



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**INSECTOS ACUÁTICOS DEL RÍO TULA HIDALGO,  
MÉXICO: COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y  
DISTRIBUCIÓN**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**CYNTHIA EUSTAQUIO FLORES**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. MARTÍN LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno

Eustaquio  
Flores  
Cynthia  
26381274  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
104003893

### 2. Datos del tutor

Dr.  
Martín  
López  
Hernández

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.  
José Guadalupe  
Palacios  
Vargas

### 4. Datos del sinodal 2

M. en C.  
Ricardo  
Iglesias  
Mendoza

### 5. Datos del sinodal 3

M. en C.  
María Cristina  
Mayorga  
Martínez

### 6. Datos del sinodal 4

Biol.  
Rafael Enrique  
Barba Álvarez

### 7. Datos del trabajo escrito

Insectos Acuáticos del Río Tula Hidalgo, México: Composición, abundancia y distribución  
74 p.  
2018

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
ABREVIATURAS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVOS	
GENERAL.....	12
PARTICULARES.....	12
ÁREA DE ESTUDIO.....	13
ZONA ALTA-URBANA-AGRÍCOLA .....	15
TAXHIMAY.....	15
QUELITES.....	15
ACOCULCO.....	15
ZONA MEDIA-URBANA-INDUSTRIAL.....	16
ATENGO.....	16
MIXQUIAHUALA.....	16
CHILCUAUTLA.....	17
IXMIQUILPAN.....	17
ZONA BAJA-URBANA-AGRÍCOLA.....	17
TASQUILLO.....	17
METODOLOGÍA.....	19
CAMPO.....	20
LABORATORIO.....	21
GABINETE.....	22

## RESULTADOS

LISTADOS SISTEMÁTICOS	
GENERAL.....	23
SECAS-CÁLIDAS.....	24
POST-LLUVIAS.....	25
SECAS-FRÍAS.....	26
DIAGNOSIS	
CLASE INSECTA.....	28
ORDEN COLEOPTERA.....	29
ORDEN DIPTERA.....	30
ORDEN EPHEMEROPTERA.....	31
ORDEN HEMIPTERA.....	32
ORDEN MEGALOPTERA.....	33
ORDEN ODONATA.....	34
ORDEN TRICHOPTERA.....	34
ABUNDANCIAS	
ORDEN.....	37
FAMILIA.....	38
LOCALIDADES.....	38
PERÍODO.....	41
DISTRIBUCIÓN DE LAS FAMILIAS	
LOCALIDADES.....	44
ZONAS.....	46
DATOS FÍSICOQUÍMICOS.....	48
CALIDAD AMBIENTAL.....	49
PRUEBA T-STUDENT	
FAMILIAS POP PERÍODO.....	53
ABUNDANCIAS POR PERÍODO.....	55
DISCUSIÓN.....	57
CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63
ANEXO	
IMÁGENES DE LOS ÓRDENES Y LAS FAMILIAS.....	70

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que nada, quiero agradecer el apoyo e intervención del asesor de este trabajo, el Dr. Martin López Hernández, por su atención y tiempo para que esta tesis llegara a su término.

También quiero agradecer al Laboratorio de Química Ambiental del Instituto de Limnología y Ciencias del Mar, por el apoyo otorgado para poder desarrollar este trabajo.

A la máxima casa de estudios Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de la Facultad de Ciencias y formarme en esta maravillosa carrera profesional.

A mis sinodales:

Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, profesor de asignatura en la licenciatura y por tomarse el tiempo de revisar este trabajo.

M. en C. Ricardo Iglesias Mendoza, por su tiempo como profesor de licenciatura y por la revisión de este trabajo.

Biólogo Rafael Enrique Barba Álvarez, por su apoyo en la identificación de algunos ejemplares de insectos y como revisor de tesis.

Y a la M. en C. María Cristina Mayorga Martínez por su tiempo para revisar este trabajo.

Gracias a todos por sus comentarios que enriquecieron esta tesis.

A mi familia:

Mamá, Papá y hermanos, muchas gracias a todos por su cariño y apoyo incondicional en todos los aspectos. Los amo románticos.

Tías y tíos. Primos: Kari, Nancy (Mija), Jesus (Tepi), Anahi (Flaquita) y Erick gracias por los momentos de felicidad.

A mis amigos:

Michell (Michelita), Yanei, Monse, Dulce (Caramelito), Sarai (Güerita), Cesar (Cesarcito) y Verónica (Verito). El tiempo nos ha llevado por caminos distintos, pero agradezco la bonita amistad que me han brindado en todos estos años, todo empezó con un “Cachorro, puma feroz”.

Tbt´s Diego (Mascarita), Arlene (Gemela), Diana (Lucerito) y Susana, gracias por la amistad que nació en Prepa 2.

Amistades largas Gabriela (Bigy), Diana (Peligro), Nallely (Naya), Cesar (Suave), Julieta (July), Sebastián (Dear), gracias por todos los buenos momentos que pasamos en la Facultad.

Sebastián (Metalito), Isai, Luis Eduardo y a todos con los que compartí materias, laboratorios y prácticas de campo.

Omar gracias por tu compañía en el laboratorio, por tu apoyo y conocimientos.

Trio maravilla Gabriela y Aurora, gracias por compartir sus conocimientos y llenar de risas el tiempo de trabajo y fuera de él.

Monse, Mari y Arturo gracias por las pláticas y apoyo.

Gracias a todos, la vida está llena de buenos y malos momentos, pero con ustedes todo es mejor.

Ser una persona sencilla, te hace ser una gran persona.

## ABREVIATURAS

### Zonas

AUA	Alta-Urbana-Agrícola
MUI	Media-Urbana-Industrial
BUA	Baja- Urbana-Agrícola

### Localidades

TAX	Taxhimay
QUE	Quelites
ACO	Acoculco
ATE	Atengo
MIX	Mixquiahuala
CHI	Chilcuautila
IXM	Ixmiquilpan
TAS	Tasquillo

### Muestreos

S-C	Secas-Cálidas
P-L	Post-Lluvias
S-F	Secas-Frías

### Órdenes

COL	Coleoptera
DIP	Diptera
EPH	Ephemeroptera
HEM	Hemiptera
MEG	Megaloptera
ODO	Odonata
TRI	Trichoptera

### Calidad

E	Excelente
B	Buena
R	Regular o eutrófica
M	Mala
MM	Muy mala
EM	Extremadamente mala

### T-Student

SC-FAM	Secas Cálidas-Familias
PL-FAM	Post Lluvias-Familias
SF-FAM	Secas Frías-Familias
SC-NORG	Secas Cálidas-Abundancias
PL-NORG	Post Lluvias-Abundancias
SC-NORG	Secas Frías-Abundancias



## RESUMEN

El presente trabajo estuvo orientado a evaluar la composición, abundancia y distribución de la entomofauna acuática en el cauce principal del Río Tula que está localizado en su mayor parte dentro del estado de Hidalgo cuyo cauce corre de sur a norte del país.

Se tomaron en cuenta los períodos estacionales de Secas Cálidas (S-C, mayo de 2014), Post-Lluvias (P-L, noviembre 2014) y Secas-Frías (S-F, febrero de 2015) para muestrear ocho localidades a lo largo del cauce considerando tres zonas de acuerdo a su altitud sobre el nivel del mar y sus principales actividades económicas: la zona Alta-Urbana-Agrícola (Taxhimay, Quelites y Acoculco), la zona Media-Urbana-Industrial (Atengo, Mixquiahuala, Chilcuautla e Ixmiquilpan) y la zona Baja-Urbana-Agrícola (Tasquillo).

Se recolectaron 5,295 insectos acuáticos, distribuidos en 7 órdenes y 32 familias: Coleoptera (Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Hydrophilidae y Staphylinidae), Diptera (Ceratopogonidae, Chironomidae, Empididae, Psychodidae, Simuliidae y Tipulidae), Ephemeroptera (Baetidae, Caenidae, Heptageniidae, Leptohyphidae y Leptophlebiidae), Hemiptera (Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Notonectidae y Veliidae), Megaloptera (Corydalidae), Odonata (Aeshnidae y Calopterygidae) y Trichoptera (Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Philopotamidae y Polycentropodidae).

El Orden de mayor abundancia fue Diptera, la Familia de mayor abundancia es Chironomidae. A lo largo del cauce del río se encuentran varias familias, las que presentaron una distribución muy amplia son Chironomidae y Simuliidae, pero la mayoría de las familias presentaron distribución limitada.

Los períodos de muestreo y los sitios de muestreo presentaron diferencias en abundancia en organismos y número de órdenes y familias. Por períodos S-C (593 organismos, cinco órdenes y 17 familias), P-L (2,687 organismos, cinco órdenes y 15 familias) y S-F (2,036 organismos, siete órdenes y 23 familias). Para las localidades Taxhimay (1,603 organismos, seis órdenes y 25 familias), Quelites (65 organismos, seis órdenes y diez familias), Acoculco (365 organismos, tres órdenes y cinco familias), Atengo (160 organismos, tres órdenes y cuatro familias), Mixquiahuala (1,084 organismos, un Orden y dos familias), Chilcuautla (485 organismos, dos órdenes y tres familias), Ixmiquilpan (654 organismos, tres órdenes y cinco familias) y Tasquillo (654 organismos, cuatro órdenes y siete familias).

Las actividades productivas de tipo agrícola, pecuario, urbano e industrial a lo largo del cauce del río Tula se reflejaron en la composición y abundancia de la comunidad de insectos acuáticos, que con base a las evaluaciones de calidad ambiental permitieron determinar que la zona Alta-Urbana-Agrícola es la de mayor abundancia, composición y mejor calidad ambiental; Media-Urbana-Industrial se nota una disminución en la composición y la calidad es muy mala; luego de los bajos valores de la zona industrial, la zona Baja-Urbana-Agrícola mostro recuperación en reaparición de órdenes y familias, sin alcanzar la composición y abundancia de la zona alta.

## INTRODUCCIÓN

El Phylum Arthropoda tiene animales acuáticos, terrestres y aéreos. Su exoesqueleto está formado por una cutícula quitinosa dividida en tagmas. Tubo digestivo completo y especializado. Sistema circulatorio abierto. Intercambio gaseoso por branquias, tráqueas o difusión cuticular. Sistema nervioso con dos o tres ganglios cerebrales bien desarrollados y órganos sensoriales múltiples. Generalmente dioicos. Crecimiento por ecdisis (Fernández y Rivas, 2010). La Clase Insecta pertenece a dicho Phylum. Y cuenta con el mayor número de especies descritas para los animales en general, con 1,020,007 especies (Zhang, 2011). Los insectos pueden encontrarse en casi todos los hábitats terrestres o dulceacuícolas, e incluso aunque menos frecuente en la región litoral marina. A menudo, viven donde pocos animales o plantas pueden existir (Brusca y Brusca, 2005). Esto, debido a que tienen una gran variedad de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, permitiendo estrategias de desarrollo que generan una alta diversidad en diferentes ambientes, otro aspecto importante es su alta tasa de reproducción y un valor alto de biomasa mayor que la de cualquier grupo de organismos (Mendizabal, 2005; Schnack, 2005).

Su ciclo de vida tiene estadios o etapas de desarrollo, incluye metamorfosis a través de: huevo, larva, pupa o ninfa, antes de llegar a la etapa adulta. El ciclo Holometábolo o metamorfosis completa inicia como huevo, posteriormente como larva, después como pupa, para finalmente llegar a la etapa adulta (ejemplo Orden Diptera). El Hemimetábolo o metamorfosis incompleta, pasa por los estadios de huevo, ninfa y adulto, con uno o varios estadios ninfales semejantes al adulto (ejemplo Orden Ephemeroptera) (Brusca y Brusca, 2005; Hanson *et al.*, 2010; Jordán, 2012). Los ciclos de vida pueden variar en el número de generaciones que se dan al año: Univoltinos una generación (ejemplo Orden Megaloptera), Bivoltinos dos generaciones (ejemplo Orden Ephemeroptera), Semivoltinos una o dos generaciones (ejemplo Orden Coleoptera), Trivoltinos con tres generaciones (ejemplo Orden Hemiptera) y Multivoltinos con varias generaciones al año (ejemplo Orden Diptera). (Monteresino y Brewer, 2001; Hanson *et al.*, 2010)

Son importantes en diferentes ámbitos. En el aspecto de salud humana están relacionados con la transmisión de enfermedades como el paludismo (genero *Anopheles*), dengue (especie *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*) y fiebre amarilla (géneros *Aedes* y *Hemogogus*) transmitidos por algunos dípteros. En la parte ecológica, la importancia de los insectos está relacionada con la cadena trófica al ser y organismos reductores y alimento de otras formas de vida (Barnes, 1977; Coto y Saunders, 2004; Brusca y Brusca, 2005; Sánchez, 2011; Fernández y Rivas, 2010).

Dentro de la Clase Insecta 13 de los 28 órdenes tienen representantes en sistemas acuáticos. Hay cinco órdenes en los cuales todas las especies son acuáticas: Ephemeroptera (Hemimetábolos), Megaloptera (Holometábolos), Odonata (Hemimetábolos), Plecoptera (Hemimetábolos) y Trichoptera (Holometábolos). Mientras que en los demás órdenes solo algunas familias se encuentran asociadas al ambiente acuático durante sus estadios inmaduros, debido a que la mayoría de sus especies son terrestres o semiacuáticos (Hanson *et al.*, 2010).

Muy pocas especies como *Aedes detritus* son capaces de vivir en ambientes de agua salada, por las diferencias de salinidad son capaces de excretar solutos al incrementar su presión osmótica interna y secretar orina hiperosmótica (Hill *et al.*, 2006). Sin embargo, hay organismos capaces de vivir en agua dulce y en tierra firme, tomando en cuenta que las etapas juveniles habitan ambientes de agua dulce, mientras que los adultos que vuelan son terrestres. Estos cambios en el tipo de hábitat muestran las adaptaciones de los insectos durante las distintas etapas del ciclo de vida, dando cambios en el comportamiento, morfología y modificaciones en sus sistemas de intercambio gaseoso, que ocasionan importantes diferencias en su ciclo de vida (Brusca y Brusca, 2005; Hanson *et al.*, 2010).

Los insectos acuáticos tienen diferentes tipos de alimentación y son importantes en los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos, relacionados con el flujo de energía y dinámica de las comunidades. Los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Megaloptera y Odonata son depredadores en tanto que Ephemeroptera y Trichoptera son alimento de animales como peces y otros invertebrados; asimismo, tienen un papel como organismos reductores de nivel en las cadenas alimentarias, se encargan de triturar y consumir la materia vegetal (Brusca y Brusca, 2005; Barba-Álvarez *et al.*, 2013). Energéticamente las cadenas alimentarias acuáticas se basan en material autóctono producido por algas, o material alóctono que entra en el sistema. Los insectos fragmentadores, recolectores y filtradores ayudan a mover esta energía a diversos niveles tróficos, debido a que inciden en la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos. Además del medio acuático, el terrestre también es importante debido a que muchas de las etapas adultas están bien representadas en la zona ribereña, por su porción significativa de biomasa y por ser parte de la dieta de otros animales (Hanson *et al.*, 2010).

En los sistemas acuáticos lóticos, de corriente (ríos), los organismos, incluyendo aves, anfibios, mamíferos, reptiles, insectos, macroinvertebrados bentónicos, entre otros, reaccionan a los cambios en el ambiente, sean naturales o antropogénicos (Mafla, 2005).

En los ríos, los invertebrados son los más abundantes y diversos en cuanto a número de organismos y géneros, presentan características morfológicas, conductuales y de sensibilidad a cambios físicos, químicos y de alteración del hábitat, por remoción y/o cambio de cantidad y calidad del material en el sustrato, que permiten ser usados como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua basados en su: sensibilidad a diversos contaminantes, su reacción rápida, prácticamente aprovechan todos los hábitats disponibles, fáciles de recolectar y su taxonomía a nivel Familia o Género está bien establecida en la mayoría de los casos. (Barba-Álvarez *et al.*, 2013). En el caso de los insectos acuáticos su diversidad y abundancia dependerá de las características relacionadas con la calidad del agua, aspectos morfológicos, fisiológicos e inclusive etológicos que se relacionan con los sitios donde colonizan y se establecen, tomando en cuenta la estacionalidad (primavera, verano, otoño e invierno) y temporalidad (secas y lluvias) (Quiroz y Rodríguez, 2008).

La presencia de los organismos se ve influenciada por las condiciones que presenta la calidad del agua, algunos de los factores importantes son los contaminantes, el oxígeno disuelto, materia orgánica y temperatura. Un río limpio con suficiente aeración y corriente permite depurar el agua de contaminantes, favoreciendo la conectividad de los ecosistemas, permitiendo la distribución de agua, nutrimentos, sedimento y energía desde las partes altas

a las bajas del río, proporcionando condiciones para la diversidad de formas de vida (SEMARNAT, 2012). Un río contaminado en contraparte tiene la presencia de muchos contaminantes que no permiten el proceso de depuración, generando cambios en la energía y valores bajos en parámetros fisicoquímicos, las consecuencias son valores bajos de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Nutrientes que disminuyen la diversidad de formas de vida (Prat y Peters., 2004).

Los ríos tienen una capacidad limitada de absorber y eliminar la contaminación de los vertidos que reciben (Gil, 2006). La efectividad del proceso depende de la cantidad de agentes ajenos al agua. En el proceso de autodepuración de un río intervienen diversos fenómenos, los físicos como la acción de la luz, los elementos del clima y la sedimentación e incorporación de contaminantes en los sedimentos es uno de los destinos principales para muchos de los contaminantes. Los químicos como la transformación de sales en minerales y oxidación de la materia. Y los biológicos como la biodegradación de la materia orgánica por agentes descomponedores como los hongos, las bacterias, la microfauna y la microflora. (Calvo, 1992; Mata, 2005; Domènech y Peral, 2006).

Algunos de los insectos por su alta sensibilidad a los cambios requieren de una buena calidad del agua para sustentar la vida acuática, basada en oxígeno por arriba de 5 mg/L (Goyenola, 2007) y disponibilidad de microhábitats para sobrevivir, por lo que su distribución puede ser limitada y se les encuentra solo bajo ciertas condiciones ambientales favorables. Otros al contrario resisten, crecen y abundan en sitios donde hay contaminación, por lo que su distribución puede llegar a ser más amplia (Mafla, 2005). En ríos de aguas transparentes y limpias es común encontrar plecópteros, trichópteros y efemerópteros que son sensibles a la contaminación. En ríos contaminados, de aguas turbias, eutrofizados y poco oxigenadas se pueden encontrar oligoquetos, dípteros, moluscos y ocasionalmente algunas especies de aguas limpias (Vázquez *et al.* 2006 y Merritt *et al.*, 2008).

Los Índices Bióticos o Biológicos se utilizan para condiciones específicas considerando factores limitantes a su aplicación, como las señales de tolerancia de los organismos a la contaminación, generalmente utilizando los niveles taxonómicos de familia, subfamilia, género y especie (Sandoval y Molina, 2000), además se recomienda su aplicación a ciertas regiones. Los Bioindicadores o Indicadores Biológicos acuáticos se han considerado como aquellos organismos cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habitan y se han asociado directamente a la calidad del agua, más que con procesos ecológicos o su distribución, son considerados también como el conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Pinilla, 1998).

Existen varios índices, uno de los primeros sistemas de bioindicadores de contaminación fue el sistema Saprobio en 1901 desarrolló un índice numérico para los organismos referente a su tolerancia, como una metodología para evaluar la calidad del agua utilizando todos los organismos acuáticos, desde algas hasta vertebrados (Roldan, 2003). Beck en 1955 consideró a los insectos como bioindicadores de las condiciones ambientales y contaminación utilizando la clasificación de Tolerantes, Facultativos e Intolerantes. El histograma de Patrick en 1949 utiliza índices de diversidad y biótico que incluye a todas las formas de vida acuáticas. El Índice de Goodnigh y Whitley en 1960 está basado en la abundancia relativa de oligoquetos y otros organismos bentónicos. Índice de Graham en 1965 utiliza una escala

del 1 al 6 indicando que el 6 es la ausencia de macroinvertebrados bentónicos. El de Asociación de poblaciones de Whilhm en 1970 utiliza a los macroinvertebrados bentónicos. Y el Índice de Hilsenhoff en 1977 con una escala de 0 a 5 señaló la sensibilidad o tolerancia de los animales (De la Lanza *et al.*, 2000). Actualmente el Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) solo requiere identificación a nivel Familia y se cuantifica de acuerdo con el rango de sensibilidad de los macroinvertebrados. Los índices de calidad ambiental son diferentes tomando en cuenta las diferencias de tipos de ríos en los países, debido a que no todos los insectos presentan distribución mundial, ni todos los países tienen las mismas condiciones y tipos de impacto ambiental o de contaminación. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013)

En México, la investigación sobre macroinvertebrados e insectos acuáticos de ríos se ha realizado solo en algunos de los tantos ríos que tiene la república. Hay sistemas lóticos en los que no hay información científica sobre la composición, la distribución y la abundancia de entomofauna acuática, por lo que es de vital importancia elaborar censos de la comunidad de insectos acuáticos como base para la evaluación de calidad ambiental de los ríos de nuestro país, considerando que existen 13 Regiones Hidrológico Administrativas y más de 30 Cuencas Hidrológicas con sus más de 4,500 ríos, de los cuáles se extrae el agua que utiliza el hombre y que ha ocasionado que más del 70% presente algún grado de alteración hidrológica y de contaminación, que se reflejan en la diferente composición y abundancia, en espacio y tiempo de las comunidades acuáticas (INEGI, CONAGUA e INE 2007; Greenpeace, 2012; CONAGUA, 2016). Dentro de las cuencas hidrológicas de mayor importancia en la economía y desarrollo, así como de contaminación en el país están los ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Tula-Moctezuma-Pánuco, Lerma-Chapala-Santiago y Tonalá (INEGI, 2018.)

A lo largo del cauce del Río Tula hay una gran variedad de actividades que se desarrollan en cada poblado. Debido a esto, el río está impactado por desechos de las descargas de aguas residuales provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos, ocasionando un deterioro en su calidad. Un gran porcentaje de la superficie que integra a la subcuenca del Río Tula está dedicada a la agricultura, tanto de riego como de temporal.

El río Tula ha exhibido zonas con condiciones de buena calidad en las partes altas, mostrando regiones de un río limpio, mientras que en las partes donde hay mayor urbanización y zonas industriales las condiciones tienden a adquirir características de un río contaminado (Coplain, 1985; Montelongo *et al.*, 2007). El conocer la composición, distribución y abundancia de insectos acuáticos de este sistema lótico, permitirá tener bases para ubicar los sitios con mayor alteración y los de menor impacto ambiental tanto en espacio como en tiempo.

## ANTECEDENTES

En el Río Tula se han realizado estudios fisicoquímicos, biológicos y de calidad del agua, pero no se han realizado de insectos acuáticos, por lo cual bibliográficamente no hay estudios ni antecedentes en este sitio.

Sin embargo, en otros ríos de México se han realizado estudios de la fauna del macrobentos que se encuentra en ellos. Ríos con diferente grado de contaminación o perturbación que inciden en sus diferentes comunidades de insectos acuáticos como en la Cuenca del Río San Juan en el estado de Nuevo León se encontró que la calidad del río era regular y buena en algunos de los sitios muestreados. A lo largo del río se encontraron 23 Familias de 6 órdenes de la Clase Insecta (Guerra, 2000). En la Cuenca del Río Lerma, que atraviesa los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro y el Estado de México se encontraron condiciones de contaminación con presencia de crustáceos, moluscos, anélidos e insectos, de este último los órdenes que se encontraron son: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera y Odonata (López *et al.*, 2007). En la Cuenca del Río Papaloapan en el estado de Veracruz la entomofauna acuática se encontró conformada por 11 órdenes (Coleoptera, Collembola, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Orthoptera, Plecoptera y Trichoptera) y 61 Familias (Juárez *et al.*, 2015). En la cuenca alta del Río Balsas en los estados de Morelos y Puebla se presentaron condiciones de alteración ambiental y se encontró entomofauna acuática perteneciente a 9 órdenes (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera) y 58 Familias (Granados *et al.*, 2017). Con estos datos se puede aportar al estudio datos que los ríos pueden tener similitudes en sus insectos acuáticos en diferentes partes de la República Mexicana.

El Río Tula ha recibido desde el siglo XVII aguas provenientes de la ciudad de México, estas aguas tenían un origen pluvial y posteriormente se inició la deposición de aguas residuales, lo cual ha durado hasta hoy en día. Las aguas, después de proporcionar su servicio a la Ciudad de México y su zona metropolitana, son desalojadas del Valle de México hacia la subcuenca del río Tula, por medio del Gran Canal y los túneles de Tequixquiac para descargar en el río Salado o bien por el Tajo de Nochistongo hacia el río el Salto, ambos afluentes del río Tula (Pérez *et al.*, 2002).

Coplain (1985) realizó un estudio en el Río Tula en el que delimitó tres secciones, parte alta, media y baja. Encontrándose que la parte alta era un río sano, sin descargas; en la parte media se empieza a ver una degradación de las condiciones naturales por las descargas de aguas residuales y arrastre de sólidos en suspensión, mientras que para la parte baja el río recupera su buena calidad, considerando la calidad del agua del río como media. Veintidós años después se realizó una modelación de la calidad del agua en que se tomaron dos secciones, la parte alta y baja. En la parte alta el agua tiene una calidad aceptable, mientras que en la parte baja, se consideró el agua muy contaminada (Montelongo *et al.*, 2007). Con estos estudios se ha mostrado que en el transcurso de los años la calidad ha cambiado y se ha degradado en algunas zonas.

Dentro de los estudios encontraron niveles altos de sólidos suspendidos y nitrógeno. Para los valores de fluoruros, fosfatos, B, Pb y Na superaron los límites de las normas de Criterios

ecológicos de calidad del agua (CE-CCA), NOM-001-SEMARNAT para los límites permisibles de contaminantes y la NOM-127-SSA1-1994 de salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Uno de los datos que hay que resaltar es que hay variación de Demanda Bioquímica de Oxígeno lo que implica afectaciones para el desarrollo de la vida acuática en el río (Ortiz y Ramírez, 2003; Montelongo *et al.*, 2007; Lesser *et al.*, 2011).

Dentro de los estudios microbiológicos se han encontrado grandes cantidades de microorganismos, bacterias, coliformes fecales y totales. En un análisis bacteriológico de 75 pozos de agua potable en la zona, se encontró que en 30 de ellos había presencia de coliformes totales y fecales. Además de que se han encontrado organismos patógenos causantes de trastornos gastrointestinales presentes en productos de cultivo de maíz, frijol, trigo, jitomate, cebolla, col, cilantro, rábano, betabel, alfalfa y acelgas (Núñez, 2015). Estos microorganismos tienen sus pros y contras, ya que han ayudado a mejorar la fijación de nutrientes del suelo, pero por otro lado se encuentran en los vegetales que son cultivados en las superficies vegetales o dentro de las plantas. Otro estudio está relacionado con la bioacumulación de metales pesados en tilapias y zooplancton, encontrando acumulación de As, Cd y Pb, teniendo como consecuencia, que no se pueda hacer consumo de la tilapia en algunas regiones del Río Tula (Pérez *et al.*, 2002; Ortiz y Ramírez, 2003; Lesser *et al.*, 2011; Rubio *et al.*, 2015).

Otro problema, es que el agua que se usa para el riego agrícola y como fuente de abastecimiento de agua potable en algunas zonas no es tratada previamente. Como en el caso del Valle del Mezquital que se utiliza el agua sin tratar en alrededor de 45,214 hectáreas de cultivo (Montelongo *et al.*, 2007; Lesser *et al.*, 2011).

Todo esto trae por consiguiente que el agua del río tenga un alto contenido de contaminantes y materia orgánica de diferente composición, ocasionando efectos adversos en la salud de animales y personas. La importancia de los insectos acuáticos, toma en cuenta sus papeles en los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos, además de que pueden ser afectados por los problemas antes mencionados.

## JUSTIFICACIÓN

Con relación a la entomofauna acuática no existen estudios anteriores, por lo cual el presente trabajo describe la composición, abundancia y distribución de insectos del Río Tula aportación que pueda servir a cualquier investigación de entomofauna de la zona.

La degradación de los ríos se debe a diversas razones como: la agricultura, la ganadería, la deforestación, la explotación maderera, los canales de riego, el drenaje y descargas urbanas que, con el uso de productos químicos, destrucción de las cuencas, cambio del curso del agua, junto con bacterias y metales disminuyen la calidad del agua de río (Mafla, 2005).

Las actividades que principalmente ocasionan la degradación del río Tula, son las descargas de aguas residuales de la Ciudad de México (Pérez *et al.*, 2002) y la zona urbana e industrial de la Ciudad de Tula, que han ocasionado cambios en la calidad del agua (Coplain, 1985; Montelongo *et al.*, 2007) por la presencia de sólidos suspendidos, aceites, metales y elementos como nitrógenos, fosfatos y fluoruros (Ortiz y Ramírez, 2003; Montelongo *et al.*, 2007; Lesser *et al.*, 2011).

Con los antecedentes de la zona se puede considerar que la calidad del agua es muy variable, se han reportado sitios con excelente calidad en comparación con otros que se consideran muy contaminados (Coplain, 1985; Montelongo *et al.*, 2007).

En el cauce del río Tula la calidad del agua se ve influenciada por las actividades antropogénicas ya que modifican las condiciones naturales del río, ocasionando cambios fisicoquímicos que pueden afectar la integridad tanto del humano como la de los animales. Por ello para este estudio fueron seleccionadas tres zonas: Alta-Urbana-Agrícola, Media-Urbana-Industrial y Baja-Urbana Agrícola.

Conocer los espacios naturales que tenemos en el país permite saber las condiciones en las que se encuentra el entorno. Utilizar a las formas de vida como los insectos acuáticos en los ríos, es una manera de conocer las condiciones del entorno donde viven y los cambios que genera el humano.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Determinar la composición, abundancia y distribución de los insectos acuáticos a lo largo del Río Tula Hidalgo, México, así como las condiciones ambientales en tres condiciones climáticas diferentes.

### **PARTICULARES**

- Obtener el listado sistemático a lo largo del río en los períodos de Secas-Cálidas (Mayo), Post-Lluvias (Noviembre) y Secas-Frías (Febrero).
- Conocer la abundancia de insectos acuáticos en el cauce principal del río.
- Representar la distribución espacial y temporal de las Familias.
- Conocer la calidad ambiental de las localidades en que se encontraron los insectos acuáticos.

## ÁREA DE ESTUDIO

El río Tula es una corriente perenne, su cauce corre de sur a norte. Pertenece a la Región Hidrológico Administrativa número IX-Golfo Norte, de la Región Hidrológica 26-Pánuco, la cuenca del Río Tula es una subcuenca abierta y se le conoce como la subregión hidrológica 26D-Río Tula. El río queda comprendido entre los meridianos 98°41' y 99°41' de longitud oeste y entre los paralelos 19°36' y 20°41' de latitud norte. Está localizado en su mayor parte dentro del estado de Hidalgo, aunque una pequeña parte se ubica al norte del Estado de México. Se encuentra comprendido dentro de un sistema de valles interconectados, cuyo conjunto se le conoce como Valle del Mezquital. (Coplain, 1985; Pérez *et al.*, 2002; Ortiz and Ramírez, 2003; Montelongo *et al.*, 2007; Cotler *et al.*, 2010; INEGI, 2010; Lesser *et al.*, 2011; Ramírez, 2013).

Las aportaciones de volumen de agua a la corriente natural del río son muchas y muy variables, durante su curso, el río se alimenta y tiene influencia del caudal de otros ríos como los afluentes de: el Salto, Tautla, Rosas, Salado y Actopan (Pérez *et al.*, 2002; Ortiz and Ramírez, 2003). Así como también de las del drenaje Profundo de la Ciudad de México, drenaje de la Ciudad de Tepeji del Río de Ocampo, así como su parque industrial, descargas de la ciudad de Tula de Allende y de las industrias como la Refinería Miguel Hidalgo de PEMEX y de la Termoeléctrica de Tula (Pérez *et al.*, 2002).

El cauce principal del río Tula tiene su flujo controlado por presas construidas sobre su cauce, dos de estos embalses son la presa Endhó y la presa Requena, hay una longitud de más de tres mil kilómetros desde la entrada a la presa Requena hasta el portal de salida de la presa Endhó (Pérez *et al.*, 2002; Ortiz and Ramírez, 2003).

Dentro de la cuenca se ubican 11 municipios pertenecientes al Estado de México y 22 pertenecientes al Estado de Hidalgo (Montelongo *et al.*, 2007). El área de muestreo se dividió en tres zonas (Rivera, 2018): Alta-Urbana-Agrícola, Media-Urbana-Industrial y Baja-Urbana-Agrícola. Las localidades muestreadas por zona son en la Alta-Urbana-Agrícola: Taxhimay, Quelites y Acoculco. En la Media-Urbana-Industrial: Atengo, Mixquiahuala, Chilcuautila e Ixmiquilpan. Por último, en la Baja-Urbana-Agrícola se muestreo Tasquillo (Figura 1).

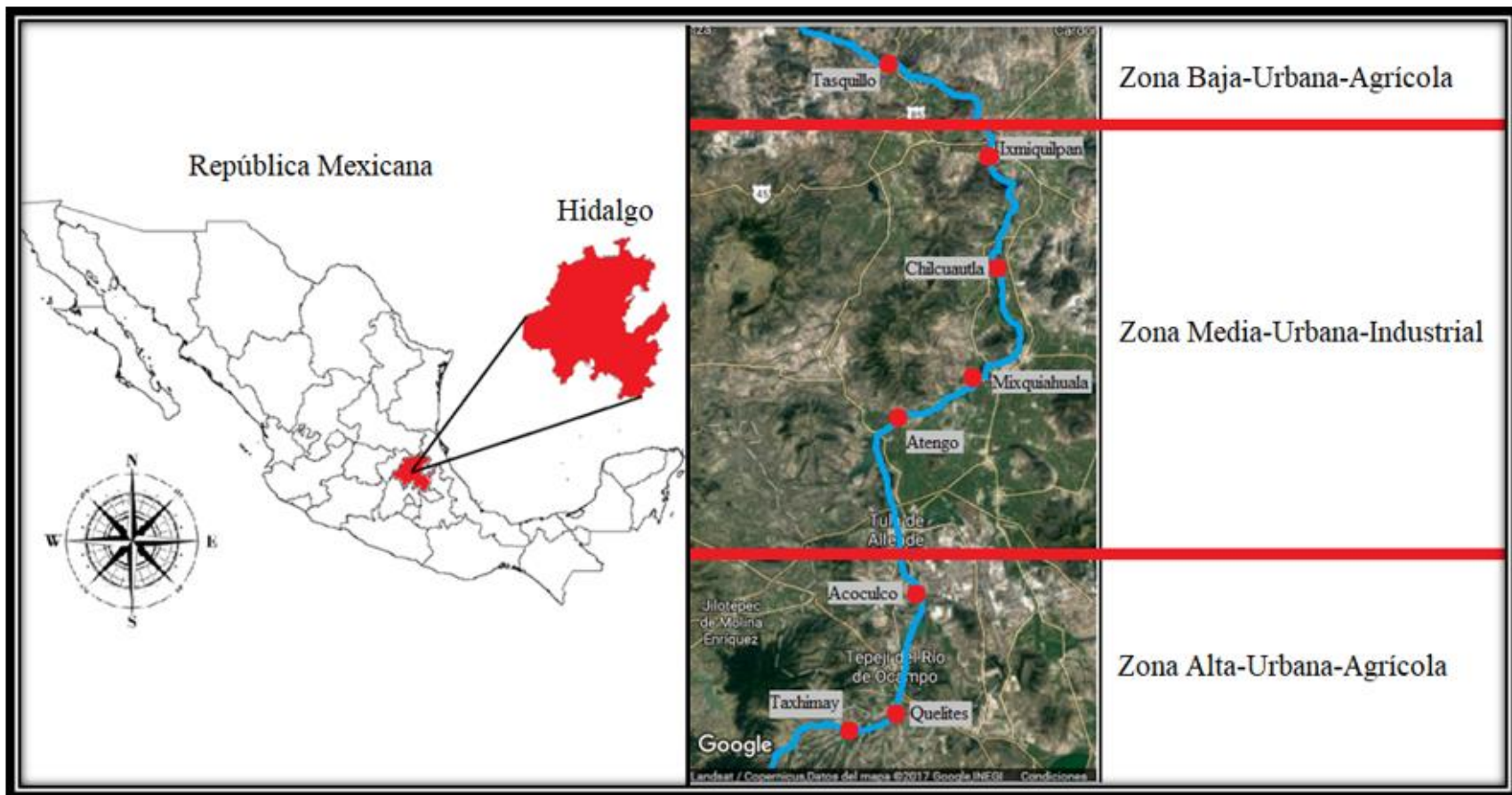


Figura 1. Mapa del área de estudio con las zonas y localidades muestreadas.

## **ZONAS Y LOCALIDADES**

Con base en Rivera (2018) la zona de estudio se divide en las siguientes zonas.

### **ZONA ALTA-URBANA-AGRÍCOLA (AUA)**

Zona de captación, áreas cercanas al parteaguas, en la zona más elevada, de montaña o lomeríos donde se forman los primeros escurrimientos. El clima es templado subhúmedo. La vegetación está representada por pastizal inducido, bosque de pino-encino y vegetación arbustiva, con actividad principalmente agrícola.

### **TAXHIMAY (TAX)**

Su nombre oficial es San Luis Taxhimay del municipio de Villa del Carbón. Es una zona dedicada a actividades agrícolas, con desarrollo urbano y no desarrollo industrial (Coplain, 1985; SEDESOL, 2010). La temperatura va de los 8 a los 16°C. Con una precipitación de 1,500 mm. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Uso de suelo en agricultura es de 34.17% y zona urbana de 3.37%. La vegetación está representada por bosque y pastizal (INEGI, 2009).

En este sitio se realizaron los tres muestreos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías. Con coordenadas 19°50'23" N, 99°24'58" W a 2,235 msnm. Las características del río son: profundidad de 20 cm; agua clara lográndose ver el fondo; se observaban cantos, guijarros, grava y arena (Tarbuck *et al.*, 2005); en la orilla hay limo y vegetación primaria como Ahuehuetes. Cerca del área de muestreo no hay significativos asentamientos urbanos y se logran observar algunos terrenos de cultivo, a unos metros hay un puente de la carretera que pasa sobre el río.

### **QUELITES (QUE)**

Su nombre oficial es Santa María Quelites del municipio de Tepeji del Río Ocampo (SEDESOL, 2010). Tiene una temperatura de los 10 a 18°C. Precipitación de 500 a 900 mm. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. El uso de suelo en agricultura es de 31.52% y zona urbana 6.88%. La vegetación está representada principalmente por pastizal, matorral y bosque (INEGI, 2009).

En este sitio se realizó el muestreo en la temporada de Secas-Frías. Las coordenadas son 19°50'47" N, 99°20'55" W a 2,157 msnm. Las características del río son: profundidad de 50 cm; agua clara lográndose ver el fondo; se observan cantos, guijarros, grava y arena (Tarbuck *et al.*, 2005); con vegetación primaria Ahuehuetes en las orillas. Cerca del área de muestreo no hay significativos asentamientos urbanos, pero sí se logran ver varios terrenos de cultivo. Siguiendo el cauce del río se encuentra la presa Requena.

### **ACOCULCO (ACO)**

Su nombre oficial es San José Acoculco del municipio de Atotonilco de Tula (SEDESOL, 2010). La temperatura va de los 12 hasta los 18°C. La precipitación es de 500 a 700 mm.

Clima semiseco templado con lluvias en verano. Uso de suelo en agricultura 54.23% y zona urbana 15.77%. La vegetación principalmente es pastizal, matorral y bosque (INEGI, 2009).

En este sitio se realizó el muestreo en la temporada de Post-Lluvias. Las coordenadas son 19°58'02" N, 99°18'28" W a 2,097 msnm. Las características del río son: profundidad de 40 cm; el agua tenía color café; sin ver por completo el fondo; se lograban sentir cantos, guijarros, grava, arena y limo (Tarbuck *et al.*, 2005); con vegetación primaria Ahuehuetes en las orillas. Cerca del área de muestreo no hay significativos asentamientos urbanos y hay pocos terrenos de cultivo. Varios kilómetros antes, el cauce del río cruza por la Presa Requena y varios kilómetros después el cauce llega a la presa Endhó.

### **ZONA MEDIA-URBANA-INDUSTRIAL (MUI)**

Zona intermedia entre la zona alta y baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen, aportando: sedimentos, contaminantes y materia orgánica. Clima semiseco-templado. Vegetación de pastizal y matorral. Zona industrial.

### **ATENGO (ATE)**

La localidad se llama Atengo del municipio de Tezontepec de Aldama (SEDESOL, 2010). La temperatura va de los 15 a los 17°C. La precipitación es de los 500 a los 600 mm. Clima predominantemente semiseco templado. El uso de suelo en agricultura es de 62.36% y en la zona urbana es de 14.64% (INEGI, 2009).

En este sitio se realizaron los muestreos de las temporadas de Secas Cálidas y Frías. El muestreo se realizó con las coordenadas 20°10'49" N, 99°20'38" W a 1,993 msnm. Las características del río son: profundidad de 60 cm; agua de color verde donde no se lograba ver el fondo; se sentían cantos y bloques (Tarbuck *et al.*, 2005) pero no el sedimento; en las orillas del río el tipo de vegetación es secundaria, pastos y terrenos de cultivo. Cerca del área de muestreo hay pocas casas que se encontraban a más de 20 m. Kilómetros antes en el cauce se encuentra la presa Endhó.

### **MIXQUIAHUALA (MIX)**

Su nombre oficial es Mixquiahuala del municipio Mixquiahuala de Juárez (SEDESOL, 2010). El clima es principalmente semiseco templado. La temperatura varía de los 14 a 20°C. Precipitación promedio de 509 mm. La zona es semidesértica, la flora está representada principalmente por: nopal, orégano, garambullo, biznaga, pitaya, mezquite y maguey. El uso de suelo es principalmente para labores pecuarias y agrícolas (INAFED, 2000). Con actividad industrial (Coplain, 1985).

En este sitio se realizaron los tres muestreos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías. El muestreo se realizó con las coordenadas 20°14'26" N, 99°13'50" W a 1,926 msnm. Las características del río son: profundidad de 65 cm; agua con olor fétido y color verde-grisáceo donde no se lograba ver el fondo; se sentían bloques, cantos, guijarros, grava, arena y limo (Tarbuck *et al.*, 2005); en las orillas hay vegetación primaria como Ahuehuetes. Cerca del

área de muestreo no existen asentamientos. A unos metros se encuentra un puente que pasa por encima del río por donde cruza la carretera. Se logran ver algunos terrenos de cultivo.

### **CHILCUAUTLA (CHI)**

Su nombre oficial es Chilcuautila del municipio con el mismo nombre (SEDESOL, 2010). La temperatura va de los 14 a los 18°C. La precipitación es de 400 a 600 mm. El clima es predominantemente semiseco templado. El uso de suelo en agricultura es de 54% y en zona urbana de 0.8%. La vegetación es principalmente de matorral, bosque y pastizal (INEGI, 2009). Con actividad industrial (Coplain, 1985).

En este sitio se realizaron los muestreos de Post-Lluvias y Secas-Frías. El muestreo se realizó en las coordenadas 20°19'33" N, 99°13'20" W a 1,824 msnm. Las características del río son: profundidad de 40 cm; agua de color verde-grisáceo donde no se ve el fondo; se logran sentir cantos, guijarros, grava, arena y limo (Tarbuck *et al.*, 2005); en las orillas hay vegetación primaria como Ahuehuetes. Cerca del área de muestreo no existen asentamientos. Se logran ver algunos terrenos de cultivo.

### **IXMIQUILPAN (IXM)**

Se encuentra dentro del municipio con el mismo nombre (SEDESOL, 2010). Zona semiárida donde abundan mezquites, nopales, magueyes y cardos. Las precipitaciones pluviales son por lo general escasas. Clima semiseco e incluso templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 18°C. La precipitación media anual es de alrededor de 363.8 mm. En la región había manantiales (Ramírez, 2013). Con actividad industrial (Coplain, 1985).

En este sitio se realizaron los tres muestreos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías. El muestreo se realizó en las coordenadas 20°28'50" N 99°13'19" W a 1,704 msnm. Las características del río son: profundidad de 50 cm; agua de color verde-grisáceo donde no se alcanza a ver el fondo; pero se logran sentir cantos, guijarros, grava, arena y limo (Tarbuck *et al.*, 2005); en las orillas hay vegetación primaria como Ahuehuetes y secundaria como pastos. En todos los alrededores del área de muestreo existen asentamientos en la orilla del río, además hay bardas y espacios con asientos para los peatones, a unos metros hay un puente para autos y otro para peatones, ambos pasan encima del cauce del río.

### **ZONA BAJA-URBANA-AGRÍCOLA (BUA)**

Zona de descarga, donde el río principal desemboca, donde se acumulan los impactos de todo el cauce. Clima semiseco-templado. Vegetación arbustiva y de matorral. Zona agrícola.

### **TASQUILLO (TAS)**

Su nombre oficial es Tasquillo del municipio con el mismo nombre (SEDESOL, 2010). La temperatura va de los 14 a 20°C. La precipitación es de 300 a 600 mm. El clima es predominantemente semiseco cálido. El uso de suelo en agricultura es de 34.93% y la zona

urbana de 1.73% (INEGI, 2009). Zona más vulnerable económicamente, está formada de tierras de temporal (Coplain, 1985).

En este sitio se realizaron los tres muestreos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías. El muestreo se realizó en las coordenadas 20°34'06" N, 99°18'49" W a 1,624 msnm. Las características del río son: profundidad de 80 cm; agua de color verde donde no se lograba ver el fondo; con vegetación secundaria como pastos y terrenos de cultivos. Cerca del área de muestreo no hay significativos asentamientos.

La figura 2 muestra los datos de altitud a la que se muestreo cada una de las localidades.

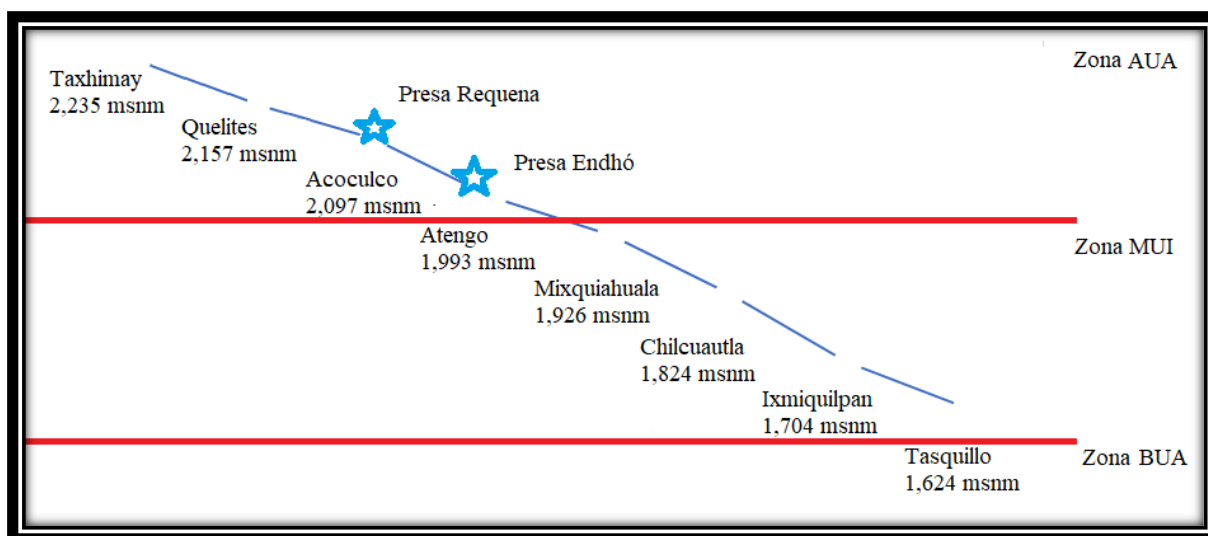


Figura 2. Altitud de las localidades y presas.

## **METODOLOGÍA**

El material que se utilizó para la realización de este trabajo se encuentra en el laboratorio de Contaminación Ambiental del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y son muestras que fueron colectadas en distintos sitios del Río Tula Hidalgo, México.

Los períodos de muestreo se realizaron tomando en cuenta que el nivel de agua varía en el río, por lo cual se eligieron las temporadas de sequías y post-lluvia. Para los períodos de sequías el río muestra condiciones bajas en el nivel de agua, mientras que para el período de post-lluvias las condiciones del río están en proceso de estabilización al bajar el nivel del agua. Los períodos de muestreo son: Secas-Cálidas (S-C) muestreada en el mes de mayo de 2014, el climograma muestra que la precipitación se encuentra en los valores estimados de precipitación. Post-Lluvias (P-L) que se muestreó en el mes de noviembre del mismo año, también los valores del climograma están dentro de los valores estimados. Y para Secas-Frías (S-F) muestreada en el mes de febrero de 2015, el climograma muestra que la precipitación no se encuentra dentro de los valores estimados (SMN, 2017).

Otro aspecto que se tomó en cuenta es el nivel taxonómico de Familia para los insectos que se encuentran en el río, con las ventajas de la identificación de los organismos utilizando claves taxonómicas, sin la necesidad de un especialista ni del uso de técnicas particulares, además de que el nivel de Familia incluye a los organismos que a nivel taxonómico inferior son difícil de identificar (Bournaud *et al.*, 1996).



## CAMPO

Las recolectas de campo se realizaron correspondientemente en los períodos de Post-Lluvias y Secas-Frías.

Antes de realizar la captura de los insectos se tomaron en cuenta algunos parámetros fisicoquímicos como: el oxígeno disuelto (mg/l), la temperatura (°C), la conductividad (mS/cm) y la salinidad (mg/l). Tomados con el equipo multiparamétrico YSI Modelo 556 MPS Sistema Multi-Sonda que fue calibrado previamente en el laboratorio, la sonda del equipo se colocó en el cauce del río en las orillas para poder registrar los datos.

El muestreo en campo se realizó en función de la accesibilidad que fuera posible muestrear en cualquier temporada del año (Figura 3) seleccionando el sitio con todos los hábitats posibles para los insectos por sus hábitos como lo son: raíces, en y entre la vegetación, restos de troncos, el lodo, arena del fondo, sustrato, sobre o debajo de rocas, las orillas, en los rápidos, pozas o remansos, orillas sin y con corriente, y objetos sumergidos.

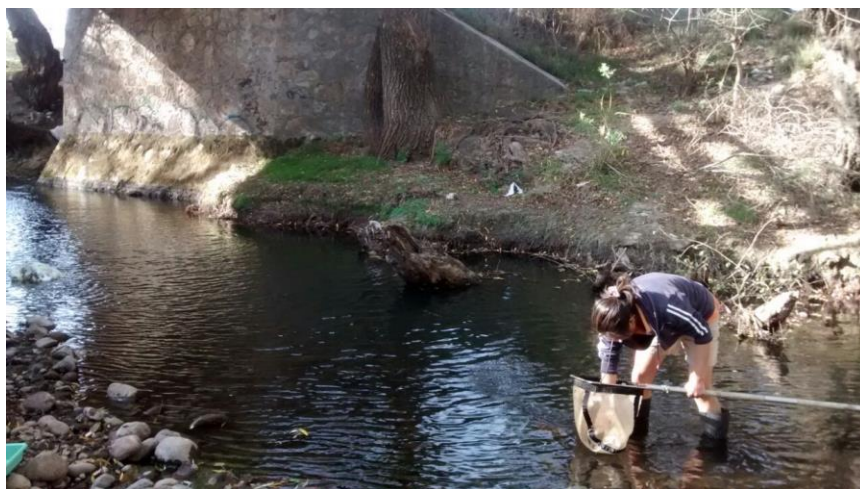


Figura 3. Sitios de colecta en el río.

El muestreo se realizó tomando en cuenta la metodología de Mafla (2005) y Merritt *et al.* (2008). Se utilizó una red de cuchara con abertura de malla de 500  $\mu$  de 27 cm de ancho por 46 cm de largo, que se colocó contra corriente para realizar el arrastre, golpeo y remoción en el río durante 5 minutos para poder atrapar a los insectos. Con la mano se rasparon rocas, hojarasca, vegetación sumergida y se removió el sedimento para poder coleccionar a los insectos en los sitios donde suelen habitar. En un recipiente rotulado con datos de fecha y localidad que contenía alcohol al 75% se vertió el contenido de la red. Esto se realizó en cada sitio de recolecta.

## LABORATORIO

De las muestras de campo del período Secas-Cálidas, previamente recolectadas que se encontraban en el laboratorio limpias, separadas y guardadas en alcohol al 70%, algunas de ellas ya estaban identificadas a nivel de Familia, las que faltaban se identificaron con ayuda del microscopio estereoscópico y óptico utilizando las claves taxonómicas de: Mafla (2005) y Merritt *et al.* (2008).

Con todo el material recolectado en campo en los períodos Post-Lluvias y Secas-Frías, primero se realizó la limpieza de cada frasco de sitio de colecta; utilizando una palangana de plástico se vertió el contenido de la muestra y se quitó el excedente de hojas, ramas y basura. Posteriormente se separaron los insectos por morfoespecie y colocados en viales con alcohol al 70%. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico y óptico se identificaron todos los organismos hasta el nivel de Familia siguiendo las claves taxonómicas de: Mafla (2005) y Merritt *et al.* (2008), conforme se identificaban se colocaban en viales con rótulo de Phylum, Orden y Familia por localidad (Figura 4), además se tomó fotografía a un representante de cada Familia con el programa Infinity Analyze Release 6.5, Current Revision 6.5.2, 2002-2014 de Lumenera corporation.



Figura 4. Identificación y separación de insectos acuáticos.

## GABINETE

Con todo el material identificado se realizó una base de datos con el programa Excel. Se realizaron tablas del listado sistemático, la primera de ellas contiene los órdenes y Familias (Tabla 1). Las otras tienen el listado sistemático por período de colecta Secas-Cálidas (Tabla 2), Post-Lluvias (Tabla 3) y Secas-Frías (Tabla 4) con Localidad, órdenes y abundancia por Familia.

Se realizó una descripción de cada una de las localidades tomando en cuenta los datos de campo y características ambientales del sitio donde se realizó el muestreo. Se consultó literatura para realizar la diagnosis de la Clase y de todos los órdenes y familias encontrados.

Para las abundancias, se realizó una gráfica de la abundancia porcentual de cada uno de los órdenes encontrados: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata y Trichoptera (Figura 5). Otra gráfica muestra las abundancias de todas las Familias (Figura 6). Se realizó una tabla que muestra la abundancia de las localidades de forma descendente: Taxhimay, Mixquiahuala, Tasquillo, Ixmiquilpan, Chilcuautla, Acozulco, Atengo y Quelites, con las Familias que se encontraron en cada localidad (Tabla 5). Se realizó otra para mostrar los porcentajes de abundancia por Familia (Tabla 6). También se realizaron gráficas para mostrar la abundancia para cada uno de los períodos (Figura 7). Otra muestra la abundancia de Familias para el período de Secas-Cálidas (Figura 8), para Post-Lluvias (Figura 9) y para Secas-Frías (Figura 10).

Se realizó una tabla para determinar el porcentaje de la distribución de las Familias en el río, tomando las siguientes categorías: limitada (1% - 25%), parcial (26% - 50%), amplia (51% - 75%) y muy amplia (76% - 100%) (Tabla 7). Además, se realizó otra para representar la distribución de las Familias en cada una de las localidades (Tabla 8) y para las zonas (Tabla 9).

Se agregaron los valores fisicoquímicos de cada una de las localidades. Como el Oxígeno, la Temperatura, la Conductividad y la Salinidad (Tabla 10). Como condiciones ambientales en que se les encontró en la recolecta.

Con las Familias se evaluó la calidad ambiental de los sitios utilizando el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP). Se utilizó una tabla con la puntuación para los tipos de calidad de agua (Tabla 11). También una con la puntuación asignada por el índice para cada una de las Familias (Tabla 12). Y por último se realizó una que muestra los resultados de calidad para cada localidad (Tabla 13) y zona (Tabla 14).

Se realizó la prueba t-Student con el programa STATGRAPHICS centurión XVII-X64 para comparar entre períodos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías el número de Familias en las localidades (Figura 11, 12 y 13). También se realizó la misma prueba para comparar entre períodos Secas-Cálidas, Post-Lluvias y Secas-Frías las abundancias de cada una de las Familias (Figura 14, 15 y 16).

Se realizó un anexo que ilustra cada Familia de los insectos recolectados.

## RESULTADOS

### LISTADO SISTEMÁTICO GENERAL

Se obtuvo un total de 5,295 organismos determinados a nivel de Familia. La comunidad de insectos acuáticos del Río Tula en los tres períodos de colecta S-C, P-L y S-F, y sus ocho localidades TAX, QUE, ACO, ATE, MIX, CHI, IXM y TAS se encontró representada por 7 órdenes con un total de 32 Familias (Tabla 1).

Tabla 1. Número de órdenes y familias de insectos acuáticos recolectados del Río Tula.

ORDEN	FAMILIA
1. Coleoptera	1. Dryopidae
	2. Dytiscidae
	3. Elmidae
	4. Hydrophilidae
	5. Staphylinidae
2. Diptera	6. Ceratopogonidae
	7. Chironomidae
	8. Empididae
	9. Psychodidae
	10. Simuliidae
	11. Tipulidae
3. Ephemeroptera	12. Baetidae
	13. Caenidae
	14. Heptageniidae
	15. Leptohyphidae
	16. Leptophlebiidae
4. Hemiptera	17. Belostomatidae
	18. Corixidae
	19. Naucoridae
	20. Notonectidae
	21. Veliidae
5. Megaloptera	22. Corydalidae
6. Odonata	23. Aeshnidae
	24. Calopterygidae
7. Trichoptera	25. Calamoceratidae
	26. Glossosomatidae
	27. Helicopsychidae
	28. Hydrobiosidae
	29. Hydropsychidae
	30. Hydroptilidae
	31. Philopotamidae
	32. Polycentropodidae

## LISTADO SISTEMÁTICO SECAS-CÁLIDAS

Las localidades: Taxhimay (TAX), Atengo (ATE), Mixquiahuala (MIX), Ixmiquilpan (IXM) y Tasquillo (TAS) muestreadas en el período de Secas-Cálidas (S-C) se encontraron representada por 593 organismos de 5 órdenes: Coleoptera (COL), Diptera (DIP), Ephemeroptera (EPH), Hemiptera (HEM) y Trichoptera (TRI). Y con 17 Familias: Baetidae, Belostomatidae, Caenidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Corixidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptohiphidae, Notonectidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Simuliidae, Staphylinidae y Tipulidae (Tabla 2).

Tabla 2. Listado sistemático en el período Secas-Cálidas.

Localidad	Orden	Familia	No. Organismos
TAX	DIP	Chironomidae	12
		Simuliidae	69
		Tipulidae	2
	EPH	Baetidae	126
		Caenidae	2
		Leptohiphidae	6
	HEM	Belostomatidae	1
		Notonectidae	1
	TRI	Hydrobiosidae	4
		Hydropsychidae	7
		Hydroptilidae	1
		Philopotamidae	2
		Polycentropodidae	37
	ATE	DIP	Chironomidae
Simuliidae			23
MIX	EPH	Baetidae	11
IXM	DIP	Chironomidae	63
		Simuliidae	2
TAS	HEM	Corixidae	5
TAS	COL	Elmidae	1
		Staphylinidae	1
	DIP	Ceratopogonidae	2
		Chironomidae	55
		Simuliidae	30
	EPH	Baetidae	48
	HEM	Corixidae	1

## LISTADO SISTEMÁTICO POST-LLUVIAS

Las localidades Taxhimay (TAX), Acoculco (ACO), Mixquiahuala (MIX), Chilcuautla (CHI), Ixmiquilpan (IXM) y Tasquillo (TAS) muestreadas en el período de Post-Lluvias (P-L) se encontraron representadas por 2,687 organismos de 5 órdenes: Coleoptera (COL), Diptera (DIP), Ephemeroptera (EPH), Hemiptera (HEM) y Trichoptera (TRI). Y con 15 Familias: Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Empididae, Glossosomatidae, Heptageniidae, Hydrobiosidae, Hydrophilidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptophlebiidae, Psychodidae, Simuliidae, Staphylinidae y Veliidae (Tabla 3).

Tabla 3. Número de organismos por familia y orden en cada localidad en el período Post-Lluvias.

Localidad	Orden	Familia	No. Organismos
TAX	COL	Elmidae	3
		Hydrophilidae	1
	DIP	Chironomidae	63
		Simuliidae	51
	EPH	Baetidae	349
		Heptageniidae	1
		Leptophlebiidae	13
	HEM	Veliidae	1
	TRI	Glossosomatidae	1
		Hydrobiosidae	11
		Hydropsychidae	1
		Hydroptilidae	28
	ACO	DIP	Chironomidae
Empididae			1
Simuliidae			15
COL	Staphylinidae	1	
EPH	Baetidae	25	
MIX	DIP	Chironomidae	348
		Simuliidae	2
CHI	COL	Staphylinidae	1
	DIP	Chironomidae	347
		Simuliidae	8
IXM	DIP	Chironomidae	624
		Psychodidae	1
		Simuliidae	8
TAS	DIP	Chironomidae	445
		Simuliidae	2
			$\Sigma = 2687$

## LISTADO SISTEMÁTICO SECAS-FRÍAS

Las localidades de Taxhimay (TAX), Quelites (QUE), Atengo (ATE), Mixquiahuala (MIX), Chilcuautila (CHI), Ixmiquilpan (IXM) y Tasquillo (TAS) muestreadas en el período de Secas-Frías (S-F) se encontraron representada por 2,036 organismos de los 7 órdenes: Coleoptera (COL), Diptera (DIP), Ephemeroptera (EPH), Hemiptera (HEM), Megaloptera (MEG), Odonata (ODO) y Trichoptera (TRI).

Y con 23 Familias: Aeshnidae, Baetidae, Calamoceratidae, Calopterygidae, Chironomidae, Corixidae, Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Empididae, Helicopsychidae, Heptageniidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Naucoridae, Polycentropodidae, Simuliidae, Tipulidae y Veliidae (Tabla 4).

Tabla 4. Número de organismos por familia y orden en cada localidad en el período Secas-Frías.

Localidad	Orden	Familia	No. Organismos
TAX	COL	Dryopidae	4
		Elmidae	1
	DIP	Chironomidae	47
		Empididae	2
		Simuliidae	363
		Tipulidae	2
	EPH	Baetidae	277
		Heptageniidae	13
		Leptohiphidae	5
		Leptophlebiidae	37
	HEM	Corixidae	4
		Veliidae	3
	ODO	Aeshnidae	3
		Calopterygidae	2
	TRI	Calamoceratidae	1
		Hydrobiosidae	11
Hydropsychidae		1	
Hydroptilidae		22	
Polycentropodidae		12	

Continuación tabla 4

QUE	COL	Dytiscidae	6
	DIP	Chironomidae	23
	EPH	Baetidae	1
		Leptohyphidae	2
	HEM	Corixidae	1
		Naucoridae	1
	MEG	Corydalidae	1
	TRI	Helicopsychidae	1
		Hydropsychidae	12
		Polycentropodidae	17
ATE	DIP	Chironomidae	44
	EPH	Baetidae	2
	HEM	Corixidae	1
MIX	DIP	Chironomidae	519
		Simuliidae	150
CHI	DIP	Chironomidae	107
		Simuliidae	22
IXM	DIP	Chironomidae	15
	ODO	Calopterygidae	1
TAS	DIP	Chironomidae	222
		Simuliidae	72
			$\Sigma = 2036$



## DIAGNOSIS DE LA CLASE, ÓRDENES Y FAMILIAS DEL RÍO TULA

### CLASE INSECTA

Los insectos se caracterizan por que su cuerpo consta de tres secciones: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza tiene un par de ojos compuestos laterales y generalmente una triada o un par de ocelos, con un par de antenas, mandíbulas y maxilas, el segundo par de maxilas esta fusionado formando un labio. El tórax esta subdividido en los segmentos protórax, mesotórax y metatórax, cada uno de ellos tiene un par de patas, generalmente con un par de alas verdaderas en el segundo y tercer segmento torácico. El abdomen no tiene patas, el ano está siempre en el segmento 11 y los gonoductos se abren en el extremo posterior del abdomen. La fecundación es interna a partir de la copula. Son dioicos y la mayoría vivíparos, algunos o la minoría son ovovivíparos y muchos se pueden reproducir por partenogénesis. Los insectos sexualmente maduros se denominan imagos (Barnes, 1977; Brusca y Brusca, 2005; Hanson *et al.*, 2010).

El sistema respiratorio de los insectos acuáticos puede estar conformado por aberturas en el cuerpo llamadas espiráculos o tráqueas, por donde el aire entra y circula por un sistema de traqueolos en todo el cuerpo (ejemplos adultos de Dytiscidae e Hydrophilidae). Si estos están cerrados el intercambio de gases se da a través de la cutícula (ejemplo larvas de Ceratopogonidae y Chironomidae). Otro mecanismo son las branquias abdominales (ejemplo Ephemeroptera, Megaloptera) y rectales (ejemplo Odonata), con forma de placas o filamentos. Algunos tienen extensiones de cutícula alrededor de los espiráculos llamados branquias espiraculares (ejemplo Empididae y Simuliidae). No solo hay adaptaciones del sistema respiratorio, algunos utilizan una estructura formada por pelos que repelen el agua y se forma en el cuerpo para almacenar aire, llamada plastrón (ejemplo Naucoridae, Dryopidae y Elmidae). (Barnes, 1977; Brusca y Brusca, 2005; Hanson *et al.*, 2010).

A los insectos acuáticos los podemos encontrar en ambientes lóticos, sitios en los que hay corriente, representados por ríos, quebradas, riachuelos, manantiales, arroyos y canales. O en ambientes lénticos que son aguas quietas como charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas (Bonilla *et al.*, 2000). En estos ambientes la mayoría de los insectos acuáticos viven en el fondo o bentos, sobre algún tipo de sustrato como: tallos de plantas acuáticas, madera, rocas, etc. (Hanson *et al.*, 2010).

Algunos grupos pasan todo o casi todo su ciclo de vida en el agua, por ejemplo: Corixidae de Hemiptera, y Dytiscidae de Coleoptera, mientras que otros tienen la etapa adulta terrestre como ejemplos: Baetidae de Ephemeroptera, Calopterygidae de Odonata, Plecoptera, Corydalidae de Megaloptera, Hydropsychidae de Trichoptera, Lepidoptera y Chironomidae de Diptera (Hanson *et al.*, 2010).

A continuación, se mencionan algunas de las características de los órdenes y familias de insectos acuáticos encontrados:

## ORDEN COLEOPTERA (COL)

Conocidos comúnmente como escarabajos. Es el Orden más grande de insectos con 359,891 especies descritas (Adler y Footitt, 2009). Holometábolos. Hay una gran variedad de tamaños y formas. Los representantes acuáticos habitan en casi todos los tipos de agua dulce, por lo que su biología es muy diversa. Las larvas son muy variables en su morfología. Los adultos tienen el cuerpo esclerotizado, con dos pares de alas anteriores llamadas élitros, que cubren al segundo par de alas membranosas. Partes bucales masticadoras, la mayoría se alimentan de plantas o son rapaces. Antenas visibles, que varían en forma y número de segmentos. No presentan ovopositor y en los machos la genitalia es retráctil. Se les puede encontrar en aguas continentales, tanto lóaticas como lénticas. (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Dryopidae.** - Se encuentran tanto en ambientes lénticos como lóaticos. La larva es principalmente terrestre, vive en refugios y es triturador herbívoro. Los adultos son principalmente acuáticos; tienen plastrón; viven en áreas de corriente fuerte y a menudo tienen adaptaciones de las uñas para sujetarse. Algunos viven ocultos dentro de sedimentos y vegetación por lo cual son trepadores, raspadores y trituradores herbívoros (Merritt *et al.*, 2008). Son considerados representantes de aguas limpias y tolerantes a medios contaminados (Sandoval y Molina, 2000).

**Familia Dytiscidae.** - Con 2,500 especies acuáticas descritas. Principalmente de hábitats lénticos en: plantas acuáticas, pastos y raíces, aunque algunos pueden encontrarse en áreas lóaticas. Generalmente son trepadores y nadadores. Algunas larvas tienen branquias para respirar. Tanto las larvas como los adultos son buenos nadadores, por lo que van a la superficie por aire. El adulto presenta plastrón, puede dejar el agua y volar. Algunos son depredadores por lo cual, pueden llegar a atacar a pequeños peces o renacuajos. No poseen un mecanismo de defensa contra los depredadores, sin embargo, poseen glándulas que secretan aromas desagradables. Ponen de 30 a 50 huevos. Univoltinos y bivoltinos (Merritt *et al.*, 2008). Son considerados representantes de aguas limpias y tolerantes a medios contaminados (Sandoval y Molina, 2000).

**Familia Elmidae.** - Tanto la larva como el adulto son acuáticos. Se pueden encontrar ocultos dentro de sedimentos y vegetación. En ambientes lénticos en plantas acuáticas, y en ambientes lóaticos en áreas erosionales o de corriente fuerte. La larva tiene branquias terminales y algunas tráqueas retractiles. La pupa es terrestre y se puede encontrar en el suelo, debajo de rocas o en madera podrida. Los adultos tienen plastrón, pueden dejar el agua y volar. Suelen ser trepadores y agarradores por lo cual a menudo tienen adaptaciones para sujetarse. Son raspadores herbívoros y no poseen un mecanismo de defensa contra los depredadores. Univoltinos y semivoltinos (Merritt *et al.*, 2008). Son considerados representantes de aguas limpias (Sandoval y Molina, 2000).

**Familia Hydrophilidae.** - De ambientes tanto lénticos como lóaticos. En plantas acuáticas, áreas deposicionales y en las orillas del agua. Son buenos nadadores, trepadores y se sujetan de objetos sumergidos. La larva y el adulto son acuáticos, algunos tienen branquias laterales mientras otros tienen espiráculos abdominales. Algunos adultos tienen plastrón, pueden dejar

el agua y volar. Algunas hembras llegan a poner hasta 100 huevos, que cargan en el abdomen. Son depredadores y algunos son omnívoros. Bivoltinos y trivoltinos (Merritt *et al.*, 2008).

**Familia Staphylinidae.** - Contiene numerosos géneros y cientos de especies que recurren regularmente cerca del agua, no son exclusivamente de este ambiente. Generalmente se encuentran en las orillas de sistemas lóticos y lénticos. Pueden estar en agua dulce, donde hay barro cerca del agua, y en la costa marina hay muy pocas especies que se encuentran en áreas donde hay arena húmeda. Son buenos voladores y corredores. (Merritt *et al.*, 2008)

## ORDEN DIPTERA (DIP)

Comúnmente conocidos como moscas, mosquitos, jejenes y tábanos. Con 152,244 especies descritas (Adler y Footitt, 2009). Holometábolos. Orden de mayor distribución sobre el planeta y de los más evolucionados. Respiran a través de la cutícula, sifones y tráqueas. Principalmente terrestres, sus especies dulceacuícolas habitan en más tipos de agua que cualquier otro grupo de insectos y macroinvertebrados. Su biología es sumamente diversa y las larvas son variables en su morfología, nunca poseen patas verdaderas en el tórax, aunque tienen propatas y pseudópodos. Adultos con un par de alas anteriores membranosas funcionales y un par posterior (halterios) que funcionan como órganos del equilibrio. Cabeza grande y móvil, ojos compuestos grandes, antenas filiformes con 7-16 artejos a menudo con anillación secundaria. Piezas bucales adaptadas para chupar, succionar o lamer; se pueden alimentar de sangre o jugos vegetales. Abdomen con 11 segmentos en los adultos. Genitalia del macho compleja, hembras sin verdadero ovipositor. Son transmisores de enfermedades a humanos y otros animales. (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Ceratopogonidae.** - Tanto de ambientes lénticos como lóticos. En estanques, piscinas, márgenes del río y áreas donde hay detritus, pueden colonizar diferentes cuerpos de agua y encontrarse lejos de estos. Respiración cutánea. Generalmente depredadores, algunos son recolectores facultativos, raspadores, recolectores, algunos adultos se alimentan de sangre. Univoltinos y multivonos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Chironomidae.** - Se estima que hay 20,000 especies en todo el mundo. Son de los insectos acuáticos más tolerantes a las temperaturas del agua y el aire por lo que pueden colonizar una gran cantidad de cuerpos de agua. Tienen respiración cutánea y a menudo adaptaciones para sujetarse. Las larvas excavan, pueden enterrarse en sedimentos blandos, hacer madrigueras, vivir debajo de rocas y hacer canales subterráneos. Pueden alimentarse externamente o internamente como minadores de tallos u hojas, pueden ser fragmentadores y usan redes de seda que funcionan como filtros para remover partículas finas <1 mm. La pupa es nadadora libre. Algunos adultos caminan sobre el agua. Univoltinos, bivoltinos, trivoltinos y multivonos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Empididae.** - Distribución mundial. De ambientes lénticos y lóticos. Miden de 1 a 15 mm. La pupa tiene branquias espiraculares, hacen madrigueras y viven pegados a la vegetación por lo cual son perforadores y comen materia orgánica. Algunos adultos caminan sobre el agua, generalmente son depredadores de pequeños insectos. Univoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Psychodidae.** - Generalmente de ambientes lóxicos, en áreas de corriente fuerte a menudo tiene adaptaciones para sujetarse, también se les puede encontrar en ambientes léxicos. Su tamaño no sobrepasa los 5 mm. Trituradores y colectores de materia orgánica fina, algunos se alimentan de algas y materia orgánica. Se pueden encontrar sobre rocas y otros sustratos. La larva obtiene el oxígeno de la atmósfera. Generalmente hacen madrigueras. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Simuliidae.** - Hay más de 1,900 especies en el mundo. A menudo son intolerantes a la contaminación. De aguas dulces, aguas termales y aguas de glaciares. En áreas de corriente fuerte, a menudo tienen adaptaciones para sujetarse o adherirse a rocas y vegetación. Tienen cepillos bucales para remover partículas finas (<1 mm) del agua; algunos son colectores, depredadores y filtradores; se alimentan de algas, materia orgánica sobre rocas y otros sustratos. La larva tiene respiración cutánea, mientras que la pupa tiene branquias espiraculares y suele encontrarse en el sustrato cubierto por un capullo. Algunos adultos se llegan a alimentar de sangre. Univoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Tipulidae.** - Con 15,000 especies conocidas en el mundo. De sistemas lóxicos, algunos viven debajo de rocas. Solamente la larva es acuática y obtiene el oxígeno de la atmósfera. La pupa deja el agua para hacer madrigueras en el sustrato, musgo o basura, por lo cual puede obtener oxígeno atmosférico, aunque algunos lo hacen mediante branquias espiraculares. Algunos adultos caminan sobre el agua. Trituradores de plantas y materia en descomposición. Univoltinos, bivoltinos y semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

## **ORDEN EPHEMEROPTERA (EPH)**

Conocidas como moscas de mayo o efímeras, reciben este nombre debido a la corta vida que llevan como adultos. La fauna de este Orden abarca 3,046 especies descritas (Adler y Footitt, 2009) y todas sus especies son acuáticas. Hemimetábolos. Las ninfas tienen dos o tres apéndices caudales filiformes, con pares de branquias traqueales articuladas y piezas bucales bien desarrolladas. Muchas especies son recolectoras o raspadoras y se alimentan de una variedad de algas unicelulares y detritus, algunas especies son excavadoras en el fondo y muy pocas son carnívoras. Su etapa inmadura se alimenta de partículas pequeñas, y sirve de alimento a otros animales acuáticos como peces. Algunos adultos viven 5 minutos, la mayoría viven entre 3 y 4 días; durante este tiempo no se alimentan debido a que las partes bucales están atrofiadas; tienen alas con una red venosa y el primer par es más grande que el segundo, en reposo se mantienen en posición vertical sobre el cuerpo; abdomen con 10 segmentos; con antenas pequeñas y cuerpos blandos. Al alcanzar la madurez sexual se reproducen en el aire en grandes enjambres. Se encuentran en casi todos los ambientes de agua dulce, por lo general en corrientes limpias y bien oxigenadas, solo algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación. Se encuentran en la superficie del sustrato, rocas, sedimento, hojarasca o madera, también excavan y se entierran en los sedimentos blandos, son más abundantes y diversos en los fondos de los ríos. Es el único Orden con un subimago que tiene alas y es sexualmente inmaduro. (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Baetidae.** - Generalmente de ambientes lóticos no contaminados o ligeramente contaminados. Tamaño de 2 a 22 mm. Generalmente nadadores, aunque también pueden permanecer sujetos a su entorno. Generalmente herbívoros, recolectores y raspadores. Ninfas con branquias lobuladas u ovaladas de una sola lamina. En los adultos las alas están reducidas o completamente ausentes en uno o ambos sexos. Univoltinos, bivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Caenidae.** - Generalmente de ambientes lóticos. Habitan aguas limpias y frías. Tamaño de 5 a 10 mm. Recolectores filtradores o raspadores. Ninfas con branquias semi cuadradas en la línea media del cuerpo, otras con forma de filamento. En los adultos las alas están reducidas o completamente ausentes, en uno o ambos sexos. Univoltinos, bivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Heptageniidae.** - De áreas de ambiente lótico y léntico. Habitan aguas limpias de corriente principalmente rápida. Tamaño de 8 a 14 mm. Generalmente tienen adaptaciones para sujetarse. Las ninfas son aplanadas de la cabeza y las branquias son ovaladas. Son generalmente raspadores que se alimentan de algas y microbios adheridos a las rocas u otros sustratos. Univoltinos y bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Leptohyphidae.** - Generalmente de ambientes lóticos donde hay hojarasca, troncos, piedras, fondos lodosos o arenosos. Se pueden adaptar a diferentes calidades de agua, así como temperaturas frías y cálidas. Tamaño de 5 a 15 mm. Generalmente filtradores y excavadores. Las ninfas tienen branquias triangulares, ovaladas o lameladas. En los adultos las alas están reducidas o completamente ausentes, en uno o ambos sexos. No son buenos nadadores. Univoltinos, bivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Leptophlebiidae.** - Generalmente de ambientes lóticos, pero también se pueden encontrar en ambientes lénticos. Sensibles a la contaminación y déficit de oxígeno, aunque algunas especies pueden tolerar aguas ligeramente contaminadas. De tamaño variable de 5 a 30 mm. Nadadores y aferradores, se les puede encontrar en hojas, troncos y rocas. Generalmente colectores, raspadores o filtradores de materia vegetal. Ninfas con branquias bifurcadas lisas o con mechones. Univoltinos y semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

## **ORDEN HEMIPTERA (HEM)**

Comúnmente conocidos como chinches de agua. Con 100,428 especies descritas (Adler y Foottit, 2009). Hemimetábolos. Una característica de estos insectos es que tienen las partes bucales adaptadas para poder chupar y perforar. En las ninfas y adultos los ojos son prominentes bien desarrollados, antenas de 3 a 5 segmentos, tórax trisegmentado, abdomen con espiráculos y genitalia. Las especies acuáticas viven en remansos de ríos y quebradas, también se les puede encontrar en lagos y pantanos. Generalmente herbívoros, aunque también son depredadores de otros artrópodos o vertebrados. (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Belostomatidae.** - Generalmente de ambientes lénticos, como áreas deposicionales de detritus y plantas acuáticas. Escaladores, nadadores y depredadores. Los adultos tienen plastrón. Univoltinos, bivoltinos, trivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Corixidae.** - Se les conoce como Ahuautle. Pueden estar en ambientes lóticos y lóticos, en plantas acuáticas. Generalmente nadadores, algunos pueden ser trepadores. Generalmente perforadores de plantas acuáticas, algunos son depredadores, engullidores y raspadores. Los adultos tienen plastrón y son nadadores ágiles, realizan movimientos sincrónicos con las patas medias y posteriores que se mueven alternándose. Han sido utilizados como alimento para peces y tortugas en México. Univoltinos, bivoltinos, trivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Naucoridae.** - De ambientes lóticos y lóticos, en las orillas del cuerpo de agua. Tamaño de 5 a 20 mm, cuerpo ovalado y aplanado. Las ninfas y adultos tienen plastrón. Son depredadores. Se sujetan a su entorno y nadan con movimientos sincrónicos, con las patas medias y posteriores se alternan. Bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Notonectidae.** - Pueden estar en ambientes lóticos como lóticos. Buenos nadadores por los movimientos sincrónicos de sus patas medias y posteriores que se mueven alternándose, también pueden ser escaladores. Los adultos tienen plastrón. Depredadores y perforadores. Univoltinos y bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

**Familia Veliidae.** - Generalmente se encuentran en ambientes lóticos y lóticos. Viven en la superficie del agua, donde son capaces de deslizarse con sus estructuras tarsales, cuando son alarmados secretan una sustancia en el agua que los ayuda a reducir la tensión para moverse rápido. Principalmente depredadores. Pueden llegar a producir sonidos de estridulación. (Merritt *et al.*, 2008)

## ORDEN MEGALOPTERA (MEG)

Es un pequeño Orden con solo tres Familias y 337 especies descritas (Adler y Footitt, 2009). Holometábolos. Son de los insectos acuáticos más grandes y llamativos. Con ocelos o sin ellos, las larvas son acuáticas y tienen branquias abdominales. Su coloración es por lo general oscura, además poseen un par de mandíbulas fuertes y grandes. Tienen un comportamiento agresivo. Las larvas son depredadoras y se alimentan de otros invertebrados, como pequeños peces y anfibios al fondo del agua. Los adultos tienen alas en las que la base de las posteriores es más ancha, que las de las anteriores. Sus larvas suelen utilizarse como cebo para pescar. (Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Corydalidae.** - Generalmente de ambientes lóticos como: arroyos y ríos, e incluso en arroyos temporales. También en ambientes lóticos como: lagos, estanques y pantanos. Se encuentran en una gran variedad de hábitats con buena oxigenación y corriente limpia, son poco tolerantes a la contaminación. Son de gran tamaño, generalmente se sujetan a su entorno y son escaladores. Generalmente son depredadores y comen una gran variedad de invertebrados acuáticos de tamaño pequeño. Su ciclo de vida es de 2 a 5 años y tiene de 10 a 12 estadios. Las masas de huevos pueden ser de 300 a 3,000 que en ocasiones tienen una cubierta protectora de color blanco o café. Las larvas tienen branquias traqueales. Las pupas son terrestres. Los adultos miden de 40 a 75 mm de largo, son nocturnos y vuelan distancias grandes, además de que les atrae la luz. Univoltinos y semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008)

## ORDEN ODONATA (ODO)

Comúnmente llamados libélulas y caballitos del diablo. Con 5,680 especies descritas (Adler y Footitt, 2009). Hemimetábolos. Todos son acuáticos en etapas inmaduras, aunque algunas especies viven en sitios con menos corriente. Generalmente se encuentran en el bentos, se arrastran a la superficie del sustrato, rocas, sedimento, hojarasca, madera o en las partes sumergidas de las plantas acuáticas, excavan y se entierran en los sedimentos blandos. Ninfas con branquias caudales o rectales. Adultos terrestres con: antenas cortas filiformes; ojos compuestos grandes; piezas bucales masticadoras; dos pares de alas grandes largas con abundante red venosa, que en posición de reposo permanecen extendidas (libélulas) y rectas sobre el cuerpo (caballitos del diablo), abdomen fino y alargado con 10 segmentos. Viven poco. Tanto las larvas como los adultos son activos depredadores; las larvas consumen diversos invertebrados con la adaptación de su labio, se extiende rápidamente hacia adelante cuando tiene una presa enfrente y permanece doblado en reposo; los adultos capturan otros insectos voladores. Muchas especies tienen 7-8 cm de longitud. (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010)

**Familia Aeshnidae.** - Principalmente de ambientes lóticos especialmente en plantas acuáticas, aunque algunas especies se encuentran en aguas lénticas. Son de tamaño grande de 60 a 80 mm. Generalmente escaladores en la vegetación, aunque se pueden adherir a rocas sumergidas, palos y raíces. Son depredadores. Las ninfas tienen los cercos desarrollados. El adulto deja los huevos adheridos a la vegetación. Univoltinos y semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; AOA, 2016)

**Familia Calopterygidae.** - Generalmente de ambientes lóticos, en márgenes y áreas deposicionales de detritus. De tamaño mediano de 45 a 60 mm. Se encuentran principalmente en ríos y quebradas, donde son generalmente escaladores y regularmente no nadan. Son depredadores, engullidores de otros insectos. Las ninfas viven en corrientes de agua clara y rica en oxígeno y en ocasiones con poco movimiento. Los adultos no tienen un vuelo rápido, son territoriales y en la copulación el macho se queda con la hembra. En el desove la hembra suele sumergirse en el agua. (Merritt *et al.*, 2008; AOA, 2016)

## ORDEN TRICHOPTERA (TRI)

Algo muy característico de este Orden es que construyen dentro del agua refugios, casas o hábitculos fijos y portátiles, con diversos materiales como: granos, piedras, conchas de caracoles, fragmentos de madera, u otros materiales que envuelven en seda que liberan de su labio. Con 12,868 especies descritas (Adler y Footitt, 2009). Holometábolos. Las larvas y pupas son dulceacuícolas, su biología es diversa. Las larvas tienen propatas abdominales en el segmento terminal y a menudo tienen adaptaciones con una sola uña para sujetarse. Se alimentan principalmente de restos vegetales, algunas utilizan la seda para formar estructuras que les permite filtrar el alimento. La mayoría son de hábitats bentónicos, en la superficie del sustrato, rocas, sedimento, hojarasca o madera, debajo de piedras, troncos y materia vegetal. Algunos son de vida libre. La mayoría de sus larvas viven en corrientes limpias y oxigenadas, son generalmente intolerantes a la contaminación y sirven como indicador de la calidad del agua. El adulto es terrestre tiene dos pares de alas membranosas con pequeños pelos; partes

bucales masticatorias poco desarrolladas o sin ellas; ojos compuestos; antenas generalmente más largas que el cuerpo; patas largas y finas; y tienen una dieta líquida (Barnes, 1997; Brusca y Brusca, 2005; Mafla, 2005; Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011; Hanson *et al.*, 2010).

**Familia Calamoceratidae.** - En zonas de remanso en ambientes lóticos, generalmente raspadores. La distribución de esta Familia es mundial. Con 150 especies conocidas (Bueno-Soria, 2011). Las larvas viven en aguas limpias de contaminación química, con gran cantidad de materia orgánica para construir sus habitáculos, como los restos de hojas de árboles que corta de forma circular y usa, también se introducen en pequeñas varitas. Se alimentan de arcillas, así como de materia orgánica en proceso de descomposición. Semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Glossosomatidae.** - La Familia es cosmopolita; en México se conocen cuatro géneros, de sistemas lóticos. Generalmente raspadores y agarradores. Las larvas viven en aguas de corrientes lentas y templadas, pero también se les puede encontrar en corrientes rápidas, habitan en ríos grandes. Los habitáculos son en forma de concha y están contruidos con granos de arena fina, los cuales cubren a las larvas. Raspan y se alimentan de algas, microbios, diatomeas y detritus de las piedras sumergidas. Univoltinos y bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Helicopsychidae.** - Es una Familia cosmopolita, con aproximadamente 100 especies en el mundo de las cuales hay registradas 16 en México (Bueno-Soria, 2011). En México y Centroamérica las encontramos en zonas tropicales y templadas, generalmente en aguas claras y frías. La larva se caracteriza por poseer una mancha prominente de sedas en la cabeza. El tórax está cubierto por grandes placas esclerosadas amarillentas. Patas medias y posteriores con las tibias cortas. Uñas de las propatas anales con un diente. El habitáculo es de forma helicoidal semejante a la concha de un caracol y está construido de granos de arena finos. Univoltinos, bivoltinos y multivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Hydrobiosidae.** - De ambientes lóticos, agarradores y depredadores. Las larvas son de vida libre, no fabrican un habitáculo sino hasta el inicio de la pupación, viven en corrientes de agua fría entre 8 y 12°C, donde hay un fondo pedregoso y gran cantidad de materia orgánica, así como pequeños animales que les sirven de alimento. La larva puede medir alrededor de 22 mm de longitud, tienen la mandíbula dirigida hacia el frente y las patas anteriores queladas. Los habitáculos son contruidos con pequeñas piedrecillas adheridas a las rocas sumergidas de los ríos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Hydropsychidae.** - Generalmente agarradores y recolectores. Se pueden encontrar en aguas de corriente rápida, fría y limpia. Las larvas tejen redes de seda para capturar: algas, detritus y otros animales; la sitúan a la salida de su habitáculo en piedras, troncos, ramas u otros sustratos. Las larvas tienen tres segmentos torácicos fuertemente esclerosados, con branquias abdominales ramificadas y un cepillo de sedas adyacentes a cada una de las propatas anales. Univoltinos, bivoltinos, trivoltinos y semivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)



**Familia Hydroptilidae.** - Se encuentran tanto en corrientes lentas como en rápidas y en diferentes temperaturas; en lagos, ríos con sustratos rocosos. Generalmente escaladores, agarradores y perforadores. Sus habitáculos son de diversas formas y materiales. Tienen las placas esclerosadas, de los segmentos torácicos. Los miembros de esta Familia se encuentran muy bien representados en la fauna neotropical mexicana. Por su tamaño se les considera los microtrícópteros del Orden ya que miden de 2 a 3 mm de longitud. Bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Philopotamidae.** - Los adultos de esta Familia se encuentran en todo el mundo. De sistemas lóticos, habitan en aguas de corrientes frías. Las larvas tienen la cabeza de color anaranjado, el labro en forma de T y sin branquias abdominales. Los habitáculos son adheridos a las piedras en áreas donde las corrientes son lentas, o sobre las superficies de piedras cerca de cascadas lo que permite mantenerlas húmedas con el rocío y goteo. Univoltinos y bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011)

**Familia Polycentropodidae.** - De sistemas lóticos y lénticos. Son agarradores y recolectores. Las larvas de esta Familia poseen el pronotum esclerosado. Carecen de branquias abdominales, tienen una hilera de sedas finas a lo largo de los lados del abdomen. Las propatas anales son alargadas y poseen uñas terminales bien desarrolladas, frecuentemente con ganchos dorsales accesorios. Tejen una red de seda con la cual capturan pequeños animales o material de origen orgánico. Construyen una gran variedad de habitáculos y redes de seda. Univoltinos y bivoltinos. (Merritt *et al.*, 2008; Bueno-Soria, 2011).

## ABUNDANCIAS

### ORDEN

El Orden que mayor abundancia presentó en el río fue Diptera (DIP) con 4,163 organismos (78.62%), seguido de Ephemeroptera (EPH) con 918 (17.33%), Trichoptera (TRI) con 169 (3.20%), Hemiptera (HEM) y Coleoptera (COL) con 19 (0.36%), Odonata (ODO) con 6 (0.12%) y el de menor abundancia fue Megaloptera (MEG) con solo un organismo (0.01%) (Figura 5).

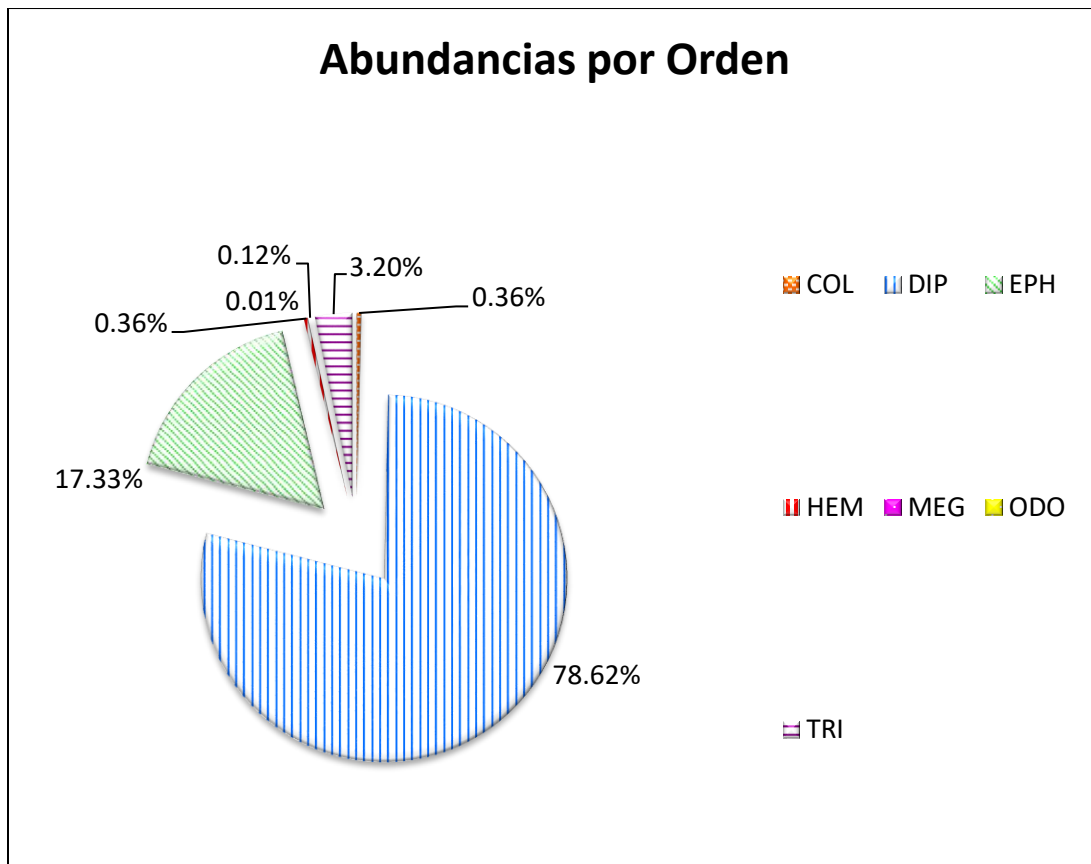


Figura 5. Abundancia de cada Orden en el Río Tula.

## FAMILIA

Los porcentajes antes mencionados están relacionados con las abundancias por Familia, ya que Chironomidae es la que mayor número de organismos presentó con 3,336; seguido por Baetidae con 839; Simuliidae con 817; Polycentropodidae con 66; Hydroptilidae con 51; Leptophlebiidae con 50; Hydrobiosidae con 26; Hydropsychidae con 21; Heptageniidae con 14; Leptohyphidae con 13; Corixidae 12; Dytiscidae con 6; Elmidae con 5; Dryopidae, Tipulidae y Veliidae con 4; Aeshidae, Calopterygidae, Empididae y Staphylinidae con 3; Caenidae, Ceratopogonidae y Philopotamidae con 2; y para las siguientes 9 Familias Belostomatidae, Calamoceratidae, Corydalidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrophilidae, Naucoridae, Notonectidae y Psychodidae solo se encontró un organismo (Figura 6).

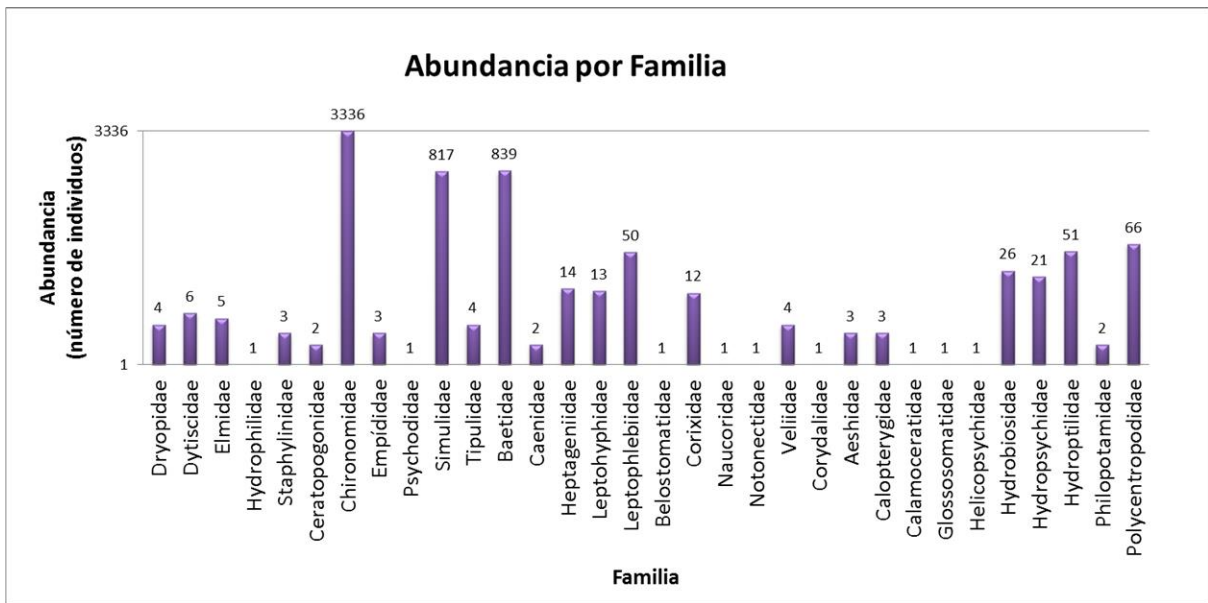


Figura 6. Abundancia por Familia.

## LOCALIDAD

Tomando en cuenta la abundancia por localidad de manera descendente están: Taxhimay (TAX) 1,603 organismos de 25 familias. Mixquiahuala (MIX) 1,084 organismos de 2 familias. Tasquillo (TAS) 879 organismos de 7 familias. Ixmiquilpan (IXM) 654 organismos de 5 familias. Chilcuautila (CHI) 485 organismos de 3 familias. Acoculco (ACO) 365 organismos de 5 familias. Atengo (ATE) 160 organismos de 4 familias. Y Quelites (QUE) 65 organismos de 10 familias (Tabla 5).

Tabla 5. Relación de abundancias por Localidades con Familia  
Localidades

Familias	TAX	MIX	TAS	IXM	CHI	ACO	ATE	QUE
Dryopidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Dytiscidae	-	-	-	-	-	-	-	6
Elmidae	4	-	1	-	-	-	-	-
Hydrophilidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Staphylinidae	-	-	1	-	1	1	-	-
Ceratopogonidae	-	-	2	-	-	-	-	-
Chironomidae	122	930	722	639	454	323	123	23
Empididae	2	-	-	-	-	1	-	-
Psychodidae	-	-	-	1	-	-	-	-
Simuliidae	483	154	104	8	30	15	23	-
Tipulidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Baetidae	752	-	48	-	-	25	13	1
Caenidae	2	-	-	-	-	-	-	-
Heptageniidae	14	-	-	-	-	-	-	-
Leptohyphidae	11	-	-	-	-	-	-	2
Leptophlebiidae	50	-	-	-	-	-	-	-
Belostomatidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Corixidae	4	-	1	5	-	-	1	1
Naucoridae	-	-	-	-	-	-	-	1
Notonectidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Veliidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Corydalidae	-	-	-	-	-	-	-	1
Aeshnidae	3	-	-	-	-	-	-	-
Calopterygidae	2	-	-	1	-	-	-	-
Calamoceratidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Glossosomatidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Helicopsychidae	-	-	-	-	-	-	-	1
Hydrobiosidae	26	-	-	-	-	-	-	-
Hydropsychidae	9	-	-	-	-	-	-	12
Hydroptilidae	51	-	-	-	-	-	-	-
Philopotamidae	2	-	-	-	-	-	-	-
Polycentropodidae	49	-	-	-	-	-	-	17
Abundancia Total	1603	1084	879	654	485	365	160	65
Familias	25	2	7	5	3	5	4	10

La abundancia de las familias se muestra en la tabla 6 con el porcentaje que presentan cada una. Las familias Belostomatidae, Calamoceratidae, Corydalidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrophilidae, Naucoridae, Notonectidae y Psychodidae son las familias con el menor porcentaje de abundancia 0.015%, mientras que la Familia Chironomidae es la que mayor porcentaje presenta 63% (Tabla 7).

Tabla 6. Porcentajes de abundancia por Familia  
 Porcentaje de abundancia                      Familias

0.015%	Belostomatidae Calamoceratidae Corydalidae Glossosomatidae Helicopsychidae Hydrophilidae Naucoridae Notonectidae Psychodidae
0.03%	Caenidae Ceratopogonidae Philopotamidae
0.05%	Aeshnidae Calopterygidae Empididae Staphylinidae
0.07%	Dryopidae Tipulidae Veliidae
0.09%	Elmidae
0.11%	Dytiscidae
0.22%	Corixidae
0.24%	Leptohypidae
0.26%	Heptagenidae
0.39%	Hydropsychidae
0.49%	Hydrobiosidae
0.94%	Leptophlebiidae
0.96%	Hydroptilidae
1.24%	Polycentropodidae
15.42%	Simuliidae
15.84%	Baetidae
63%	Chironomidae

## PERÍODOS DE MUESTREO

Para los períodos de muestreo se logra observar que Post-Lluvias (P-L) es el período más abundante con 2,687 organismos, seguido de Secas-Frias (S-F) con 1,971 organismos y al final Secas-Cálidas (S-C) con 593 (Figura 7).

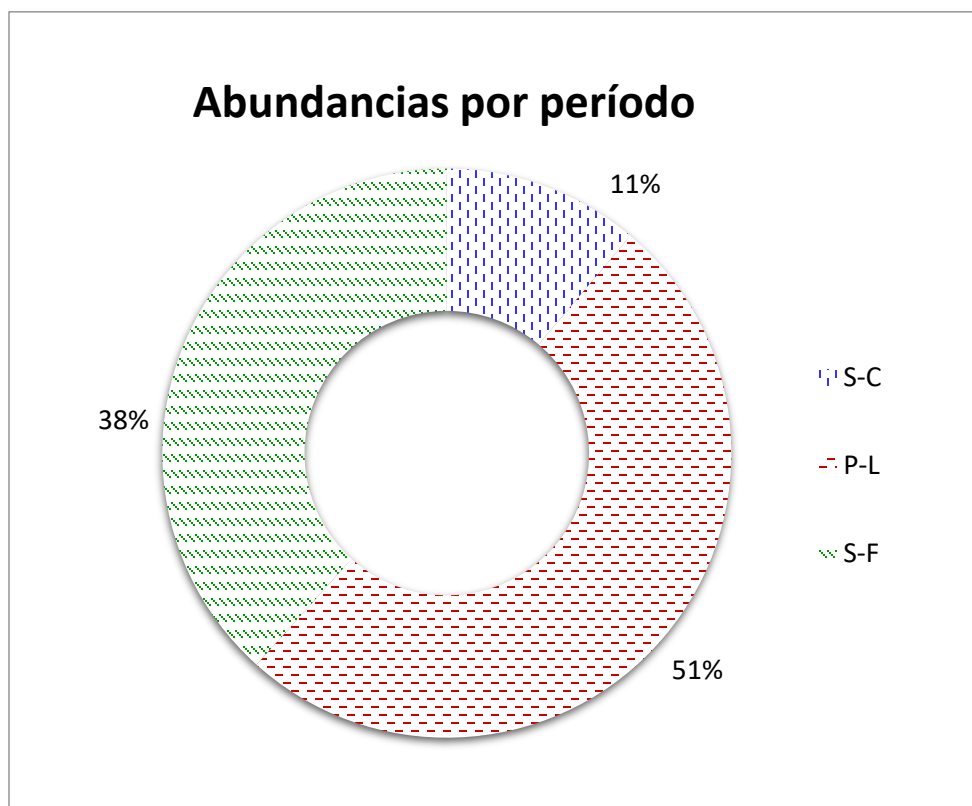


Figura 7. Registro porcentual por período de muestreo.

Por período de muestreo se logra observar que la composición de familias es diferente, del total de 32 familias encontradas, ninguno de los períodos presenta todas.

Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae y Simuliidae son las únicas familias que se encuentran en los tres períodos.

Aeshnidae, Belostomatidae, Caenidae, Calamoceratidae, Calopterygidae, Ceratopogonidae, Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrophilidae, Naucoridae, Notonectidae, Philopotamidae y Psychodidae solo se encontraron en un período de muestreo.

Las familias que se pueden observar en dos períodos de muestreo son: Corixidae, Empididae, Heptageniidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Polycentropodidae, Staphylinidae, Tipulidae y Veliidae. (Figura 8 a 10)

Las familias más abundantes en el período de Secas-Cálidas (S-C) son Chironomidae, Baetidae y Simuliidae. Las familias que son únicas de esta colecta son: Belostomatidae, Caenidae, Ceratopogonidae, Notonectidae y Philopotamidae (Figura 8).

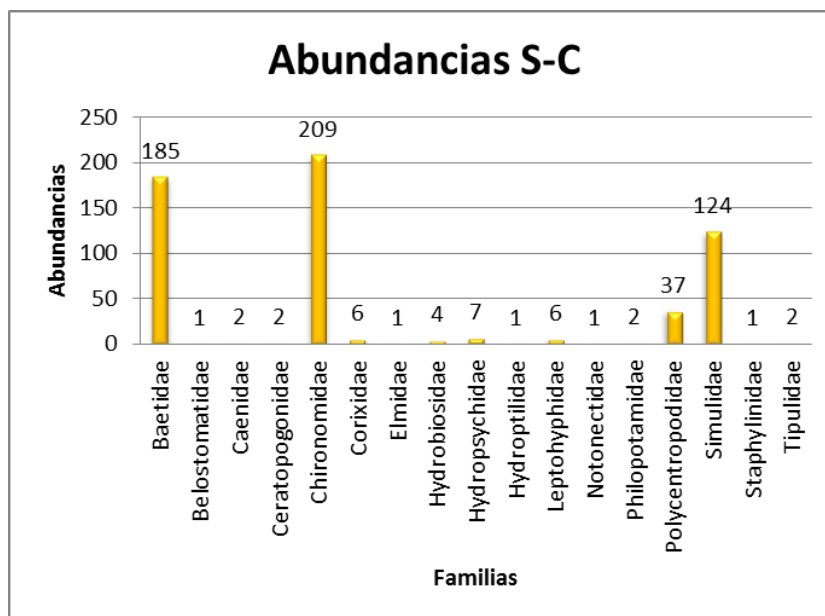


Figura 8. Abundancia de las Familias período Secas-Cálidas (S-C)

Las familias más abundantes en el período de Post-Lluvias (P-L) son Chironomidae y Baetidae. Las familias que solo se encontraron en este período de muestreo son: Glossosomatidae, Hydrophilidae y Psychodidae (Figura 9).

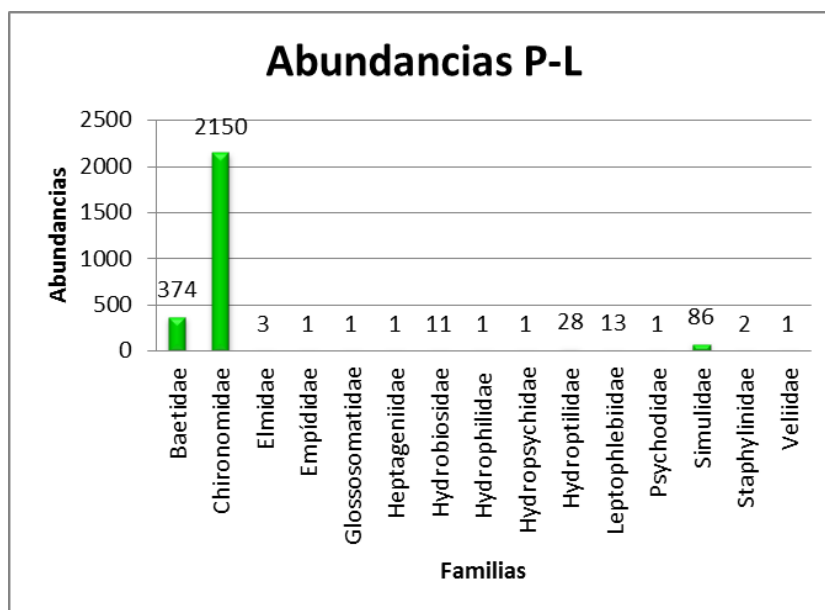


Figura 9. Abundancia de las Familias período Post-Lluvias (P-L)

Las familias más abundantes en el período de Secas-Frias (S-F) son Chironomidae, Simuliidae y Baetidae. Las familias que son unicas de este período de colecta son: Aeshnidae, Calamoceratidae, Calopterygidae, Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Helicopsychidae y Naucoridae (Figura 10).

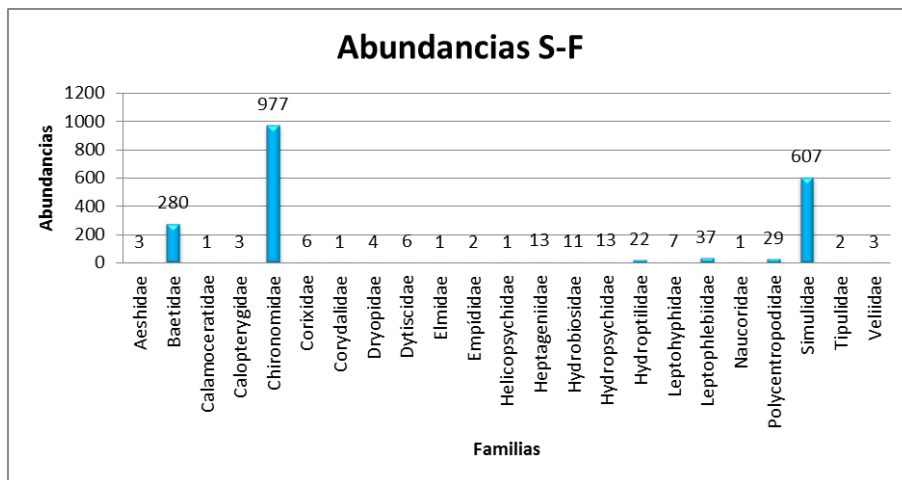


Figura 10. Abundancia de las Familias período Secas-Frias (S-F)

Para los tres períodos de muestreo la Familia Chironomidae fue la más abundante. En todos los períodos de muestreo se encontraron familias unicas por período con almenos un organismos.



## DISTRIBUCIÓN DE FAMILIAS

### LOCALIDADES

Se determinó una distribución porcentual a través del cauce, siguiendo el criterio presentado por López (1997).

Tabla 7. Valores para determinar la distribución.

Frecuencia en estaciones de muestreo	Limites	Distribución
1 y 2	1% - 25%	Limitada
3 y 4	26% - 50%	Parcial
5 y 6	51% - 75%	Amplia
7 y 8	76% - 100%	Muy amplia

Tomando en cuenta los valores de la tabla 7 se determinó la distribución para cada una de las familias.

Del total de organismos recolectados, se obtuvo que el 84% de los organismos presentan distribución limitada, 3.2% presentó distribución parcial y la distribución amplia y muy amplia presentaron cada una 6.4%.

De las 32 familias encontradas en el río, las que presentaron distribución limitada son: Dryopidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Tipulidae, Caenidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Belostomatidae, Naucoridae, Notonectidae, Veliidae, Corydalidae, Aeshnidae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae y Philopotamidae con un 12.5%, y para Elmidae, Empididae, Leptohiphidae, Calopterygidae, Hydropsychidae y Polycentropodidae un 25%.

Solo una familia presentó distribución parcial, Staphylinidae con 38.5%

En la distribución amplia hubo dos familias Baetidae y Corixidae con un 63.5%.

Y por último en la distribución muy amplia se encuentran dos familias, Simuliidae con un 88.5% y Chironomidae con un 100%.

A lo largo del cauce principal del río se logra observar que la distribución es variable, Taxhimay (TAX) presentó 25 familias, Quelites (QUE) 10 familias, Acoculco (ACO) 5 familias, Atengo (ATE) 4 familias, Mixquiahuala (MIX) 2 familias, Chilcuautla (CHI) 3 familias, Ixmiquilpan (IXM) 5 familias y Tasquillo (TAS) 7 familia.

De las 32 familias a lo largo del río TAX presentó el 76.8% de ellas, QUE 32%, ACO 16%, ATE 12.8%, MIX 6.4%, CHI 9.6%, IXM 16% y TAS 22.4% (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de las Familias por localidad.

Familia / Localidad	AUA				MUI			BUA	Distribución
	TAX	QUE	ACO	ATE	MIX	CHI	IXM	TAS	
Dryopidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Dytiscidae	-	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Elmidae	*	-	-	-	-	-	-	*	Limitada
Hydrophilidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Staphylinidae	-	-	*	-	-	*	-	*	Parcial
Ceratopogonidae	-	-	-	-	-	-	-	*	Limitada
Chironomidae	*	*	*	*	*	*	*	*	Muy Ampla
Empididae	*	-	*	-	-	-	-	-	Limitada
Psychodidae	-	-	-	-	-	-	*	-	Limitada
Simuliidae	*	-	*	*	*	*	*	*	Muy Ampla
Tipulidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Baetidae	*	*	*	*	-	-	-	*	Amplia
Caenidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Heptageniidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Leptohyphidae	*	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Leptophlebiidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Belostomatidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Corixidae	*	*	-	*	-	-	*	*	Amplia
Naucoridae	-	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Notonectidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Veliidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Corydalidae	-	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Aeshnidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Calopterygidae	*	-	-	-	-	-	*	-	Limitada
Calamoceratidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Glossosomatidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Helicopsychidae	-	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Hydrobiosidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Hydropsychidae	*	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Hydroptilidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Philopotamidae	*	-	-	-	-	-	-	-	Limitada
Polycentropodidae	*	*	-	-	-	-	-	-	Limitada
Familias	25	10	5	4	2	3	5	7	
% de Familias	76.8	32	16	12.8	6.4	9.6	16	22.4	

(Simbología= \* Presencia, – Ausencia)

**ZONAS: ALTA-URBANA-AGRÍCOLA (AUA), MEDIA-URBANA-INDUSTRIAL (MUI) Y BAJA-URBANA-AGRÍCOLA (BUA)**

Las localidades que forman parte de la zona AUA son: Taxhimay, Quelites y Acoculco. Las de la zona MUI son: Atengo, Mixquiahuala, Chilcuaula e Ixmiquilpan. Y la zona BUA está conformada por Tasquillo.

Para la distribución de las Familias a lo largo del río, la zona AUA es la que mayor cantidad de familias presenta, con 30 del total de 32, siendo Ceratopogonidae y Psychodidae las únicas que no están en la zona.

En la zona MUI se encontraron 7 Familias que son: Staphylinidae, Chironomidae, Psychodidae, Simuliidae, Baetidae, Corixidae y Calopterygidae.

Y en la BUA también se encontraron 7 Familias siendo: Elmidae, Staphylinidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae, Baetidae y Corixidae (Tabla 10).

Solo hay cinco Familias que se encuentran en las tres zonas y son: Staphylinidae, Chironomidae, Simuliidae, Baetidae y Corixidae. Aunque las zonas MUI y BUA tienen la misma cantidad de Familias, las únicas que comparten son: Staphylinidae, Chironomidae, Simuliidae, Baetidae y Corixidae.

Tabla 9. Distribución de las Familias por zona

Familia	AUA	MUI	BUA
Dryopidae	*	-	-
Dytiscidae	*	-	-
Elmidae	*	-	*
Hydrophilidae	*	-	-
Staphylinidae	*	*	*
Ceratopogonidae	-	-	*
Chironomidae	*	*	*
Empididae	*	-	-
Psychodidae	-	*	-
Simuliidae	*	*	*
Tipulidae	*	-	-
Baetidae	*	*	*
Caenidae	*	-	-
Heptageniidae	*	-	-
Leptohyphidae	*	-	-
Leptophlebiidae	*	-	-
Belostomatidae	*	-	-
Corixidae	*	*	*
Naucoridae	*	-	-
Notonectidae	*	-	-
Veliidae	*	-	-
Corydalidae	*	-	-
Aeshnidae	*	-	-
Calopterygidae	*	*	-
Calamoceratidae	*	-	-
Glossosomatidae	*	-	-
Helicopsychidae	*	-	-
Hydrobiosidae	*	-	-
Hydropsychidae	*	-	-
Hydroptilidae	*	-	-
Philopotamidae	*	-	-
Polycentropodidae	*	-	-
Familias	30	7	7

(Simbología= \* Presencia, - Ausencia)

## DATOS FISICOQUÍMICOS

Los datos fisicoquímicos obtenidos a lo largo del río en las localidades fueron: Oxígeno, Temperatura, Conductividad y Salinidad (Tabla 10). Todos los datos son muy diferentes en cada una de las localidades.

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos

Zona	Localidad	Oxígeno mg/l	Temperatura °C	Conductividad mS/cm	Salinidad mg/l
AUA	Taxhimay	7.42	18.07	0.124	0.007
	Quelites	7.70	18.83	0.195	0
	Acoculco	6.36	15.6	0.009	0
MUI	Atengo	4.61	20.66	1.254	1.10
	Mixquiahuala	4.32	21.5	0.727	1.33
	Chilcuautila	4.95	19.3	1.620	1.34
BUA	Ixmiquilpan	4.31	18.16	1.570	1.37
	Tasquillo	7.43	19.56	1.610	1.57

Los factores fisicoquímicos del agua están relacionados con las condiciones en las que se pueden desarrollar los insectos acuáticos, el oxígeno presentó valores de 4.31 mg/l (Ixmiquilpan) hasta 7.70 mg/l (Quelites), valores considerados aceptables y buenos para que se desarrolle la vida.

La temperatura presentó valores de 15.6°C (Taxhimay) hasta 21.5°C (Mixquiahuala). Este parámetro en el agua es un factor relacionado con la cantidad de oxígeno, temperaturas altas pueden significar una disminución de oxígeno que afecta los períodos de desarrollo de las formas de vida.

La conductividad se relaciona con la cantidad de iones, que permiten que las soluciones transporten corriente eléctrica. Los valores pequeños son mejores para las condiciones del agua, valores altos por el contrario indicarían menor condición. Los valores obtenidos van de 0.009 mS/cm (Acoculco) a 1.62 mS/cm (Chilcuautila).

La salinidad se relaciona con la conductividad, los valores altos indican que aumentan la concentración de los contaminantes en el agua. Los valores obtenidos van de 0 mg/l (Quelites y Acoculco) a 1.57 mg/l (Tasquillo).

Todos los valores son variables desde la parte alta hasta la baja, ninguno de ellos es constante.

## CALIDAD AMBIENTAL

Es el conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas que califican el estado de disponibilidad y acceso a los componentes de la naturaleza, considerando la presencia de alteraciones del ambiente (CELEC, 2013). La calidad se determina mediante características físicas y químicas, comparándolas con normas y estándares de calidad. Con ello se puede identificar si el agua es idónea para uso humano y para el ambiente (CONAGUA, 2016).

Para el área de estudio se tomó como factor principal la calidad del agua. El Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) permite dar una puntuación a la calidad del agua con base a las Familias de macroinvertebrados, en el presente trabajo solo se utilizaron los valores de los insectos acuáticos.

En la tabla 11 se muestran los valores determinados por el índice BMWP para la calidad del agua con sus respectivas siglas, considerando la calidad desde excelente hasta extremadamente mala. Estos rangos de valor son los que permiten asignar una calidad a cada una de las localidades.

Tabla 11. Calidad del agua y sus valores

Calidad	Puntuación
Excelente (E)	+ de 120
Buena (B)	101-120
Regular o eutrófica (R)	61-100
Mala (M)	36-60
Muy mala (MM)	16-35
Extremadamente mala (EM)	- de 15

Para poder obtener los valores de la tabla anterior para cada una de las localidades es necesario utilizar la puntuación de la tabla 12, dicha puntuación se encuentra establecida para cada una de las familias (Mafla, 2005), y esta asignada por el índice en función de la sensibilidad de los organismos.

Tabla 12. Familias con la puntuación del Índice

Orden	Familia	Puntuación
EPH	Heptageniidae	10
TRI	Calamoceratidae, Hydrobiosidae	
EPH	Leptophlebiidae	8
ODO	Aeshnidae, Calopterygidae	
TRI	Glossosomatidae	
TRI	Philopotamidae	7
MEG	Corydalidae	6
TRI	Helicopsychidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Polycentropodidae	
COL	Dryopidae, Elmidae	5
EPH	Baetidae, Leptohyphidae	

Continuación tabla 12

COL	Staphylinidae, Dytiscidae	4
DIP	Ceratopogonidae, Empididae, Simuliidae, Tipulidae	
EPH	Caenidae	
HEM	Corixidae, Belostomatidae, Naucoridae, Notonectidae	
DIP	Psychodidae	3
COL	Hydrophilidae	
HEM	Veliidae	
DIP	Chironomidae	2

Para cada localidad y zona se utilizaron todas las familias presentes, se sumó la puntuación asignada para cada una de ellas (Tabla 12). Con la suma total de puntuaciones de cada Familia se obtuvo el valor de calidad del agua para cada localidad y zona (Tabla 11).

La única localidad con calidad Excelente (E) fue TAX al presentar 25 familias, dentro de las cuales 3 de ellas presentaron los valores más altos de puntuación. Las localidades con condiciones opuestas de calidad Extremadamente Mala (EM) son Atengo (ATE), Mixquiahuala (MIX) y Chilcuautla (CHI), son las tres localidades con el menor número de familias y sin presentar familias con puntuación mayor a 5 (Tabla 13).

En cuanto a las zonas la Alta-Urbana-Agrícola (AUA) es la única con calidad Excelente (E) con 30 familias. Las otras dos zonas Media-Urbana-Industrial (MUI) y Baja-Urbana-Agrícola (BUA) presentaron la misma cantidad de familias, pero no la misma puntuación, sin embargo, la puntuación de ambas zonas es de una calidad Muy Mala (MM) (Tabla 14).

Tabla 13. Resultados de la calidad obtenidos por localidad

Familia / Localidad	AUA				MUI			BUA
	TAX	QUE	ACO	ATE	MIX	CHI	IXM	TAS
Dryopidae	5	-	-	-	-	-	-	-
Dytiscidae	-	4	-	-	-	-	-	-
Elmidae	5	-	-	-	-	-	-	5
Hydrophilidae	3	-	-	-	-	-	-	-
Staphylinidae	-	-	4	-	-	4	-	4
Ceratopogonidae	-	-	-	-	-	-	-	4
Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2
Empididae	4	-	4	-	-	-	-	-
Psychodidae	-	-	-	-	-	-	3	-
Simuliidae	4	-	4	4	4	4	4	4
Tipulidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Baetidae	5	5	5	5	-	-	-	5
Caenidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Heptageniidae	10	-	-	-	-	-	-	-
Leptohiphidae	5	5	-	-	-	-	-	-
Leptophlebiidae	8	-	-	-	-	-	-	-
Belostomatidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Corixidae	4	4	-	4	-	-	4	4
Naucoridae	-	4	-	-	-	-	-	-
Notonectidae	4	-	-	-	-	-	-	-
Veliidae	3	-	-	-	-	-	-	-
Corydalidae	-	6	-	-	-	-	-	-
Aeshnidae	8	-	-	-	-	-	-	-
Calopterygidae	8	-	-	-	-	-	8	-
Calamoceratidae	10	-	-	-	-	-	-	-
Glossosomatidae	8	-	-	-	-	-	-	-
Helicopsychidae	-	6	-	-	-	-	-	-
Hydrobiosidae	10	-	-	-	-	-	-	-
Hydropsychidae	6	6	-	-	-	-	-	-
Hydroptilidae	6	-	-	-	-	-	-	-
Philopotamidae	7	-	-	-	-	-	-	-
Polycentropodidae	6	6	-	-	-	-	-	-
Familias	25	10	5	4	2	3	5	7
Σ Puntuación	143	48	19	15	6	10	21	28
Calidad	E	M	MM	EM	EM	EM	MM	MM



Tabla 14. Resultados de la calidad obtenidos por zona

Familia / Zona	AUA	MUI	BUA
Dryopidae	5	-	-
Dytiscidae	4	-	-
Elmidae	5	-	5
Hydrophilidae	3	-	-
Staphylinidae	4	4	4
Ceratopogonidae	-	-	4
Chironomidae	2	2	2
Empididae	4	-	-
Psychodidae	-	3	-
Simuliidae	4	4	4
Tipulidae	4	-	-
Baetidae	5	5	5
Caenidae	4	-	-
Heptageniidae	10	-	-
Leptohyphidae	5	-	-
Leptophlebiidae	8	-	-
Belostomatidae	4	-	-
Corixidae	4	3	3
Naucoridae	4	-	-
Notonectidae	4	-	-
Veliidae	3	-	-
Corydalidae	6	-	-
Aeshnidae	8	-	-
Calopterygidae	8	8	-
Calamoceratidae	10	-	-
Glossosomatidae	8	-	-
Helicopsychidae	6	-	-
Hydrobiosidae	10	-	-
Hydropsychidae	6	-	-
Hydroptilidae	6	-	-
Philopotamidae	7	-	-
Polycentropodidae	6	-	-
Familias	30	7	7
Σ Puntuación	167	30	28
Calidad	E	MM	MM

## PRUEBA T-STUDENT

La prueba muestra los datos de dos muestras para comparar sus medias. Se formulan dos hipótesis. La hipótesis nula, establece que no hay diferencias en la media de las dos muestras independientes y que, de existir esta diferencia, se debe al azar. La hipótesis alterna menciona que si la t calculada de las dos muestras es mayor a lo normal se rechazaría la hipótesis nula (Sánchez, 2015)

### FAMILIAS POR PERÍODO

En esta prueba se tomaron en cuenta los tres períodos de muestreo Secas-Cálidas (S-C), Post-Lluvias (P-L) y Secas-Frías (S-F) con el total de Familias encontradas en las localidades de cada uno de los períodos.

Para todas las comparaciones entre períodos no se rechazaron la hipótesis nula. Los períodos no son iguales entre sí, pero hay similitudes entre ellos.

En los períodos S-C y P-L (Figura 11) no se rechaza la hipótesis nula, las medias se encuentran dentro de los valores de -5.2 a 6.6 por lo que no hay diferencias significativas. El período S-C presentó dos familias más que P-L, los dos períodos no son iguales y hay similitudes considerando que algunas familias se presentaron en ambos (Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Simuliidae y Staphylinidae).

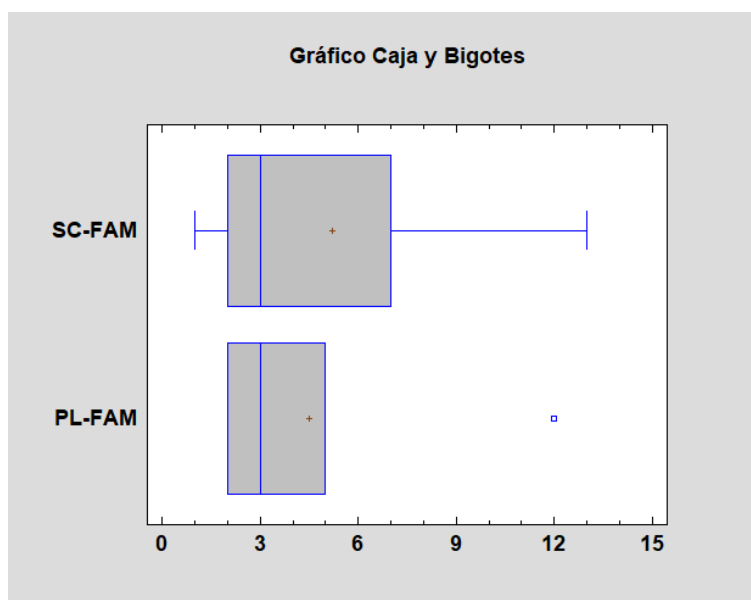


Figura 11. Familias en los períodos S-C y P-L

Para los períodos P-L y S-F (Figura 12) la hipótesis nula no se rechaza, las medias de ambos períodos están dentro del rango de -7.9 a 5.5 por lo que no hay diferencias significativas entre las medias. P-L tiene ocho familias menos que S-F, la diferencia de familias muestra que no son iguales, sin embargo, las similitudes se dan por las familias en común para ambos períodos (Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Empididae, Heptageniidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptophlebiidae, Simuliidae y Veliidae).

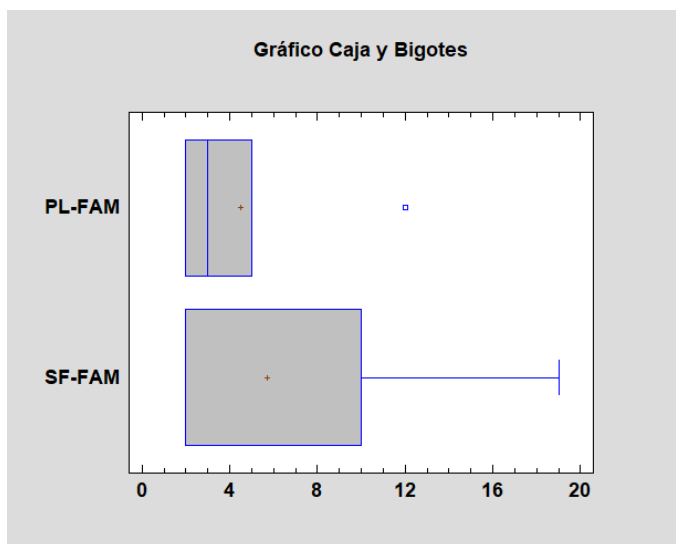


Figura 12. Familias en los períodos P-L y S-F

Los períodos S-C y S-F (Figura 13) no rechaza la hipótesis nula, las medias se encuentran dentro del rango -8.2 a 7.2 no hay diferencias significativas entre las medias. S-C tiene seis familias menos que S-F, los períodos no son iguales, las familias en común generan una similitud (Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptohiphidae, Polycentropodidae, Simuliidae y Tipulidae).

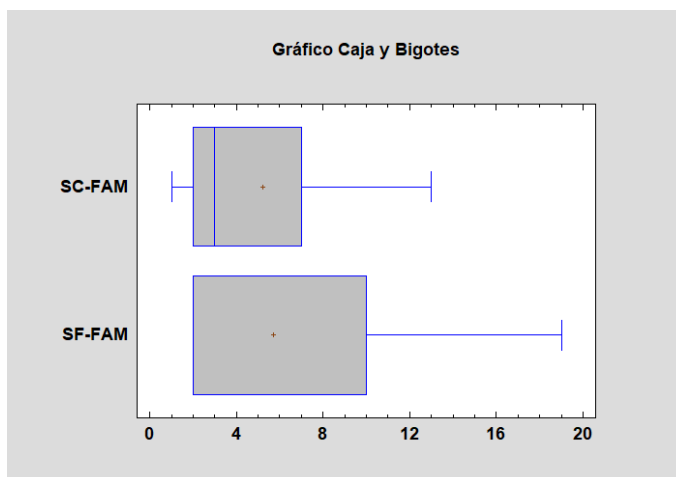


Figura 13. Familias en los períodos S-C y S-F

## ABUNDANCIAS POR PERÍODOS

Para esta prueba se tomaron en cuenta los tres períodos Secas-Cálidas (S-C), Post-Lluvias (P-L) y Secas-Frías (S-F) con el número total de organismos encontrados para cada una de las Familias, de cada período.

Para todas las comparaciones entre períodos no se rechazó la hipótesis nula. Los períodos no son iguales entre sí, pero hay similitudes entre ellos.

Para los períodos S-C y P-L (Figura 14) no se rechaza la hipótesis nula, las medias se encuentran dentro de los valores de -419.5 a 132.5 que no muestran diferencias significativas. S-C tiene una abundancia de 593 organismos en 17 familias, P-L tiene una abundancia de 2,687 organismos en 15 familias. Las familias que generan similitud por número de organismos son Baetidae (185 S-C/ 374 P-L), Chironomidae (209 C-S/ 2150 P-L) y Simuliidae (124 S-C/ 85 P-L) al ser la más abundantes para los dos períodos, las demás familias presentaron abundancias menores a las de estas tres familias.

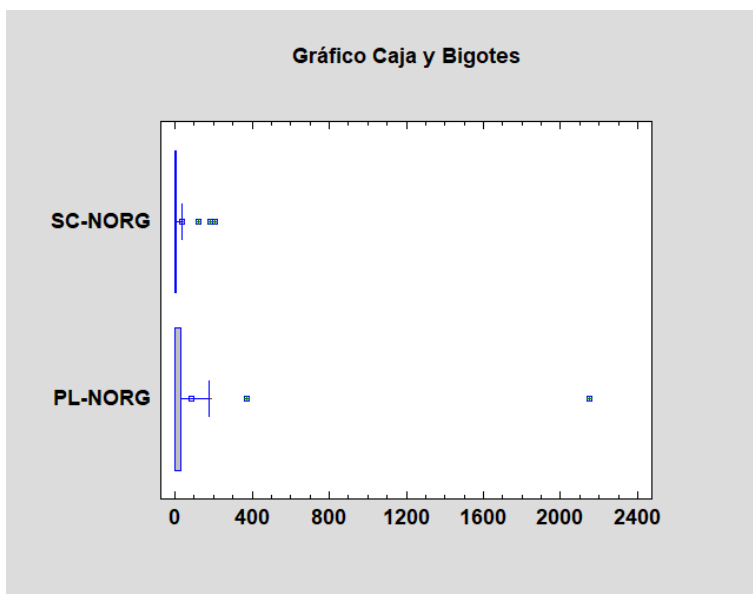


Figura 14. Abundancias en los períodos S-C y P-L

En los períodos P-L y S-F (Figura 15) la hipótesis nula no se rechaza, las medias se encuentran dentro del rango de -173.5 a 353.5, no hay diferencias significativas. Para el período P-L (2,687 organismos, 15 familias) y S-F (2,036 organismos, 23 familias), las familias Baetidae (374 P-L/ 280 S-F), Chironomidae (2150 P-L/ 977 S-C) y Simuliidae (86 P-L/ 607 S-F) generan similitud por mayor abundancia.

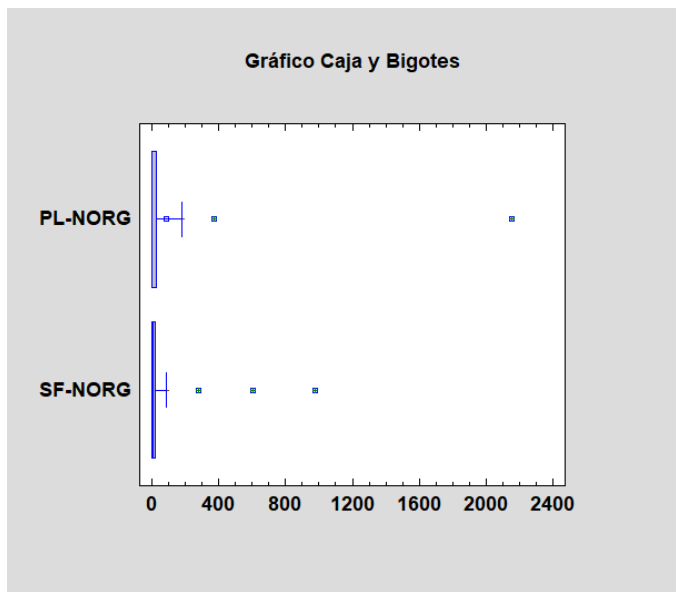


Figura 15. Abundancias en los períodos P-L y S-F

Para los períodos S-C y S-F (Figura 16) no se rechaza la hipótesis nula, las medias presentan valores de -173.2 a 66.2, no hay diferencias significativas. Para el período S-C (593 organismos, 17 familias) y S-F (2036 organismos, 23 familias), las familias Baetidae (185 S-C/ 280 S-F), Chironomidae (209 S-C/ 977 S-F) y Simulidae (124 S-C/ 607 S-F) son las más abundantes en común.

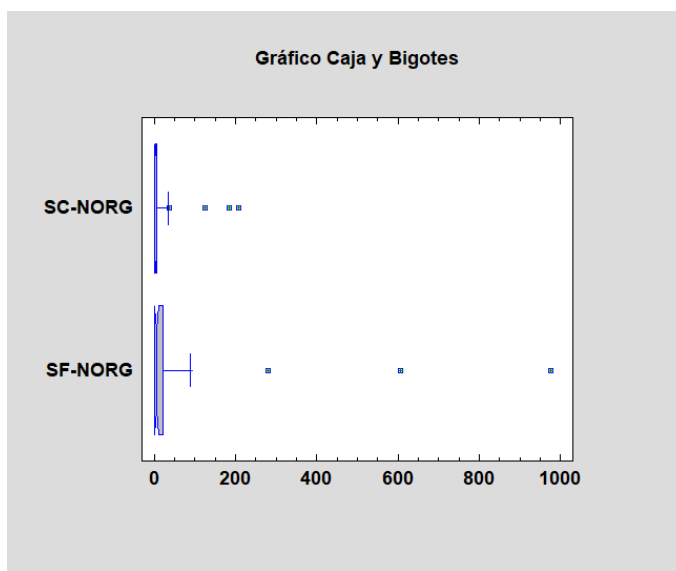


Figura 16. Abundancias en los períodos S-C y C-F

## DISCUSIÓN

Los macroinvertebrados bentónicos en su mayoría son sedentarios y representativos de las condiciones locales, permiten esclarecer cambios temporales ocasionados por alguna perturbación, su colonización en los ecosistemas del río se relaciona con los disturbios generados en el cauce, que pueden ser naturales y antropogénicos (Hanson *et al.*, 2010). La interacción de los macroinvertebrados con el agua está relacionada con las actividades que pueden desarrollar, como: comportamientos para escapar de depredadores, dispersión en busca de alimento, disturbios en el aumento o baja de la corriente y cambio de la calidad del agua.

Algunos aspectos de la estructura de los cuerpos de agua se relacionan con la deriva y movimiento del agua río abajo. Para sistemas donde las condiciones son buenas, sus comunidades son heterogéneas, tienen una alta riqueza taxonómica y distintos grupos funcionales (Barba-Álvarez *et al.* 2013). Por ello los insectos acuáticos ofrecen una excelente opción para examinar y realizar estudios de aspectos biológicos de la calidad del agua, evaluación ambiental y biomonitoreo (Merritt *et al.*, 2008 y Hanson *et al.*, 2010).

En el Río Tula se encontraron otras clases de macroinvertebrados que no fueron considerados para los objetivos de este trabajo como: moluscos, nematodos, crustáceos, etc. Se obtuvo un total de 5,314 insectos, se identificó el 99.6% (5,295 organismos) a nivel de Familia y el 0.4% (19 organismos) fue imposible identificar, esto debido al mal estado de preservación y/o la falta de estructuras de importancia taxonómica.

El éxito del modo de vida de los insectos, principalmente de los holometábolos se refleja en que estos son más numerosos que los hemimetábolos (Brusca y Brusca, 2005). Dentro de los órdenes de insectos acuáticos encontrados podemos ver que los holometábolos presentaron una abundancia de 4,352 organismos, el porcentaje de abundancia para los órdenes es de: Diptera 78%, Trichoptera 3.20%, Coleoptera 0.36% y Megaloptera 0.01%. En comparación con los hemimetábolos que presentaron 943 organismos, Ephemeroptera 17.33%, Hemiptera 0.36% y Odonata 0.12%. En los holometábolos Diptera es el de mayor abundancia, lo que ocurre de igual manera con Ephemeroptera de los hemimetábolos. Se puede resaltar que Diptera es un importante componente en el ecosistema acuático debido a su gran diversidad y abundancia numérica, forman parte de la cadena trófica al ser alimento para otros animales como: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. (Merritt *et al.*, 2008).

Goyenola (2007) menciona que los valores de oxígeno influyen en la manera en que las formas de vida pueden desarrollarse; valores de 0 mg/l son anoxias, y se da la muerte masiva de organismos aerobios; valores de 0 a 5 mg/l son hipóxicas, desaparecen organismos y especies sensibles; valores de 5 a 8 mg/l son aceptables y adecuadas para que se desarrolle la vida; valores de 8 a 12 mg/l son buenas, que de igual manera permiten que la vida se desarrolle; y valores de más de 12 mg/l son consideradas sobresaturadas para sistemas con producción fotosintética. Los valores de oxígeno están relacionados con el flujo del agua, mayor flujo genera más oxígeno, menor flujo por el contrario no genera valores altos de oxígeno.

Bain y Stevenson (1999) mencionan una dependencia de la concentración de oxígeno respecto a la temperatura; de 4 a 6°C se relacionan con valores de oxígeno de 12 mg/l; de 7 a 9°C con valores de 11 mg/l; de 10 a 13°C con valores de 10 mg/l; de 14 a 19°C con valores de 9 mg/l; de 20 a 25°C con valores de 8 mg/l; y de 26 a 35°C con valores de 7mg/l.

Considerando los datos anteriores y las localidades a lo largo del río desde la parte alta hacia la baja, Taxhimay (7 mg/l, 18°C), Quelites (7 mg/l, 18°C) y Acozulco (6 mg/l, 15°C) son localidades con condiciones aceptables para que se desarrolle la vida. Atengo (4 mg/l, 20°C), Mixquiahuala (4 mg/l, 21°C), Chilcuautla (4 mg/l, 19°C) e Ixmiquilpan (4 mg/l, 18°C) son localidades hipóxicas, que genera la desaparición de organismo y especies sensibles. Por último, en Tasquillo (7 mg/l, 19°C) el agua vuelve a presentar condiciones aceptables para que se desarrolle la vida.

Sin embargo, en la relación de las temperaturas con el oxígeno, los valores de temperatura están por debajo de lo reportado por Bain y Stevenson (1999). Esto puede deberse a diversos factores relacionados con el cauce del río como: la altitud, cantidad de sol, hora a la que se tomó el muestreo y la sombra que genera la vegetación riparia.

Otros factores importantes son los relacionados con los contaminantes que pueden encontrarse en el río. Como ya se mencionó en los antecedentes, en estudios realizados en el área muestran contaminantes de tipo fisicoquímicos y biológicos. De los ocho sitios de muestreo, las localidades más grandes y con mayor impacto en el río son Mixquiahuala, Chilcuautla e Ixmiquilpan debido a la gran actividad urbana e industrial que presentan.

Estas características del río son importantes tomando en cuenta que los insectos tienen hábitats donde se pueden encontrar, lo que genera variaciones en la composición a lo largo del río. La composición y abundancia de los órdenes y familias encontrados se relaciona con los ciclos de vida de cada Familia y la sensibilidad que presentan los organismos a los disturbios.

La abundancia de las familias a lo largo del río fue muy variable, para los períodos de muestreo Post-Lluvias fue el de mayor abundancia en comparación con las temporadas de Secas-Frias y Secas-Cálidas. Astudillo *et al.* (2014) reportan que la abundancia de insectos debería ser mayor en períodos de secas, considerando que antes de la época de lluvias emergen muchos de los estados adultos, además de que en los períodos de lluvias las crecientes generan arrastre de fauna. Situación que no coincide con los datos obtenidos en este estudio.

Son pocas las familias que presentaron una gran abundancia como: Chironomidae con 3,336 organismos que representan el 36% del total de insectos acuáticos, Baetidae con 839 que representan el 15.84% del total de organismos y Simuliidae con 817 que representa el 15.42% del total. Familias que tienen ciclos de vida multivonos, que se encontraron en todos los períodos de muestreo y que son consideradas tolerantes a la contaminación. Factores que favorecen a su gran abundancia.

En comparación con las siguientes familias que presentaron un solo organismo equivalente al 0.015% del total: Calamoceratidae, Corydalidae y Glossosomatidae familias indicadoras

de buena calidad que generalmente se presentan con poca escasez y distribución local; Hydrophilidae, Belostomatidae y Helicopsychidae familias indicadoras de cierto grado de tolerancia a contaminantes y distribución local; Naucoridae, Notonectidae y Psychodidae familias tolerantes a la contaminación. Hay familias que suelen ser ocasionales considerando, que las condiciones a lo largo del río van cambiando.

De las 32 familias la única que presenta coincidencias en el mayor número de organismos y mayor distribución es Chironomidae, esto se puede deber a su tolerancia, por lo cual suelen estar relacionadas con áreas contaminadas (Compeán *et al.* 2009).

Las familias que se encontraron en las tres zonas Alta-Urbana-Agrícola, Media-Urbana-Industrial y Baja-Urbana-Agrícola son: Staphylinidae, Chironomidae, Simuliidae, Baetidae y Corixidae, familias tolerantes a la contaminación. La zona Alta-Urbana-Agrícola es la que mayor distribución de familias presentó, con 30 de ellas a excepción de Ceratopogonidae y Psychodidae. La distribución de las familias depende de las condiciones que necesitan los organismos para poder desarrollarse en su microhábitat.

Las localidades que forman parte de la zona Alta-Urbana-Agrícola generaron la mayor composición y por consiguiente una calidad ambiental excelente para esta zona. Para Taxhimay (1,603 organismos, seis órdenes y 25 familias) las familias representativas son de Ephemeroptera (Heptageniidae y Leptophlebiidae), Odonata (Aeshnidae) y Trichoptera (Calamoceratidae, Glossosomatidae, Hydrobiosidae y Philopotamidae), familias que indican buenas condiciones, obteniendo una calidad excelente. A partir de Quelites (65 organismos, seis órdenes y 10 familias) se da un gran cambio, ya que tiene como familias representativas a Megaloptera (Corydalidae) y Trichoptera (Helicopsychidae), las únicas familias con los valores más altos del índice de calidad, sin embargo, al ser pocas familias la calidad de esta localidad se reporta como mala. Y para Acoculco (365 organismos, tres órdenes y cinco familias) al no presentar familias que favorezcan el índice de calidad, la calidad de esta localidad es muy mala.

Las localidades que forman parte de la zona Media-Urbana-Industrial generaron condiciones ambientales muy malas para dicha zona. Para Atengo (160 organismos, tres órdenes y cuatro familias), Mixquiahuala (1,084 organismos, un Orden y dos familias) y Chilcuautla (485 organismos, dos órdenes y tres familias) la calidad de estas tres localidades es extremadamente mala, en cambio para Ixmiquilpan (654 organismos, tres órdenes y cinco familias) la calidad es muy mala. Las dos familias que tienen en común todas las localidades de esta zona son Chironomidae y Simuliidae, sin presentarse ninguna de las familias que indican buenas condiciones del agua.

La localidad de Tasquillo (879 organismos, cuatro órdenes y siete familias) de la zona Baja-Urbana-Agrícola muestra condiciones muy malas, debido nuevamente a que no hay presencia de familias indicadoras de buena calidad.

Debido a las características propias del cauce de un río, durante su trayecto se puede favorecer la capacidad de autodepuración (Montelongo *et al.*, 2007). Cabe destacar que en el Río Tula no es buena la capacidad de depuración por la contaminación, lo cual genera una reducción en el número de formas de vida, ocasionando un aumento en la abundancia de los organismos



tolerantes. A lo largo del cauce del río Tula se logra observar dicha situación, la zona alta presenta la suficiente cantidad de oxígeno que permite el desarrollo de las formas de vida, generando mayor calidad ambiental y mayor composición; en la zona media la influencia de la contaminación genera cambios como valores bajos de oxígeno que ocasionan la desaparición de organismos y especies sensibles, obteniendo una mala calidad ambiental y baja composición de familias siendo estas principalmente tolerantes a la contaminación; y en la parte baja del río los valores de oxígeno permite el desarrollo de las formas de vida, sin embargo la contaminación no permite que la composición pueda recuperarse.

La calidad del agua está relacionada con la presencia de las formas de vida, mientras que las condiciones sean malas, las formas de vida no tolerantes a la contaminación se reducen y aumentan las que son tolerantes, las comunidades de insectos acuáticos se van modificando.

Con las pruebas de t-Student se encontró que hay similitudes en las medias entre las temporadas de muestreo en cuanto al número de familias y la abundancia. Para la relación de familias, las temporadas con mayor similitud son Secas-Cálidas (17 familias) y Post-Lluvias (15 familias) considerando que presentan estas familias en común: Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Simuliidae y Staphylinidae. En las tres comparaciones entre períodos de muestreo, en todos no se rechazó la hipótesis nula, considerando que hay familias que se encuentran en dos períodos.

Para la relación de abundancias las temporadas con mayor similitud son Secas-Cálidas (593 organismos, 17 familias) y Secas-Frías (2036 organismos, 23 familias), las familias Baetidae, Chironomidae y Simulidae son las que por mayor abundancia generan la similitud. En las tres comparaciones entre períodos, también se obtuvo una similitud entre ellos, para ninguno de los casos se rechazó la hipótesis nula.

Con todo lo antes mencionado podemos ver que en todo el río hay diferente composición, abundancia y distribución, debido al impacto que el hombre ha causado en el afluente del río, ocasionando que las características y condiciones cambien desde la parte alta hasta la baja, y que la comunidad acuática se vea afectada por el alto grado de contaminación que se presenta.

El Río Tula es un sistema con baja diversidad comparado con otros ríos que han reportado mayor composición en familias y ordenes (López *et al.*, 2009; 2010; 2012; 2014), sin embargo, dentro de su composición la Familia Chironomidae del Orden Diptera fue la más abundante en todo el río, es la de mayor distribución al encontrarse en todas las zonas y localidades. Varias familias no presentaron una distribución amplia ni una gran abundancia, sin embargo, su presencia permitió utilizarlos como indicadores de las condiciones del río.

Debido a las actividades que realiza el hombre y sus interacciones con los cuerpos de agua a lo largo del Río Tula la calidad ambiental cambia, la presencia de ciertas familias permite describir que la calidad del río en la parte alta tiene buenas condiciones, mientras que en la zona media donde se encuentran las zonas urbanas las condiciones se vuelven muy malas, lo que ocasiona que las condiciones en la zona baja no sean tan buenas como la parte alta del río.

La contribución de este trabajo permite conocer la entomofauna de uno de los ríos de mayor contaminación por las aguas de desecho que recibe de la ciudad de México del cual no se tenían registros de la composición, abundancia y distribución. En todo el cauce del río la zona alta es la más abundante en composición de familias y condiciones buenas de la calidad ambiental. Sin embargo, la actividad humana ha generado cambios en las condiciones del río lo que ocasiona el deterioro en las características de este.

Es importante mencionar que las condiciones de los ríos varían por distintos factores por ello es importante fomentar el conocimiento de nuestra biodiversidad y generar conciencia sobre la conservación de todos nuestros ecosistemas acuáticos.

## CONCLUSIONES

Del total de 5,314 insectos acuáticos, se identificó el 99.6% (5,295 organismos) a nivel de Familia. La comunidad no se encuentra representada por todos los órdenes acuáticos: Hymenoptera, Lepidoptera, Mecoptera, Neuroptera, Orthoptera y Plecoptera son los que no forman parte del listado entomofaunístico del Río Tula.

Dentro de las zonas muestreadas la zona Alta-Urbana-Agrícola (7 órdenes y 30 familias) es la de mejor composición, al igual que la localidad de Taxhimay (6 órdenes y 25 familias) al presentar el mayor número de órdenes y familias.

Los insectos holometábolos son los de mayor abundancia con 4,352 organismos, Diptera con un 78% es el más abundante además son importantes en el ecosistema acuático por su gran diversidad y abundancia, Trichoptera con 3.20%, Coleoptera 0.36% y Megaloptera 0.01%. Los hemimetábolos presentaron 943 organismos, Ephemeroptera con un 17.33%, Hemiptera 0.36% y Odonata 0.12%.

La Familia que mayor abundancia y distribución presentó fue Chironomidae, se encontró en todas las localidades y su abundancia fue la mayor con 3,336 organismos, además para los tres períodos de muestreo fue la más abundante.

La temporada de Post-Lluvias fue la de mayor abundancia en comparación con las temporadas de Secas-Frías y Secas-Cálidas. Solo las Familias Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae y Simuliidae se encuentran en las tres temporadas.

Los valores fisicoquímicos desde en la parte alta en Taxhimay (7 mg/l, 18°C), Quelites (7 mg/l, 18°C) y Acoculco (6 mg/l, 15°C) tienen condiciones aceptables para que se desarrolle la vida. A partir de Atengo (4 mg/l, 20°C), Mixquiahuala (4 mg/l, 21°C), Chilcuautila (4 mg/l, 19°C) e Ixmiquilpan (4 mg/l, 18°C) se da la desaparición de organismo y especies sensibles. En la parte baja de Tasquillo (7 mg/l, 19°C) el agua vuelve a presentar condiciones aceptables para que se desarrolle la vida.

La calidad ambiental del Río Tula en la zona alta es excelente, conforme se llega a la zona media se vuelve muy mala, aunque los ríos tienen un proceso de depuración el Río Tula no puede recuperar la calidad de la parte alta. De los ocho sitios de muestreo, las localidades más grandes y con mayor impacto en el río son Mixquiahuala, Chilcuautila e Ixmiquilpan debido a la gran actividad urbana e industrial que presentan. El Río Tula muestra un deterioro a lo largo del cauce, la contaminación genera cambios en las condiciones del agua, por lo cual ninguna localidad es igual a otra, considerando datos fisicoquímicos y la presencia de formas de vida.

## REFERENCIAS

- Adler P. H. y Footitt R. G. 2009. Insect Biodiversity, Science y Society. 1st edition. Chapter 1. Introduction. Pp. 3
- Astudillo M. R., Ramírez A., Novelo G. R. y Vázquez G. 2014. Descomposicion de hojarasca en seis arroyos de Bosque Mesofilo de Monaña en la cunca alta del río La Antigua, Veracruz, México. *Revista Bilogía Tropical Vol. 62* Pp. 123-124
- Bain M. B. y Stevenson N. J. 1999. Aquatic hábitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. Pp.186
- Barba-Álvarez. R., De la Lanza-E. G., Contreras R. A. E. y Gonzáles M. I. 2013. Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad 84* Pp. 381
- Barnes R. D. 1977. Capítulo 15. Zoología de los Invertebrados. Tercera Edición. Nueva Editorial Interamericana. Pp. 597, 606, 611, 618, 625.
- Beck W. M. 1995. Suggested method for reporting biota data. *Sewage Ind. Westes 27*. Pp. 1193-1197
- Brusca R. C. y Brusca G. J. 2005. Capítulo 17. Invertebrados. Segunda Edición. Mc Graw-Hill Interamericana. Pp. 640-680
- Bonilla B. J. R., Viana L.J.A. y Salazar V.F. 2000. Listados Florísticos de México. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 10
- Bournaud M., Cellot B., Richoux P. and Berrahou Ali. 1996. Macroinvertebrate community structure and environmental characteristics along a large river: congruity of patterns for identification to species or family. *Journal or the North American Benthological Society. Vol. 15 No. 2* Pp. 232
- Bueno-Soria. J. 2011. Guía de identificación ilustrada de los géneros de larvas de insectos del Orden Trichoptera de México. Instituto de Biología UNAM. Pp. 40, 41, 49, 62, 64 70, 73, 101, 179, 188
- Calvo B. S. 1992. Educación para la salud en la escuela. Ediciones Diaz de Santos S.A. Pp. 535
- CONAGUA. 2016. Estadísticas del agua en México edición 2016. México Gobierno de la Republica. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Pp. 55

- Compeán O. I. C., Rodríguez C. A. y Quiroz M. H. 2009. Estudio de la calidad del agua mediante insectos acuáticos en el río Salinas, General Zuazua, Nuevo León; 10 años después. *Entomología*.
- Coplain Ingenieros Civiles S.A de C.V. 1985. Estudio de la Calidad y clasificación del agua en el Río Tula. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. Secretaria de Ecología. Dirección general de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. General de Consultores en Planeación e Ingeniería. Pp. 1-243
- Cotler H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M. L. 2010. Las cuencas hidrográficas de México: Priorización y toma de decisiones. Pp. 212
- Coto D. y Saunders J. L. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Manual Técnico 52
- De la Lanza E. G., Hernández P. S. y Carbajal P. J. L. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). SEMARNAP. CONAGUA. Plaza y Valdés Editores, UNAM, Instituto de Biología. Pp. 23-26
- Domènech X. y Peral J. 2006. Química Ambiental de sistemas terrestres. Capítulo 5 Posesos y técnicas de remediación. Editorial Reverte. Pp. 186
- Fernández Á. M. A. y Rivas G. 2010. Niveles de organización en animales. Las prensas de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 233, 251-253, 353
- Gil R. M. 2006. Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activos. Consejo superior de investigaciones científicas. Pp. 76
- Granados R. J. G., Rueda G. K. y Vázquez S. K. A. 2017. Entomofauna acuática predominante en cinco ríos de la parte alta del Balsas, entre Morelos y Puebla, México. *Entomología mexicana. Vol. 4*. Pp. 108 y 111
- Greenpeace. 2012. Ríos Mexicanos Ríos Tóxicos. Greenpeace México A.C. Pp.5
- Goyenola G. 2007. Guía para la utilización de valijas viajeras. Red de monitoreo Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA Versión 1.0. pp. 1
- Guerra P. S. 2000. Evaluación de la vegetación ripiara, insectos acuáticos y peces, influenciados por las variaciones en la calidad de los caudales de la Cuenca del Río San Juan, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Pp. 89

- Hanson P., Springer M. y Ramírez A. 2010. Capítulo 1. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 58. Pp. 1 y 17
- Hill R. W., Wyse G. A y Anderson M. 2006. Fisiología animal. Editorial Medica Panamericana. Pp. 892
- INEGI, CONAGUA e INE 2007. Cuencas Hidrográficas de México. Escala 1:250000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional del Agua.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Atotonilco de Tula, Hidalgo. Clave geoestadística 13013. Pp. 2
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Chilcuautla, Hidalgo. Clave geoestadística 13019. Pp. 2
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tasquillo, Hidalgo. Clave geoestadística 13058. Pp. 2
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tepeji del Rio de Ocampo, Hidalgo. Clave geoestadística 13063. Pp. 2
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tezontepec de Aldama, Hidalgo. Clave geoestadística 13067. Pp. 2
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa del Carbón, México. Clave geoestadística 15112. Pp. 2
- Jordán M. F. 2012. El universo de los Insectos. Agro Guías. Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 34-35
- Juárez F. J., Barba M. E. y Miranda V. J. F. 2015. Distribución espacial y temporal de la entomofauna acuática en la cuenca del Papaloapan. *Tendencias de Investigación en Limnología Tropical: Perspectivas Universitarias en Latinoamérica*. Pp. 279 y 282
- Lesser C. L. E., Lesser I. J. M., Arellano I. S. y González P. D. 2011. Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 28(3). Pp. 323-335

- López H. M. 1997. Caracterización limnológica del Río Duero, Michoacán. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.55, 75
- López H. M., Ramos E. M. G. y Carranza F. J. 2007. Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y Lago de Chapala, México. *Hidrobiología* (17). Pp. 24
- López H. M., Ramos E. M. G. y Carranza F. J. y Flores M. A. 2009. Insectos Acuáticos como indicadores de contaminación del Río Lerma. *Entomología Mexicana* (8). Pp. 311-313
- López H. M., Ramos E. M. G., Vázquez G. F., Guzmán A. M y Moncayo E. R. 2010. Insectos Acuáticos y fauna bentónica asociada, para la contaminación del Río Duero, Michoacán, empleando un índice biótico. *Entomología Mexicana* (9). Pp. 367-370
- López H. M., Ramos E. M. G., Guzmán A. M y Díaz V. J. 2010. Insectos Acuáticos y su uso en dos índices bióticos para evaluar calidad del agua del Río Jalacingo, Puebla, México. *Entomología Mexicana* (9). Pp. 372-376
- López H. M., Ramos E. M. G. y Guzmán A. M. 2012. Insectos Acuáticos y la calidad del agua de la cuenca alta del Río Blanco, Veracruz. *Entomología Mexicana* (11). Pp.398-399
- López H. M., Ramos E. M. G., Flores M. A. y Gonzales F. F. 2014. Insectos Acuáticos del Río Nixtamalapa, Veracruz, composición y estructura funcional: Herramienta para evaluar la salud ambiental. *Entomología Mexicana* (13). Pp. 417-418
- Mafla H. M. 2005. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño mediano Talamanca-Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE) Pp. 10, 21, 35, 36, 43-46
- Mata J. A. 2005. Diccionario didáctico de ecología. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Pp. 43
- Mendizabal F. M. 2005. Abejas. Editorial Albatros. Pp.241
- Merritt R.W., Cummins K. W. y Berg M. B. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Fourth Edition. Kendall Hunt Publishing Company. Pp. 157-158, 181-182 y 237-239

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Protocolo de cálculo del índice IBMWP. Código: IBMWP-2013. Gobierno de España. Pp. 9
- Montelongo C. R., Gordillo M. A. J., Otazo S. E. M., Villagómez I. J. R., Acevedo S. O. A. y Prieto G. F. 2007. Modelación de la calidad del agua del Río Tula, Estado de Hidalgo, México. *Dyna*, Año 75, No.154 Pp. 5-18
- Monteresino M. E. y Brewer M. M. 2001. Diccionario entomológico. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba Rep. Argentina. Pp. 138
- Nuñez G. A. L. 2015. Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo. Universidad Autónoma Metropolitana. Pp. 38
- Ortiz G. M. S. and Ramírez L. J. A. 2003. Water Quality of The Tula River related to the petroleum refining industry: accumulation factors and treatments. *Journal of Transaction son Ecology and the Environment*. 65 (7). Pp. 67-76
- Pérez A. G. R., Ramírez C. C. R., Vázquez G. K. A. y Ortiz G. S. M. 2002. Impactos al agro por los recursos Hídricos en el valle del Mezquital, Hidalgo. *Federación Mexicana de Ingeniería y Ciencias del Ambiente*. Pp. 3-10
- Pinilla A. G. A. 1998. Indicadores Biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Centro de investigaciones científicas. Pp. 11
- Prat N., Ros J. y Peters F. 2004. Ramon Margalef, Ecólogo de la Biosfera. Una biografía Científica. Universidad de Barcelona. Agbar Fundación. Pp. 119
- Quiroz M. H. y Rodríguez C. V. A. 2008. Bioindicadores de contaminación en sistemas acuáticos (insectos acuáticos). Universidad Autónoma de Nuevo León. Pp. 15
- Ramírez C. V. C. 2013. Sistemas de riego en Ixmiquilpan, Tetepango y Tula, siglos XVII-XIX. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Relaciones*136. Pp. 148-166 y 174-183
- Rivera Cervantes O. A. 2018. Tesis Maestría. Eutrofización en la cuenca del río Tula.
- Roldan P. G. A. 2003. Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. Pp. 25
- Rubio F. I., López H. M., Ramos E. M. G. y Rico M. R. 2015. Bioaccumulation of Metals Arsenic, Cadmium, and Lead in Zooplankton and Fishes from the Tula River Watershed, Mexico. *Water Air Soil Pollution*227 (5) Pp. 6, 8 y 11


















- Sánchez T. R. A. 2015. T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*. (26). Pp. 1
- Sánchez Y. J. M. 2011. Las Enfermedades Infecciosas En La Historia Humana. Libros en Red. Pp. 172
- Sandoval J. C. y Molina Astudillo I. F. 2000. Insectos. En De la Lanza Espino G., Hernández Pulido S. y Carbajal Pérez J. L. Organismos Indicadores de la Calidad del agua y de la contaminación. Pp. 406
- Schnack J. A. 2005. Entomología: Biodiversidad, Teorías Poblacionales y Biología del Altruismo. *Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina* 64 (1-2) Pp.4
- SEMARNAT. 2012. Adaptación al Cambio Climático: Visión, Elementos y Criterios para la toma de decisiones. México. Pp. 59
- Tarbuck E. J., Lutgens F. K. y Tasa D. 2005. Ciencias de la Tierra. Pearson. Pp. 204
- Vázquez S. G., Castro M. G. y Gonzáles M. I. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *Contacto S*. Pp.44
- Zhang Z-Q. 2011. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* (3148). Magnolia Press. Pp. 100
- AOA. 2016. Asociación Odontológica de Andalucía. <http://www.bioscripts.net/libelulas/index.php> Consulta en Septiembre 2016
- CELEC. 2013. Corporación Electrica del Ecuador Hidropaute. <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/sociedad-y-ambiente/sistema-de-calidad-ambiental.html> Consulta Diciembre 2017
- INAFED. 2000. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo. Estado de Hidalgo. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13041a.html> Consulta en Noviembre 2016
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Topografía. Productos y servicios. Red Hidrográfica. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/Topografia/Descarga.aspx> Consulta en Junio 2016
- INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ríos y lagos. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/rios.aspx?tema=T> Consulta en Junio 2018








- SEDESOL. 2010. Secretaría de Desarrollo Social. Catálogo de Localidades. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx> Consulta en Noviembre 2016
- SMN. 2017. Sistema Meteorológico Nacional. Climatología. <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form?view=visproncliprec> Consulta en Diciembre 2017





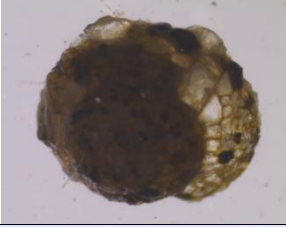


**ANEXO**



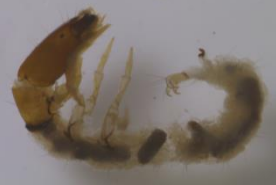
**IMÁGENES DE LOS ÓRDENES Y LAS FAMILIAS**

Orden	Familia	Imagen
Coleoptera	Dryopidae	
	Dytiscidae	
	Elmidae	
	Hydrophilidae	
	Staphylidae	
Diptera	Ceratopogonidae	
	Chironomidae	

	Empididae	
	Psychodidae	
	Simuliidae	
	Tipulidae	
Ephemeroptera	Baetidae	
	Caenidae	
	Heptageniidae	
	Leptohyphidae	

	Leptophlebiidae	
Hemiptera	Belostomatidae	
	Corixidae	
	Naucoridae	
	Notonectidae	
	Veliidae	
Megaloptera	Corydalidae	

Odonata	Aeshnidae	
	Calopterygidae	
Trichoptera	Calamoceratidae	
	Glossosomatidae	
	Helicopsychidae	
	Hydrobiosidae	
	Hydropsychidae	

		
	Hydroptilidae	
	Philopotamidae	
	Polycentropodidae	