



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO  
XALTETLA, EN SANTA MÓNICA, HIDALGO, MÉXICO, A  
TRAVES DE LOS INSECTOS ACUÁTICOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**BIÓLOGO**

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

**ISAAC ADRIEL SOLOGUREN HERNÁNDEZ.**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**BIOL. MARCELA PATRICIA IBARRA-GONZÁLEZ**

**Los Reyes Iztacala, Estado de México, Octubre de 2018**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Dedicatoria

A mí madre: por guiarme cuando había oscuridad y no podía ver, por encaminarme a la biología sabiendo más que yo de mis propias aptitudes y pasiones; por educar un hombre y no un macho, por creer en mí aun cuando yo no.

A mi padre: por su apoyo moral, sus buenos consejos, su ayuda en la redacción, edición y formato de la tesis, así como su cariño incondicional.

A Karen: porque sin ti, no sé si esto sería posible u hoy estaría con vida, por tantas pláticas y consejos, por las lágrimas y las sonrisas; por caminar conmigo en la noche más oscura.

A mi abuelito Moy: por creer en mí, su apoyo, sus consejos y su cariño.

A mis abuelos Max y Chabe: por sus sonrisas, sus abrazos, su amor, por siempre preocuparse por mí de todas las maneras posibles y por ser mis segundos padres.

A mi tía Ana: por ser mi madre por muchos años, por su amor y apoyo incondicional.

A Pablo y Raul: por ser mis hermanos y creer en mí.

A Faride: por permitirme conocer a una de las mejores personas del mundo y ser su amigo; por compartir conmigo tantos días de risas, enojos y disparates durante poco más de dos años, espero que sean mil más; por tu familia que depositó su confianza en mí y me permitió estar a tu lado. Te quiero amiga.

A Ramiro: por tu amistad incondicional a lo largo de toda la carrera y más allá, por tus consejos, por todas las buenas y malas horas. Que la fuerza siempre te acompañe amigo mío.

A Alex: porque eres mi familia, mi confidente, y por tu amor sincero. El tiempo no lo borrará, ya lo verás no terminará; yo soy tu amigo fiel.

JAH will never live I alone.

.

## **Agradecimientos**

A la UNAM: por darme las herramientas para ser un mejor mexicano, un mejor ser humano.

A la profesora Marcela Patricia Ibarra González: por su paciencia, sus ánimos y el apoyo incondicional a lo largo de todos estos años.

Al profesor Gerardo Ricardo Medina Ortiz: por su apoyo, sus recomendaciones y por haberme compartido su pasión por los artrópodos.

Al profesor Sergio Gerardo Stanford Camargo: por sus correcciones, el apoyo y enseñarme valores como persona y profesionista.

A la profesora Saharay Gabriela Cruz Miranda: por sus correcciones, y por el apoyo en campo.

Al profesor. Alberto Morales Moreno: por sus correcciones y por el apoyo con el material de laboratorio.

## Resumen

Los cuerpos de agua continentales son de vital importancia para el desarrollo del ser humano, principalmente cuando las localidades aledañas subsisten gracias a ellos; los sistemas loticos son los más afectados pues son utilizados para hidratar al ganado o regar cultivos; e incluso para tirar los desechos en ellos, lo que provoca que la fauna y vegetación que dependen de este recurso se vean afectadas y como consecuencia, el humano. Por lo tanto, es pertinente una continua evaluación de los ríos, como los del Bosque Mesófilo de Montaña de la sierra de Hidalgo, México en el cual se realizó una evaluación de la calidad del agua del río Xaltetla, a lo largo de cinco sitios de recolección en un ciclo anual de agosto de 2016 a julio de 2017; se tomaron muestras biológicas con, Red Surber, Red de cuchara, y Red aérea; se aplicaron los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) según Mafla (2006) y Martin *et al.* (2007) para conocer la calidad del agua. Se identificaron 8,838 insectos distribuidos en nueve órdenes y 53 familias, de los cuales, Diptera fue el más abundante con 42.97% (3,798 individuos) seguido Hemiptera con 15.05% (2,214) y por Trichoptera con 16.81%. (1,486). Las familias más abundantes fueron Chironomidae con 38.14% (3,371) y Veliidae con 19.17% (1,695); el sitio con mayor abundancia fue “Desagüe” con 44.22%. (3,909). Los órdenes Diptera y Hemiptera presentaron una estacionalidad inversa, ya que en los meses de diciembre a febrero Diptera contó con un aumento en su abundancia y Hemiptera un decremento; las familias Calamoceratidae y Perlidae mostraron una estacionalidad marcada, con aumento de sus abundancias en los meses de noviembre a marzo. Los sitios con mayor similitud fueron “Ojo de agua” y “Cascada”, mientras que los meses más similares fueron mayo y noviembre. El río Xaltetla obtuvo valores de 234 y 200 en los índices de BMWP según Mafla (2006) y Martin *et al.*, (2007) respectivamente, lo que indica una excelente calidad del agua a lo largo del río.

# Índice

Introducción .....	6
Antecedentes .....	9
Justificación .....	11
Objetivo.....	12
General.....	12
Particulares.....	12
Área de estudio .....	13
Clima.....	14
Hidrología .....	14
Usos de suelo .....	15
Topografía.....	16
Vegetación .....	16
Fauna.....	16
Materiales y Método .....	18
Trabajo de campo.....	18
Trabajo de laboratorio.....	19
Trabajo de gabinete.....	20
Resultados y discusión.....	22
Identificación de órdenes y familias .....	22
Abundancia relativa de órdenes y familias .....	23
Estacionalidad .....	29
Similitud.....	34
Calidad del agua.....	37
Conclusiones.....	41
Literatura citada .....	42
Anexo 1 Órdenes y familias de insectos acuáticos registradas en el río Xaltetla, Hidalgo, de agosto 2016 a julio 2017 .....	50
Anexo 2 Abundancias relativas de familias de insectos acuáticos del río Xaltetla, Hidalgo por sitio de recolección. ....	52
Anexo 3 Abundancias por mes de las familias de insectos acuáticos recolectadas en el río Xaltetla, Hidalgo.....	55
Anexo 4 Valores de BMWP según Mafla, 2006 y Martin et al., 2007.....	58
Anexo 5 BMWP según Mafla, 2006 a lo largo del año.....	59
Anexo 6 BMWP según Martin et al., 2007 a lo largo del año.....	59

## Introducción

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es un ecosistema de principal importancia debido a su predominante papel en el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y los nutrimentos (CONABIO, 2010); sin embargo, las actividades antrópicas como la agricultura, ganadería y urbanización, lo afectan directamente y a los ambientes acuáticos presentes, cambiando en ellos distintos factores fisicoquímicos que perjudican de manera directa a los organismos presentes, así como la salud ecológica a distintos niveles (Vorosmarty *et al.*, 2010). Los sistemas hídricos continentales están divididos principalmente en dos tipos: lénticos, que son hábitats con aguas estancadas como lagos, lagunas o pantanos y lóticos conformados por agua en movimiento como ríos y arroyos (Bertoni, 2011).

Los sistemas lóticos están compuestos por una dinámica en equilibrio de valles y crestas, los cuales permiten un transporte de energía y materia suspendida a través de las corrientes de agua dulce, desde la parte interna de los continentes hasta su desembocadura en el mar, dejando un rastro de partículas sólidas a lo largo de cauce; dichas partículas sólidas pueden ser detrito generado por la erosión causada por la corriente o materia orgánica suspendida, teniendo así, un transporte de nutrimentos de mayor a menor concentración; de esta manera los nutrimentos y los sedimentos satisfacen las necesidades del sistema a lo largo de él, permitiendo la proliferación y sustentabilidad de la vegetación y fauna (Jensen *et al.*, 2006).

La biodiversidad que albergan los ríos y arroyos es mayor a 126,000 especies animales en México, que dependen directamente del agua en alguna parte de su ciclo de vida; un 60% de ellos son insectos, que es el grupo con el mayor número de especies descritas en el planeta, lo que permite entender su alcance dentro de las redes tróficas, normalización de nutrimentos y otras interacciones

en el ecosistema que moderan su equilibrio. (Torres-García y Pérez-Munguía, 2013).

Muchos de los organismos de los sistemas lóticos, insectos principalmente, pueden ser especies bioindicadoras, las cuales fungen como el reflejo de la tolerancia a la contaminación; sus reacciones se observan como parámetros temporales para evaluar una situación, dando información sobre las condiciones de un ecosistema. Estos organismos tienen requerimientos fisicoquímicos muy particulares como el contenido en el agua de oxígeno disuelto, el pH, materia orgánica disuelta, entre otros, su presencia, ausencia y/o abundancia puede indicar cambios notables a partir las condiciones originales. Un bioindicador se define como “especie o grupo de especies que reflejan el estado biótico o abiótico de un ambiente, representando el impacto ambiental en el cambio del hábitat, comunidad o ecosistema” (Gerhadt, 2000). Por lo que, en los cuerpos de agua donde se espera que haya una mayor contaminación, habrá organismos más tolerantes a ésta. En contraste, en los sistemas en condiciones “*naturales*” se encontrarán familias con diferentes rangos de tolerancia a la perturbación de su habitat, lo que podrá permitir un análisis de la salud ambiental de cualquier sistema lótico a través de índices como el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP). Los monitoreos continuos sirven para el conocimiento de las condiciones actuales y en el seguimiento de su calidad ambiental a lo largo del tiempo (Englund *et al.*, 2007).

Los sistemas lóticos han sido evaluados con diferentes índices como el *Landfill Water Pollution Index* (LWPI), que utiliza parámetros fisicoquímicos y cuantificación de metales pesados en el agua para determinar el grado de perturbación en el agua; o el índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), que basa su análisis en las familias recolectadas de estos tres órdenes, entre otros índices (Moskova *et al.*, 2008; Talalaj & Biedka, 2016).

Por otra parte, el índice BMWP está basado en la presencia de diferentes familias de macro-invertebrados que se desarrollan en los sistemas loticos y lénticos, donde a cada una se le otorga un valor numérico con respecto a su tolerancia a la contaminación de su hábitat, lo que permite una evaluación objetiva.

## Antecedentes

El análisis de los sistemas hidrológicos con bioindicadores ha sido una herramienta fundamental para la planeación del uso sustentable de los recursos hidrológicos en México y otras partes del mundo. En el caso de México los estudios son diversos como el de López-Hernández *et al.*, 2014 quienes estudiaron la comunidad de insectos acuáticos del río Nixtamalapa en los límites de los estados de Puebla y Veracruz, en dos sitios de recolección. Encontraron ocho órdenes, 17 familias y 17 géneros, dentro de los cuales destacaron organismos depredadores, recolectores y desmenuzadores, con una diversidad de  $H' = 3.4$ .

Granados-Ramírez *et al.*, 2017 analizaron las comunidades de insectos acuáticos en la cuenca del río Balsas, en 18 sitios de recolección en donde usaron red Surber, red triangular y red rectangular. Obtuvieron un total de 58 familias distribuidas en nueve órdenes; de las cuales las familias Baetidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae y Vellidae fueron las más abundantes; concluyeron que por las abundancias de estas familias y sus frecuencias la cuenca presenta un grado moderado de perturbación.

Reyes-Espinoza *et al.*, 2013 realizaron un estudio en la reserva de Nuestra Señora en Cosala, Sinaloa, donde evaluaron la calidad del agua a través del índice biológico BMWP, en tres estaciones de muestreo a lo largo del río "Las Habitas"; con la técnica de barrido y de recolección directa. Obtuvieron una calidad media en su estación dos y calidad aceptable en las estaciones uno y tres.

Rosas-Acevedo *et al.*, 2013 evaluaron la calidad del agua del arroyo "Ayachuco" en Acapulco de Juárez, Guerrero, en cuatro puntos de recolección; en cada punto se trabajó una hora/hombre utilizando una red fina y un cernidor para la

captura de los insectos acuáticos. De los cuatro puntos muestreados, los primeros tres tuvieron una calidad buena, con base al índice BMWP; el último punto tuvo una calidad mala, la cual atribuyeron a las actividades antrópicas.

Rosas-Acevedo *et al.*, 2015 analizaron el cauce del río Aguas Blancas en Acapulco, Guerrero en tres sitios con red tipo Surber por una hora trabajo/hombre. De acuerdo con el índice BMWP según Mafla (2006) la calidad de agua fue regular con principios de eutrofia.

Se han realizado diversos trabajos sobre la evaluación de la calidad del agua en distintos países como el estudio de Santamaria y Bernal-Vega, 2016, quienes determinaron la diversidad de macroinvertebrados y la calidad del agua de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, Panamá, con dos muestreos, en marzo y julio respectivamente, recolectaron en cuatro estaciones repartidas a lo largo del río, utilizando red D, identificaron 16 órdenes distribuidos en 58 familias y 110 géneros; determinaron la calidad del agua por medio del índice BMWP; todos los puntos resultaron heterogéneos, principalmente el punto del área protegida como la de mayor calidad

Sánchez-Herrera (2005) adaptó el índice BMWP a la fauna del río Pamplonita norte de Santander, Venezuela. Estableció catorce sitios de recolección donde se tomaron parámetros fisicoquímicos y muestras biológicas, a través de red de pantalla y red "D"; agruparon los datos en los periodos de verano, invierno y su transición. Observaron la relación del material biológico con los parámetros fisicoquímicos, bajo los que se desarrollaron para establecer las relaciones con respecto al índice BMWP y así asignar un valor más certero a cada familia nativa del río.

Finalmente, Barman y Gupta (2015) evaluaron la calidad del agua del cauce Bakuamari en la India, usando a los insectos acuáticos recolectados con red

Surber en tres puntos de muestreo. Obtuvieron valores de 25 a 44 puntos con el índice BMWP, los que denotan una calidad de agua regular

### **Justificación**

El Bosque Mesófilo de Montaña, está representado en manchones separados por usos antrópicos, esto vuelve frágil el ecosistema, afectando de manera directa los ríos y arroyos cercanos a poblaciones humanas, que poseen una gran diversidad de flora y fauna; por lo que es pertinente evaluar estos impactos antrópicos; tal es el caso del el río Xaltetla que funge como suministro de agua al poblado de Santa Mónica del municipio de Tianguistengo, Hidalgo, que forma parte del “Corredor Biológico de Bosques Mesófilos de Montaña de la Sierra Madre Oriental”.

## Objetivo

### General

- Evaluar la calidad del agua a través de los insectos acuáticos, del río Xaltetla, aledaño al pueblo de Santa Mónica, Tianguistengo, Hidalgo, México.

### Particulares

- Identificar a nivel de familia los organismos recolectados.
- Obtener la abundancia relativa de los ordenes encontrados.
- Obtener la abundancia de las familias encontradas.
- Analizar la estacionalidad de los órdenes y familias colectadas, a través de sus abundancias.
- Establecer la similitud entre los sitios de recolección
- Determinar la calidad del agua del agua de río Xaltetla a través de dos índices BMWP.

/

## Área de estudio

La información del área de estudio se obtuvo del prontuario de INEGI, 2010. La comunidad de Santa Mónica se localiza en el municipio de Tianguistengo, Hidalgo, entre los paralelos 20° 40' y 20° 54' de Lat. N y los meridianos 98° 25' y 98° 41' Long. O, a una altitud entre 400 y 2,000 m snm; colinda al norte con los municipios de Xochicoatlán y Calnali; al este con Yahualica y el estado de Veracruz, al sur con el estado de Veracruz y con el municipio de Zacualtipán de Ángeles; al oeste con Zacualtipán de Ángeles y Xochicoatlán (Figura 1).

El municipio de Tianguistengo, Hidalgo se localiza dentro del corredor biológico de Bosques Mesófilos de Montaña de la Sierra Madre Oriental, el cual se expande desde la sierra Norte de Puebla a la región de Tlalchinol en Hidalgo

Está ubicado en la Provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en la subprovincia del Carso Huasteco.

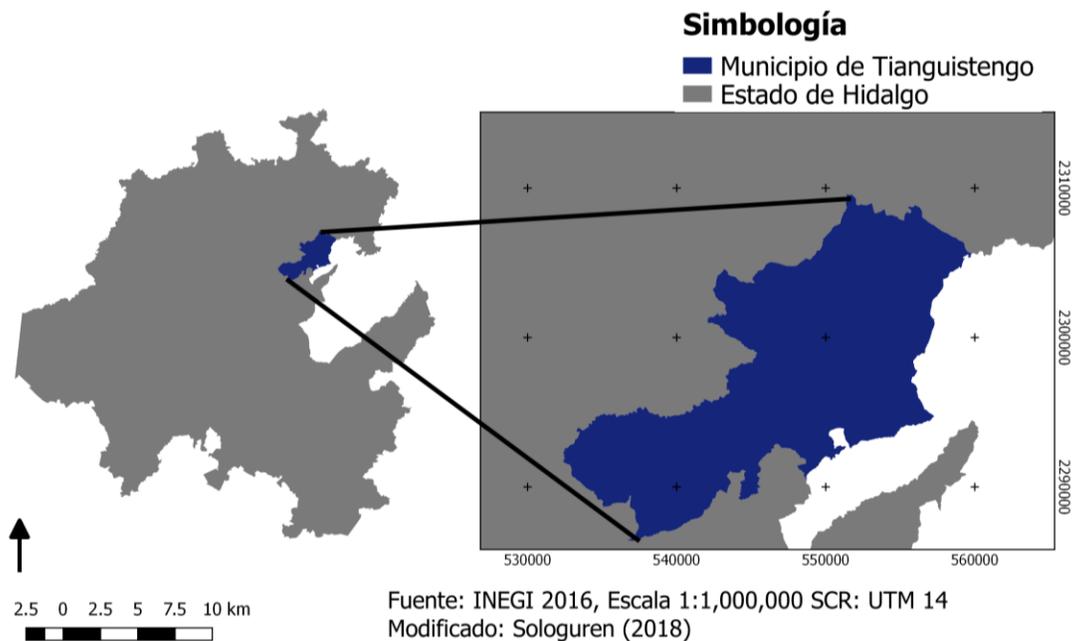


Figura 1. Localización del municipio de Tianguistengo, Hidalgo

## Clima

Posee un clima templado húmedo con lluvias todo el año (Cf), semicálido húmedo con lluvias todo el año (Cf) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (Cm), con un rango de temperatura de 12 a 24°C y precipitación anual de 1 900 - 2 100 mm (Figura 2)

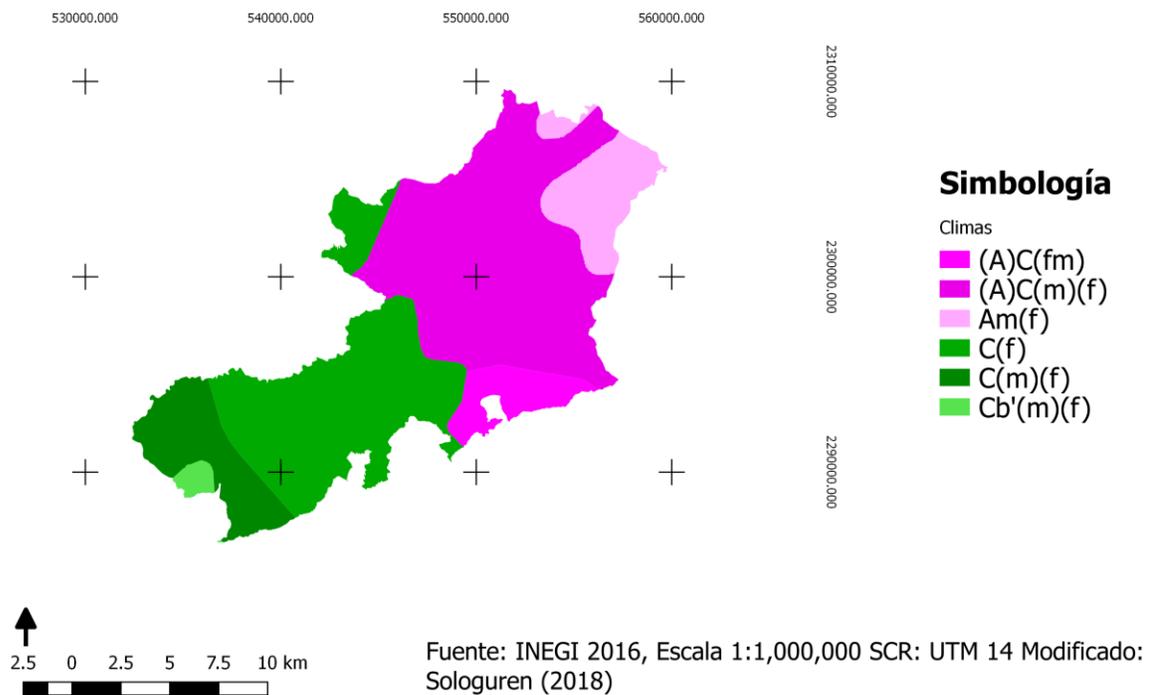


Figura 2. Clima del municipio de Tianguistengo, Hidalgo

## Hidrología

El municipio de Tianguistengo se encuentra en la región hidrográfica del Pánuco, en la cuenca Río Moctezuma, en la sub cuenca Río Calabozo y Río los Tules (Figura 3).

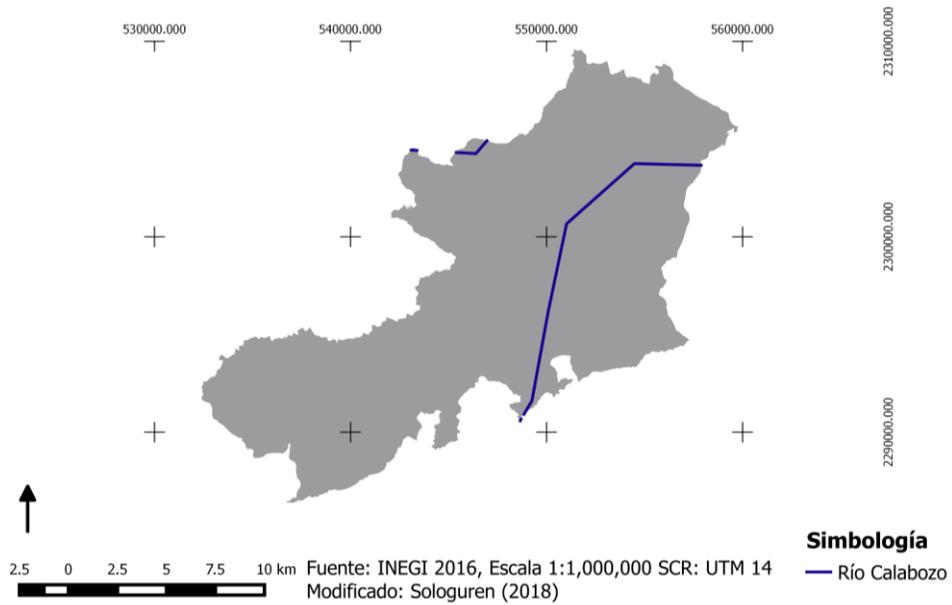


Figura 3. Hidrografía del municipio de Tianguistengo, Hidalgo

### Usos de suelo

El 54.1% del territorio de Tianguistengo es utilizado para agricultura, el 0.46% es zona urbana, 38.83% es Bosque y 6.61% es selva (Figura 4)

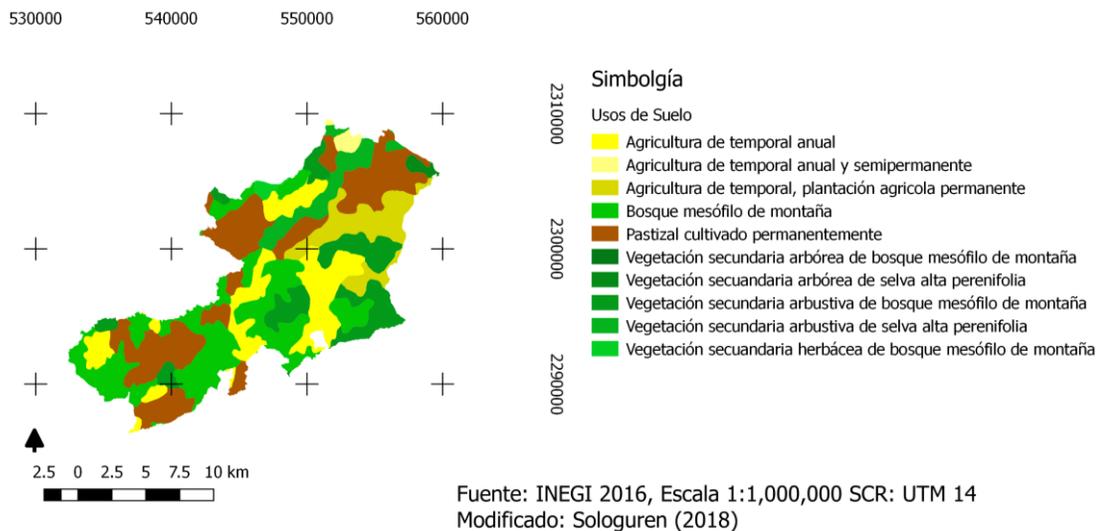


Figura 4. Usos de suelo en el municipio de Tianguistengo, Hidalgo

## Topografía

La topografía es muy variada, con relieves accidentados o abruptos, laderas con pendientes pronunciadas con ángulos de 30° a 45° de inclinación, posee cañadas donde se retiene la humedad resguardándose del efecto desecante de los vientos; sus sistemas de topoformas están conformados por la Sierra (77.87%) y la Meseta (22.13%) (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014).

## Vegetación

La vegetación predominante en Santa Mónica, Tianguistengo, Hidalgo es el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), (Rzedowski, 1978). Esta unidad vegetal es bastante compleja, ya que posee elementos boreales y neotropicales siendo esto resultado de los movimientos de los frentes fríos y cálidos durante las glaciaciones del Pleistoceno; estas asociaciones están prácticamente confinadas a cañadas húmedas y laderas protegidas geográficamente, lo cual no las exonera del impacto ambiental causado por los humanos. Su principal distribución se ubica en una franja angosta, más o menos continua, que se inicia en Xilitla, al sureste de San Luis Potosí, recorre las laderas de barlovento de la Sierra Madre Oriental, hasta el centro de Veracruz. (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014).

Cuenta con especies indicadoras de su estado de conservación y endemismos, como los helechos arborescentes del género *Cyathea*, también aporta árboles maderables como *Pinus patula* otras especies son *Cornus florida*, *Fagus mexicana* y *Magnolia macrophylla*. (Arriaga et al., 2000).

## Fauna

El BMM cuenta con listados taxonómicos de algunos grupos de artrópodos como odonatos, coleópteros y arañas, en el cual se registran familias como Passalidae, Geotrupidae, Ceratocanthidae, Carabidae, Lucanidae,

Melolonthidae, Anyphaenidae, Araneidae, Salticidae, Libellulidae, Cordulegastridae, Coenagrionidae y Calopterigidae (Escoto-Moreno *et al.*, 2014; Ibarra-Núñez *et al.*, 2011; Delgado y Márquez, 2006).

Por otro lado, los vertebrados han tenido un estudio más amplio en el estado de Hidalgo, y dentro del BMM, donde se han registrado el 52% de las especies mexicanas terrestres, por su parte, la herpetofauna reporta un 33% de los organismos registrados para el país, desarrollándose en un BMM y por último la avifauna registra 28 especies típicas y 39 no típicas. (Flores-Villela y Goyenechea, 2000, Canseco-Márquez *et al.*, 2004, Challenger 1998).

## Materiales y Método

### Trabajo de campo

Se realizaron recolecciones mensuales, de agosto de 2016 a julio de 2017, se establecieron cinco sitios distribuidos a lo largo del río Xaltetla aledaño al pueblo de Santa Mónica, Tianguistengo, Hidalgo. Dos de ellos se ubicaron cerca de la naciente del río, uno durante su paso por el pueblo y dos después de su paso por éste, a los cuales se les dió un nombre con respecto a alguna característica distintiva en ellos para diferenciarlos; sus nombres fueron los siguientes: “Cabañas” que fue una zona con varios meandros, de sustrato rocoso/arenoso, con vegetación aledaña abundante y cabañas a las laderas del río; “Cascada” un sitio con un meandro pronunciado, un sustrato rocoso/arenoso, con poca vegetación aledaña, y una cascada que caía sobre una fosa; “Ojo de agua” un lugar recto, con un sustrato rocoso/arenoso, vegetación aledaña abundante y un renuevo de agua a un costado; “Fin del sendero” un sitio recto, con muchos remansos, y un sustrato rocoso/arenoso y finalmente “Desagüe” con meandros pronunciados, un sustrato arenoso/limoso y con una descarga directa de desechos orgánicos provenientes del pueblo de Santa Mónica a un costado del río.(Figura 5).

En cada sitio se utilizaron tres técnicas de recolección, con una duración de media hora por técnica; la primera consistió en la red aérea para la captura de la etapa adulta de los insectos (Andrade-Correa *et al.*, 2013); la segunda fue la red Surber, la cual se orientó a contra corriente colocándose en el lecho del río y removiendo el sustrato para obtener los organismos; la tercera fue la red de cuchara, que se usó en los remansos del río y en los estanques (Ramírez, 2010). Los organismos recolectados se fijaron en etanol al 80%, y en el caso de los odonatos adultos se inyectaron con acetona pura en el abdomen y se colocaron en bolsas de papel glassine para su conservación durante 24 horas

para posteriormente fijarlos en acetona pura. Todos los ejemplares fueron transportados al laboratorio de Zoología de la FES Iztacala para su posterior identificación, separación, etiquetado y resguardo.

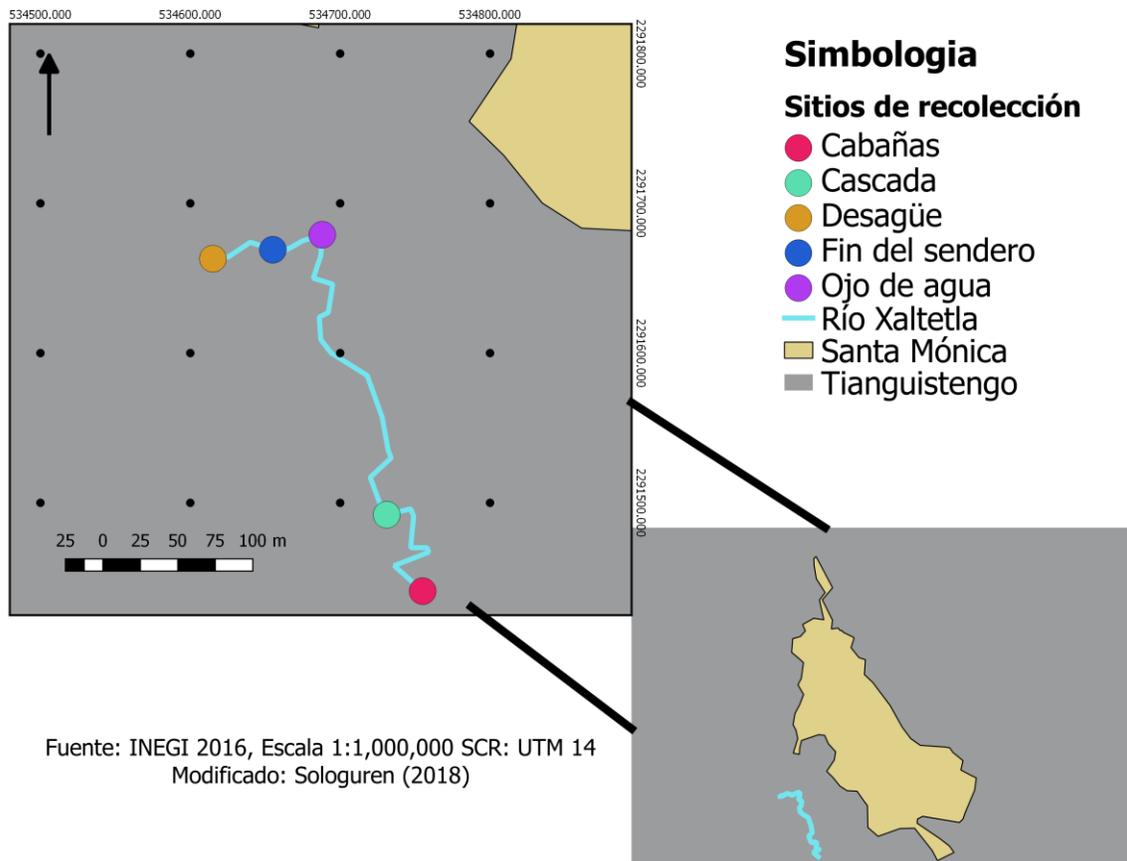


Figura 5 Sitios de recolección

### Trabajo de laboratorio

La identificación de los organismos a nivel de familia fue a través de las claves taxonómicas de Merritt *et al.*, 2008, utilizando un microscopio estereoscópico para apreciar las estructuras diacríticas. Los insectos fueron separados por mes, sitio de recolección y familia, colocados en frascos viales y preservados en etanol al 80%; se agruparon por familias en contenedores de plástico y fueron depositados, para su resguardo, en la Colección de Artrópodos de la Facultad de Estudios Superiores (CAFESI).

Todos los datos fueron recopilados en una base de datos para su posterior análisis estadístico.

### Trabajo de gabinete

Se obtuvo la abundancia relativa de los órdenes y familias por medio del conteo de los organismos, agrupándolos por orden, familia, sitio de recolección y mes.

La estacionalidad de los organismos se analizó a través de su abundancia relativa, relacionada con los meses donde se presentaron.

La similitud para los sitios y meses de recolección se estableció a través del índice de Jaccard.

Para determinar la calidad del agua en los sitios de recolección del río se utilizaron los índices BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) según Mafla, 2006 y Martin *et al.*, 2007; ambos índices usan familias de insectos presentes o ausentes otorgándoles diferentes valores con respecto a su capacidad de reflejar la contaminación de un ambiente dulceacuícola (Figura 6).

Descripción	Valor	Nivel de calidad
Aguas de calidad excelente	>120	Excelente
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	Muy bueno
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Bueno
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Regular
Aguas de calidad mala, muy contaminadas	16-35	Pobre
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<16	Muy pobre

Figura 6 Escala de nivel de calidad de agua para el índice BMWP en general

El BMWP calcula el valor numérico para cada familia con base en la siguiente ecuación descrita por Martin *et al.*, 2007:

$$A = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N a$$

Donde:

A = Valor estimado por taxón

N = Número de muestras por familia en toda la región

a = Valor estimado por taxón de cada familia en la región

## Resultados y discusión

### Identificación de órdenes y familias

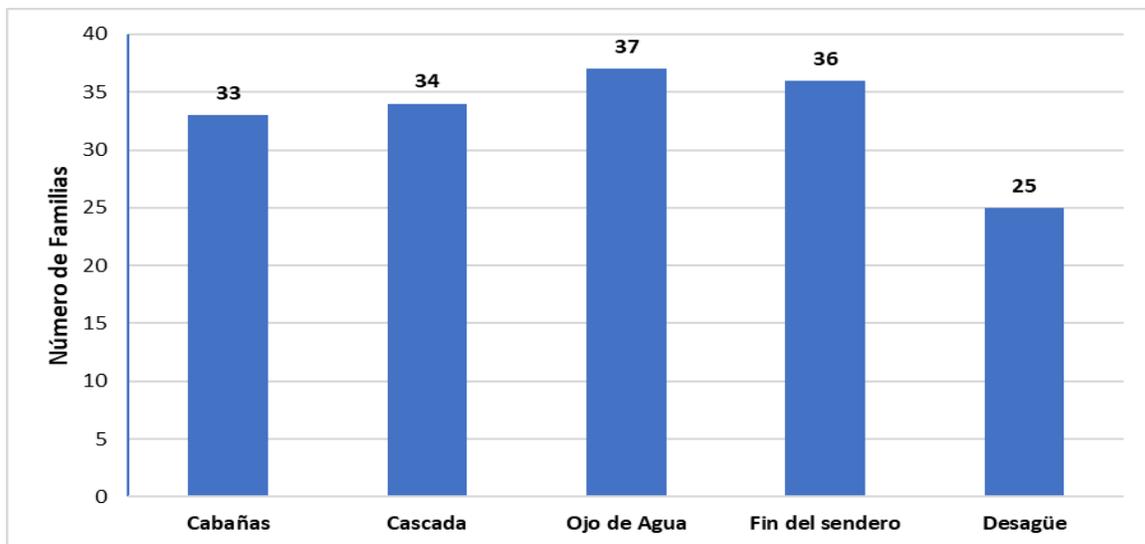
Se recolectaron un total de 8,838 organismos, agrupados en nueve órdenes y 53 familias (Anexo 1).

La presencia de estas 53 familias pudo deberse a que el río Xaltetla, que es un río angosto y somero de 4 metros de ancho por 1.5 metros de profundo, con una gran variación de sustratos y microhábitats en cada uno de los sitios de recolección, lo que proporciono diversas opciones de refugio y recursos útiles para que las familias registradas pudieran encontrarse en él lugar. Posada-García *et al.*, 2008, relacionaron la riqueza de familias con la diversidad de microhábitats, lo cual puede reafirmar que éste fue el factor que permitió este número considerable de familias.

No todas las familias se encontraron en todos los sitios de recolección, ya que se registró a Tabanidae, Psycodidae, Odontoceridae, Libellulidae y Heteroceridae en un solo sitio; en el caso específico del sitio “Fin del sendero”, el lugar tuvo muchos remansos donde la corriente del agua fue lenta y la profundidad del río fué mayor a un metro, esto permitió que la familia Libellulidae se registrara en el sitio, ya que se sabe, tiene una preferencia por este tipo de microhábitat. De Marco, 2008 mencionó que la familia Libellulidae prefiere cuerpos de agua con poco movimiento; lo que concuerda con lo observado en el río Xaltetla.

Cada uno de los sitios de recolección contó con diversas características permitiendo la obtención de 33 familias en promedio (Gráfica 1), ya que disponían de diversas condiciones de hábitat relacionadas al sustrato, la vegetación sumergida o aledaña, a fuentes de contaminación y a cuerpos de agua anexos que son contribuyentes. Estas características permitieron que

distintas familias, pudieran desarrollarse a lo largo del río Xaltetla, por ejemplo, el sitio “Ojo de agua” fue el lugar más rico con 37 familias, esto se debió a la hojarasca sedimentada, el sustrato rocoso y arenoso, la zona del nacimiento del agua y los remansos, así como al constante flujo de agua, permitiendo que familias como Leptophlebiidae o Perlidae que Costa y Sanches, 2008 mencionan, poseen requerimientos muy limitados con respecto a la calidad del agua, puedan encontrarse de forma abundante, pues requieren aguas bien oxigenadas, rocas donde refugiarse y arenas o limos donde conseguir alimento.



Gráfica 1 Número de familias por sitio de recolección.

### Abundancia relativa de órdenes y familias

El orden Diptera fue el más abundante con un 43% (3,798 organismos), seguido de Hemiptera con 23% (2,214), Trichoptera con 17% (1,486), Ephemeroptera con 8% (710), Plecoptera con 5% (465), Odonata con 2% (185), Coleoptera con 1.9% (168), Lepidoptera con 0.11% (10) y finalmente Megaloptera fue el orden con menos organismos, con 0.02% (2) (Gráfica 2).



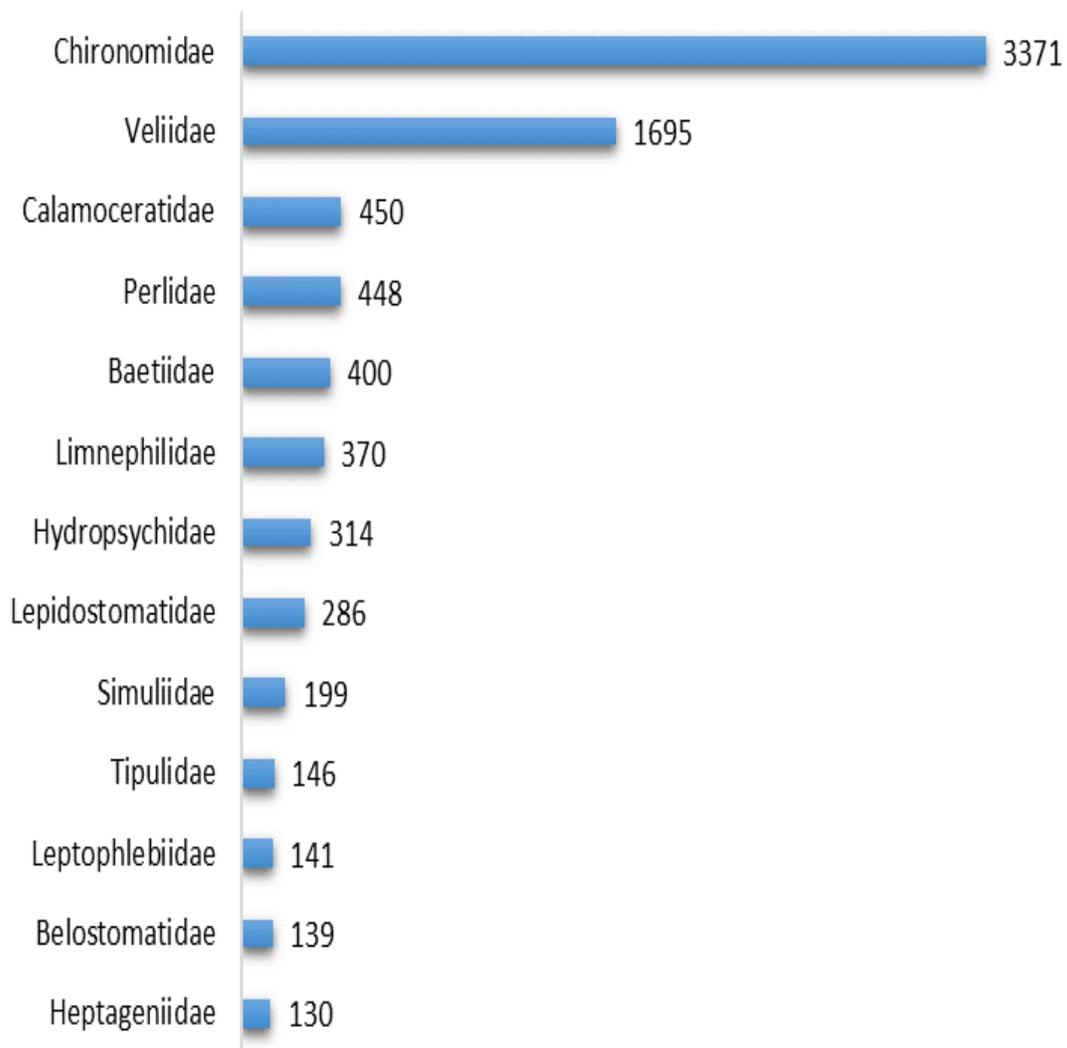
Gráfica 2 Abundancia relativa de los insectos acuáticos recolectados a nivel de orden: I Odonata: 2% (185), II Coleoptera: 1.87% (165), III Lepidoptera: 0.11% (10), IV Megaloptera: 0.02% (2).

De las 53 familias que se registraron en el río Xaltetla, 13 fueron el 92% (Gráfica 3), mientras que las 40 restantes constituyeron el 8% del total de organismos (Gráfica 4).

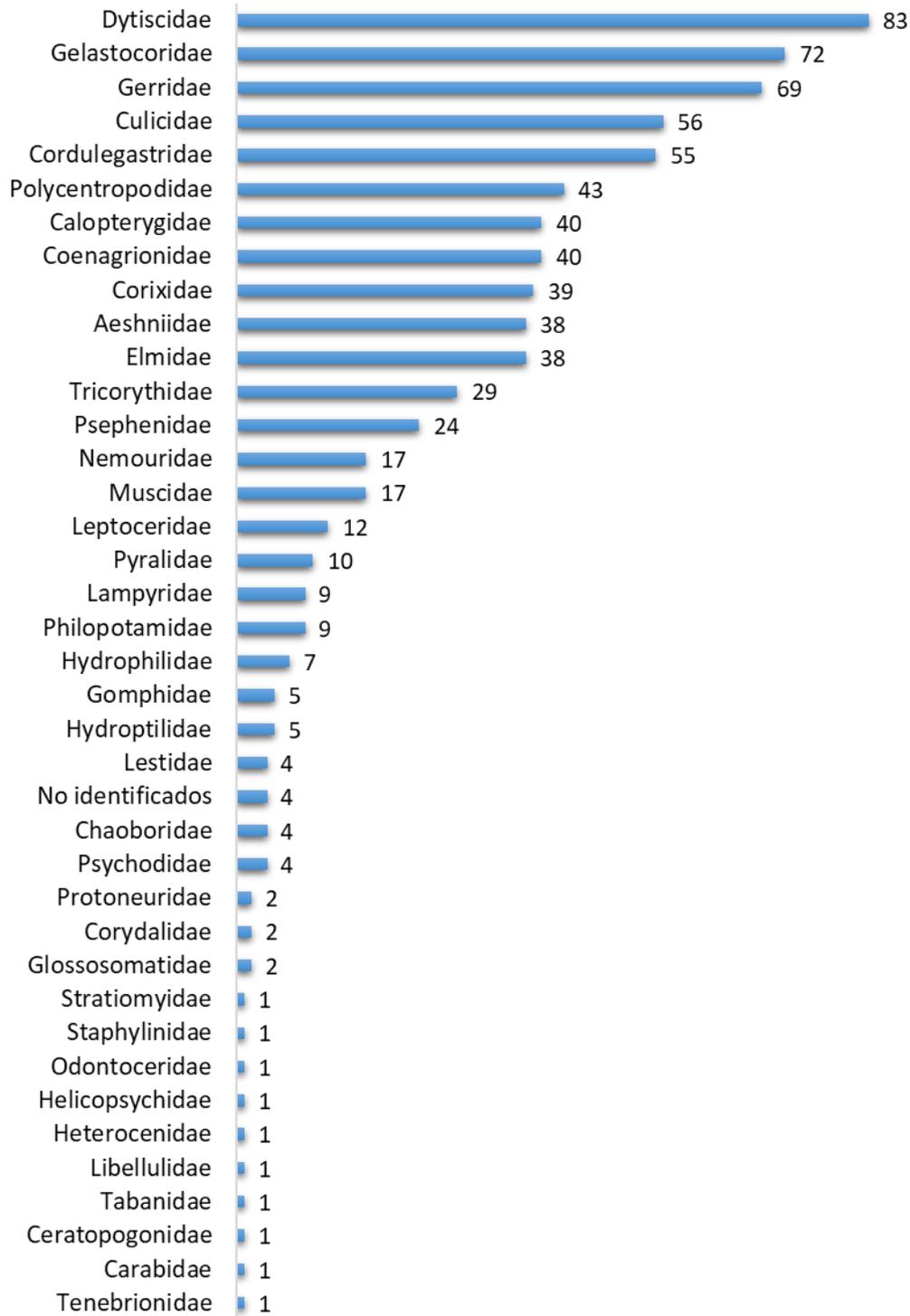
Del orden Diptera, la familia Chironomidae figuró el 89% (3,371 organismos), a lo largo del año; el orden Hemiptera fue el segundo más abundante con el 23% (2,014) y de manera semejante a la familia Chironomidae; la familia Veliidae fue el 84% (1,695) del total, estas dos familias resaltaron del resto, ya que las demás tuvieron menos de 450 insectos (Anexo 2).

Trichoptera poseyó el 17% (1,486 organismos), por lo que fue el tercer orden más abundante, esto pudo deberse a que, cada uno de los sitios de recolección poseyeron diferentes microhábitats que permitieron la presencia de estos insectos, aunque no fueron los suficientes como para hacer que el orden fuera aún más característico; ya que se sabe, estos insectos requieren de distintos recursos para crear sus habitáculos y alimentarse.

Piñón-Flores *et al.*, 2014 reportaron que en el río el Chiquito, Michoacán, el orden Trichoptera fue el más abundante con el 21.7%, lo cual atribuyen a los distintos microhábitats del río, que fueron diversos gracias al ambiente tropical de la región; lo que contrasta con el actual estudio ya que el BMM al ser un ecosistema con características Neotropicales y Neárticas, no provee las condiciones necesarias para que un mayor número de microhábitats se encuentren en el río y más exista una mayor abundancia de trichopteros.



Gráfica 3 Abundancia de las familias representantes del 92% del total de organismos recolectados.



Gráfica 4 Las familias representantes del 8% del total de los organismos recolectados.

Del orden Diptera, la familia Chironomidae fue la más abundante con el 43%, lo que está relacionado con la cuantiosa materia orgánica observada en el sitio "Desagüe"; éste a su vez fue el sitio más abundante con el 44.2% del total de organismos registrados en el río, donde los chironómidos fueron el 93.26% del lugar; esto se debió a que ahí se encontró un constante ingreso de desechos orgánicos provenientes del pueblo de Santa Mónica; se sabe que cuanto mayor sea la cantidad de materia orgánica en un cuerpo de agua, menor será el oxígeno disuelto, lo que permitirá que familias con requerimientos limitados para su desarrollo puedan habitarlo. Özank *et al.*, 2010 indicaron que la familia Chironomidae posee un rango de requerimientos amplio con valores de oxígeno disuelto entre 2.7 a 8 mg/L lo que le permite subsistir en zonas con descarga de materia orgánica, lo que podría explicar lo sucedido en el río Xaltetla; por su parte Medianero y Samaniego, 2004, indicaron que el desarrollo de organismos tolerantes a niveles bajos oxígeno disuelto y concentraciones de materia orgánica disueltas variables, como lo fueron los chironómidos, puede deberse a que no tuvieron un gran número de depredadores, ya que la mayoría de ellos no pueden subsistir bajo condiciones precarias de oxígeno disuelto; lo que podría también suceder en el río Xaltetla.

Por su parte, la familia Simuliidae contó con el 2.25% del orden Diptera, y con el 4.42% de la abundancia total del sitio "Desagüe", lo que hace de esta familia la segunda más abundante del orden y del sitio (Anexo 2); esto puede deberse a que dicha familia se encontró en un ambiente con mucha materia orgánica por el desagüe del pueblo, lo que le dio los recursos necesarios para desarrollarse, se observaron adheridos a las rocas más cercanas a la superficie del agua lo que podía ofrecerles materia orgánica suspendida para su alimentación y al mismo tiempo la velocidad moderada del río les otorgó la oxigenación necesaria. McCafferty and Provonsha, 1998, reportaron que los organismos de la familia Simuliidae necesitan que la cantidad de materia orgánica sea de 18 a 25 mg/L, ya que su alimentación la realiza por medio de los cepillos bucales donde atrapa

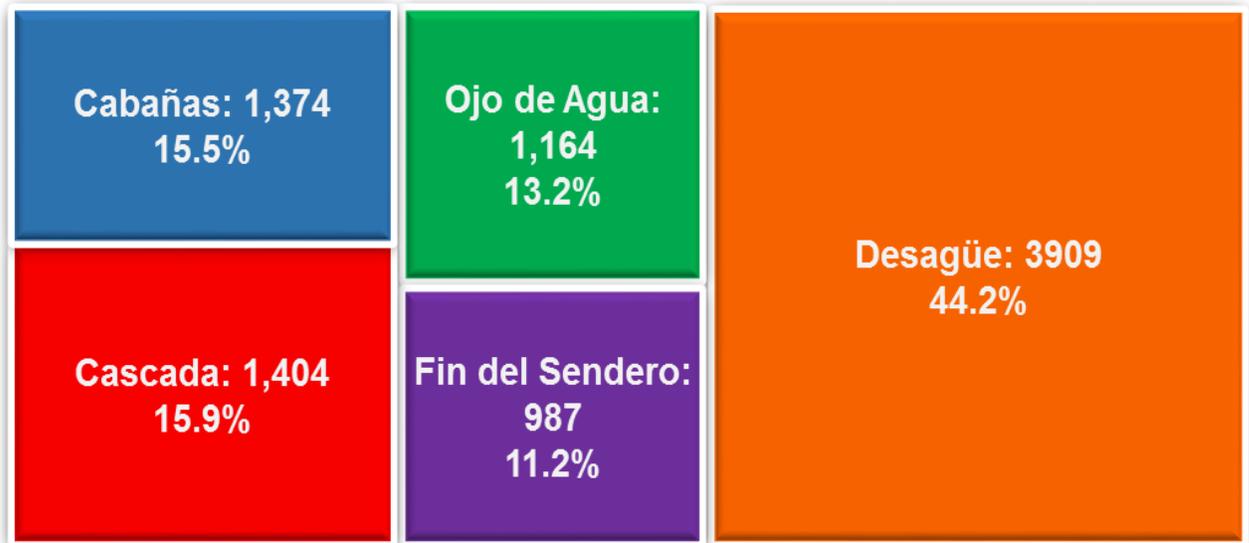
esta materia suspendida en el agua. A su vez dicha materia orgánica debe encontrarse en permitir que los niveles moderados oxígeno disuelto sean de 4 a 5 ppm, ya que los simúlidos necesitan agua bien oxigenada, para llevar a cabo su ventilación a través de las traqueobranquias abdominales; estas condiciones no fueron totalmente similares a las observadas en el río Xaltetla, en el sitio “Desagüe”, por lo que la presencia de la familia Simuliide en las rocas cerca de la superficie pudo ser uno de los factores determinantes

El resto de las 40 familias formaron el 8% (749 organismos) del total (Gráfica 4); la mayoría (58.53 %) fueron depredadores como los odonatos de las familias Cordulegastridae, Calopterigidae, Coenagrionidae, Aeshnidae, Gomphiidae, Lestidae y Libelulidae, así como por coleópteros caracterizados por Dytiscidae y hemípteros por Gelastocoridae y Gerridae.

El 26.32% de las familias registradas fueron depredadores, el 46.85% filtradores, el 25.91% detritívoros, el 0.63% herbívoros, el 0.27% raspadores y el 0.01% recolectores, por lo que el 73.68% son posibles presas, por lo que fueron más abundantes que los depredadores, lo que nos indica que los recursos y microhábitats que las presas necesitan para subsistir están en el río, por lo tanto, pueden proliferar; esto permite que exista un balance entre la abundancia de los depredadores y las presas, ya que se sabe, existe una relación inversa en cuanto a sus abundancias. Henschel *et al.*, 2001, explicaron que los depredadores no pueden subsistir en mayor número que las presas, pues en cierto punto, las poblaciones de depredadores tendrán un decremento al no contar con los recursos alimenticios suficientes y las presas aumentarán en número como respuesta a su baja depredación; lo cual es similar a lo observado en el río Xaltetla, con una abundancia menor de depredadores que presas.

La abundancia de los cinco sitios de recolección fue heterogénea; “Cabañas” registró un total de 1,374 organismos de 33 familias, los siguientes sitios: “Cascada”, “Ojo de agua”, “Fin del sendero” y “Desagüe” dieron 1,404, 1,164,

987 y 3,909 ejemplares repartidos en 34, 37, 36 y 26 familias respectivamente (Gráfica 5). El sitio “Fin del sendero” a pesar de ser uno de los que más familias tuvo, fue el menos abundante con el 11.2%, lo que puede estar ligado a que el lugar contaba con una gran diversidad de microhábitats que proveyeron de refugio para diversas familias, y estas a su vez tenían una limitada cantidad de recursos, lo que ocasiono que cada una de ellas no fuera más abundante, como en otros sitios que no contaban con tantos microhabitats. García *et al.*, 2016, mencionaron que dentro de los sistemas loticos, es común encontrar diversos microhábitats en una sección determinada del río, eh incluso estos se superpondrán unos en otros, lo que limitara la cantidad de recursos que estos puedan proveer para los organismos que los habiten, esto propicia que aunque exista una riqueza alta de familias, estas no serán abundantes; esto concuerda con lo observado en el sitio “Fin del sendero” donde se registraron 36 familias y el 11.2% de organismos.

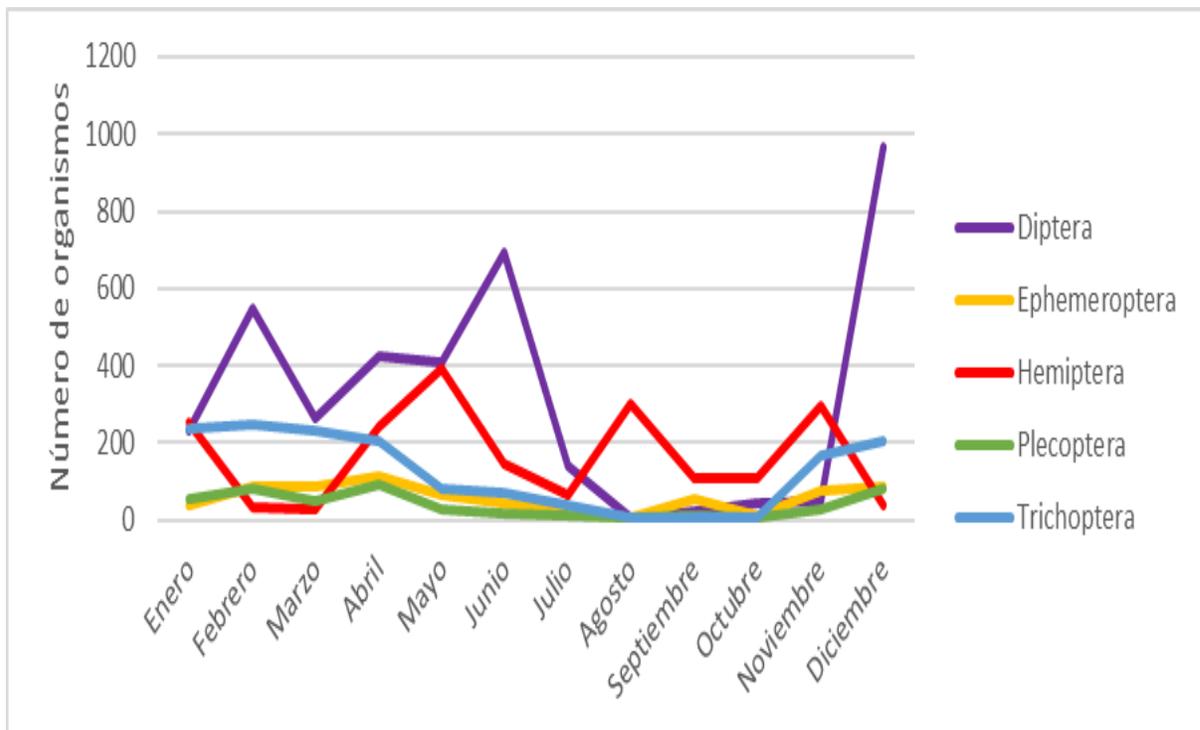


Gráfica 5 Abundancia total por sitio de recolección

### Estacionalidad

Los órdenes Diptera y Hemiptera mostraron una estacionalidad marcada dentro del año de recolección (Gráfica 6); los dípteros tuvieron su mayor abundancia, del 18% al 26%, durante los meses de invierno y primavera (diciembre a junio),

mientras que los hemípteros se desarrollaron en verano y otoño (mayo a noviembre) con abundancias entre 14% y 18%. Esto pudo deberse a que, por lo general, los dípteros son presa de los hemípteros, por lo que existió una relación inversa en sus abundancias, ya que se observó que cuando uno empezaba a proliferar el otro decrecía, manteniendo siempre un equilibrio entre el número de presa-depredador evitando que los recursos de ambos escasearan. Bresler *et al.*, 2013, indicaron que la mayoría de los dípteros en estado larvario son presas de algunos hemípteros, por lo que mientras la abundancia de los depredadores sube, el número de presas baja y viceversa, otorgándole un equilibrio al sistema; lo que reafirma lo observado en el río Xaltetla.



Gráfica 6 Estacionalidad de los órdenes Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Plecoptera y Trichoptera

De agosto a octubre de 2016 no se registró ningún organismo de la familia Calamoceratidae, pero de noviembre de 2016 a marzo de 2017 su abundancia fue del 13.11% al 21.3%(Gráfico 7), a partir de abril el número de organismos disminuyó a 7.7%, posteriormente en mayo, junio y julio decrecieron a 3.3%, 4%

y 2.4% respectivamente (Anexo 3); esto puede deberse a que durante los meses de invierno y principios de primavera, que fueron los meses donde su abundancia fue mayor, no se presentaron lluvias abundantes y la temperatura ambiental oscilaba entre los 10 y los 20°C, por lo que se mantenían resguardados en el agua, ya que les proporcionaba una temperatura más estable para su desarrollo, mientras que en los meses de verano la temperatura ambiental se estabilizó, lo que proporcionó las características necesarias para que los adultos pudieran emerger. Norwood and Steward, 2002, mencionaron que durante el invierno la familia Calamoceratidae se desarrolla en el agua porque le otorga una temperatura más estable que el ambiente externo, por lo que, al llegar la primavera en el mes de marzo, el número de individuos comienza a disminuir paulatinamente, ya que los adultos emergen, puesto que el ambiente terrestre les proporciona lo necesario para su reproducción y subsistencia; esto es semejante a lo que se observó en el río Xaltetla, para la familia Calamoceratidae.

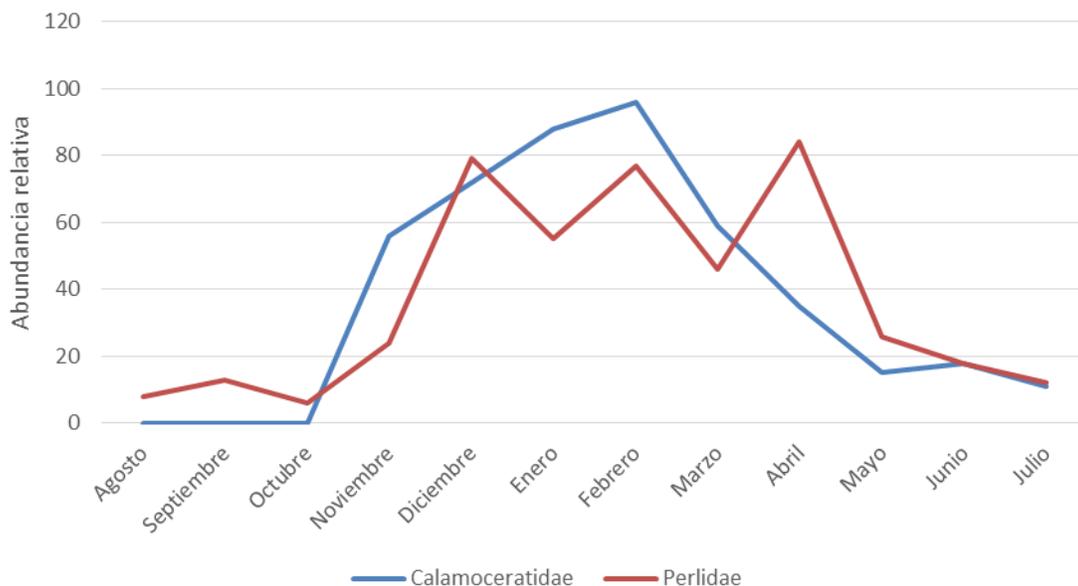


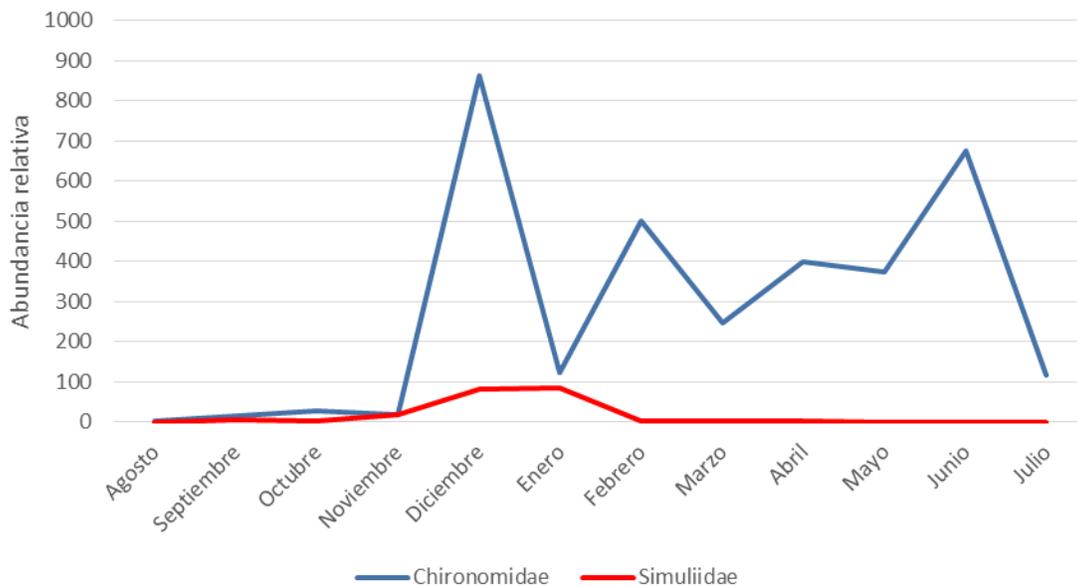
Gráfico 7 Estacionalidad de las familias Calamoceratidae y Perlidae

Por su parte Perlidae poseyó una estacionalidad ligada a su ciclo de vida; ya que se registraron sus mayores abundancias, ente el 17.63% y el 18.75%, durante los meses de invierno y primavera (diciembre a abril), con su pico más alto en abril, lo que puede deberse a durante estas temporadas el agua le proporciono las características necesarias para que los inmaduros acuáticos pudieras desarrollarse, ya que se sabe las propiedades fisicoquímicas del agua evitan una perdida calórica en comparación con el ambiente exterior, por lo que cuando el ambiente se lo permitió los adultos emergieron, lo cual se notó con el decremento de su abundancia en el mes de mayo con el 5.8%. Snellen y Stewart (1979) reportaron que esta familia requiere temperaturas por encima de los 24°C, que en el bosque mesófilo de montaña empiezan a predominar en los meses de mayo y junio, para que los adultos puedan emerger, reproducirse y ovopositar en el río, hasta que en el mes de octubre, donde comienza el otoño, la temperatura ambiental disminuya por debajo de los 18°C y así los inmaduros empiecen a eclosionar y pasen gran parte de su ciclo de vida en el agua; desarrollándose durante los siguientes tres meses, obteniendo reservas energéticas para entrar en diapausa durante el invierno, y sobrevivir para transformarse en adultos en los meses de mayo y junio, lo cual se asemeja a lo observado en el río Xaltetla por lo cual puede que en abril los inmaduros de la familia Perlidae fueron abundantes.

La estacionalidad no fue igual para todas las familias, (Anexo 3); por ejemplo, Simuliidae se encontró ocho de los 12 meses, de septiembre de 2016 a abril de 2017, con su mayor abundancia en diciembre y enero con el 41.7% y el 42.7% respectivamente, se sabe que esta familia tiende a ser multivoltina, aunque no todas sus especies lo son, lo que permite que estos dípteros puedan encontrarse con diferentes abundancias a lo largo de todo un año, lo que puede estar relacionado a que durante el invierno, el agua puede proporcionar una temperatura más estable que el ambiente externo, por lo que cual se encontró mayor número de larvas en el río, en estos meses. Martínez y Portillo, 1999;

sugirieron que la mayoría de las especies de la familia Simuliidae prefieren temperaturas cercanas a los 16°C, característica común en los meses de diciembre a febrero en el BMM, ya que la baja temperatura ambiental no afecta drásticamente a la temperatura que posee el agua de un cauce, puesto que las propiedades físico-químicas del agua evitan una pérdida calórica, manteniendo una temperatura más estable que otros sistemas durante la época de invierno, la disminución de la temperatura afecta directamente la disponibilidad de oxígeno disuelto, ya que a menor temperatura mayor es la concentración de oxígeno disuelto puesto que este no se expande y disocia del agua; esto puede ser un factor para explicar lo observado en la familia Simuliidae durante los meses de invierno en el río Xaltetla.

Por su parte la familia Chironomidae se registró en los 12 meses, siendo más abundante durante diciembre con el 25.6%, seguido de enero con el 5.7%, con un aumento y balance entre 7.5% y el 20% en los meses de febrero a junio (Gráfica 8); esto puede deberse a su ciclo de vida y características biológicas, ya que se sabe esta familia suele ser multivoltina, con adultos que no se alimentan y se reproducen en pocas horas después de emerger, por lo cual es posible que durante los meses de invierno y primavera prefirieron entrar en diapausa y mantener su estado larvario para que en verano y otoño, le les otorgara un ambiente más propicio para que pudieran emerger y el número de larvas disminuyera. Murrieta *et al.* (2016) explicaron que Chironomidae, posee una tendencia a ser multivoltino en la mayoría de sus especies, ya que los adultos de esta familia no se alimentan, por lo que solo se aparean en unas cuantas horas de vida, ovopositan y mueren; durante tres semanas viven como como larvas debajo del agua, lo que les proporciona los requerimientos necesarios para subsistir, como la materia orgánica en suspensión y una temperatura entre 10°C y 20°C, similar a la que posee el Bosque Mesófilo de Montaña en época de invierno; lo cual pudo ser uno de los factores que intervinieron en lo observado para esta familia en el río Xaltetla.

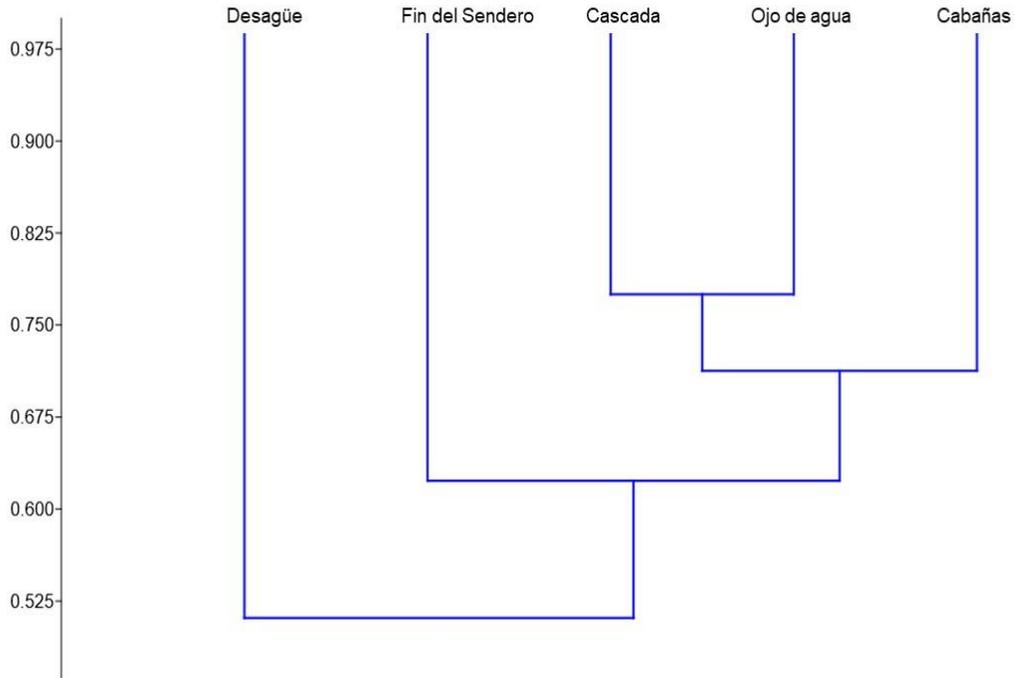


Gráfica 8. Estacionalidad de las familias Simuliidae y Chironomidae

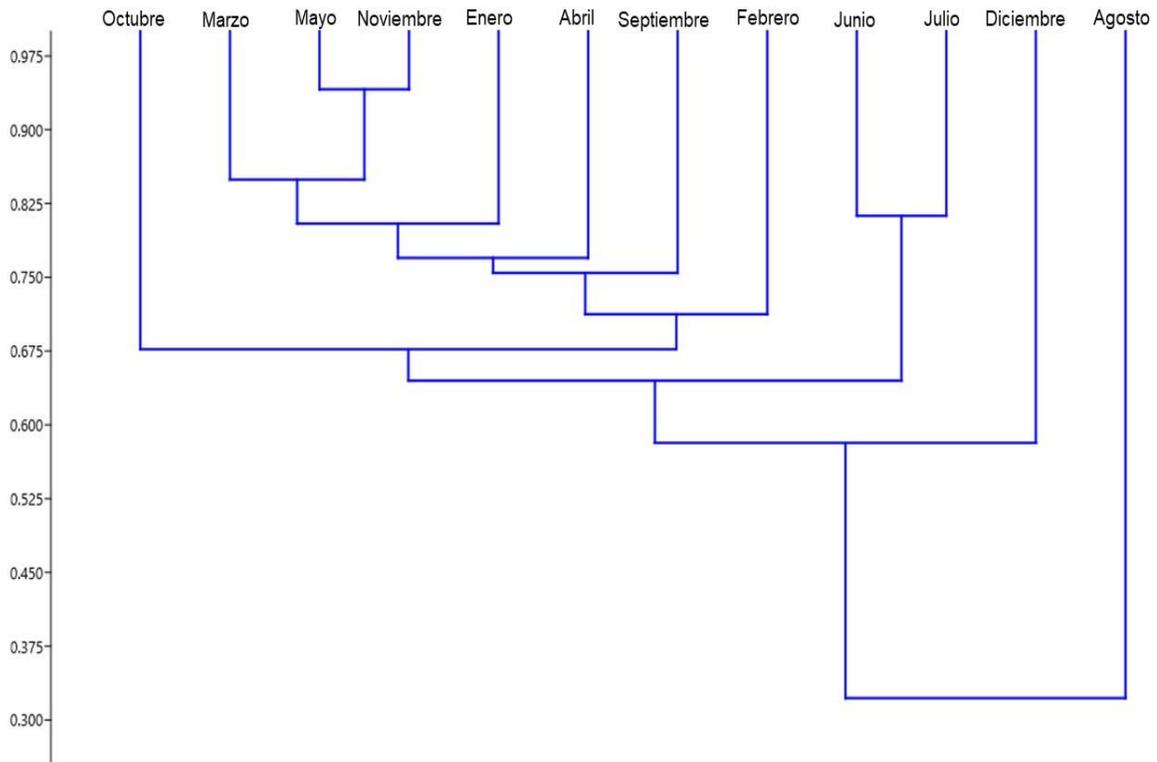
### Similitud

Como ya se mencionó, las 53 familias no se desarrollaron de manera homogénea en los cinco sitios de recolección, ni a lo largo de todo el año; por ejemplo, Libellulidae y Odontoceratidae sólo se registraron en un mes y en un sólo punto; mientras que familias como Leptophlebiidae e Hydropsychidae estuvieron los doce meses del año en los cinco sitios de recolección (Gráfica 9 y 10), “Cascada” y “Ojo de agua”, fueron los sitios que presentaron una mayor similitud de acuerdo al índice de Jaccard, esto pudo deberse a que poseyeron diferentes microhábitats al resto de los sitios, ya que contaban con nacimientos y caídas de agua; se sabe que estos movimientos propician que los niveles de oxígeno disuelto incrementen a comparación de partes más lineales y sin un ingreso de agua a la corriente, por lo que se registraron familias como Leptophlebiidae y Heptageniidae, que requieren de una buena oxigenación. Lamouroux *et al.*, 2004, señalaron que un río con nacimientos del agua a lo largo de este, afectan los niveles de oxígeno disuelto, acercándolos a 9 ppm, lo que permite que las familias con requerimientos altos de oxigenación puedan habitar

en estos lugares, lo que se asemeja a lo observado en el río Xaltetla, en los sitios “Cascada” y “Ojo de agua”.



Gráfica 9 Similitud de los sitios de recolección en el río Xaltetla, Hidalgo.

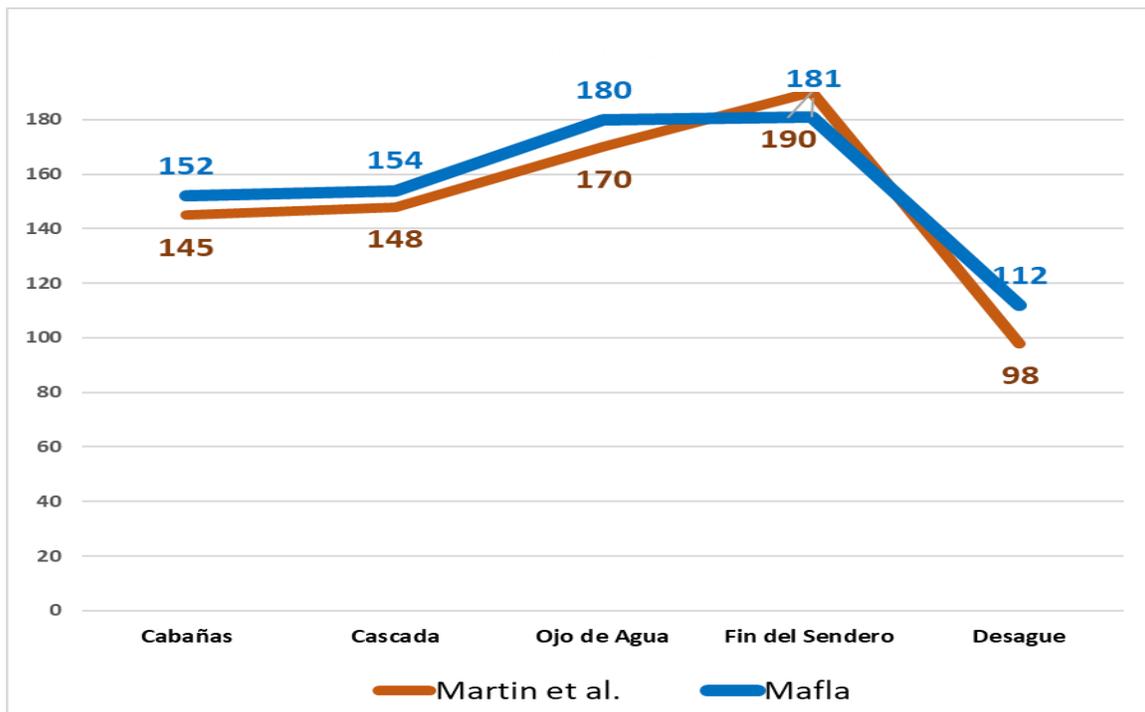


Gráfica 10 Similitud de los meses de recolecta

Los meses de mayo y noviembre presentaron una mayor similitud, seguido de los meses de marzo, enero y abril; lo que puede deberse a los diferentes ciclos de vida de los insectos, como Hydropsychidae que de noviembre a mayo contó con un intervalo de 2 a 20 individuos, mientras que de enero a abril con 49, 50, 46 y 70 organismos. Zuellig *et al.*, 2004, reportaron que dentro de un bosque de coníferas los inmaduros de esta familia residieron durante los meses de octubre a marzo, sus pupas entre abril y mayo y los adultos principalmente de junio a septiembre, lo que se asemeja a lo ocurrido en el río Xaltetla que al ser un BMM poseyó características neárticas, como temperaturas oscilantes entre los 10°C en invierno, lo que permitió que familias como Hydropsychidae que prefieren estos ambientes, pudieran desarrollarse.

## Calidad del agua

La suma del total de los valores de las familias consideradas en los índices BMWP de Mafla, 2006 y Martin *et al.*, 2007, fueron 240 y 210 respectivamente, (Anexo 4). A lo largo de todos los sitios, durante todo el año de recolección se registraron valores entre 177 y 109 para el índice BMWP según Mafla, 2006; mientras que el índice BMWP según Martin *et al.* 2007, mostraron valores entre 180 y 88; lo cual señala un rango en la calidad de agua entre excelente y muy bueno para Mafla, 2006 y un rango entre excelente y bueno para Martin *et al.*, 2007 (Gráfica 11).



Gráfica 11 Comparación de valores de BMWP

Los valores obtenidos en el BMWP fueron el reflejo de las familias recolectadas, como Perlidae, Leptophlebiidae, o Aeshnidae, entre otras, que poseen valores altos (9 o 10) según Mafla, 2006, las cuales fueron recolectadas en casi todo el año; esto contrasta con lo reportado en otras zonas, como en Guerrero, donde Rosas-Acevedo *et al.*, 2015, también registraron estas familias, pero la calidad

del agua en el río Aguas Blancas fue regular con principios de eutrofia. Esto puede deberse a que en este estudio se registraron 53 familias, la mayoría de ellas con valores altos (8 a 10); mientras que Rosas-Acevedo *et al.*, 2015 registraron 31, en su mayoría con valores bajos (0 a 5). Cabe sugerir que en ambos trabajos se buscó que cada punto de recolección tuviera características diferentes en cuanto a microhábitats para tener una recolección representativa del río en cuestión. Aunado a esto, Rosas-Acevedo *et al.* en 2015, indicaron que a un costado del río, en una zona intermedia a su longitud, Aguas Blancas contó con una descarga de agua residual, donde existió una gran cantidad de materia orgánica en suspensión, por lo que las principales familias en ese sitio fueron de la orden díptera; principalmente la familia Chironomidae. De manera semejante, en el sitio “Desagüe”, donde se el pueblo de Santa Mónica vierte parte de sus desechos orgánicos, se observó una gran cantidad de individuos de la familia Chironomidae, la cual posee un rango amplio de tolerancia a la contaminación en el agua. Sin embargo, los quironómidos no fueron los únicos en el sitio, ya que familias como Leptophlebiidae y Perlidae, que tienen valores de 8 a 10 en los índices de BMWP, se encontraron ahí, lo que ocasionó que la calidad de agua fuera regular.

Los microambientes existentes en el río Xaltetla, su aparente baja perturbación y su presencia en el BMM propició que se encontrara una gran riqueza de familias, aunque con una variada abundancia. Barba-Álvarez *et al.*, 2013, indicaron que a lo largo de un río con variantes de microhábitats no se encuentran los mismos insectos en las mismas abundancias, semejante a lo observado en el río Xaltetla; como la familia Corydalidae, que solo se recolectó dos individuos en el sitio “Ojo de agua”, lo cual puede deberse a que esta familia tiene un ciclo de vida muy particular, ya que su puesta de huevos es en hojas aledañas al río que eclosionan de una a dos semanas; las larvas maduran de uno a tres años y después salen del agua y buscan refugio a no más de 15 metros de la ribera del río, donde se enterrarán para entrar en pupa fuera del alcance de sus posibles

depredadores. En estadio de pupa estarán aproximadamente un mes, pero si las condiciones no le favorecen podrán entrar en diapausa y subsistir por más tiempo; una vez que emergen como adultos buscan pareja ya que solo viven una o dos semanas más (Hall, 2016; Álvarez, 2014). Por todas estas características, se puede resaltar la importancia de la familia Corydalidae como bioindicador; aunque se registraron solo dos organismos en los meses de diciembre y febrero en el sitio “Ojo de agua”, que poseyó un nacimiento de agua, y no contaba con una contaminación aparente, de acuerdo con los valores obtenidos en los BMWP, que estuvieron por encima de los 120 puntos.

La calidad del agua del río Xaltetla se comportó de forma dinámica a lo largo del año. De acuerdo con índice BMWP según Mafla, 2006, abril obtuvo un valor de 160, por lo que fue el mes con el valor más alto, lo que señala una calidad de agua excelente, el más bajo fue agosto con 57, que apunta a una calidad regular; mientras que el índice BMWP según Martin *et al.*, 2007, abril y junio obtuvieron un valor de 145 cada mes, lo que figuró una calidad de agua excelente, agosto por su parte, registró el valor más bajo con 62, lo que señala una calidad buena (Anexos 5 y 6).

Durante la época de lluvias, mayo a noviembre, el río Xaltetla, poseyó una calidad de agua regular de acuerdo con los dos índices BMWP, en contraste con el tiempo de secas, diciembre a abril, que poseyó en promedio una calidad muy buena; lo cual puede deberse a que durante la temporada de secas el nivel del agua en el río no varía y la corriente no suele ser tan fuerte con la temporada de lluvias lo que permite que los insectos sean recolectados más fácilmente al no ser arrastrados por la corriente. López-Hernández *et al.*, 2014, reportaron que durante el tiempo de lluvias la corriente de los ríos crece y arrastra la entomofauna y la materia orgánica, lo que evita que sean recolectados, afectando el resultado de diversas evaluaciones. También sugirieron que estas temporadas están ligadas con los ciclos de vida de los insectos, ya que registraron más del 50% de las familias en el río Nixtamalapa durante la época

de secas y encontraron una disminución en la época de lluvias del 38%. Por su parte Granados-Ramírez *et al.*, 2017, mencionaron que normalmente la mayoría de las familias están ligadas una temperatura regular de 16°C dentro de un cuerpo de agua, común en temporadas de secas, permitiendo que los organismos puedan sobrevivir con mayor facilidad, estos dos casos concuerdan con lo observado en el río Xaltetla ya que el 58% de las familias registradas fue durante la temporada de secas, haciendo que su recolección fuera más sencilla y el cuerpo de agua les otorgara el ambiente idóneo para su desarrollo.

La familia Veliidae es un grupo de hemípteros depredadores en los cuerpos lóticos; se sabe que estos insectos, depredan principalmente larvas de efímeras, dípteros y tricópteros, esto propicio que fuera común encontrar a la familia en los cinco sitios de recolección, con abundancias del 10.9% al 34.3%, ya que fue un depredador común a lo largo de todos los sitios. Parra-Trujillo *et al.*, 2014, señalaron que los vélidos fungen como controladores de poblaciones de otros insectos, como efímeras y tricópteros, que son buenos bioindicadores con valores entre 7 y 10 para los índices BMWP; es por eso, aunque la familia Veiidae no poseyera ningún valor en los índices, su aparición a lo largo del año en el río Xaltetla en todos los sitios de recolección indicó, que sus posibles presas se encontraban ahí (Anexos 2 y 3).

## Conclusiones

- Se identificaron 8,838 organismos pertenecientes a nueve órdenes y 53 familias.
- El orden Diptera fue el más abundante con 42.97%, seguido de Hemiptera con 15.05% y Trichoptera con 16.81%.
- Las familias más abundantes fueron Chironomidae con 38.14%, Veliidae con 19.17% y Caloceratidae con 5.09%.
- El sitio de recolección “Desagüe”, fue en el que se obtuvo la mayor abundancia con 44.22%, seguido de “Cascada” con 15.88% y “Cabañas” con 15.54%.
- El orden Diptera poseyó una estacionalidad marcada, con un aumento de su abundancia, del 18% al 26% durante los meses de invierno y primavera, (diciembre a junio).
- La estacionalidad del orden Hemiptera fue marcada, con una abundancia del 14% al 18% durante los meses de verano y otoño (mayo a noviembre).
- La familia Calamoceratidae mostró una estacionalidad marcada, con un aumento en su abundancia del 13.11% al 21.3% durante los meses de noviembre a marzo, que fueron los meses más secos.
- La familia Perlidae presentó una estacionalidad ligada a sus abundancias máximas en los meses de invierno y primavera donde oscilaron entre el 17.63% y el 18.75%, con el pico más alto en el mes de abril.
- Los sitios con mayor similitud fueron “Ojo de agua” y “Cascada”; por sus microhábitats diversos.
- Los meses con mayor similitud fueron mayo y noviembre, seguido de enero marzo y abril.
- El río Xaltetla obtuvo valores de 234 y 200 de acuerdo con los índices BMWP aplicados, lo que determinó que la calidad de agua a lo largo del río, fuera excelente.

## Literatura citada

- Álvarez, H. A. 2014. Contributions to the knowledge of dobsonflies of Puebla State, Mexico (Megaloptera: Corydalidae: Corydalus). *Entomotropica* 29: 125–127.
- Andrade-Correa., M.G., E.R. Henao Bañol, P. Triviño. 2013. Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea: Papilionoidea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 37 (144): 311-325.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar. E. Martínez., L. Gómez., y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad 411-414 pp.
- Barba-Álvarez R., G. De la Lanza-Espino, A. Contreras-Ramos e I. González-Mora. 2013. Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 381-383.
- Barman, B. & S. Gupta. 2015. Aquatic insects as bio-indicator of water quality – A study on Bakuamari stream, Chakras hila Wildlife Sanctuary, Assam, North east India. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3 (3): 178–186.
- Bertoni R., 2011, Limnology of rivers and lakes, *Encyclopedia of Life Support Systems* (EOLSS), Eolss Publishers, Oxford, UK, 1-5 pp.
- Breser, V. J., F. Diez, G. C. Rossi y M. V. Micieli. 2013. Determinación del período estacional de oviposición de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *Revista Sociedad Entomológica de Argentina*. 72 (1-2): 111-114.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. Ed. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre, D.F., México. 108 pp.

- Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y M. G. Gutiérrez-Meyén. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. **En:** Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. I. Luna, J. J. Morrone y D. espinosa Ed. UNAM-CONABIO, D.F., México. 417-437 pp.
- CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 pp.
- Costa, S. S. & A. Sanches. 2008. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. *Hidrobiología* 598:131–138.
- De Marco, J. P. 2008. Libellulidae (Insecta: Odonata) from Itapiracó reserve, Maranhão, Brazil: new records and species distribution information. *Acta Amazonica*. 38(4): 819 – 822.
- Delgado, L. y J. Márquez. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabeoidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 22(2): 57-108.
- Englund, R. A., M. G. Wright, and D.A Polhemus. 2007. Aquatic Insect Taxa as Indicators of Aquatic Species Richness, Habitat Disturbance, and Invasive Species Impacts in Hawaiian Streams. *Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies* 3: 207–232.
- Escoto-Moreno. J. A., J., Márquez y R., Novelo-Gutiérrez. 2014. Los odonatos (Insecta: Odonata) del estado de Hidalgo, México: situación actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85:1043-1053.
- Flores-Villela, O. y M. I. Goyenechea. 2000. Patrones de distribución de anfibios y reptiles en México. **En:** J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (Eds). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. D.F., México. 307 pp.
- García, M., Vera, A., Benetti, C. J. & Blanco, L. 2016. Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *Acta Zoológica Mexicana*. 32(1): 12-31.

- Gerhardt, A. 2000 Bioindicator species and their use in Biomonitoring. Environmental Monitoring. *Encyclopedia of Life Support Systems* 1: 77-123.
- Granados-Ramírez J. G., A. K. Rueda-Gómez y K. A. Vázquez Servín. 2017. Entomofauna acuática predominante en cinco ríos de la parte alta del Balsas, entre Morelos y Puebla, México. *Entomología Mexicana* 4: 114-120.
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). 2014. Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. D.F., México. 352 pp.
- Hall D.W. 2016. Eastern Dobsonfly (Adult), Hellgrammite (Larva) *Corydalus cornutus* (Linnaeus) (Insecta: Megaloptera: Corydalidae: Corydalinae). *Entomology and Nematology Department*. 414: 1-5.
- Henschel J. R., D. Mahsberg and H. Stumpf. 2001. Allochthonous aquatic insects increase predation and decrease herbivory in river shore food webs. *OIKOS* 93: 429–438.
- Ibarra-Núñez, G., J. Maya-Morales y D. Chamé-Vázquez. 2011. Las arañas del bosque Mesófilo de Montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1183-1193 pp.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlanguistengo, Hidalgo, clave geoestadística 13068.
- INEGI. 2016. Áreas geoestadísticas municipales, escala 1:1,000,000.
- Jensen, K. S., N. Friberg, J. Murphy. 2006. *Running Waters Historical development and restoration of lowland Danish streams*. Denmark. National Environmental Research Institute. 13–26 pp.
- Lamouroux, N., S. Dolédec., S. Gayraud. 2004. Biological traits of stream macroinvertebrate communities: effects of microhabitat, reach, and basin filters. *Journal of the North American Benthological Society*. 23(3):449-466.

- López-Hernández, M., M. G. Ramos-Espinoza, A. Flores-Macías. y F. González-Farías. 2014. Insectos acuáticos del río Nixtamalapa, Veracruz, estructura y composición funcional: herramienta para evaluar la salud ambiental. *Entomología mexicana*. 13 (1): 414-419.
- Mafla H., M. 2006. *Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca, Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP-CR Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP Stream Visual Assessment Protocol)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 48-50 pp.
- Martin, G., Veal, A., Guthrie, R., Murray-Bligh & J., O'Neill, I. Revision and testing of BMWP scores. 2007. Final Report Project WFD72A. *SNIFFER*. Edinburgh, England. 247 pp.
- Martínez Ruiz, R. E. y R. M. Portillo. 1999. Estudio Faunístico y ecológico de los simúlidos (Diptera: Simuliidae) en río Cidacos a su paso por la Rioja. *Zubía Monográfico*. 11: 61-80.
- McCafferty, P.W. and A. V. Provonsha. 1998. *Aquatic Entomology, The fishermen's and ecologist's Illustrated guide to insects and their relatives*. Arkansas. U.S.A. Jones and Bartlett Publishers. 314-315 pp.
- Medianero E. y M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú. *Folia Entomológica Mexicana* 43 (3): 279-294.
- Merritt, R. W., K. W. Cummins. and M. B. Berg. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa, U.S.A. Hunt Publishing Company. 1158 pp.
- Moskova, G., R. Soufi, and Yordan Uzunov. 2008. Application of the EPT-index for Ecological Status Assessment of the Riverine Water Bodies within the Basin of Kamchia River. *International Journal Bioautomation*. 11.
- Murrieta M.G., J. Nájjar y F. Alcántara. 2016. Incubación de huevos y determinación del ciclo biológico de *Chironomus* sp. (Chironomidae: Díptera) en cubetas de plástico. *Folia Amazónica*, 25(1): 37 – 44.

- Norwood J. C. and K. W. Stewart. 2002. Life History and Case-Building Behavior of *Phylloicus ornatus* (Trichoptera: Calamoceratidae) in Two Spring-Fed Streams in Texas. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(1): 44-56.
- Özkan, N., J. Moubayed-Breil, and B. Çamur-Elipek. 2010. Ecological Analysis of Chironomid Larvae (Diptera, Chironomidae) in Ergene River Basin (Turkish Thrace). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 93-99.
- Parra-Trujillo Y., T. Dora, N. Padilla-Gil N. y G. Reinoso-Flórez G. 2014. Diversidad y distribución de *Rhagovelia* (Hemiptera: Veliidae) del departamento del Tolima. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias*. 26: 82-88.
- Piñón-Flores, M. A.; R. M. Pérez-Munguía; U. Torres-García y R. Pineda-López. 2014. Integridad biótica de la microcuenca del Río Chiquito, Morelia, Michoacán, México, basada en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 62 (2), 221-231.
- Posada-García, J. A., G. Abril-Ramírez, y L. N. Parra-Sánchez. 2008. Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del páramo de frontino (Antioquia, Colombia). *Caldasia*. 30(2):441-455.
- Ramírez, A. 2010. Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*. 58 (4):41-50.
- Reyes-Espinoza, B., E., Ortiz-López, H., Viggers-Carrasco, M., G., Rubio y Y. Hernández R. 2013. Evaluación de la calidad del agua con un índice biótico en río de las Habitas; en la reserva ecológica de nuestra señora cósala Sinaloa. *Entomología Mexicana* 12, (1): 749-754.
- Rico-Sánchez, A. E., A. J. Rodríguez-Romero., E. López-López., J. E. Sedeño-Díaz. 2014. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). *Revista de Biología Tropical*, 62 (2): 81-96.

- Rosas-Acevedo, J., L., A. Y. Rosas-Acevedo, A. Sánchez-Infante, R. J. Bergeret-Muñoz, y V. Facundo-Sarabia. 2013. Insectos como bioindicadores de la calidad del agua en el arroyo, “Ayacucho”, tramo parque nacional el veladero-colonia Simón Bolívar, Acapulco de Juárez, Guerrero. *Entomología Mexicana* 12, (2): 1292-1293.
- Rosas-Acevedo, J. L., H. Ávila-Pérez, A. Sánchez-Infante, A. Y. Rosas-Acevedo, S. García-Ibañez, L. Sampredo-Rosas, J. G. Granados-Ramírez, A. L. Juárez-López. 2014. Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 1(2): 81-88.
- Rosas-Acevedo, J., L., Rosas-Acevedo, A., Y., Sánchez-Infante, A., Sampredo-Rosas, L. y Juárez-López, A., L. 2015. Evaluación del medio físico y calidad del agua por medio de insectos bioindicadores, en el brazo derecho del cauce Aguas Blancas, Acapulco, Gro., México. *Entomología Mexicana*. 14, (2): 689-694.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. *Limusa*. D. F. México. 432 pp.
- Sánchez-Herrera, M. J., 2005. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río pamplonita norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3, (2) 54-67.
- Santamaría, E. y Bernal-Vega, J. 2016. Diversidad macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la cuenca alta del río Chiriquí viejo, provincia de Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*, 18(1): 5-24.
- Snellen, R. K. and K. W. Stewart. 1979 The Life Cycle of *Perlesta placida* (Plecoptera: Perlidae) in an Intermittent Stream in Northern Texas. *Annals of the Entomological Society of America*, 72(5): 659–666.
- Talalaj, A. and P. Biedka, 2016. Use of the landfill water pollution index (LWPI) for groundwater quality assessment near the landfill sites. *Environmental Science Pollution Research Institut*. 23(24): 24601–24613.

- Torres-García, U. y R. M. Pérez-Munguía. 2013. Diversidad de Coleópteros acuáticos de cauces permanentes e intermitentes de la cuenca de Xichú, Guanajuato. *Entomología Mexicana* 12(1): 717-727.
- Vorosmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R. and Davies, P.M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555-561.
- Zuellig, R. E., C. B. Kondratieff and R. A. Thorp. 2004. Life cycle of the net-spinning caddisfly, *Cheumatopsyche analis* (banks) (Trichoptera: Hydropsychidae), in two small front range urban streams, fort collins, colorado. *Western North American Naturalist*. 64(4): 497-502.

# Anexos

**Anexo 1 Órdenes y familias de insectos acuáticos registradas en el río Xaltetla, Hidalgo, de agosto 2016 a julio 2017**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>
<b>Ephemeroptera</b>	Baetiidae Leach, 1815	<b>Coleoptera</b>	Carabidae Latreille, 1802
	Heptageniidae Needham, 1901		Dytiscidae Leach, 1815
	Leptophlebiidae Banks, 1900		Elmidae Curtis, 1830
	Tricorythidae Eaton 1868		Heteroceridae MacLeay, 1825
			Hydrophilidae Latreille, 1802
	Lampyridae Latreille, 18179		
	Psephenidae Lacordaire, 1854		
	Staphylinidae Latreille, 1802		
	Tenebrionidae Latreille, 1802		
<b>Odonata</b>	Aeshniidae Rambur, 1842	<b>Megaloptera</b>	Corydalidae Burmeister, 1839
	Calopterygidae Pinhey, 1982		
	Coenagrionidae Kirby, 1890		
	Cordulegastridae Hagen, 1875		
	Gomphidae Rambur, 1842		
	Lestidae Calvert 1901		
	Libellulidae Rambur, 1842		
Protoneuridae Williamson, 1919			
<b>Plecoptera</b>	Nemouridae Newman, 1853	<b>Tricoptera</b>	Calamoceratidae Ulmer, 1905
	Perlidae Latreille, 1802		Glossosomatidae Wallegren, 1891
	Helicopsychidae Ulmer, 1906		
	Hydropsychidae Curtis, 1835		
	Hydroptilidae Stephens, 1836		
	Lepidostomatidae Ulmer, 1903		
	Leptoceridae Leach, 1815		
	Limnephilidae Kolenati, 1848		
	Odontoceridae Wallengren, 1891		
	Philopotamidae Stephens, 1829		
	Policentropodidae Ulmer, 1903		
<b>Hemiptera</b>	Belostomatidae Leach, 1815		
	Corixidae Leach, 1810		
	Gelastocoridae Kirkaldy, 1897		
	Gerridae Leach, 1815		
	Veliidae Amyot & Serville, 1843		

## Anexo 1 Continuación

ORDEN	FAMILIA
<b>Lepidoptera</b>	Crambidae, Latreire, 1810
<b>Diptera</b>	Ceratopogonidae Latreille, 1802
	Chaoboridae Lichtenstein, 1800
	Chironomidae Latreille, 1810
	Culicidae Forskal, 1775
	Muscidae Latreille, 1802
	Psychodidae Newman, 1834
	Simuliidae Newman, 1834
	Stratiomyidae Latreille, 1802
	Tabanidae Latreille, 1802
	Tipulidae Latreille, 1802

**Anexo 2 Abundancias relativas de familias de insectos acuáticos del río Xaltetla, Hidalgo por sitio de recolección.**

Orden / Familias	Cabañas	Cascada	Ojo de Agua	Fin del Sendero	Desagüe	Total	Abundancia
<b>Ephemeroptera</b>	<b>272</b>	<b>187</b>	<b>181</b>	<b>13</b>	<b>57</b>	<b>713</b>	<b>8.07%</b>
Baetiidae	161	113	69	5	52	<b>400</b>	4.53%
Leptophlebiidae	43	28	61	5	4	<b>138</b>	1.56%
Heptageniidae	59	35	34	2	0	<b>130</b>	1.47%
Tricorythidae	9	12	6	1	1	<b>29</b>	0.33%
Limnephilidae	0	0	10	0	0	<b>10</b>	0.11%
Sin identificar	0	2	1	0	0	<b>3</b>	0.03%
<b>Odonata</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>63</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>185</b>	<b>2.09%</b>
Cordulegastridae	4	19	12	9	11	<b>55</b>	0.62%
Calopterygidae	12	14	11	3	0	<b>40</b>	0.45%
Coenagrionidae	7	3	22	8	0	<b>40</b>	0.45%
Aeshniidae	11	6	12	9	0	<b>38</b>	0.43%
Gomphidae	0	0	4	1	0	<b>5</b>	0.06%
Lestidae	4	0	0	0	0	<b>4</b>	0.05%
Protoneuridae	0	0	2	0	0	<b>2</b>	0.02%
Libellulidae	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.01%
<b>Plecoptera</b>	<b>135</b>	<b>90</b>	<b>157</b>	<b>76</b>	<b>7</b>	<b>465</b>	<b>5.26%</b>
Perlidae	132	85	149	75	7	<b>448</b>	5.07%
Nemouridae	3	5	8	1	0	<b>17</b>	0.19%
<b>Hemiptera</b>	<b>517</b>	<b>664</b>	<b>202</b>	<b>434</b>	<b>197</b>	<b>2,014</b>	<b>22.79%</b>
Veliidae	423	582	113	392	185	<b>1,695</b>	19.18%
Belostomatidae	47	42	29	13	8	<b>139</b>	1.57%
Gelastocoridae	17	21	14	20	0	<b>72</b>	0.81%
Gerridae	7	7	42	9	4	<b>69</b>	0.78%
Corixidae	23	12	4	0	0	<b>39</b>	0.44%

## Anexo 2 Continuación

Orden / Familias	Cabañas	Cascada	Ojo de Agua	Fin del Sendero	Desague	Total	Abundancia
<b>Coleoptera</b>	<b>88</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>165</b>	<b>1.87%</b>
Dytiscidae	53	4	13	12	1	<b>83</b>	0.94%
Elmidae	16	6	2	7	7	<b>38</b>	0.43%
Psephenidae	16	2	6	0	0	<b>24</b>	0.27%
Lampyridae	1	0	5	3	0	<b>9</b>	0.10%
Hydrophilidae	0	6	1	0	0	<b>7</b>	0.08%
Staphylinidae	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.01%
Tenebrionidae	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.01%
Heterocenidae	1	0	0	0	0	<b>1</b>	0.01%
Carabidae	1	0	0	0	0	<b>1</b>	0.01%
<b>Megaloptera</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0.02%</b>
Corydalidae	0	0	2	0	0	<b>2</b>	0.02%
<b>Tricoptera</b>	<b>289</b>	<b>340</b>	<b>460</b>	<b>326</b>	<b>71</b>	<b>1,483</b>	<b>16.78%</b>
Calamoceratidae	75	120	133	111	11	<b>450</b>	5.09%
Limnephilidae	65	58	141	81	15	<b>360</b>	4.07%
Hydropsychidae	79	98	83	42	12	<b>314</b>	3.55%
Lepidostomatidae	62	47	68	84	25	<b>286</b>	3.24%
Polycentropodidae	7	9	19	1	7	<b>43</b>	0.49%
Leptoceridae	0	0	10	1	1	<b>12</b>	0.14%
Philopotamidae	1	2	5	1	0	<b>9</b>	0.10%
Hydroptilidae	0	2	0	3	0	<b>5</b>	0.06%
Glossosomatidae	0	0	1	1	0	<b>2</b>	0.02%
Odontoceridae	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.01%
Helicopsychidae	0	1	0	0	0	<b>1</b>	0.01%
<b>Lepidoptera</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>0.11%</b>
Crambidae	0	2	2	0	6	<b>10</b>	0.11%

## Anexo 2 Continuación

Orden / Familias	Cabañas	Cascada	Ojo de Agua	Fin del Sendero	Desague	Total	Abundancia
<b>Diptera</b>	<b>35</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>83</b>	<b>3,550</b>	<b>3,801</b>	<b>43.01%</b>
Chironomidae	1	25	18	16	3,311	<b>3,371</b>	38.14%
Simuliidae	5	3	4	30	157	<b>199</b>	2.25%
Tipulidae	22	29	45	32	18	<b>146</b>	1.65%
Culicidae	6	3	3	0	44	<b>56</b>	0.63%
Muscidae	0	0	0	0	17	<b>17</b>	0.19%
Chaoboridae	0	0	0	4	0	<b>4</b>	0.05%
Ceratopogonidae	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.01%
Tabanidae	1	0	0	0	0	<b>1</b>	0.01%
Stratiomyidae	0	0	0	0	1	<b>1</b>	0.01%
Psychodidae	0	1	0	0	3	<b>4</b>	0.05%
Sin identificar	0	0	0	0	1	<b>1</b>	0.01%
<b>Total</b>	<b>1,374</b>	<b>1,404</b>	<b>1,164</b>	<b>987</b>	<b>3,909</b>	<b>8,838</b>	

**Anexo 3 Abundancias por mes de las familias de insectos acuáticos recolectadas en el río Xaltetla, Hidalgo**

Familia	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total de organismos
Chironomidae	4	14	29	19	863	124	501	248	401	373	677	118	3,371
Veliidae	282	88	90	264	10	193	2	19	200	365	132	50	1,695
Perlidae	8	13	6	24	79	55	77	46	84	26	18	12	448
Hydropsychidae	2	5	2	23	44	49	50	46	70	20	1	2	314
Leptophlebiidae	5	15	3	12	5	4	3	21	36	19	10	8	141
Baetiidae	0	38	5	64	64	13	46	33	58	30	35	14	400
Lepidostomatidae	0	1	1	48	76	38	12	21	26	11	32	20	286
Tipulidae	1	0	7	5	17	23	28	11	20	18	7	9	146
Belostomatidae	4	5	3	21	18	38	15	3	21	6	0	5	139
Heptageniidae	2	3	3	5	14	17	33	22	17	13	1	0	130
Dytiscidae	0	1	2	7	9	4	15	9	21	9	5	1	83
Gelastocoridae	0	1	1	11	10	11	18	8	4	3	4	1	72
Aeshniidae	0	1	6	10	3	3	3	2	3	2	4	1	38
Limnephilidae	0	0	3	35	1	55	79	85	65	30	11	6	370
Cordulegastridae	0	1	0	11	3	8	3	5	3	9	5	7	55
Calopterygidae	1	7	4	8	2	4	1	3	6	4	0	0	40

### Anexo 3 Continuación

Familia	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total de organismos
Calamoceratidae	0	0	0	56	72	88	96	59	35	15	18	11	450
Gerridae	14	12	14	1	0	11	0	0	7	4	4	2	69
Polycentropodidae	0	0	1	2	5	5	6	15	4	1	4	0	43
Coenagrionidae	0	10	0	3	0	2	1	3	2	9	8	2	40
Elmidae	0	1	2	9	6	4	7	1	5	3	0	0	38
Simuliidae	0	5	2	18	83	85	4	1	1	0	0	0	199
Culicidae	0	0	5	6	0	0	15	4	5	14	4	3	56
Conixidae	0	1	1	1	0	0	0	0	11	12	8	5	39
Lampyridae	1	0	2	0	1	0	1	0	1	1	0	2	9
Tricorythidae	0	0	0	0	3	3	7	10	5	1	0	0	29
Pyralidae	0	0	0	1	2	1	0	1	1	4	0	0	10
Psephenidae	0	0	0	0	2	0	2	0	9	10	1	0	24
Nemouridae	0	0	0	2	0	2	6	1	6	0	0	0	17
Leptoceridae	0	0	0	1	4	0	4	3	0	0	0	0	12
Philopotamidae	0	0	0	0	1	0	0	0	4	3	1	0	9

Anexo 3 Continuación

Familia	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total de organismos
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	7
Gomphidae	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	5
Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11	17
Hydroptilidae	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5
Lestidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4
No identificados	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Corydalidae	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
Glossomatidae	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
Chaoboridae	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Protoneturidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Carabidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Ceratopogonidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Helicopsychidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Heteroceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Psychodidae	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	4
Staphylinidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Tenebrionidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

## Anexo 4 Valores de BMWP según Mafla, 2006 y Martin et al., 2007

Orden / Familia	Mafla	Martin et al	Orden / Familia	Mafla	Martin et al
<b>Ephemeroptera</b>			<b>Megaloptera</b>		
Baetiidae	5	4	Corydalidae	6	0
Heptageniidae	10	10			
Leptophlebiidae	8	10	<b>Tricoptera</b>		
Tricorythidae	0	0	Calamoceratidae	8	0
<b>Odonata</b>			Glossosomatidae	8	10
Aeshniidae	8	8	Helicopsychidae	5	0
Calopterygidae	4	8	Hydropsychidae	5	5
Coenagrionidae	4	2	Hydroptilidae	6	6
Cordulegastridae	8	8	Lepidostomatidae	10	10
Gomphidae	7	8	Leptophlebiidae	8	10
Lestidae	7	8	Limnephilidae	8	7
Libellulidae	6	8	Odontoceridae	10	10
Protoneuridae	7	0	Philopotamidae	7	8
<b>Plecoptera</b>			Polycentropodidae	6	7
Nemouridae	0	10	Leptoceridae	8	10
Perlidae	10	10	<b>Lepidoptera</b>		
<b>Hemiptera</b>			Pyralidae	5	0
Belostomatidae	4	0			
Corixidae	4	5			
Gelastocoridae	0	0			
Gerridae	0	5			
Veliidae	0	0			
<b>Coleoptera</b>					
Carabidae	0	0			
Dytiscidae	4	5			
Elmidae	5	7			
Heterocenidae	0	0			
Hydrophilidae	3	5			
Lampyridae	4	0			
Psephenidae	7	0			
Staphylinidae	4	0			
Tenebrionidae	0	0			

**Anexo 5 BMWP según Mafia, 2006 a lo largo del año**

Mes / Sitio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cabañas	90	161	120	149	120	78	0	0	80	0	167	77
Cascada	174	154	162	153	92	88	55	24	101	16	126	159
Ojo de Agua	126	217	173	210	175	152	126	41	20	112	100	176
Fin del Sendero	119	135	102	87	95	94	95	0	31	73	85	123
Desagüe	77	48	43	8	29	24	20	0	29	37	205	102

**Anexo 6 BMWP según Martin et al., 2007 a lo largo del año**

Mes / Sitio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cabañas	83	130	104	150	123	75	0	0	79	0	148	68
Cascada	149	147	123	110	86	78	60	26	109	32	115	130
Ojo de Agua	114	177	171	225	158	134	96	51	22	112	87	157
Fin del Sendero	94	111	72	62	65	78	81	0	43	73	80	104
Desagüe	54	30	38	4	24	21	14	5	17	40	185	89