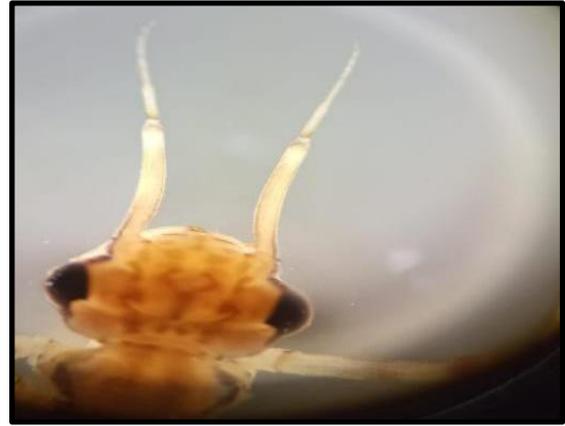


Figura 49. El primer segmento antenal es más largo que el resto en *H. titia*.



Figura 50. Prementum con forma de triángulo entre el labio palpal de *H. titia*.

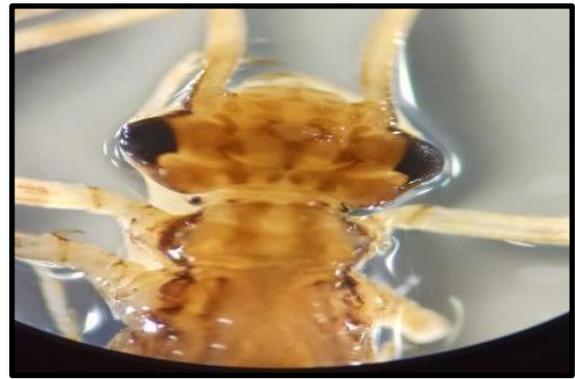


Figura 51. Esquinas posterolaterales de la cabeza con tubérculo agudo.



Figura 52. Lámina media de *H. titia* no ensanchada en la mitad distal con el ápice puntiagudo (diferente en *H. americana*).

#### 4.2.5. *Ischnura hastata*



Figura 53. Nayada de *Ischnura hastata*



Figura 54. Segmentos antenales cortos en *I. hastata*.



Figura 55. Prementum plano en vista rectal de *I. hastata*.



Figura 56. Lámina caudal lateral de *I. hastata* ramificada de manera desigual con ángulo oblicuo desde el ramal medio.



Figura 57. Reducción del tamaño en el 5° y 6° segmento abdominal formando un cono en vista dorsal de *I. hastata*.

#### *Libellula semifasciata*



Figura 58. Inmaduro de *Libellula semifasciata*



Figura 59. Prementum en forma de cuchara (la familia Gomphidae lo presenta de forma plana).



Figura 60. Setas gruesas de la cresta frontoclipeal en vista dorsal de *L. semifasciata*



Figura 61. Prementum triangular de *L. semifasciata*, el margen de las setas adyacentes con varias almenas diminutas, diferente al del género *Plathemis* que tiene forma redondeada).



Figura 62. El 6° y 7° segmento abdominal de *L. semifasciata* presenta picos en la parte media del abdomen (*L. pulchella* no presenta esta característica)

#### 4.2.6. *Libellula pulchella*



Figura 63. Nayada de *Libellula pulchella*



Figura 64. Vista lateral del labio en *L. pulchella* en forma de cuchara.



Figura 65. Vista dorsal de la cabeza en *L. pulchella*



Figura 66. Setas gruesas visibles entre las adyacentes de la cresta frontoclipeal de *L. pulchella*.



Figura 67. Del 6° al 7° segmento abdominal con pelecillos paralelos de *L. pulchella*.

#### 4.2.7. *Telebasis byersi*



Figura 68. Inmaduro de *Telebasis byersi*



Figura 69. Antenas con segmentos cortos en vista dorsal de *T. byersi*.

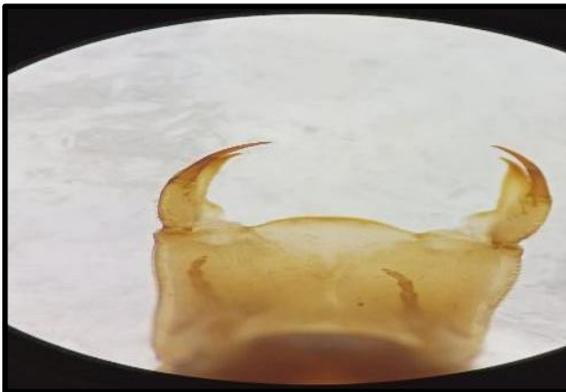


Figura 70. Prementum plano en vista rectal de *T. byersi*.



Figura 71. Lámina caudal lateral en forma de cruz de *T. byersi*.



Figura 72. Presenta 3 garras en el palpo derecho de *T. byersi* (*E. doubledayi* solo presenta 2 garras)

#### 4.2.8. *Belostoma testaceum*



Figura 73. Ninfa de *Belostoma testaceum*.



Figura 74. No presenta depresiones en cada ojo, con pubescencia en paraterguitos más anchos.



Figura 75. Tibia y tarsos de las patas traseras de *B. testaceum* similares a los de las patas medias; pico con segmento basal diferente al segundo).

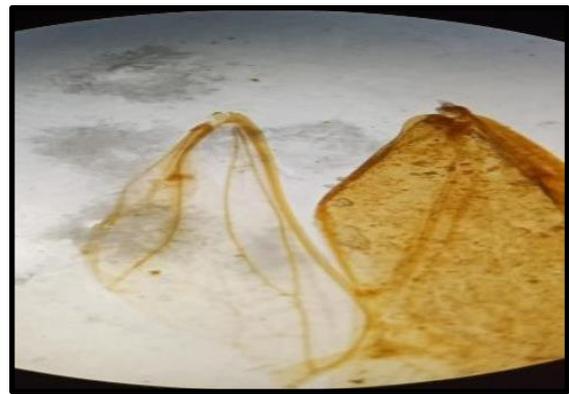


Figura 76. Área membranosa de las alas anteriores más grande en *B. testaceum*.

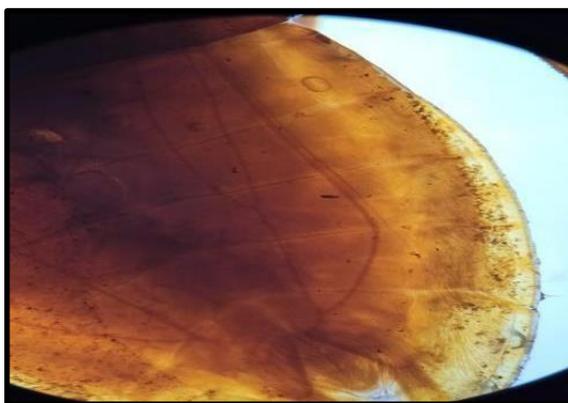


Figura 77. Apéndice en vista dorsal de *B. testaceum* (Pubescencia un poco separada del margen interno del paraterguito VII).

#### 4.2.9. *Abedus immaculatus*



Figura 78. Ninfa de *Abedus immaculatus*.



Figura 79. Antenas lameladas más cortas que el ancho de la cabeza en *A. immaculatus*.



Figura 80. Ápice del abdomen con espiráculo en forma tubular en *A. immaculatus*.



Figura 81. Tarsos y tibia de las patas traseras similares a los de las patas medias; pico con segmento basal diferente al segundo segmento).



Figura 82. Área membranosa de las alas anteriores reducida en *A. immaculatus*.

4.2.10. *Belostoma* spp.



Figura 83. Ninfas de *Belostoma* spp.

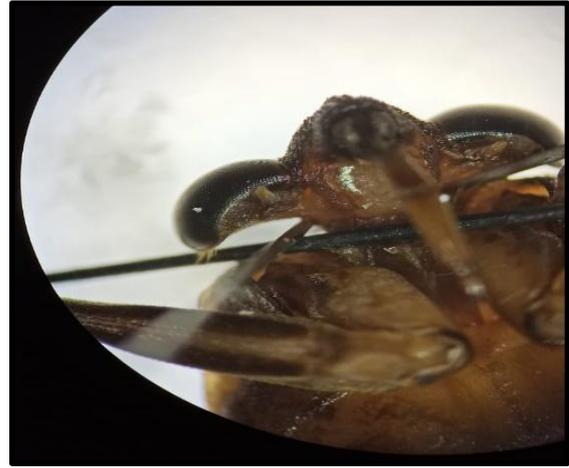


Figura 84. Antenas más cortas que el ancho de la cabeza no visibles desde arriba en *Belostoma* spp. (Excepto en *A. immaculatus*).



Figura 85. Ápice del abdomen con espiráculos en forma de correa o aparentemente redondeados en *Belostoma* spp.



Figura 86. Tibias y tarsos de las patas traseras similares a los de las patas medias, la uña con segmento basal diferente al segundo).

#### 4.2.11. *Hydrochara caraboides*



Figura 87. Escarabajo *Hydrochara caraboides*.



Figura 88. Patas medianas y traseras tan largas como las patas delanteras en *H. caraboides*.



Figura 89. Antena en forma de maza en *H. caraboides* más ancho y achatado en la parte terminal.

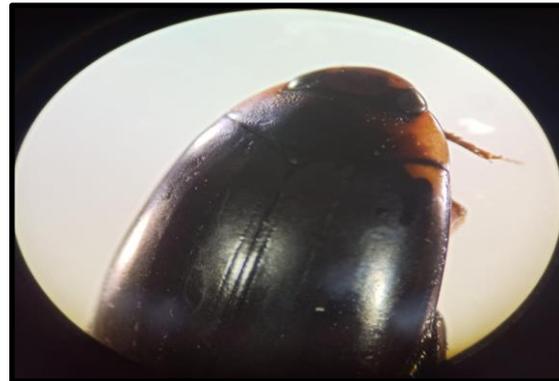


Figura 90. Élitro y pronoto sin pelos o con pelos escasos en *H. caraboides*.

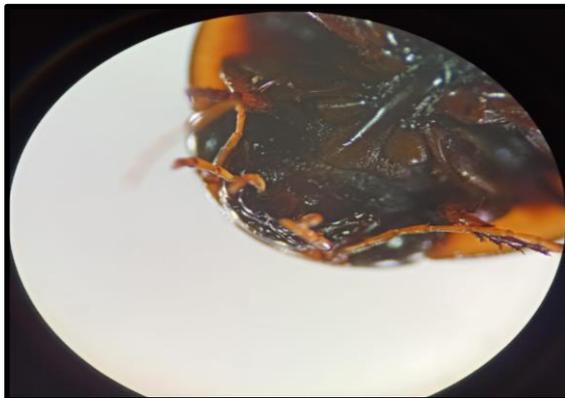


Figura 91. Palpos más largos que las antenas y generalmente visibles.

#### 4.2.12. *Hydrophilus piceus*



Figura 92. Escarabajo *Hydrophilus piceus*.



Figura 93. Vista ventral de *H. piceus*, el tercer par de patas más largas que las segundas.



Figura 94. Antenas de *H. piceus* en forma de masa y elipsoide en la parte final.

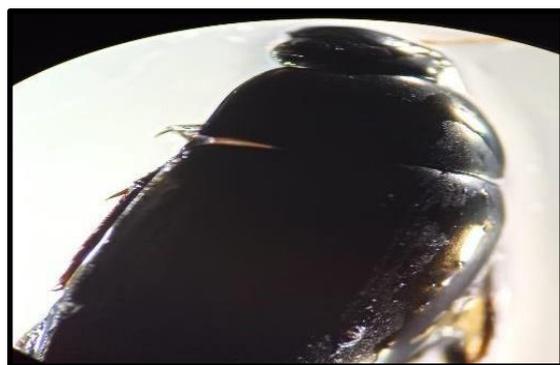


Figura 95. Élitros y pronoto sin pelos o con pelos escasos.



Figura 96. Vista ventral de *H. piceus*, el aparato bucal en forma de aguja se extiende más allá de las coxas traseras y termina en punta.

#### 4.2.13. *Rhantus gutticollis*



Figura 97. Escarabajo *Rhantus gutticollis*



Figura 98. Presenta dos puntos negros en la parte lateral del pronoto inmersas en una mancha café clara.

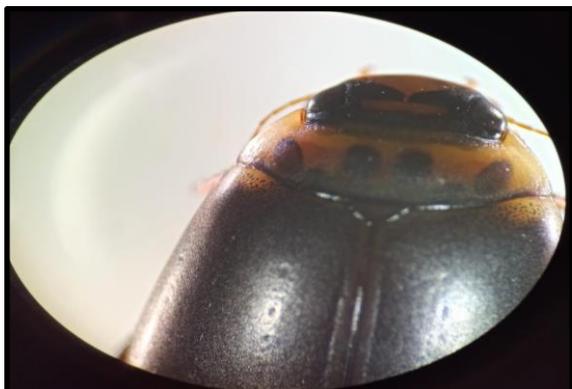


Figura 99. Mancha oscura punteada en la parte media basal del pronoto.

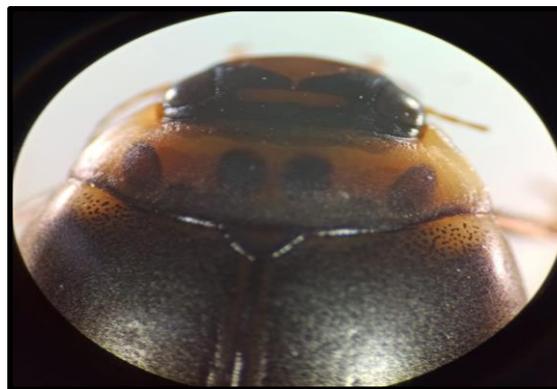


Figura 100. Mancha café oscura con una línea de puntos negros transversales en la parte media superior del pronoto.



Figura 101. Coloración amarilla en la parte media y lateral del pronoto, los élitros cubiertos de puntos negros y salpicado amarillo.

4.2.14. *Callibatis* spp.



Figura 102. Inmaduro de *Callibatis* spp.

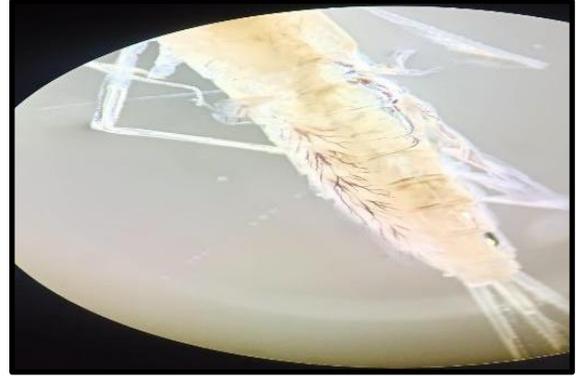


Figura 103. Branquias abdominales dorsales en los segmentos 1° al 7° o del 2° al 7° en *Callibatis* spp.



Figura 104. Uñas tarsales puntiagudas, con o sin denticulos ventrales en *Callibaetis* spp.



Figura 105. Denticulos ventrales presentes, fémures con espinas cortas en las caras anteriores.

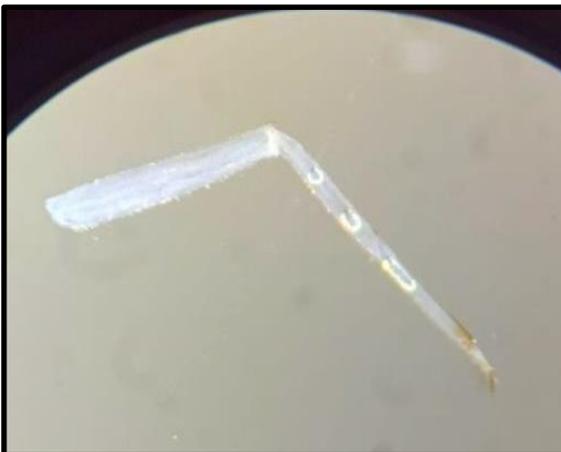


Figura 106. Patas con tibias sin abanico de setas largas y finas en *Callibaetis* spp.

#### 4.2.15. *Anacroneuria marca*



Figura 107. Inmaduro de *Anacroneuria marca*.



Figura 108. Branquias anales ausentes en *A. marca*.



Figura 109. Antenas largas de varios segmentos en *A. marca*.



Figura 110. Dos ocelos presentes de color negro (el género *Perlستا* presenta 3 ocelos bien definidos).



Figura 111. Línea occipital regular y sin espinas.

## DISCUSIÓN

La importancia de conocer la biodiversidad de los insectos acuáticos deriva en conocer los cambios presenciados en los ecosistemas acuáticos y fluviales, ocasionados por el desarrollo industrial y agropecuario; para su estudio se han desarrollado criterios biológicos, físicos y químicos que permiten estimar el efecto perjudicial y la magnitud de la intervención humana en los ambientes acuáticos (Roldán, 1988).

Barba-Álvarez *et al.*, (2013), manifiestan que la identificación a nivel de género y especie proporcionan información precisa sobre las relaciones ecológico-ambientales y la sensibilidad a las diferentes perturbaciones que guardan los organismos. Durante esta investigación, la captura de especímenes se desarrolló en cuerpos de agua poco profundas de consistencia cristalina y agua turbia contaminada por desechos de drenaje, ubicados a los márgenes del río Tzimol. Para el sitio 1 se consideró la fuente de origen del agua (manantial), para el sitio 2 se estableció el cauce donde se encuentra un parque ecoturístico y para el sitio 3 se muestreó la parte baja del río donde existe urbanización.

Matellanes (2015), mencionó que los escarabajos acuáticos son indicadores biológicos del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, por su sensibilidad a los cambios físicos y químicos de las aguas o sus alteraciones hidromorfológicas. Por su parte Arce *et al.*, (2022), establecieron que la riqueza de especies de escarabajos acuáticos en ambientes dulceacuícolas son excelentes indicadores de la calidad del agua. En esta investigación, en los sitios 1 y 2 se encontraron dos especies de escarabajos (*Hydrophilus piceus*, *Hydrochara caraboides*) asociados a aguas carentes de contaminación por acción humana. En el sitio 3 *Rhantus gutticollis* mostró alta frecuencia en aguas contaminadas por desechos humanos como producto de la urbanización; siendo una especie de escarabajo acuático tolerante a las aguas contaminadas, como lo manifestaron Zimmerman y Smith (1975).

Las altas frecuencias de náyadas de los órdenes Coleóptera y Odonata registradas en este estudio, indican que el río Ojo de Agua de Tzimol tiene cuerpos de agua poco contaminadas, los órdenes que se encuentran en aguas

turbias manifestaron disminución en la riqueza de especies y cambios de coloración, haciéndose más oscuros a medida que aumentaba el grado de contaminación por actividad humana. Estas observaciones registradas concuerdan con Plafkin *et al.*, (1989), quienes establecen que los insectos acuáticos permiten evaluar la calidad del agua por su sensibilidad a diversos contaminantes y presentan reacción rápida al verter sustancias contaminantes a su hábitat.

En el sitio 1 se colectaron 9 especies entre ellos uno del orden Plecoptera (*Anacroneturia marca*); en el sitio 2 donde se ha establecido un parque ecoturístico se encontraron 10 especies y se capturó una especie del orden Ephemeroptera (*Callibaetis spp.*). Lo anterior concuerda con las afirmaciones de Resh y Jackson (1993), quienes argumentan que el incremento de la riqueza de especies refleja un aumento en la calidad del cuerpo de agua y la presencia de los órdenes Ephemeroptera y Plecóptera indican un nivel aceptable en la calidad del agua. Adicionalmente, al encontrar moscas de mayo (orden Ephemeroptera) en un cuerpo de agua, es indicio que son aguas poco contaminadas (Domínguez *et al.*, 2006).

## V. CONCLUSIÓN

En el río Ojo de Agua de Tzimol, Chiapas; se encuentran establecidas 18 especies de insectos acuáticos: *Belostoma* spp. (14.2%), *Callibaetis* spp. (13.3%), *Ischnura hastata* (12.3%), *Hydrophilus piceus* (11.2%), *Hetaerina americana* (10.3%), *Rhantus gutticollis* (8.5%), *Hetaerina titia* (7.5%), *Abedus immaculatus* (6.7%), *Telebasis byersi* (3.8%), *Hydrochara caraboides* (3.7%), *Libellula pulchella* (1.9%), *Ischnura kellicotti*, *Libellula semifasciata*, *Belostoma* *Belostoma testaceum*, *Calopteryx maculata*, *Basiaeschna janata*, *Anacroneturia marca* (0.9%). Los manantiales con aguas limpias cristalinas y los sitios ecoturísticos reglamentados concentran una mayor riqueza de insectos acuáticos; pero los cauces contaminados con desechos humanos disminuyen la presencia de especies insectiles que determinan la calidad del agua deteriorada.

Se cumplió con el objetivo planteado al identificar 18 especies de insectos acuáticos presentes en el río Ojo de Agua del municipio de Tzimol, Chiapas. Con lo anterior, se determinó que los sitios contaminados tienen menor riqueza de especies por la calidad del agua como producto de la contaminación. Se acepta la hipótesis nula, la cual afirma que la riqueza de especies de insectos acuáticos presentes en aguas limpias es diferente a las encontradas en aguas contaminadas.

## VI. LITERATURA REVISADA

- Alba, t. (2015). Orden Ephemeroptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 40(1):1-17.
- Alonzo-Zarazaga, M., Castrillo M. (1998). *Clave artificial de las familias ibero-baleares y macaronésicas del Orden coleóptera*. Cátedra de Entomología, Facultad de Biología, Universidad Complutense. 67 pp.
- Arce, R, Reynoso, D., Cesar V. (2022). Los escarabajos del agua. Instituto de Ecología. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/>.
- Arias, A. (2020). "Coleópteros: qué son, características, tipos y ejemplos. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/>."
- Arias, V., DELL'ORTO., T. (1983). Distribución e importancia de 1983 insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. Proyecto FAO-INIA PFL/CHI/001. 67 p.
- Bar, M. (2009). ORDEN HEMIPTERA. *Biología de los Artrópodos*, pág.1-16.
- Benke, A. C., Wallace, B. J. (1890). Bases tróficas de la producción entre tricópteros que giran redes en un arroyo del sur de los Apalaches. *Ecological society América*, 61(1):108-118.
- Beutel, R., Leschen R. 2005. *Coleoptera, Beetles*. Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim) Vol. 1. 567 pp.
- Blahnik, R. J., Holzenthal, R. W., Prather, A. (2007). *The lactic acid method for clearing Trichoptera genitalia*. Department of Entomology, pp. 9-14.
- Briceño, V. (2019). Hemiptera. Recuperado el 18 mayo, 2023, de Euston96: <https://www.euston96.com/hemiptera/>.
- Burmeister, H. (1839). Clasificación de plecóptera. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/es/species/2004674>.
- BROWN, B. V. (2001). *Flies, Gnats, and Mosquitoes*. En Encyclopedia of Biodiversity SA Levin et al. 2(1):815-826.
- Bybee, S. (2021). Insecta: Odonata. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. <https://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/odonata/odonata.htm>.

- Carles, T. M., Hjorth, A. (2015). Orden Díptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 63(1):1-12.
- Carvajal, L. (2020). Importancia de los odonatos. Departamento de biología. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21187/1/Importancia%20de%20los%20Odonata3.pdf>.
- Castro, G. D. (2014). Insecto acuático más grande del mundo. el comercio. <https://elcomercio.pe/blog/expresiongenetica/2014/07/insecto-acuatico-mas-grande-del-mundo/>.
- Chacon, M., Segnini M., Briceño, D. (2015). Temperatura y emergencia diaria de siete géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río de la Selva Nublada de los Andes Tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 64(1): 133-146.
- Chordá, O. F. (2014). Biología de mosquitos (Díptera: Culicidae) en enclaves representativos de la Comunidad Valenciana. Programa de Doctorado en Parasitología Humana y Animal. <https://core.ac.uk/download/pdf/71024196.pdf>.
- Conabio, (13 de septiembre del 2022). Odonata de la huasteca potosina (insecta). <http://ipttest.conabio.gob.mx/iptconabiotest/resource?r=SNIB-S122>.
- Contreras, R., Rosas, M. (2014). *Biodiversidad de Megaloptera y Raphidioptera en México*. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(1):258-263.
- Corbet, P. S. (2013). Odonata. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/animal/Odonata>
- Corbet, p. (1999). Libélulas: comportamiento y ecología de Odonata. *Revista internacional de entomología de agua dulce*, 23(1):83-95.
- CORTOLIMA. (2009). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor de Río Totare. Recuperado el septiembre de 2012, de <http://www.cortolima.gov.co>
- Costas, G. (2016). Orden Trichoptera (tricópteros o frigáneas). Ciencia y biología. <https://cienciaybiologia.com/>
- Coto, D. (1998). "Estados inmaduros de insectos de los órdenes Coleoptera,

- Diptera y Lepidóptera: manual de reconocimiento.  
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1696>.”
- CRYAN, J., URBAN, J. (2011). *Higher-level phylogeny of the insect order Hemiptera*. Is Auchenorrhyncha really paraphyletic Systematic Entomology, DOI: 10.1111/j.1365-3113.2011.00611.x.
- Daly, H. V., Doyen, J. T., Purcell, A. H. (1998). Orden: Díptera. Morfología e identificación de insectos.  
[https://www7.uc.cl/sw\\_educ/agronomia/insectos/index.html](https://www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/index.html).
- Debbie, H. (2019). Moscas de piedra, Orden Plecóptera. thoughtco.  
<https://www.thoughtco.com/stoneflies-order-plecoptera-1968059>
- De La Fuente Freyre, J. A. (1994). *Zoología de Artrópodos*. Mac Graw – Hill Interamericana. Primera Edición, pg.: 714 – 746.
- Domínguez, R. 1996. *Taxonomía 1. Protura a homóptera. Claves y diagnosis*. Chapingo (México). Universidad de Chapingo, 276 p.
- Epler, J. H. (2010). *The water beetles of Florida*. EEUU. Departamento de Protección del Medio Ambiente de la Florida. 414 pp.
- Eiseman, C. (2008). Orden Megaloptera - Alderflies, Dobsonflies y Fishflies. Department of plant pathology, Entomology, and Microbiology.  
[https://docs.google.com/document/d/1qBzkZAeY03HeGmET4RJB7JMzO67\\_3SUm3dcFhR2Fn9Q/edit#](https://docs.google.com/document/d/1qBzkZAeY03HeGmET4RJB7JMzO67_3SUm3dcFhR2Fn9Q/edit#).
- Fernández, V. (2019). Neurobiología del control motor en Insectos. Archivos de Neurociencias (Mex) INNN  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2019/ane191b.pdf>.
- Flowers, R.W. and De la Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 63-93.
- Galán, B. C. (2014). Orden: Ephemeroptera. Watch species of Ephemeroptera present in the collection. <https://taxateca.com/ordenephemeroptera.html>
- Giacometti, J., Bersosa, F. (2006). *Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi*. Série Zoológica, 2(1): 17-32.
- Gillott, C. (2005). *Entomology (Third Edition)*. Published by Springer.

- Glorioso, M. (1981). *Systematics of the dobsonfly subfamily Corydaline (Megaloptera: Corydalidae)*. Systematic Entomology, 6(1):253-290.
- Gonzales, C. M., Zúñiga M., Manzo, V. (2020). La familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en Colombia: riqueza taxonómica y distribución. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 44(171), 522–553.
- González M., Ramírez, Y., Meza M., y Días, G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 16(2), 135–148.
- González, C. R. (1995). *Díptera*. En Diversidad Biológica de Chile, JA Simonetti *et al.*, (Eds.) Conicyt. Arpegrama.
- González, R. C., Reyes, C., Isabel, J. M., Rada, V., Saldarriaga, M., Pavletic, C., Parra, A. (2016). *Manual de culícidos (diptera: culicidae) de la zona norte y centro de Chile, incluyendo isla de Pascua*. Segunda Edición Actualizada.
- Goula, M., & Mata, L. (2015). Orden: Hemiptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 53(1): 1-30.
- Grustan, D. (2015). Orden Megaloptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 57(1):1-8.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2010). Plecóptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4):139-148.
- Henry, T., Dellape, P. (2009). “Un nuevo género y especie de Oxycarenidae (Hemiptera, Heteroptera, Lygaeoidea). DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE EE. UU, 25(1):49-59.”
- Ibáñez-Bernal, S. (2017). Actualización del Catálogo de Autoridad Taxonómica del orden Diptera (Insecta) de México. Base de datos SNIB-CONABIO, JE006. México, Cd. México.
- INEGI, 2023. Compendio de información geográfica municipal 2010, Tzimol Chiapas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (Consulta: febrero 12, 2023).

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/07/0\\_7104.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/0_7104.pdf).

Johnson. (2022). Lapso vital y ciclo de vida de los mosquitos: los beneficios de los mosquitos. Sc johnson@ institute of insect science for family health.

Kodada, J. M., Beutel, R. G. (2005). *Leschen RAB, Handbook of Zoology, Coleoptera, Beetles*. Vol. I. Berlín: Walter de Gruyter. pp. 471-496.

koppert, (2022). Coleópteros. Koppert Biological Systems. <https://www.koppert.mx/retos/control-de-plagas/coleopteros/>.

Lawrence, J. F., Newton A. F. (1995). Families and subfamilies of coleóptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). *Biology, Phylogeny, and Classification of coleóptera pp. 779-1006*.

López, B. (2021). Hemíptera. Hemíptera. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/hemiptera>.

Matellanes, R. (2015). Coleópteros acuáticos como indicadores biológicos del estado de conservación. Geoinnova <https://geoinnova.org/blog-territorio/coleopteros-acuaticos-como-indicadores-biologicos-del-estado-de-conservacion/>.

Matellanes. (2022). Coleópteros acuáticos como indicadores biológicos del estado de conservación. Fundación Estatal para la Formación en el Empleo. <https://geoinnova.org/blog-territorio/coleopteros-acuaticos-como-indicadores-biologicos-del-estado-de-conservacion/>

McAlpine, J.F., Peterson, G. E., Shewell, H, J., Teskey, J. R., Vockroth, Wood, D. M. (1981). Manual of Nearctic Díptera Vol. 1 Monograph 27 Ottawa, Canada. Research Branch Agriculture Canada. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/ManualMosquitos-Web.pdf>.

McAlpine, J. F., Wood, D. M. (1989). Manual of Nearctic Diptera. Research Branch Agriculture Canada. Vol. 3 <https://www.ispch.cl/sites/default/files/ManualMosquitos-Web.pdf>.

McCafferty, W. P. (1998). Aquatic Entomology. Guide to Insects and Their Relatives. Jones and Bartlett Publishers Inc. Sudbury, MA, 448 pp.

Melic, A. (2015) Hexapoda: sea-entomología. <http://sea->

[entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/index.html](http://entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/index.html).

Monserrat, V. (2014). Los megalópteros de la Península Ibérica (Insecta, Neuropterida, Megaloptera, Sialidae). *Graellsia*, 70(2): e009. <http://dx.doi.org/10.3989/graeellsia.2014.v70.111>.

Moreno, A., López, C. (2019). Morfología externa de insectos. *Zoología Agrícola. Introducción a la Zoología Aplicada*. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/72818/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/72818/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Morrone, J., Coscaron, S. (1998). *Plecóptera*. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, Capítulo 3 (pp.26 - 30).

Optolov, (2023). ¿Qué es un error de belostomía, foto, cómo deshacerse de él? El proceso de caza y alimentación. Chinchas de tierra: tábanos y chinchas de escudo. <https://optolov.ru/es/dveri/kto-takoi-klop-Belostoma-foto-kak-izbavitsya-proces-s-ohoty-i-pitanie.html>

Ordoñez, D. (2020). Plecópteros o stenoflies-otra cautivadora forma de pensar como ninfas. Entomología y conductas alimenticias de los peces. <https://www.lavaguada.cl/reportajes/plecopterastonefly/plecopteras-stonefly-03.htm>.

Padilla, D., Arcos, O. (2011). Hemiptera acuáticos asociados a los estuarios de la costa pacífica colombiana. *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1):350-353.

Prader, C. (2022). *Culiseta Annulata* (Diptera, Culicidae), Junto Al Río Gurri, Taradell. *desinsectador*. <https://desinsectador.com/2022/05/01/culiseta-annulata-diptera-culicidae-junto-al-rio-gurri-taradell/>

Ralph, W. H., Roger, J. B., Aysha, L. P., Karl, M. K. (2007). Orden Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Tricópteros. Universidad de Minnesota Digital Conservancy, Obtenido de la Universidad de Minnesota Digital Conservancy, <https://hdl.handle.net/11299/1963>

Ramírez, A., Paulson, R., Esquivel c. (2000). Odonata de Costa Rica: Diversidad y listado de especies. *Revista de Biología Tropical*, 43(1):1-17.

Ramírez, A. (2010). Orden Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58(4):97-

136.

- Ramírez, P., Giraldo L., Zúñiga M., Ramos, B., Chara, J. (2018). Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(3):1244-1257.
- Resh, V. H., Rosenberg, D. M., (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, London.
- Reyes, C, p., Amat, G, G., Vasconcelos, F, C. (2005). Análisis De Parsimonia de Endemismos de Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) de La Subregión Amazónica. Instituto de Ecología, A. C.
- Ribera, I., Beutel, R. (2014). Hexápodos: Insectos y sus grupos estrechamente relacionados. El árbol de la vida. <https://www.um.es/ecoaqua/index.php/component/sppagebuilder/?view=page &id=251>.
- Ribera I, Beutel RG. 2014. *coleóptera*. En: *The tree of life*, Vargas P, Zardoya R (eds). Sinauer Associates, Sunderland: 215–222.
- Roldan, P. G. (1988). Guía para el estudio de los Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia. Bogotá, Colombia.
- Roldán-Pérez, G. (1980). Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. *Actualidades Biológicas*, 9(34):103-117.
- Romero, F. (2022). Inventario preliminar de insectos acuáticos en la provincia de San Juan, Argentina: distribución y ecología. *Acta Zoológica Lilloana*, 66(1), 10–44.
- Sánchez, J. (2018). Insectos: Qué son los insectos y sus características. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-insectos-y-sus-caracteristicas-1526.html>.
- Schaefer, C. W., 2000.- Systematic notes on Larginae (Hemiptera: Largidae). *Jour. New York Entomol*, 108: 130-145.
- Selys, 1854. (Odonata: Gomphidae). *Odonatologica*, (1):91-308.
- SEMARNAT, 2009. Programas y acciones de reforestación, conservación y restauración de suelos, incendios forestales y sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal, México.

- Serrano, M., Córdoba, A., Azpilicueta, A., Gonzales, S., Szekeli T. (2008). Selección sexual, dimorfismo de tamaño sexual y regla de Rensch en Odonata. *Revista de biología evolutiva*, 21(5):1-16.
- Smith, C., Bien, T., Murphy, J., Giller, P., O'Halloran, J. (2000). Patrones de historia de vida y superposición espacial y temporal en un conjunto de plecópteros lóticos en el área de estudio de la cuenca de Araglin, Irlanda. *Fundamental and Applied Limno*.
- Soriano, G., Gutiérrez R. (2014). Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1):243-251.
- Springer, M. (2010). Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(1):151-198.
- Stewart, K., Anderson N. (2008). Las ninfas de tres especies de Nemouridae (Plecóptera) de los arroyos de cabecera temporales de Oregón. *Transacciones de la Sociedad Entomológica Americana*, 134(1):173-183.
- Suarez, M., Mestre, C. (2022): Alimentación y adaptaciones de las piezas bucales de los Insectos. Zoowiki  
<https://www.bioscripts.net/zoowiki/temas/26D.html>.
- Tierno, F., López M. (2015). Orden Plecóptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 43(1):1-17.
- Torralba, B. (2015). Orden Odonata. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 41(1):1-26.
- Triplehon, C. A., & Johnson, N. F. (2004). *Borror and DeLong's introduction of the study of insects*. (7. ed.). Stamford, Connecticut: Thomson Learning.
- Turner, T., Pittman, J., Poston, M., Petersen, R., Mackenzie, M., Nelson, C., Duffield, R. (1996). Una ocurrencia inusual en Virginia Occidental de moscas de piedra (Plecóptera) en la planta de jarra, *Sarracenia purpurea* L. (Sarraceniaceae). *Actas de la Soc.*
- Valbon, W. R., Haddi, K., Gutiérrez, Y. (2019). Rasgos de la historia de vida y desempeño depredador de *Belostoma anurum* (Hemíptera: Belostomatidae), un agente de control biológico de mosquitos vectores

- de enfermedades. *Neotrop Entomol* 48(1):899-908.
- Vázquez, D., Flores, R., Springer M. (2009). Historia de vida de cinco pequeños pececillos (Ephemeroptera: Baetidae) en un pequeño arroyo tropical en la vertiente caribeña de Costa Rica. *Revista internacional de entomología de agua dulce*, 40(1):319-332.
- Vázquez, M. R., Castañeda. R. F., Chan, C. R., Cruz, R. J., Espinoza, G. C., Ortega, M. A. (2023). Diversidad y distribución de mosquitos (Díptera: Culicidae) en la frontera México-Guatemala. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94(1):2-10
- Yeates, D. K., Wiegmann B. M., (1999). Congruence and controversy: Toward a higher-level phylogeny of Díptera. *Ann. Rev. of Entomol.*, 44(1):397-428.
- Zamora, M. C., Sáinz, B. M., Núria, B. (2015). Orden Trichoptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica*, 64(1):1-21.
- Zumbado, M., Azofeifa, D. (2018). *Insectos de importancia agrícola. Insectos de Importancia Agrícola*. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.
- Zúñiga, M., Stark, B., Garzón, E. (2013). Especies de Anacroneuria (Insecta: Plecóptera: Perlidae) de Colombia, depositadas en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia),
- Zwick, p. (2004). Clave de los géneros paleárticos occidentales de moscas de la piedra (plecóptera) en estado larvario. *Limnologica*, 34(4):315-348.
- Zygotera Selys, (2022). Clasificación de zygotera. Global Biodiversity Information Facility
- Zimmerman, J., & Smith, R. (1975). The Genus Rhantus (Coleoptera: Dytiscidae) in North America. Part I. General Account of the Species. *Transactions of the American Entomological Society* (1890), 101(1), 33-123.